

江苏微导纳米科技股份有限公司

**Leadmicro** 微导

关于江苏微导纳米科技股份有限公司  
首次公开发行股票并在科创板上市申请  
文件的第二轮审核问询函之回复报告

保荐机构



(浙江省杭州市江干区五星路 201 号)

**上海证券交易所：**

贵所于 2022 年 5 月 19 日出具的《关于江苏微导纳米科技股份有限公司首次公开发行股票并在科创板上市申请文件的第二轮审核问询函》（上证科审（审核）〔2022〕208 号）已收悉，江苏微导纳米科技股份有限公司（以下简称“微导纳米”、“发行人”、“公司”）与保荐机构浙商证券股份有限公司（以下简称“保荐机构”）、北京德恒律师事务所（以下简称“发行人律师”）、天职国际会计师事务所（特殊普通合伙）（以下简称“申报会计师”）等相关方对审核问询函所列问题进行了逐项落实、核查，现回复如下，请予审核。如无特别说明，本问询函回复报告使用的简称与《江苏微导纳米科技股份有限公司首次公开发行股票并在科创板上市招股说明书（申报稿）》中的释义相同。

本问询函回复报告中的字体代表以下含义：

审核问询函所列问题	黑体（不加粗）
审核问询函所列问题答复	宋体（不加粗）
对招股说明书的修改与补充	楷体（加粗）

## 目 录

目 录 .....	3
问题 1: 关于核心技术 .....	4
问题 2: 关于主要产品 .....	43
问题 3: 关于发出商品 .....	61
问题 4: 关于设备销售收入 .....	67
问题 5: 关于设备改造收入 .....	76
问题 6: 关于毛利和毛利率 .....	87
问题 7: 关于应收款项 .....	93
问题 8: 关于先导智能 .....	98
问题 9: 关于股东 .....	117
问题 10: 关于技术来源 .....	121
问题 11: 关于其他 .....	135
保荐机构总体意见 .....	140

## 问题 1：关于核心技术

根据首轮问询问题的回复，（1）发行人核心技术主要体现为核心系统设计、核心零部件选型，并指导生产、装配、检测、安装调试等步骤实施。（2）公司生产过程中的技术难度具体反映完成核心模块的设计后，生产装配的全过程。（3）光伏领域，下一代高效电池技术聚焦于 N 型单晶硅电池 TOPCon 和 HJT；发行人综合使用 ALD、PEALD、PECVD 技术路线积累，提供 TOPCon 电池正面与反面的整体薄膜沉积方案。（4）国内半导体薄膜沉积设备企业主要产品可以分为 PVD、CVD、ALD 等不同类型设备；发行人在半导体领域应用的 ALD 设备与拓荆科技重点推动的技术路线不同。2020 年全球半导体薄膜沉积设备中 PECVD、PVD、ALD 设备占比分别为 34%、21%和 12.8%。（5）发行人设备改造业务应用了公司的核心技术为在役设备提供尺寸改造、工艺改造等服务，属于我国产业政策文件重点支持产品。

请发行人说明：（1）发行人核心技术是否为智能装备制造通用技术，体现技术壁垒与技术难度的主要生产环节，核心技术先进性的具体体现；（2）发行人 ALD 技术应用于 HJT 电池是否具有竞争优势，发行人 PECVD 及 PEALD 二合一技术来源和产品研发过程，PECVD 设备生产商和 ALD 设备生产商互相进入对方领域的技术壁垒，光伏领域中综合使用多项技术路线是否为行业趋势，行业内技术路线选择的主流趋势，发行人技术发展是否满足产业政策中降本提质的要求；（3）半导体领域中各项主要技术路线的技术难度差异与发展趋势，是否存在主流技术路线，ALD 技术路线设备份额占比较低的原因，ALD 技术是否具有技术优势；（4）半导体薄膜沉积设备技术与光伏薄膜沉积设备技术的主要差异与演进路径，从光伏领域向半导体领域拓展是否为所处行业惯例，发行人对于产品领域与技术路线的发展规划；（5）发行人核心技术在设备改造业务中的具体应用、技术难度和改造效果，设备改造业务属于我国产业政策文件重点支持产品的依据是否充分。

### 【回复】

一、发行人核心技术是否为智能装备制造通用技术，体现技术壁垒与技术难度的主要生产环节，核心技术先进性的具体体现

#### （一）发行人核心技术不属于智能装备制造通用技术

发行人主要从事先进微、纳米级薄膜沉积设备的研发、生产和销售，主要产品属于《首台（套）重大技术装备推广应用指导目录（2019 年版）》中的“13.2

太阳能电池生产装备-13.2.5 原子层沉积（ALD）钝化设备”和“13.4 集成电路生产装备-13.4.6 原子层沉积设备（ALD）”，属于高端装备在光伏、半导体等新能源、新一代信息技术领域的应用。

智能制造是基于新一代信息通信技术与先进制造技术深度融合，贯穿于设计、生产、管理、服务等制造活动的各个环节，具有自感知、自学习、自决策、自执行、自适应等功能新型生产方式。根据工业和信息化部等八部门联合印发的《“十四五”智能制造发展规划》，智能制造装备中的基础零部件和装置包括传感器、检测仪器、伺服驱动系统、减速器、人机交互设备、定位设备和智能数控系统等，通用智能制造装备主要包括工作母机、工业机器人、增材制造装备、激光加工装备、工业控制装备、智能检测装备仪器和智能物流装备等。

公司业务围绕薄膜沉积技术开展，产品属于真空工艺专用设备，需要根据光伏、半导体等下游市场应用需求，针对性的进行工艺和产品设计，并不断优化、改进，以保证在真空环境中通过发生化学反应进行符合客户需求的薄膜材料制备。薄膜沉积设备属于专用设备，进入壁垒较高，从业企业数量较少，不属于智能制造装备中的基础零部件和装置及通用智能制造装备。

行业通用技术一般是指行业参与者能较容易获取的技术，其本身不具有机密性、私有性等特点。公司的核心技术主要基于真空技术、化学工程等专业领域，并综合运用等离子物理学、机械设计、电子工程学、薄膜科学、材料学等多个学科技术，系通过突破技术难点并建立技术壁垒，经过长期自主研发、持续创新而形成的特有技术。公司核心技术先进性的具体体现参见本题回复之“一、（三）核心技术先进性的具体体现”，所涉及到的技术领域复杂度、技术难度远高于一般通用技术的标准。

因此，公司的核心技术不属于智能装备制造通用技术。

## （二）体现技术壁垒与技术难度的主要生产环节

公司薄膜沉积设备主要应用于光伏电池片、半导体晶圆的生产环节，制备的薄膜直接影响电池片的光电转换效率，以及半导体器件性能。光伏领域高效电池的迭代发展和半导体领域先进制程的技术进步，都需要应用具有出色的成膜质量、超高的产能、优异的稳定性和多种薄膜工艺的 ALD 薄膜沉积设备。

由于薄膜沉积技术涉及多个跨学科领域、需要在真空腔体等特殊环境下实现

化学反应、制备的薄膜材料为纳米级并且工艺性能要求极高，因此薄膜沉积设备的主要生产环节具有较高的技术壁垒和技术难度，设备生产过程无法通过简单采购、组装实现。公司在核心技术指导下，通过工艺设计、产品设计、系统集成、设备功能检测和调试等多个体现技术壁垒与技术难度的核心生产环节的具体实施，实现了满足下游工艺需求和性能指标要求的 ALD 设备产业化。

公司体现技术壁垒与技术难度的主要生产环节如下：

序号	核心生产工序	涉及的技术壁垒和技术难度	技术壁垒和技术难度的主要内容
1	工艺设计	解决在真空环境中将不同的反应前驱物以高速气体脉冲的形式交替输入腔室中，并在极短时间内进行反应的工艺路径和工艺环境设计问题	为了实现对制备薄膜的超薄厚度（厚度控制精确到 0.1nm）和均匀性（不均匀性要求一般为 0.5%-3%）的精准控制，需要解决的技术难度主要包括： ①选择准确的前驱物进行反应工艺路径的设计； ②在真空环境中将不同的反应前驱物以高速气体脉冲的形式交替输入腔室中，并在极短时间内（脉冲时间精确度以毫秒计量）完成反应气体切换，以实现对不同反应气体的有效隔离； ③在工艺过程中，精准控制前驱物剂量、反应温度、压力、能量控制等工艺环境设计，解决反应气体分布不均匀、化学反应不充分、残留反应气体叠加等一系列复杂性难题。
		在高深宽比和 3D 微纳复杂结构表面和沟槽内实现厚度均匀的薄膜制备	在高深宽比、3D 微纳复杂结构表面和沟槽内克服气体分子扩散速度、时间和浓度等差异，实现厚度均匀的薄膜制备和接近 100%的阶梯覆盖率为重要技术难点。尤其是在对深宽比要求极高（如孔径在 25nm 以下且深宽比在 100: 1 及以上的深孔）的器件中，在保障相关工艺的量产性和产能的前提下，需要解决反应气体输送方式、工艺环境以及表面化学初始状态等工艺设计方面的技术难点。
		保障良率和稳定性情况下兼容、适配下游持续发展的薄膜工艺需求	下游应用领域的迭代发展，需要不断引入新材料和工艺技术，技术难点在于保障良率和稳定性情况下兼容、适配下游持续发展的薄膜工艺需求。如在 PERC 电池向 TOPCon 电池转变的技术中，Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 钝化层对在 PERC 电池较平坦的背面沉积转变为在 TOPCon 电池复杂金字塔型绒面沉积实施提出了不同的工艺要求，是 PECVD 技术需要解决的难点。
2	产品设计	在利用 ALD 技术高质量成膜的同时提高镀膜产能并降低生产成本	由于 ALD 技术的反应原理是以单个原子层为单位逐层进行化学反应，沉积速度较慢，限制了 ALD 技术的产业化应用领域。如何通过超大反应腔体、超高装载量等产品设计提高 ALD 技术的镀膜产能并降低生产成本是行业的重要难点。

序号	核心生产工序	涉及的技术壁垒和技术难度	技术壁垒和技术难度的主要内容
		解决真空状态下化学反应存在颗粒污染以及化学元素污染物控制难点	在工艺实施过程中，真空状态下各类气体流动带来的颗粒污染以及化学元素污染直接影响器件性能和生产良率。随着芯片技术不断微型化、线宽越来越小，对颗粒度的要求越来越高，例如 28nm 制程要求 60nm 尺寸的污染物颗粒小于 10 颗。技术难度在于如何通过新型高温气动阀组，结合常压高温反应源输送技术、内外腔体气流和压差精确控制技术等进行产品设计，解决真空状态下工艺制程、机械运动、气体流场干扰、反应源材料（如固态源、腐蚀性化学源）等因素造成的各类颗粒或化学元素污染物控制问题。
		解决真空环境下反应气体扩散至背面可发生的绕镀问题	当客户要求单一表面镀膜时，对于 ALD 技术在真空环境下的化学表面饱和反应过程中，反应气体扩散会存在背面发生绕镀的情形，可影响电池产品外观甚至光电转换效率。技术难度在于如何通过载具、臭氧发生器、等离子体电源等产品设计，以及与产线前后端产品的匹配和优化，以减少或解决绕镀的问题。
3	系统集成	整机设备的模块复杂度高、工艺标准严苛，对于整体系统对接的精确性和协调性实现难度较大	系统集成环节主要是将反应腔体、源输送模组、传送模组和电气模块等核心功能模块进行集成，由于整机设备的模块复杂度高、工艺标准严苛，如何建立系统集成标准，实现整机系统对接的精确性和协调性，同时兼顾工艺节拍，以达到系统的可靠性和稳定性为目前行业难点。
4	设备功能检测	设备功能复杂，集成度高，如何通过多环节的检测保障设备功能稳定性、可靠性以及安全性具有较高难度	功能检测环节主要是在公司超净间内针对机台的真空状态运行情况、高度精密机台金属污染及颗粒污染等进行多步骤检测，涉及高温、高压、电磁场、高真空（以及真空与大气压衔接）等技术，对公司研发的软/硬件进行安装和测试。技术难度主要在于检测环节较多，不同客户/产品技术特点和工艺要求不同，通常需要采用迷你马拉松等方式强化测试，并且需要针对 ALD 技术及运作模式、反应过程、生产工艺要求开发和使用专有控制软件，最终验证设备的可靠性、稳定性和安全性。
5	厂内/厂外工艺调试	涉及设备性能与工艺指标相关的技术节点达上百项，涉及学科和技术指标众多，调试复杂性高	工艺调试是产品在各个生产环节技术难点的集中体现，重点验证产品真空镀膜工艺并达到产品的量产技术指标，涉及设备性能与工艺指标相关的技术节点进行上百项的调试工作（例如电气点位测试、各类元器件校准等），需要应用真空技术、化学工程、等离子体物理学、机械设计、电子工程学、薄膜科学等多个学科，调试复杂性高。
		对于特定工艺薄膜调试难度较高	对于特定单一工艺薄膜制备，需要通过对源的输送系统、温度控制系统、传输系统综合调试验证关键工艺配方。对于多元薄膜制备，在单一工艺薄膜基础上每

序号	核心生产工序	涉及的技术壁垒和技术难度	技术壁垒和技术难度的主要内容
			增加一个元素，调试的复杂度呈指数级上升，需要对元素比例、不同元素反应次序、反应重复性、反应工艺环境进行多维度调试，把多元材料成分比例调试到目标指标难度较大。
		针对下游客户复杂的产线环境提供适合的衔接调试方案	由于下游客户的产线环境比较复杂，对于膜层要求也各有特点，需要充分了解薄膜沉积环节前后道设备以及电、气等厂务环境。具体技术难度反应在需要适应不同客户产线的差异性并能够提供适合的衔接调试方案。

如上表所示，工艺设计和产品设计是实现整机性能的核心基础，需要重点克服 ALD 技术的工艺路径和工艺环境设计、复杂结构表面薄膜制备、技术兼容适配性等工艺设计难度，以及提高镀膜产能并降低生产成本、解决颗粒和污染物控制、减少或解决绕镀等产品设计难度。

在系统集成和检测环节，需要重点克服提高整体系统对接的精确性和协调性，通过多步骤检测和软件实施验证设备的可靠性、稳定性和安全性等技术难度。

在向客户交付的厂内/厂外工艺调试环节，通过完成上百项技术节点调试、克服特定工艺薄膜调试难度，并针对下游客户复杂的产线环境提供适合的衔接调试方案，最终实现所制备薄膜的工艺需求。

### （三）核心技术先进性的具体体现

公司核心技术的先进性主要体现在公司及核心产品在产业链中具有重要地位、具备竞争优势以及各核心技术实现的先进工艺性能等方面。

#### 1、公司作为国内领先的 ALD 设备供应商，在行业中具有重要地位

公司以 ALD 技术为核心，从事先进微、纳米级薄膜沉积设备的研发、生产和销售，并提供配套产品及服务。公司已在光伏领域、半导体领域实现产业化应用，并逐步拓展其他领域市场。根据《中国光伏产业年度报告》（2020-2022）以及半导体设备行业上市公司公开信息，公司连续两年 ALD 产品收入规模在国内同类企业中排名第一，为国内领先的 ALD 设备供应商。

在光伏领域，公司与我国产能排名前十名（2021 年）的电池片企业均建立了合作关系。公司的 ALD 设备已在 PERC 电池中批量化成熟应用，目前在 TOPCon 等新型电池中具备更大优势。截至 2022 年 6 月末，公司已签署订单的 75% 应用于 TOPCon 等新型高效电池，已签署及已中标待签署合同设备对应的新型电池

产线规模超过 50GW。根据公司 2022 年 1-6 月参与招投标项目统计，在已开标的 TOPCon 和背接触电池（基于 IBC 的电池结构）产线中，公司 ALD 设备中标的产线规模占比均达到 75%。公司的 ALD 设备在新型电池产线上得到下游客户广泛认可，公司已成为国内领先的光伏 ALD 设备供应商。

在半导体领域，目前 ALD 设备基本由国际厂商垄断，公司是行业内极少数的新进入者和国产厂商。公司开发了国产首套成功应用于 300mm 晶圆 28nm 节点集成电路制造前道生产线的 High-k 量产型 ALD 设备，打破了该工艺技术被国外厂家垄断的局面。公司半导体 ALD 设备发展迅速，自首套设备实现销售至今，在较短时间内已取得逻辑芯片领域的重复订单，并在先进存储、化合物半导体等多个半导体细分应用领域获得多家知名半导体公司的商业订单。截至 2022 年 6 月末，公司已取得的半导体设备合同金额超过 1.5 亿元，已成为国内主要的半导体 ALD 设备供应商。

综上所述，公司连续两年 ALD 产品收入规模在国内同类企业中排名第一，为国内领先的 ALD 设备供应商。在光伏领域，公司的 ALD 设备在新型电池产线上得到下游客户广泛认可。在半导体领域，公司是行业内极少数的新进入者和国产厂商，并已在逻辑芯片、先进存储、化合物半导体等多个半导体细分应用领域获得多家知名半导体公司的商业订单。

## **2、公司薄膜沉积设备在产业链中具有重要地位**

公司的上游企业主要为真空系统类、特殊气体系统类等元器件供应商和外协加工商。由于薄膜沉积设备整体设备工艺性能的实现需要根据设计方案进行核心零部件选型、元器件定制化采购和组装，因此除了部分基础类的通用元器件之外，需要供应商根据公司的设计方案进行定制化生产加工。公司与主要供应商建立了持续的合作关系，上游产品供应相对充足。

公司的下游客户主要为光伏电池片厂商和半导体芯片制造厂商等。无论在光伏还是半导体领域，薄膜沉积设备均是下游客户产线上的核心设备，占产线投入比例较高，且对于客户生产的产品质量和性能具有重要影响：对于光伏电池片厂商来说，薄膜沉积设备制备的薄膜直接影响电池片的光电转换效率，薄膜沉积设备在产线上的投资占比从 PERC 电池的 26% 提升至 TOPCon 等新型高效电池的 30% 以上；对于半导体芯片制造厂商来说，薄膜沉积和刻蚀、光刻设备为集成电

路前道生产工艺中最重要三类设备，其中薄膜沉积设备制备的各类薄膜发挥着导电、绝缘、阻挡污染物等重要作用，直接影响半导体器件性能，薄膜沉积设备占晶圆制造设备投资总额达到 20%以上。因此，公司薄膜沉积设备在下游客户的技术路线实现和迭代发展中起到至关重要的作用。

综上所述，从产业链整体来看，薄膜沉积设备的上游供应相对充足，在下游客户的技术路线实现和迭代发展中起到至关重要的作用，因此公司的薄膜沉积设备在上下游产业链中具有重要地位。

### 3、依托公司核心技术生产的薄膜沉积设备具有竞争优势

薄膜沉积设备是公司下游应用领域的重要工艺设备，一方面需要保证制备的薄膜质量能够达到目标要求，另一方面需要在保证制备的薄膜质量的前提下提高设备生产性能。设备产品的竞争力主要体现在镀膜质量和生产性能的核心关键指标对比。

#### (1) 公司光伏薄膜沉积设备的竞争优势

报告期内，国内主要太阳能电池片为 PERC 电池，其中 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 镀膜设备是实现 PERC 电池量产的关键设备，所镀膜层用于实现钝化效果，以达到更高的光电转化水平。PERC 电池 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 镀膜性能指标能够较大程度上反映各公司产品和技术情况。

同行业公司中，捷佳伟创、红太阳在官方网站上披露了 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 镀膜设备指标，相关设备型号均为各自厂商披露应用在 PERC 电池中主流产品，公司产品关键性能参数已达到或超过可比公司水平，具体核心性能指标比较情况如下：

产品关键性能参数	捷佳伟创 (PD-520)	红太阳 (M82300-3/UM 型 PECVD 镀膜设备)	微导纳米 (KF1000S)
产能 (片/小时)	5,890 (根据装片量测算)	3300-4800	≥10000
机台稳定运行时间 (Uptime)	未披露	≥98%	≥98%
碎片率 (Breakage)	未披露	未披露	≤0.03%
片内均匀性	≤5%	≤6%	≤3%
片间均匀性	≤5%	≤6%	≤3%
批间均匀性	≤4%	≤5%	≤3%

在光伏领域，设备产能、稳定运行时间、碎片率等指标主要衡量光伏镀膜设备生产效率和稳定性，均匀性等指标主要衡量薄膜沉积质量。根据关键性能参数情况，公司光伏薄膜沉积设备的技术指标与国内领先企业具有可比性，其中产能、片内/片间/批间均匀性等部分指标数据占有优势。从国产光伏设备在国际竞争中处于优势地位的客观情况来看，公司光伏薄膜沉积设备的技术水平在国际竞争中亦能处于较高水平。

在 TOPCon 电池正面（具有金字塔结构的绒面） $\text{Al}_2\text{O}_3$  钝化层的制备中，ALD 技术因其优异的保型性且薄膜材料密度一致，已成为 TOPCon 电池正面  $\text{Al}_2\text{O}_3$  钝化层的主流技术路线。在 TOPCon 电池背面的隧穿层和多晶硅层的制备中，存在 LPCVD、PECVD 和 PEALD 等多种技术路线，尚未形成明确的技术竞争格局。目前 TOPCon 电池处于前期快速起步阶段，已建成实现规模化生产的产线较少，公司和同行业主要企业的 TOPCon 电池薄膜沉积设备多处于产业验证阶段，设备厂商对各自的技术参数和指标保密程度较高，与公司相竞争的 TOPCon 电池薄膜沉积设备缺少公开的量产参数指标信息。

## （2）公司半导体薄膜沉积设备的竞争优势

在半导体领域，公司已经有 3 个系列产品涵盖十余项工艺类型设备通过客户考察可实现其工艺需求，并已经实现销售或签署销售合同进行产业化验证。与国外大型半导体薄膜沉积设备厂商在国内存在直接竞争的主要销售款型相比，公司实现销售的半导体 ALD 设备产品关键性能参数已达到国际同类设备水平，具体核心性能指标比较情况如下：

产品关键性能参数	国际同类设备水平	微导纳米设备水平
设备产能（片/小时）	12	12
反应源（镀膜原材料）	2 个（温度可控 RT-200°C），2 个反应气体源	4 个（温度可控 RT-250°C），2 个反应气体源
机台稳定运行时间（Uptime）	≥80%	≥85%
平均故障间隔时间（MTBF）	≥200 小时	≥200 小时
平均破片率（MWBB） [注 1]	<1@100,000	<1@100,000
平均修复时间（MTTR）	≤6 小时	≤6 小时

产品关键性能参数	国际同类设备水平	微导纳米设备水平
薄膜片内均匀性 (1sigma,3mmEE) [注 2]	<1.2%	<1.2%
薄膜片间均匀性 (1sigma,3mmEE) [注 3]	<0.5%	<0.5%
薄膜颗粒控制	Adders<5@60nm	Adders<5@60nm
金属污染控制	<2E10 (原子/平方厘米)	<2E10 (原子/平方厘米)

注 1: 平均破片率 (MWBB) <1@100,000 表示: 在每 100,000 片晶圆镀膜中, 破碎的片数小于 1 片;

注 2: 薄膜片内均匀性 (1sigma,3mmEE) <1.2% 表示: 在距离晶圆边缘 3mm (即去边 3mm) 范围内的薄膜沉积厚度不均匀性小于 1.2% (1 个标准差)。

注 3: 薄膜片间均匀性 (1sigma,3mmEE) <0.5% 表示: 在距离晶圆边缘 3mm (即去边 3mm) 范围内的薄膜沉积厚度不均匀性小于 0.5% (1 个标准差)。

在半导体领域, 设备产能、机台稳定运行时间、平均故障间隔时间、平均破片率和平均修复时间等指标主要衡量产品的产能水平、稳定运行能力等生产性能, 薄膜均匀性、薄膜颗粒控制和金属污染控制等指标主要衡量薄膜沉积质量。

公司在半导体同类产品指标比较上, 选取了国际大型半导体薄膜沉积设备厂商在国内与公司 ALD 设备目标市场存在直接竞争的主要销售款型进行对比。公司半导体 ALD 设备的设备产能、平均故障间隔时间、平均修复时间、均匀性、薄膜颗粒控制、金属污染控制等多个技术指标已达到国际同类设备水平, 反应源的可拓展性、机台稳定运行时间等部分指标数据占有优势。

综上所述, 薄膜沉积设备产品的竞争力主要体现在镀膜质量和生产性能的核心关键指标对比。公司光伏薄膜沉积设备的部分指标数据占有优势, 技术水平在竞争中处于较高水平; 公司半导体薄膜沉积设备多个技术指标已达到国际同类设备水平, 反应源的可拓展性、机台稳定运行时间等部分指标数据占有优势。因此, 从核心关键指标对比来看, 依托公司核心技术生产的薄膜沉积设备具有竞争优势。

#### 4、公司各项核心技术先进性在实现工艺性能上的具体体现

公司通过各项核心技术生产的设备在多个工艺性能上具有先进性, 包括出色的成膜质量、超高的产能、优异的稳定性和多种薄膜工艺的制备能力等, 具体如下:

工艺性能	性能描述	公司先进性具体体现	先进性水平
出色成膜质量	薄膜质量主要体现在薄膜的均匀性和颗粒污染等方面，薄膜质量的高低直接影响电池或器件的性能和质量，提高薄膜均匀性和降低颗粒污染具有较高的技术难度和壁垒。	<p>①在成膜均匀性方面，公司解决了反应过程中工艺反应气体控制的难题，通过对喷淋板、脉冲阀及真空腔室的配合设计，确保不同反应气体在进入反应腔前相互隔离，在反应腔的任何部位的气体浓度相同，保证了薄膜沉积厚度均匀性。光伏领域可实现大批量装载薄膜厚度不均匀性达到片内、片间<math>\leq 3\%</math>的要求，半导体领域可实现 2nm 厚度的 <math>\text{HfO}_2</math> 薄膜厚度不均匀性达到<math>&lt; 1.2\%</math>的要求，指标均已达到国际同类设备水平。</p> <p>②在颗粒污染控制方面，公司通过高效稳定的反应源输送，有效控制工艺携带颗粒污染满足量产要求，半导体领域可实现单片晶圆中 60nm 尺寸的颗粒污染小于 5 颗的标准。</p>	达到国际同类设备水平
超高产能	由于 ALD 技术以单个原子层为单位逐层反应，沉积速度较慢，因此实现设备高产能技术具有较高的技术难度	为了满足薄膜沉积设备大批量工业化生产的需求，公司通过对气体输送系统、反应腔体、匀流系统、基底装载及加热系统以及工艺条件控制等方面进行创新的综合设计，大大提高了工作效率，使设备具有超高的产能。光伏设备中的单腔体批次装载量可达 2,400 片（ $210 \times 210\text{mm}$ 硅片），产能达到 10,000 片/小时的 ALD 设备已实现批量销售，产能达 15,000 片/小时和 20,000 片/小时的设备也已进入量产阶段，镀膜产能远高于同行业的 5,700-7,200 片/小时。半导体设备的单腔体批次装载量可达 25 片（300mm 晶圆），实现了设备在高良率下具备高产能的镀膜能力。	达到国际同类设备水平
优异的稳定性	设备运行的稳定性和连续性决定了设备的使用效率，设备长时间的稳定运行对于成本控制至关重要。	公司在反应环境控制、在线工艺监测、延长清理周期的新型气体分配装置、反应源处理装置等方面进行不断创新突破，有效的提高了设备维护周期，显著降低了设备在客户端的计划停机时间和运维成本，光伏设备的机台稳定运行时间超过 98%，半导体设备的机台稳定运行时间超过 85%；同时，公司在高速机械运动以及安全保护等方面的技术进行突破，有效减少生产过程造成的机械碎片损失，可以使碎片率 $\leq 0.03\%$ ，良率 $> 99\%$ ，实现了 ALD 设备高产能、高良率。	达到国际同类设备水平
多种薄膜工艺的制备能力	在各类基底上沉积不同类型的薄膜涉及不同的化学反应气体和工艺环节，需经过反复的设计、验证和调试过程，以满足不同薄	公司通过综合运用原子层沉积反应器设计、能量控制等技术，目前已开发热工艺的 ALD、等离子体工艺的 PEALD 等多种设备类型，具备沉积 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{SiN}_x$ 、 $\text{HfO}_2$ 、 $\text{ZrO}_2$ 、 $\text{La}_2\text{O}_3$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{TiN}$ 、 $\text{AlN}$ 、 $\text{ZnO}$ 等多种薄膜工艺的能力，应用领域具有较强的拓展性，可满足下游客户多样化的薄膜沉积需求。	达到国际同类设备水平

工艺性能	性能描述	公司先进性具体体现	先进性水平
	膜沉积反应需求，涉及大量复杂且专业的仿真、设计、控制等方面技术。		

公司拥有应用 ALD 技术制备多种薄膜工艺的能力，应用领域具有较强的拓展性。具体在应用核心技术实现的工艺性能上：

①在成膜均匀性方面，公司光伏 ALD 设备的不均匀性达到片内、片间 $\leq 3\%$ 的要求，半导体 ALD 设备可实现 2nm 厚度的 HfO<sub>2</sub> 薄膜厚度不均匀性达到 $<1.2\%$ 的要求；

②在半导体领域有较高要求的颗粒污染控制方面，公司半导体 ALD 设备可实现单片晶圆中 60nm 尺寸的颗粒污染小于 5 颗的标准；

③在产能方面，公司产能达到 10,000 片/小时的光伏 ALD 设备已实现批量销售，产能达 15,000 片/小时和 20,000 片/小时的设备也已进入量产阶段，远高于同行业的 5,700-7,200 片/小时；半导体 ALD 设备可实现高良率下的高产能，单腔体批次装载量可达 25 片（300mm 晶圆）；

④在稳定性方面，公司光伏 ALD 设备的机台稳定运行时间超过 98%，半导体 ALD 设备的机台稳定运行时间超过 85%；可以使碎片率 $\leq 0.03\%$ 、良率 $>99\%$ 。实现了 ALD 设备高产能，高良率。

综上所述，公司薄膜沉积设备可制备高均匀性和低颗粒污染的高质量薄膜，并且可实现同行业领先水平的超高产能规模，同时能够保证设备稳定运行时长并降低碎片率，实现了 ALD 薄膜沉积设备的高质量、高产能和高良率。公司光伏、半导体领域设备在多个工艺性能上达到国际同类设备水平。

**二、发行人 ALD 技术应用于 HJT 电池是否具有竞争优势，发行人 PECVD 及 PEALD 二合一技术来源和产品研发过程，PECVD 设备生产商和 ALD 设备生产商互相进入对方领域的技术壁垒，光伏领域中综合使用多项技术路线是否为行业趋势，行业内技术路线选择的主流趋势，发行人技术发展是否满足产业政策中降本提质的要求**

**（一）发行人 ALD 技术应用于 HJT 电池是否具有竞争优势**

HJT 电池片的制造环节主要包括 4 大类设备，分别是制绒清洗设备、非晶硅

沉积设备、TCO 透明导电薄膜设备和印刷设备。非晶硅沉积设备、透明导电薄膜设备均为薄膜沉积设备，在产线设备中的投资占比预计可达到 75%，为 HJT 电池片生产线中投资占比最高的设备类型。目前，HJT 电池片生产线中主要薄膜沉积设备的技术类型产业化情况如下：

技术类型	应用环节	产业应用情况
PVD	TCO	产业验证阶段
CVD	非晶硅薄膜	产业验证阶段
ALD	TCO	探索开发阶段
	非晶硅薄膜	探索开发阶段
	新型接触钝化薄膜	探索开发阶段

根据目前各电池厂商公开的信息，在已投产的 HJT 产线中，薄膜沉积环节较多采用 PVD 技术制备 TCO 薄膜、CVD 技术制备非晶硅薄膜，PVD 和 CVD 在 HJT 电池产线中的产业化进程相对较快。

虽然目前 HJT 电池中的 PVD 和 CVD 已经在产业验证阶段，但已投产的 HJT 产线规模普遍偏小（小于 1GW），大部分还处于小规模试验阶段。HJT 电池的生产技术路线仍然存在较多的改进空间，如 PVD 制备 ITO 薄膜过程中的离子轰击对硅片损伤较大、PECVD 制备非晶硅薄膜以板式为主导导致产能较低且成本偏高，因此 HJT 电池薄膜沉积环节的技术路线仍需要优化发展。

公司正在研发采用 ALD 技术实现 TCO 薄膜的制备，也在依托 ALD 技术开发沉积新型 TCO 薄膜的设备，例如采用 AZO（ZnO:Al）等资源储量丰富的薄膜材料制备 TCO 薄膜，以优化目前 HJT 电池的生产技术、降低 HJT 电池片生产成本。

由于目前 HJT 电池尚没有大规模量产，不同薄膜沉积技术路线仍在持续优化，同时公司相关产品正在研发过程中，尚无法对发行人 ALD 技术应用于 HJT 电池的竞争优势进行直接比较。

## （二）发行人 PECVD、PEALD 二合一技术来源和产品研发过程

### 1、开发 PECVD、PEALD 二合一技术的背景

PECVD 技术作为一项重要的薄膜沉积技术，较早的被应用在光伏电池中，且应用范围随着电池技术的进步不断扩展。ALD 早期主要在半导体领域应用，

2017年以公司为主的ALD设备厂商解决了量产化问题后，开始被应用于PERC电池钝化层的制备，在该应用领域的市场份额逐步提高。

为了配套公司的ALD设备产品、拓展布局技术路线、满足为客户提供薄膜沉积整体解决方案的需求，公司先后开发了PECVD产品、PEALD二合一产品。产品开发完成后，一方面公司可以在PERC产线上为客户同时提供ALD、PECVD、PEALD二合一多种镀膜解决方案，另一方面有助于公司为TOPCon、HJT、IBC等新型电池技术提供技术和产品储备。

公司的ALD设备指采用热工艺ALD技术的设备，通过加热的方式为反应提供能量来源；PEALD技术也属于ALD技术的一种，主要区别在于PEALD使用等离子体辅助反应，可有效降低反应温度。由于PEALD能量来源不同，导致其设备结构也会与热工艺ALD设备有所区别。

## **2、PECVD、PEALD二合一技术来源和产品研发过程**

PECVD与ALD虽然广义上都属于化学气相沉积技术，但是工艺和产品上存在差异，仍需要进行单独开发。公司于2018年6月立项开始研发PECVD技术，由LI WEI MIN、LI XIANG作为技术总指导，组建了由张鹤作为项目负责人，以及张良俊、姚良等涉及工艺、机械、电气各环节技术人员的专业研发团队，针对PECVD设备温度场、反应气场和等离子体场均匀性、设备稳定性和腔体污染控制等关键技术难点进行重点解决，并逐步形成PECVD相关的技术成果。公司在技术开发过程中兼顾了PERC和新型高效电池关于PECVD产品的应用需求。2020年公司陆续完成了首批PECVD设备的生产并发货，已于2021年取得客户验收，实现产业化应用。

2019年公司在ALD技术和PECVD技术的基础上，立项研发PEALD二合一技术，由LI WEI MIN、LI XIANG作为技术总指导，组建了由张密超、潘景伟作为项目负责人，以及杨柳、姚俊等涉及工艺、机械、电气各环节技术人员的专业研发团队，研发项目团队创新性的将两种工艺流程整合在同一台设备中。该技术和产品架构主要作为电池技术向TOPCon升级的技术储备，用于TOPCon电池背部隧穿层和多晶硅层制备，同时可用于PERC产线实现背部钝化层和减反层制备。公司PEALD二合一平台量产化设备于2020年发货，已于2021年取得客户验收，实现产业化应用。

目前，公司持续针对 ALD、PECVD、PEALD 二合一等技术不断进行优化和拓展，包括对  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{SiN}_x$ 、Poly-Si 等工艺的温度、流量、压力等参数不断优化寻求最佳工艺条件；对设备可加工硅片尺寸进行提升以满足硅片大尺寸化的需求；对等离子技术在不同导电率的硅基底以及不同的表面形貌做深入的研究和功率、频率、电极设计的匹配；针对不同掺杂条件下的硅基底表面钝化开发更多的材料工艺（非晶硅、掺杂多晶硅、掺杂氧化物、叠层材料等）；对技术在更多新型电池领域的应用（例如  $\text{TiO}_2$ 、 $\text{HfO}_2$ 、 $\text{ZnO}$ 、TCO 等新工艺）进行开发等。

综上所述，公司的 PECVD、PEALD 二合一技术与产品的研发、升级、拓展均由公司自主开发实现。

### 3、PEALD 二合一设备与 ALD 设备价格比较情况

公司 PEALD 二合一设备在 2021 年实现收入，2021 年与 ALD 设备的价格比较情况如下：

项目	PEALD 二合一设备	ALD 设备
收入（万元）	6,787.61	13,616.86
数量（台）	17.00	22.00
单价（万元）	399.27	618.95

注：公司产品均价根据当期确认收入的主机台数量测算，为不含税价格。

公司已销售的 PEALD 二合一设备用于 PERC 电池背面  $\text{Al}_2\text{O}_3$  钝化层、 $\text{SiN}_x$  减反层的制备，在 PERC 电池领域主要对标市场中 PECVD 二合一等售价偏低的成熟产品，且公司 ALD 设备的  $\text{Al}_2\text{O}_3$  钝化层镀膜产能（超过 10,000 片/小时）远高于 PEALD 二合一、PECVD 二合一设备（不超过 6,500 片/小时），因此 ALD 设备销售价格高于 PEALD 二合一设备。

### （三）PECVD 设备生产商和 ALD 设备生产商互相进入对方领域的技术壁垒

PECVD 技术和 ALD 技术均是通过化学反应制备固态物质实现镀膜，反应原理均为基础的化学方程式，但两类技术反应过程和反应条件不同，因此工艺和产品设计方案存在差异，主要体现在如何通过对器件、工艺、产品等设计控制化学反应过程，使得所制备的薄膜符合目标要求。

PECVD 设备生产商和 ALD 设备生产商互相进入对方领域存在着一定的技

术壁垒。

### 1、技术人才壁垒

两种技术路线的工艺原理不同，工艺设备对可沉积的薄膜材料及性能、对关键零部件的选择标准有所不同（如 ALD、PEALD 需要使用高速脉冲式器件，PECVD 不存在相应需求），因此两种技术路线涉及的专业知识领域存在差别，需要有相应的研发人员进行产品设计开发。

### 2、技术难度壁垒

两类设备设计和生产的技术难度存在诸多壁垒。在供源技术上，PECVD 多为气态源，ALD 多为液态源或固态源，需要攻克不同性质的源供应、吹扫等问题；在反应过程控制技术上，PECVD 工艺对温度、反应压力敏感度高，需要更好的温场、压力控制，反应速度快所以均匀性难以控制，ALD 有一定的工艺窗口范围，对温度和压力容忍度相对较高，但需要避免反应过程中因反应气体隔绝不充分产生的 CVD 反应；在快速控制和切换技术上，ALD 技术的核心是将反应源以时间或者空间形式间隔开，需要大量的高速切换阀、质量流量计等多种器件综合设计来实现 ALD 反应。通常单一工艺下，ALD 设备上控制流量、压力所需的真空元器件数量和复杂程度较高，涉及到的气路原理设计和控制（高速反应的气动控制）难度相对高于 PECVD 技术。

### 3、技术产业化壁垒

PECVD 设备较早的被应用于光伏薄膜沉积，产业化较为成熟。相对来说，ALD 设备在光伏领域发展较晚，但由于特殊的技术特点，使得 ALD 技术具备广泛的应用前景。目前掌握 ALD 技术产业化的企业较少，新进入者的应用开发难度较高。

**（四）光伏领域中综合使用多项技术路线是否为行业趋势，行业内技术路线选择的主流趋势**

**1、光伏电池技术不断迭代发展，目前新型高效电池中 TOPCon 电池已具备先发优势**

（1）光伏电池技术不断迭代发展，薄膜沉积环节愈发重要

从电池光电转换效率来看，在行业规模快速增长以及降本增效的驱动下，光伏电池技术迭代速度较快，光电转换效率从早期铝背场电池不到 20%，提升到

PERC 电池的 23%-24%，目前新型高效电池的量产效率普遍超过 24%且在持续提升过程中。由于 PERC 电池片的量产平均转换效率已逐渐接近理论极限，TOPCon、HJT、IBC 等新型电池技术路线已成为电池技术的主要发展方向。

由于薄膜沉积设备制备的薄膜直接影响电池片的光电转换效率，随着电池结构的发展，薄膜沉积设备的重要地位愈发凸显，且在电池产线设备投资中的占比不断提高：

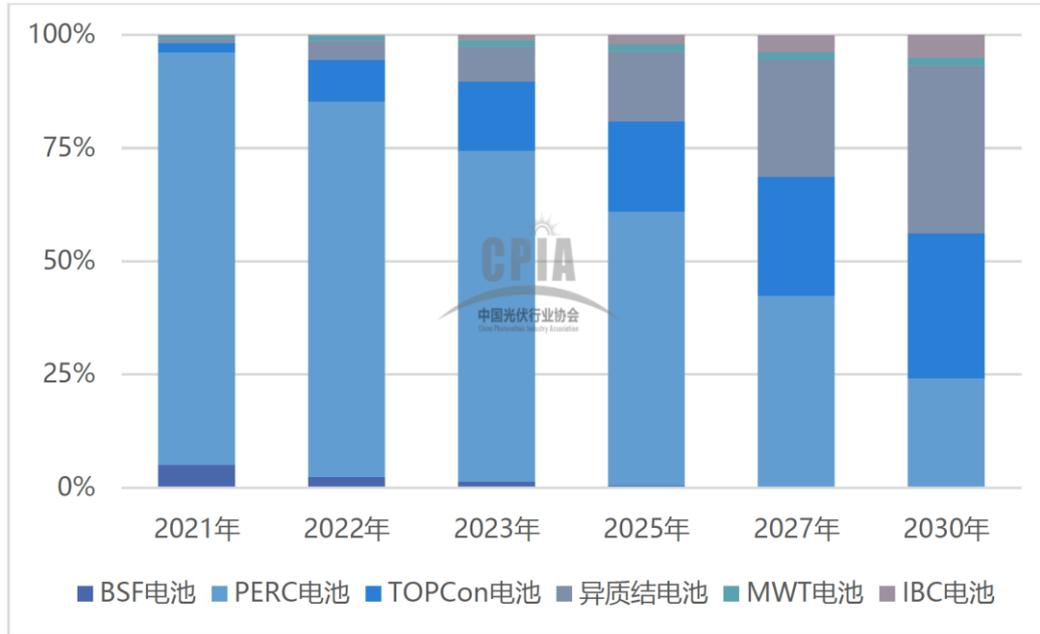
①从制备的薄膜环节来看，早期的铝背场电池镀膜环节仅需要  $\text{SiN}_x$  减反层，PERC 电池除了  $\text{SiN}_x$  减反层还增加了  $\text{Al}_2\text{O}_3$  钝化层，TOPCon 电池在  $\text{SiN}_x$  减反层、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  钝化层基础上又进一步增加了  $\text{SiO}_2$  隧穿层和多晶硅层，HJT 电池主要需要 TCO 薄膜和非晶硅薄膜；

②从薄膜沉积设备投资占比来看，在 PERC 产线上薄膜沉积设备的投资比例为 26%；根据 2021 年 12 月长城证券发布的《光伏行业 2022 年策略：景气向上，分化成长》和 2022 年 1 月中泰证券发布的《2022 年光伏设备投资策略：全面拥抱新技术》等研究报告数据，在 TOPCon 产线上薄膜沉积设备的投资比例超过 30%；HJT 虽然电池结构与 PERC 相比变化较大，但核心环节 TCO 薄膜和非晶硅薄膜的制备均使用薄膜沉积设备，根据 2022 年 4 月中泰证券发布的《光伏电池新技术深度报告：从战略相持到战略兑现》和 2022 年 5 月浙商证券发布的《光伏设备：拥抱新技术变革，精选龙头》等研究报告数据，在 HJT 产线上薄膜沉积设备的投资比例达到 75%。

## （2）目前新型高效电池中 TOPCon 电池已具备先发优势

根据 CPIA 统计，2021 年规模化生产的 P 型单晶电池均采用 PERC 技术，新建量产产线仍以 PERC 电池产线为主。随着 PERC 电池片新产能的持续释放，2021 年末 PERC 电池片市场占比进一步提升至 91.2%，N 型电池（主要包括 TOPCon 和 HJT 电池）各技术路线尚在同步推进中，由于产线建设成本相对较高，量产规模仍较少，2021 年末市场占比约为 3%。

目前电池厂商新建量产产线主要聚焦于 TOPCon、HJT 两种技术路线。根据 CPIA 预测，国内 2022 年 N 型电池（包括 TOPCon、HJT、IBC 等）占比有望从 3%提升至 13.4%，2022 年底 TOPCon 电池放量产能有望超过 35GW，HJT 电池超过 13GW。2021-2030 年各种电池技术市场占比变化趋势如下：



根据 PV InfoLink 统计，未来三年 TOPCon 产能预计将快速增长，至 2024 年 TOPCon 产能预计将超过 100GW，TOPCon 电池的新增产能和渗透率都将快速提高。当前 HJT 产线仍处于磨合期，由于设备投资较高、非硅成本难以快速下降的问题，虽然国内电池片厂商产能布局较多，但实际落地项目偏少。由此可见，TOPCon 电池在产业化过程中已获得先发优势。具体原因如下：

①由于现存 PERC 电池存量产能较大，TOPCon 电池可以从 PERC 产线升级，不需要新建产线，只需要添加薄膜沉积和扩散设备即可完成改建，可以很好地运用厂商技术积累、人才储备和设备成熟的优势；

②TOPCon 电池产线设备投资规模从 2020 年的 2.70 亿元/GW 降至 2021 年的 2.20 亿元/GW，HJT 电池从 2020 年的 4.50-5.50 亿元/GW 降至 2021 年的 4.00 亿元/GW。TOPCon 新建产线的投资成本相较于其他 N 型电池技术更具有经济性；

③TOPCon 具有可观的发展潜力，理论效率高达 28.7%，最接近晶体硅太阳能电池理论极限效率(29.43%)，且远高于 PERC 的 24.5%，相较于现阶段 TOPCon 量产效率仍有很大的进步空间。

## 2、PVD、CVD、ALD 三大技术路线在光伏领域的应用及发展情况

PVD、CVD、ALD 技术是三大主要薄膜沉积技术，但其工艺原理有所区别，其中 PVD 是利用物理过程实现镀膜，CVD 和 ALD 均是通过化学反应制备固态物质实现镀膜，但在沉积反应原理、沉积反应条件和沉积层的质量上有所区别。

PVD、CVD、ALD 三大技术路线在光伏领域的应用情况如下：

技术类型	在光伏领域的应用			
	PERC	TOPCon	HJT	IBC
PVD	无	多晶硅（探索开发）	TCO（产业验证）	多晶硅（探索开发）
CVD	(1) Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 钝化层（成熟应用） (2) SiN <sub>x</sub> 减反层（成熟应用）	(1) SiN <sub>x</sub> 减反层（成熟应用） (2) 隧穿氧化层（产业验证） (3) 多晶硅（产业验证）	非晶硅及掺杂（产业验证）	多晶硅（探索开发）
ALD	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 钝化层（成熟应用）	(1) Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 钝化层（产业验证） (2) 隧穿氧化层（产业验证）	(1) TCO（探索开发） (2) 非晶硅薄膜（探索开发） (3) 新型接触钝化薄膜（探索开发）	(1) TCO（探索开发） (2) 非晶硅薄膜（探索开发） (2) 新型接触钝化薄膜（探索开发）

从技术原理来看，PVD、CVD、ALD 在新型高效电池中都有应用空间，其中 PVD 应用环节相对单一，CVD 和 ALD 应用环节较多。从目前光伏新型高效电池产业化情况来看：

(1) PVD 除在 HJT 的 TCO 膜中进行验证外，其他应用环节较少，预计在新型高效电池产线中的市场份额最低；

(2) CVD（主要为 PECVD）在 TOPCon 的 SiN<sub>x</sub> 减反层已成熟应用，在 TOPCon 的多晶硅层、HJT 非晶硅及掺杂层正在产业化验证阶段，具有较好的应用前景；

(3) ALD（包括热工艺的 ALD 和等离子体工艺的 PEALD）在 TOPCon 电池的 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 钝化层、隧穿氧化层验证情况较好，且在 HJT、IBC 等其他类型电池中应用前景广泛。

### 3、光伏领域中薄膜沉积技术以 PECVD 和 ALD 为主，综合使用多项技术路线是行业趋势

根据所需沉积薄膜类型的不同，光伏领域各技术路线有其各自适合的应用场景，并随着光伏电池技术发展而动态变化。PECVD 技术因其兼容性高，各类型应用前景广泛。ALD 技术作为成膜质量最好的技术，随着光伏效率提升对薄膜工艺要求提高，也有更多的应用场景。行业内薄膜设备厂商目前主要以 PECVD

或 ALD 技术路线为主，根据各自的技术积累和未来技术方向的专业判断，同时进行多种技术路线的选择和尝试。因此，光伏领域中薄膜沉积技术以 PECVD 和 ALD 为主，综合使用多项技术路线是行业趋势。

#### (1) 各电池结构中主要薄膜沉积技术的应用

在 PERC 电池中，由于电池的技术路线已经非常成熟，ALD 技术和 PECVD 技术同为 PERC 电池  $Al_2O_3$  钝化层制备的主流技术。根据中国光伏行业协会统计，2021 年 PERC 电池  $Al_2O_3$  钝化层设备中，ALD 技术应用占比 41%，PECVD 技术应用占比 55%。

在 TOPCon 电池中，目前  $Al_2O_3$  钝化层的主流技术路线为 ALD 技术，隧穿氧化层和掺杂多晶硅层技术路线尚未完全定型，仍处于多种技术并行状态，暂无明确的主流趋势。隧穿氧化层可以采用 ALD 技术或热氧化法，掺杂多晶硅层可采用 LPCVD 或 PECVD 技术。每类技术路线均具有各自的优点与缺点，各家电池厂商基于自身的技术积累选择技术路线进行攻关。

在 HJT 电池中，目前薄膜沉积环节较多采用 PVD 技术制备 TCO 薄膜和 PECVD 技术制备非晶硅薄膜，产业化进程相对较快，但已投产的 HJT 产线规模普遍偏小（小于 1GW），大部分还处于小规模试验阶段，技术路线仍然存在较多的改进空间。发行人正在研发采用 ALD 技术实现 TCO 薄膜的制备，也在依托 ALD 技术开发沉积新型 TCO 薄膜的设备，例如采用 AZO（ $ZnO:Al$ ）等资源储量丰富的薄膜材料制备 TCO 薄膜，以改善目前 HJT 电池的生产技术、降低 HJT 电池片生产成本。

#### (2) 设备厂商对薄膜沉积技术的综合布局情况

设备厂商针对下游客户不同的应用需求，并且综合考虑技术延展性积极开发布局多项技术路线。同行业公司的薄膜沉积设备涉及的技术路线情况如下：

公司名称	主要业务	光伏薄膜沉积设备业务	
		主要技术路线	发展的其他技术路线
捷佳伟创	国内主要的太阳能电池设备企业之一，光伏设备包括 PECVD 及扩散炉等	PECVD	根据公告，其在 TOPCon 电池中布局了 LPCVD 技术，在 HJT 电池中布局了 PVD 和 RPD 技术
北方华创	国内领先的半导体设备供应商，包括刻蚀机、PVD、CVD	PECVD	根据公告，光伏领域可提供 LPCVD 设备，在 HJT 电池中布

	等, 光伏镀膜设备包括 PECVD		局了 PVD 技术
无锡松煜	光伏电池片镀膜设备供应商	ALD	官方网站的产品介绍中包括 PECVD、LPCVD 设备
理想晶延	光伏电池片镀膜设备供应商	ALD	官方网站的产品介绍中包括 PECVD 设备
红太阳	光伏电池片设备供应商, 产品包括 PECVD、LPCVD、扩散炉、氧化炉等	PECVD	官方网站的产品介绍中包括 LPCVD、PVD 设备
拉普拉斯	光伏电池片设备供应商, 产品包括扩散系统、LPCVD、PECVD 等	LPCVD	官方网站的产品介绍中包括 PECVD、ALD 设备
发行人	光伏及半导体镀膜设备供应商	ALD	PECVD、PEALD 设备

目前, 光伏领域薄膜沉积设备企业主要以 PECVD 或 ALD 技术路线为主, 且会根据各自的技术积累和未来技术方向的专业判断, 同时进行多种技术路线的选择和尝试, 综合使用多项技术路线是行业趋势。

#### 4、公司 ALD 技术已在 TOPCon 等多种新型高效电池中取得良好应用

公司以 ALD 技术为核心的薄膜沉积设备已在 PERC 电池中成熟应用, 目前公司 ALD 技术在 TOPCon 电池中已经取得良好应用, 因 ALD 技术优异的保型性且薄膜材料密度一致, 在 TOPCon 电池具有金字塔绒面的正面  $\text{Al}_2\text{O}_3$  钝化层制备中, 公司的 ALD 设备逐步成为主流技术路线。公司还基于 PEALD 技术和 PECVD 技术, 开发了 PEALD 二合一产品, 可在一台设备内完成 TOPCon 电池隧穿层和多晶硅层的沉积, 更好的为下游电池厂商提供薄膜沉积的整体解决方案。

目前公司 TOPCon 电池的相关设备 (包括 ALD 设备、PEALD 二合一平台设备) 已向客户发货, 处于产业化验证中。截至 2022 年 6 月末, 公司已签署订单的 75% 应用于 TOPCon 等新型高效电池, 已签署及已中标待签署合同设备对应的新型电池产线规模超过 50GW。根据公司 2022 年 1-6 月参与招投标项目统计, 在已开标的 TOPCon 和背接触电池 (基于 IBC 的电池结构) 产线中, 公司 ALD 设备中标的产线规模占比均达到 75%。公司的 ALD 设备在新型电池产线上得到下游客户广泛认可。

除此之外, 公司积极开发应用于其他高效电池的 ALD 设备, 目前已与客户就下一代 HBC 电池 (叠加 HJT 与 IBC 技术的超高效异质结背接触叠层电池) 中的  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$  镀膜设备开展合作并签署设备订单, 并同步开发其他新型接触钝

化工艺，为下一代电池技术提供技术和产品储备。

### **（五）发行人技术发展是否满足产业政策中降本提质的要求**

公司在光伏领域的技术发展始终围绕降本提质的目标来开展。2017 年初公司向市场推出首款量产机型，以较低的设备造价、更高的钝化质量、更低的气体消耗量等优势使得 ALD 技术逐步成为光伏领域氧化铝沉积设备的主要路线之一。随后公司工艺技术不断突破，通过提升产品镀膜产能降低客户生产成本，2019 年推出 KF10000S 机型实现了 10,000 片/小时的产能突破，目前公司 KF15000 和 KF20000 等新型高产能机型也已进入量产阶段，产品的单位产能位居行业前列。

针对 TOPCon 等新型电池，公司创新性的把 ALD 技术应用于氧化硅层的制备，开发出了 PEALD 二合一平台设备，可连续完成 TOPCon 电池的背膜结构（隧穿氧化硅/原位掺杂多晶硅）镀膜，并可以获得超薄（ $<2\text{nm}$ ）、大面积均匀性、致密性好、无针孔的高质量隧穿层。

公司将原子层沉积反应器设计技术、高产能真空镀膜技术、高质量薄膜制造技术等核心技术用于产品开发，不断提高设备的产能和沉积薄膜的质量，满足产业政策中降本提质的要求。

**三、半导体领域中各项主要技术路线的技术难度差异与发展趋势，是否存在主流技术路线，ALD 技术路线设备份额占比较低的原因，ALD 技术是否具有技术优势**

**（一）半导体领域中各项主要技术路线的技术难度差异与发展趋势，是否存在主流技术路线**

#### **1、半导体领域中薄膜沉积技术路线的技术难度差异**

##### **（1）技术路线概况**

常见的半导体领域中薄膜类型主要分为半导体、介质、金属/金属化合物薄膜三大类。半导体领域薄膜的沉积材料与应用场景复杂多样，伴随制程的演变材料需求增加，推动薄膜沉积工艺和设备的进步。

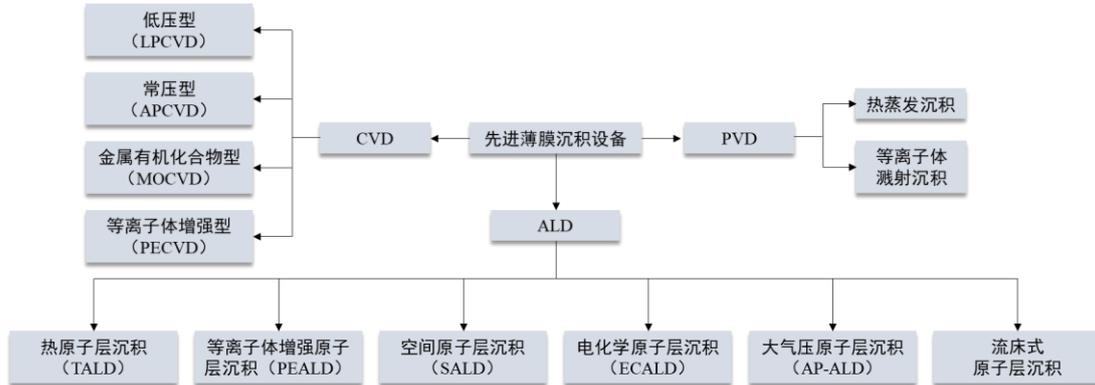
薄膜制备依据的基础原理不同，因此薄膜沉积设备的工艺存在不同的技术路线。薄膜沉积工艺主要分为物理和化学方法两大类：

①**物理方法**：指利用热蒸发或受到粒子轰击时物质表面原子的溅射等物理过程，实现物质原子从源物质到衬底材料表面的物质转移，主要的物理方法为物理

气相沉积（PVD）。PVD 存在蒸镀、溅射两种实现方式；

②化学方法：把含有构成薄膜元素的气态反应剂或液态反应剂的蒸汽，以合理的气流引入工艺腔室，在衬底表面发生化学反应并在衬底表面上沉积薄膜。化学方法包括化学气相沉积（CVD）和原子层沉积（ALD）等。CVD 和 ALD 又可按照反应条件（压强、温度、反应源等）不同细分为多种类别。

### 薄膜沉积设备技术分类



### (2) 技术难度差异

芯片制造的关键环节之一在于实现将电路图形转移到薄膜上的过程，不同环节所需薄膜不同。薄膜的性能除了与沉积材料有关，最主要受到薄膜沉积工艺的影响。半导体领域的薄膜沉积技术壁垒很高，主要原因包括：①芯片由不同模块工艺集成，薄膜沉积是大多数模块工艺的关键步骤，薄膜本身在不同模块/器件中的性能要求繁多且差异化明显；②薄膜沉积工艺需要持续发展，新材料出现或器件结构的改变要求不断研发新的工艺或设备；③薄膜性能不断提升要求设备具备更好集成度，更严格的热预算要求更低温的生长工艺，并且沉积过程还要考虑沉积速率、环境污染等各项严苛的指标。因此，半导体薄膜沉积设备市场主要被国际巨头公司垄断，市场集中度较高。

各个技术路线在半导体产线环节中的应用需要克服不同的技术难度，具体情况如下：

技术类型	技术原理	技术特点	掌握该技术需克服的技术难度
PVD	利用物理过程实现物质转移，将原子或分子由源转移到衬底表面上的过程，包含	1、需要相对较低的气体压力环境（真空）； 2、需要使用固态的或者熔融态的物质作为沉积过程的源物质（靶料）；	1、蒸镀和溅射等传统 PVD 工艺的薄膜均匀性较难控制； 2、通常需要在高真空度下实现镀膜，真空度对于成膜质量影响很大，保障设备真空度和镀膜环

技术类型	技术原理	技术特点	掌握该技术需克服的技术难度
	蒸镀、溅射、离子镀等	3、半导体领域常用于金属薄膜沉积	境尤为重要； 3、传统 PVD 具有方向性，不易在高深宽比结构和三维结构形成阶梯覆盖率高的均匀薄膜
CVD	将化学反应气体不断通入反应腔室内，混合后发生化学反应，并在反应区域空间形成连续薄膜沉积，膜层厚度与原料供应量成正比	1、沉积速度较快； 2、均匀性控制优于传统 PVD 技术； 3、具有很好的化学配比，针孔数量较少，具有应力控制能力； 4、阶梯覆盖能力和间隙填充性较好，应用范围较广	1、通过精准控制反应时间和原料供应量来控制薄膜厚度； 2、工艺结果对能量分布均匀性和原料供应均匀性非常敏感，需要通过温度、等离子体、压力和流场等各类参数的联合精准控制，形成具有理想性能的薄膜； 3、优化原料混合效果，减少其给工艺结果带来的不良后果
ALD	将不同的反应前驱物以气体脉冲的形式交替输入反应腔室中，在基底表面以单个原子层为单位一层一层地实现镀膜	1、沉积速度较慢； 2、均匀性控制能力优异，可保持在 0.07-0.1nm 左右（原子级别）； 3、成膜通过化学表面饱和反应，薄膜针孔数量少，致密性高； 4、阶梯覆盖能力最好； 5、常用于超薄、复杂形貌上薄膜沉积，或者有极高台阶覆盖率要求的衬底沉积	1、以单个原子层为单位逐层反应，镀膜速率低于 PVD 和 CVD，实现设备高产能技术具有挑战； 2、在高速脉冲循环沉积并保持高产能过程中，解决 CVD 的产生从而导致颗粒污染以及成膜质量等难题； 3、稳定精确温度控制是影响 ALD 高质量薄膜制备的重要因素，尤其是针对低蒸汽压固态源工艺技术更是技术难度

## 2、半导体领域中薄膜沉积技术发展趋势为相互补充、不断迭代

PVD、CVD、ALD 三类薄膜沉积技术均为目前半导体领域的主流技术路线，但各技术适用的环节有所不同。在芯片的制造过程中，涉及十余种不同材料的薄膜、数十种工艺类型、上百道工艺环节，需要不同性能和材料的薄膜，因此 PVD、CVD、ALD 三类薄膜沉积技术依靠各自技术特点拓展适合的应用领域，材料制备上相互补充，如 PVD 一般用于较厚的金属及导电类的平面膜层制备；CVD 一般适用中等以上厚度的膜层制备、应用范围广；ALD 可以一个原子的厚度（约 0.1nm）为精度进行薄膜沉积，更适用于超薄膜厚度控制以及三维、超高深宽比结构器件的应用。同时，三种技术本身也随着下游应用需求的提高持续发展。

### （1）PVD（物理气相沉积）

PVD 分为蒸镀和溅射两大类，初期真空蒸镀占据主流，后来由于不能蒸发

一些难熔金属和氧化物材料，因此逐步被溅射取代。由于薄膜性能要求等不断升高，溅射 PVD 不断改进、迭代，目前应用最广泛的是磁控溅射 PVD。

技术类型	典型应用	演进趋势
真空蒸镀 PVD	最早用于金属薄膜制造的工艺	技术应用距今超过百年历史，一般用于中小规模半导体集成电路
电子束蒸镀 PVD	可以实现超大规模集成电路上的金属薄膜沉积	针对真空蒸镀方法改进，可以实现超大规模集成电路上的应用，但无法进行孔内的金属覆盖
直流溅射 PVD	靶材只能是导体，主要用于沉积金属栅	取代了蒸镀法，通过溅射法实现蒸镀不能蒸发的一些难熔金属和氧化物材料的沉积
磁控溅射 PVD	主要用于 Al 金属籽晶层、TiN 金属硬掩膜	在当前金属薄膜 PVD 中处于主导地位，是对平面型直流溅射 PVD 的改进，延长电子的运动路径进而提高等离子体的浓度，最终实现更多的沉积
离子化 PVD	主要用于 Al 的阻挡层、CuBs 中的阻挡层和籽晶层，也可以和金属 CVD 结合用于沉积钨栓塞中的 Ti 粘附层	对磁控溅射 PVD 做出的改进，通过控制金属离子的方向和能量，改变传统 PVD 无法控制粒子的沉积方向的情况，从而提高台阶覆盖能力

## (2) CVD (化学气相沉积)

CVD 通过不同分压的多种气相状态反应物在一定温度和气压下发生化学反应来沉积薄膜。CVD 可沉积材料种类和材料配比方式众多，沉积薄膜包括氧化物、氮化物、碳化物等化合物或多晶硅，应用领域较广，为目前占比最高的薄膜沉积类设备。

在 CVD 技术的演进中，相比传统的 APCVD、LPCVD 设备，PECVD 设备在相对较低的反应温度下形成高致密度、高性能薄膜，不破坏已有薄膜和已形成的底层电路，实现更快的薄膜沉积速度，在制程进入到 90nm 以下时成为芯片制造薄膜沉积工艺中运用最广泛的设备种类。

技术类型	典型应用	演进趋势
常压化学气相沉积 APCVD	可用于制备单晶硅、多晶硅、二氧化硅、掺杂的 SiO <sub>2</sub> 等简单特性薄膜	APCVD 是最早使用的 CVD 方法，其优势在于反应结构简单、沉积速率快，但缺点在于台阶覆盖率差，因此一般仅适用于在微米制程中制备简单的氧化硅等薄膜，在纳米制程中逐步被其他工艺替代。
低压化学气相沉积 LPCVD	用于制备 SiO <sub>2</sub> 和 PSG/BPSG (ILD、STI、侧	用于 90nm 以上的薄膜沉积主流工艺，气体压力较低，薄膜生长速率能更好控制，相较

技术类型	典型应用	演进趋势
	墙、栅氧化层等)、氮氧化硅(抗反射层等)、多晶硅、Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> (钝化层、刻蚀停止层、硬掩膜等)、多晶硅(栅极)等薄膜	APCVD, LPCVD 方法沉积的薄膜台阶覆盖率等性能更好, 缺点在于高温反应、薄膜密度以及填孔能力相对有限。
等离子增强化学气相沉积 PECVD	用于沉积介质绝缘层和半导体材料	在制程进步到 90nm 以下时成为主流, 紧随着 LPCVD 技术发展。PECVD 技术需要的等离子体能量反应温度较低, 因此可以在熔点更低的金属互连层上沉积二氧化硅等薄膜, 另外 PECVD 沉积速率更快、台阶覆盖率更好, 能够沉积大多数主流的介质薄膜, 包括一些先进的 Low-k 材料、硬掩膜等。
金属有机化学气相沉积 MOCVD	用来沉积半导体外延层, 例如在低温下用有机金属源淀积 III-V 族化合物 GaAs	MOCVD 主要用于外延片的生产, 照明、显示、功率器件是 MOCVD 终端三大应用市场, 其在集成电路领域应用较少。

### (3) ALD (原子层沉积)

ALD 是通过脉冲方式进行单原子层膜逐层生长, 将原子逐层沉积在衬底材料上。与 CVD 相区别的是, CVD 将不同反应气体同时导入腔室, ALD 是让不同材料以脉冲方式在不同时间到达晶圆表面, 两种气体周期性地反应。ALD 可分为等离子 ALD (PEALD) 和热 ALD (Thermal ALD, 即 TALD), 区别在于 PEALD 使用等离子体辅助反应, 沉积速度较快, 可有效降低反应温度, 主要用于低温薄膜材料的沉积; TALD 需要在较高的温度下进行反应, 薄膜致密性及台阶覆盖率高, 主要用于沉积金属栅极、高 k 金属化合物以及高深宽比结构镀膜。

ALD 技术相较于 CVD 技术和 PVD 技术, 产业化应用起步时间较晚, 在 45nm 以上等成熟制程、2D 平面结构器件中应用较少, 2007 年 Intel 公司才首次在 45nm 技术节点上开始应用 ALD 技术进行薄膜制备, 主要由于在先进制程节点下, 原来用于成熟制程的溅射 PVD、PECVD 等工艺无法满足部分工序要求, 因此需要引入 ALD 工艺。

ALD 技术凭借其原子层级沉积特点, 具有薄膜厚度精确度高、均匀性好、台阶覆盖率极高、沟槽填充性能极佳等优势, 特别适合在对薄膜质量和台阶覆盖率有较高要求的领域应用, 在 45nm 以下节点以及 3D 结构等先进半导体薄膜沉积环节具有较好的应用前景。ALD 具体应用参见本题回复之“三、(二)、2、(2)”

ALD 技术优势及其应用场景”。

综上所述，PVD、CVD 和 ALD 均为目前半导体薄膜沉积的重要技术路线，从各技术的典型应用及演进趋势来看：

①由于技术原理存在区别，三种技术路线各自存在不同的技术难点，适用的应用领域存在差异；

②三种技术路线存在演进趋势，但技术路线的演进关系并不是简单替代，而是相互补充、迭代发展，共同满足下游日益增加的薄膜沉积需要；

③ALD 技术在 45nm 以下节点以及 3D 结构等先进半导体薄膜沉积环节具有较强的技术优势，随着先进制程的发展，新型应用场景快速增加，PVD、PECVD 等工艺无法满足部分工序要求，ALD 技术凭借其薄膜厚度精确度高、均匀性好、台阶覆盖率极高、沟槽填充性能极佳等优势将快速发展，具有广阔的市场前景。

## **(二) ALD 技术路线设备份额占比较低的原因，ALD 技术是否具有技术优势**

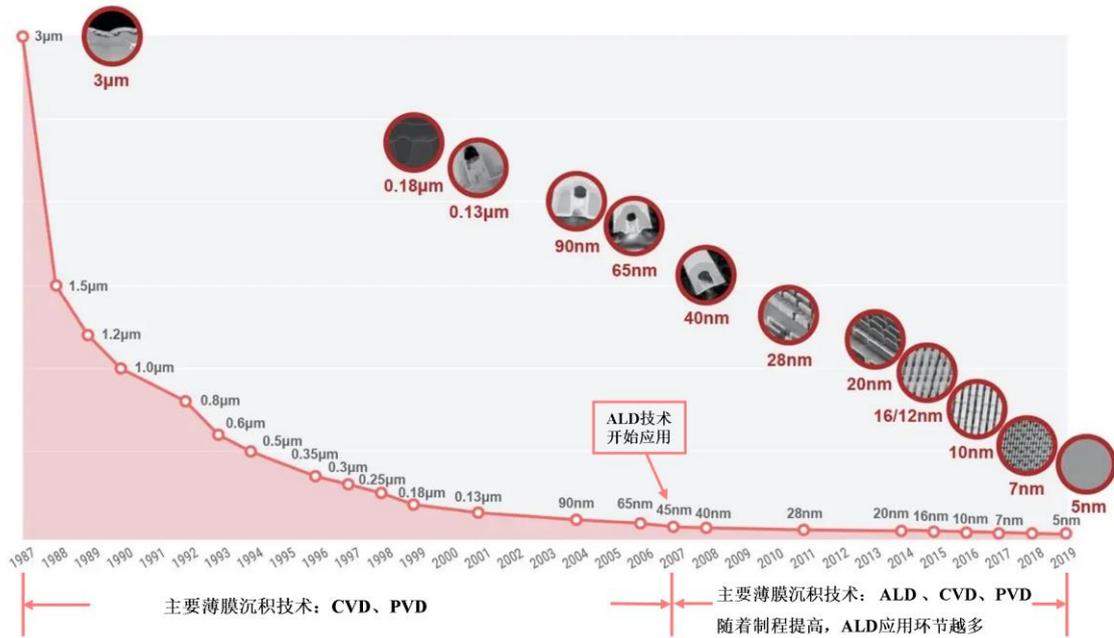
ALD 原子层沉积工艺由于技术门槛较高、早期工艺需求不大，因此市场份额相对偏小，但随着半导体器件的高度集成化、精小化发展趋势，要求沉积过程中严格把控薄膜的质量、厚度和精准度，ALD 技术凭借其薄膜厚度精确度高、均匀性好、台阶覆盖率极高、沟槽填充性能极佳等优势，能够很好地满足了这些要求，在 45nm 以下节点以及 3D 结构等先进半导体薄膜沉积环节具有较强的技术优势，国产半导体 ALD 设备迎来前所未有的发展契机。

### **1、ALD 技术路线设备份额占比较低的原因**

ALD 技术最早可以追溯到苏联和芬兰科学家在 20 世纪六七十年代的研究工作，2001 年国际半导体协会将 ALD 技术列入与微电子工艺兼容的候选技术，2007 年 Intel 公司在 45nm 技术节点上开始应用 ALD 技术进行薄膜制备。与 PVD 和 CVD 在 20 世纪下半叶即在半导体领域开始应用不同，ALD 技术前期受制于薄膜成长速率偏低、成本偏高等因素发展较慢，在 45nm 及以上制程节点或平面结构的器件中，CVD 技术就能够满足大部分薄膜沉积需求。

在摩尔定律的推动下，元器件集成度的大幅提高要求集成的电路线宽不断缩小，影响集成电路制造工序愈为复杂。在先进制程节点下，原来用于成熟制程的溅射 PVD、PECVD 等工艺无法满足部分工序要求，因此需要引入 ALD 工艺。半导体

制程演进与薄膜沉积技术对应情况如下：



在半导体晶圆制程进入 65nm 及之前，集成电路主要通过沉积  $\text{SiO}_2$  薄膜形成栅极介电质以减少漏电，但进入 45nm 特别是 28nm 节点之后，传统的  $\text{SiO}_2$  栅介质层物理厚度缩小至 1 纳米以下，产生明显的量子隧穿效应和多晶硅耗尽效应，导致漏电流急剧增加，器件性能急剧恶化。通过引入高介电常数 (k) 氧化物作为栅介质层，可以在降低等效氧化物厚度 (EOT) 的同时，抑制漏电流的产生。新的高介电材料引入及金属栅工艺的应用，由于膜层厚度非常薄，通常在纳米量级内，因此需要引入 ALD 工艺以满足对薄膜沉积的控制和薄膜均匀性的需求。因此 ALD 技术在 45nm 制程开始应用，主要的应用场景是在 28nm 及以下先进制程。

全球主要半导体晶圆厂制程分布情况如下：

国家或地区	制程 (nm)										
	180	130	90	65	45/40	32/28	22/20	16/14	10/7	5	3
美国	24	18	11	8	4	4	4	4	1	0	0
韩国	4	4	3	2	2	2	2	2	2	1	1
日本	18	10	7	6	5	1	1	1	0	0	0
中国大陆	19	18	16	13	8	6	3	1	1	0	0
中国台湾	9	9	6	6	6	6	5	3	1	1	1

国家或地区	制程 (nm)										
	180	130	90	65	45/40	32/28	22/20	16/14	10/7	5	3
其他	20	13	5	1	1	1	1	0	0	0	0
合计	94	72	48	36	26	20	16	11	5	2	2

资料来源：与非研究院

根据上表情况，目前先进制程产线仍处于发展阶段，全球 45nm 及以下制程晶圆厂数量占比为 24.70%，ALD 应用较多的 28nm 以下制程占比仅为 10.84%。由于 ALD 设备主要在先进制程中进行应用，因此目前总体市场份额偏低。根据 Gartner 统计，2020 年全球半导体薄膜沉积设备中 PECVD、PVD、ALD 设备的市场规模占比分别为 34%、21% 和 12.8%。Gartner 预计到 2024 年用于 7nm 以下制程的半导体设备出货量占比有望突破 30%，先进制程生产线投建规模将持续扩大。

虽然目前 ALD 技术路线设备份额占比较低，但由于 ALD 设备具有台阶覆盖能力强、薄膜厚度控制精准等优点，主要应用于对薄膜厚度、均匀性、台阶覆盖率等要求极高的沉积环节，尤其是对于突破先进制程集成电路制造工艺具有举足轻重的作用。随着半导体器件从传统的 2D 平面逐渐向 3D 立体结构型演进，先进制程涉及的工艺要求及图形复杂度越来越高，ALD 技术将成为后摩尔时代最关键的薄膜工艺技术之一。为了在产业链中构建技术优势、掌握未来市场空间，ALD 技术成为各半导体设备厂商重点寻求技术突破的领域。

## 2、ALD 技术在先进制程等领域具有明显的技术优势，应用迅速扩大

ALD 技术的在逻辑芯片先进制程多重曝光工艺、3D NAND 存储芯片多层高深宽比结构、晶体管缩小及结构立体化等方面具有明显的技术优势，同时随着先进制程的发展 ALD 技术应用范围进一步扩大，ALD 技术在半导体领域将具有较快的增长速度和较强的发展潜力，国产半导体 ALD 设备迎来前所未有的发展契机。

### (1) 先进制程使 ALD 设备迎来发展契机

先进制程主要用于高性能数字电路或者对低功耗要求较高的集成电路。在 5G 通信技术、数据中心、智慧城市、汽车电子、人工智能等一系列新技术及市场需求驱动下，先进制程产线占比将稳步提高。

先进制程下，晶圆制造的复杂度和工序量都大大提升，为保证产能，产线上需要更多的设备。以 SMIC 的 180nm8 寸产线和 90nm12 寸产线为例，在实现相同的芯片等效产能的情况下，对薄膜沉积设备的需求量将相应增加 4-5 倍。特别地，对于制程在 14nm 及以下的逻辑器件微观结构，由于普遍使用的浸没式光刻机受到波长限制，加工将通过等离子体刻蚀和薄膜沉积的工艺组合，即多重模板效应来实现，这将使得相关薄膜设备的加工步骤增多、应用需求复杂。

目前，半导体行业的薄膜沉积设备中，PVD 设备与 CVD 设备均已初步实现国产化，而 ALD 设备作为先进制程所必须的工艺设备，在大规模量产方面国内厂商尚未形成突破，国产半导体 ALD 设备迎来前所未有的发展契机。

## (2) ALD 技术优势及其应用场景

①ALD 技术在逻辑芯片先进制程、3D NAND 存储芯片等重要领域的技术优势明显，应用迅速扩大

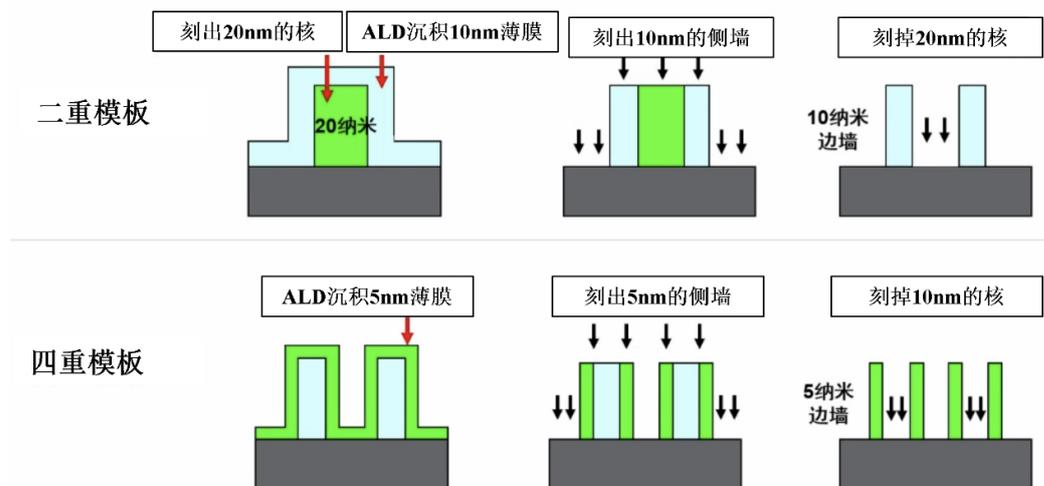
在先进制程节点下，原来用于成熟制程的溅射 PVD、PECVD 等工艺无法满足部分工序要求，因此引入 ALD 工艺作为原有工艺的补充。随着制程越来越先进，ALD 工艺的应用也越来越广泛，为薄膜沉积市场带来新增量。ALD 技术的应用场景在逻辑芯片先进制程多重曝光工艺、3D NAND 存储芯片多层高深宽比结构、晶体管缩小及结构立体化等半导体器件制备重要发展趋势的推动下将迅速扩大。

### A、ALD 技术在多重曝光中被迅速推广应用

随着芯片集成度不断提升，晶体管结构也在接近物理尺寸的极限。自 2011 年开始，代工厂开始采用效率更高、功耗更低的 22nm/16nm/14nmFinFET 晶体管结构，但由于当光罩线宽接近光源波长时将会发生明显的衍射效应，会导致光刻工序的失效。

在 EUV 技术普及之前，目前主流的 ArFDUV 光刻机（波长 193nm）通过浸润、相移掩模、多重曝光等方法，满足 28nm 以下 7nm 以上的制程工艺。多重曝光技术是指在现有的光刻机精度下，依次使用不同的掩模版，分别进行两次及以上的曝光，将一次曝光留下的介质层作为二次曝光的部分遮挡层。在此过程中，由于多重曝光增加了多道薄膜沉积工序，需要薄膜技术具有接近 100%的保型性、薄膜厚度控制精准，因此 ALD 技术被迅速推广应用。

## 多重曝光技术



### B、3D NAND 芯片对 ALD 技术的需求越来越大

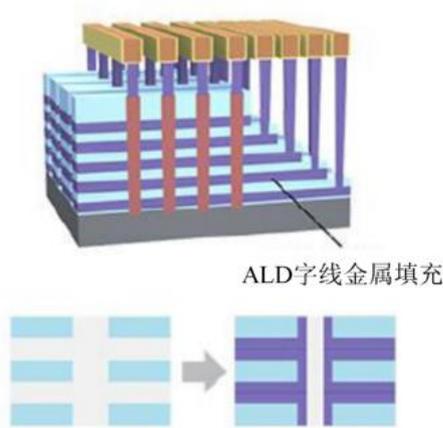
传统的 2D NAND 将存储单元按照行和列排列在晶圆平面上，依靠光刻精度进步来缩小存储单元的尺寸和间距，从而提升存储容量。这种技术架构面临两方面限制：一方面是经济性的限制，当发展到 14nm 以下制程时光刻技术的成本和复杂性将陡然提升；另一方面是物理限制，随着存储单元的尺寸逼近物理极限，串扰、耦合等现象会影响存储性能。东芝（TOSHIBA）和三星电子（Samsung）最早开发了 3D NAND 技术将一系列的存储单元垂直构建，通过增加薄膜沉积和刻蚀工序来解决光刻节点和物理尺寸的各种限制，这一技术随后很快被全球的存储芯片厂商采用，目前 64/96 层的 3D NAND 已实现量产，并陆续推出 128/176 层的 3D NAND。长江存储产能为 2 万片/月的 3D NAND 产线（96 层）中需要的各类薄膜沉积设备数量如下：

设备类型	数量（台）
PECVD	73
PVD	12
ALD	96

资料来源：中国国际招标网、兴业证券经济与金融研究院

随着 3D NAND 成为 FLASH 存储芯片的主流，多层薄膜堆栈沉积的膜厚和平整度控制、薄膜应力管理、高深宽比刻蚀以及字线复杂几何结构的金属填充对薄膜沉积工艺和刻蚀提出了更为严苛的要求，对 ALD 技术的需求越来越大。

### 3D NAND 结构应用示例

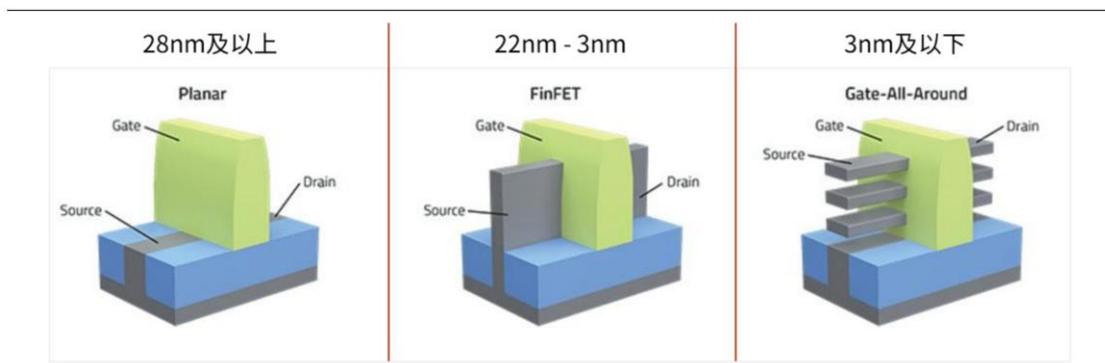


#### C、先进晶体管结构需要全方位的 ALD 解决方案

晶体管是构成逻辑电路、微处理器及记忆元件的基本单元，漏电一直是影响其良率、性能和功耗的重要影响因素。在晶体管缩小的基础上，为了进一步提升器件性能，晶体管结构也在发生变化。与平面晶体管（如 MOSFET）相比，FinFET 是一种具有高架沟道的三维晶体管，栅极环绕该沟道，制备难度更大。而根据三星电子（Samsung）宣布，计划于 2022 年下半年开始商业化生产采用下一代围栅 GAA（Gate-All-Around）工艺的芯片，与 FinFET 技术相比，新工艺具有晶体管密度优势，器件更为立体。

在标准平面替换闸极技术中，金属栅极堆叠由 ALD、PVD 以及 CVD 多种技术沉积金属层结合组成，但器件过渡到 FinFET、GAA 等三维结构，PVD 和 CVD 则难以达到沉积效果，需要全方位的 ALD 解决方案。

#### 不同制程下晶体管结构



#### ②先进制程的发展推动 ALD 技术应用范围进一步扩大

ALD 技术在 28nm 及以下制程逻辑芯片、DRAM 芯片、3D NAND 以及新型存储器中某些特定薄膜沉积环节有着至关重要的作用，而且随着先进制程的发展，

ALD 技术在半导体领域的应用范围进一步扩大。ALD 技术在先进制程的应用环节已申请豁免披露。

③ALD 技术在半导体领域将具有较快的增长速度和较强的发展潜力

原子层沉积工艺由于技术门槛较高、早期工艺需求不大，市场份额相对偏小，但随着半导体器件的高度集成化、精小化发展趋势，要求沉积过程中严格把控薄膜的质量、厚度和精准度，ALD 技术很好地满足了这些要求，应用场景持续增多。

根据 SEMI 统计，2020 年至 2025 年各技术路线的薄膜沉积设备的复合增长率和供应商情况如下：

半导体设备类型	复合增长率 (2020 年至 2025 年)	全球主要供应商	国内主要供应商
CVD 设备	8.5%	AMAT、LAM、TEL	拓荆科技
PVD 设备	8.9%	AMAT	北方华创
ALD 设备	26.3%	AMAT、LAM、TEL、ASM	微导纳米、拓荆科技、北方华创

芯片工艺进步及结构复杂化，先进制程下薄膜设备精密化、多样化，由此产生各种薄膜沉积工艺设备份额的变化。根据上表预计，ALD 设备的复合增长率远超 CVD 和 PVD 的预期增长水平。

AMAT、Lam、TEL、ASM 为全球前十大半导体设备公司中拥有薄膜沉积业务的企业，均在 CVD、ALD 领域有所布局。其中 ASM 为以 ALD 技术为主发展的企业，其自 1999 年开始发展 ALD 技术，在深厚的技术积累、IP 储备与强劲的市场需求相呼应之下，ASM 市场地位快速提升并于 2019 年跻身全球前十。

AMAT、Lam、TEL、ASM 经营情况如下：

单位：亿美元

公司名称	销售额			三年复合增长率	2020 年度 ALD 设备市场份额
	2018 年度	2019 年度	2020 年度		
AMAT	140.16	134.68	163.65	8.06%	2.1%
Lam	108.71	95.49	119.29	4.75%	10.1%
TEL	109.14	95.51	113.21	1.85%	28.5%
ASM	9.91	12.61	15.16	23.68%	45.8%

数据来源：VLSI Research

ASM 在 2020 年销售收入为 15.16 亿美元，其中 ALD 设备收入 8.11 亿美元（其中 ALD 设备超过一半业务来自中国），占其公司收入比例为 53.5%，占有全球半导体 ALD 设备的市场份额为 45.8%。

作为全球前十大半导体设备公司中唯一以半导体 ALD 设备为核心业务的公司，ASM 在 2019 年行业整体下滑的情况下仍快速增长，且 2018-2020 年度复合增长率远高于半导体综合设备厂商，印证了 ALD 设备在半导体领域的增长速度和发展潜力。根据 ASM 的 2021 年财务数据，其 2021 年销售额同比增长 34%，其中设备销售额增长 38%，亦主要得益于 ALD 产品线的强劲增长。

#### 四、半导体薄膜沉积设备技术与光伏薄膜沉积设备技术的主要差异与演进路径，从光伏领域向半导体领域拓展是否为所处行业惯例，发行人对于产品领域与技术路线的发展规划

##### （一）半导体薄膜沉积设备技术与光伏薄膜沉积设备技术的主要差异与演进路径

###### 1、半导体薄膜沉积设备技术与光伏薄膜沉积设备技术的主要差异

###### （1）光伏与半导体领域薄膜沉积技术存在客观联系

自硅晶体的半导体特性 19 世纪被发现，直至 20 世纪中叶连同光生伏特效应、整流效应、光电导效应在内的半导体四大特性逐步总结完成。在此之后，利用光生伏特效应将太阳光辐射能直接转换为电能产生了光伏产业，拓展了清洁能源的边界。通过将晶体管、电阻、电容和电感等元件及布线互连发展出的以集成电路为代表的半导体产业更是为现代信息化发展奠定基础。

因此，光伏与半导体领域发展的基础都是半导体特性的应用。将光伏和半导体各产业环节对比来看：半导体硅片与光伏硅片工艺原理、步骤相近；半导体晶圆制造与光伏电池制造对应，通过镀膜、刻蚀等工艺方法形成具体电性功能；芯片封测与光伏组件制造对应，目标是对微观功能结构形成有效保护。

从具体薄膜沉积技术的应用来看，半导体薄膜沉积设备与光伏薄膜沉积设备在不同的薄膜制备中，均会用到 PVD、CVD 和 ALD 三种技术路线，因此技术具有一定的相通性。

###### （2）光伏与半导体领域薄膜沉积技术的具体区别

### ①生产制程实施环节上存在差异

光伏电池片的生产主要包括清洗制绒、扩散、刻蚀、镀膜、激光开槽、丝网印刷等连续性生产步骤，镀膜环节在 PERC 结构电池中主要用于制备  $\text{Al}_2\text{O}_3$  和  $\text{SiN}_x$  实现钝化保护和减反效果，在 TOPCon、HJT 等新型电池结构中应用工序还包括氧化隧穿层、掺杂多晶硅层或 TCO 等膜层制备。

半导体晶圆制备主要包括热处理（氧化/扩散/退火）、光刻、刻蚀、离子注入、薄膜沉积、清洗与抛光、金属化等步骤，除金属化步骤外均需要重复实施多次。随着集成电路制造不断向更先进工艺发展，单位面积集成的电路规模不断扩大，芯片内部立体结构日趋复杂，所需要的薄膜层数越来越多，对绝缘介质薄膜、导电金属薄膜的材料种类和性能参数不断提出新的要求。在 90nm CMOS 工艺，大约需要 40 道薄膜沉积工序。在 3nm FinFET 工艺产线，涉及超过 100 道薄膜沉积工序，制备的薄膜材料也由 6 种增加到近 20 种。因此半导体领域薄膜设备的工艺需求远高于光伏领域。

### ②工艺标准上存在差异

半导体工艺在防止微尘污染、防止金属与不纯物污染、均匀性等方面均比光伏工艺标准更高，半导体设备需要具备相比光伏设备更洁净的内部环境，需要对流量、压力、温度、浓度等更精准的控制以及更加优化的流场设计。

从工艺标准上来看，光伏电池片膜层均匀性要求一般为 3%-5%，破片率小于 0.03%-0.05%。半导体晶圆制备膜层均匀性要求一般低于 0.5%-1.0%，破片率小于 0.001%-0.002%；此外与光伏镀膜相比增加了极高的薄膜污染物颗粒控制（25nm-250nm 的颗粒污染小于 5-20 颗不等）和金属污染控制（每平方厘米的污染物原子数量在  $2\text{E}10$ - $5\text{E}11$ ）要求，同时需满足高深宽比器件结构的镀膜覆盖率达到 >95%，从工艺标准来看，半导体装备行业具有更高的技术壁垒。

从产能要求上来看，光伏电池的目标是降本增效，对于薄膜沉积设备产能要求高，公司光伏设备的单腔体批次装载量可达 2,400 片（ $210 \times 210\text{mm}$  硅片）；而半导体对于沉积薄膜的质量要求高，对于产能要求相应较低，公司半导体设备的单腔体批次装载量为 25 片（300mm 晶圆）。

### ③产业发展驱动力上存在差异

晶体硅太阳能电池片规模优势明显、技术迭代较快，在实现规模经济、降本

增效的驱动力下，电池片厂商积极扩产并推动新技术产业应用。光伏镀膜设备公司需要结合市场需求和前后端设备技术发展趋势，针对下游客户产线的技术迭代方向，持续推出具有竞争力的新型号、乃至新一代产品，协助客户实现降本增效目的。

半导体产业的发展，不仅关系到先进技术的应用，更重要的是关系国家安全和国民经济命脉。中国正处于全球半导体产业转移的历史机遇期，国内产业链的景气度和成长性更加突显。依托庞大的终端应用市场需求和国家产业政策的大力支持，中国集成电路产业发展迅速。随着国产半导体设备产品的技术性能不断提升，国内半导体专用设备“卡脖子”问题逐步突破，集成电路制造的设备端国产替代趋势明显，加速形成自主可控核心技术和产品，打通半导体产业链上、下游国产化，打造安全可靠的供应链体系。

## 2、半导体薄膜沉积设备技术与光伏薄膜沉积设备技术的演进路径

半导体薄膜沉积设备技术的演进路径与半导体器件的大小和结构息息相关。在摩尔定律的推动下，元器件集成度的大幅提高要求集成电路线宽不断缩小，影响集成电路制造工序愈为复杂，对于薄膜颗粒的要求也由微米级提高到纳米级。这一趋势对薄膜沉积设备产生了更高的技术要求，市场对于高性能薄膜设备的依赖逐渐增加。半导体薄膜沉积设备技术的具体演进情况参见本题回复之“三、(一)、2、半导体领域中薄膜沉积技术发展趋势为相互补充、不断迭代”。

光伏薄膜沉积设备技术的演进路径与光伏电池类型变化相关。光伏薄膜沉积设备主要应用于太阳能晶硅电池片的制造环节，根据电池不同工艺和所需的薄膜性质，所采用的薄膜沉积设备技术会有所不同，具体情况如下：

光伏电池类型	薄膜用途	主要涉及光伏薄膜沉积设备技术
铝背场（Al-BSF）电池	SiN <sub>x</sub> 减反层	PECVD 技术
PERC 电池	SiN <sub>x</sub> 减反层	PECVD 技术
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 钝化层	PECVD 技术、ALD 技术
TOPCon 电池	SiN <sub>x</sub> 减反层	PECVD 技术
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 钝化层	ALD 技术、PECVD 技术（探索开发）
	SiO <sub>2</sub> 隧穿氧化层	ALD 技术、PECVD 技术、热氧化法
	掺杂多晶硅层	LPCVD 技术、PECVD 技术

光伏电池类型	薄膜用途	主要涉及光伏薄膜沉积设备技术
HJT 电池	TCO 薄膜	PECVD 技术、PVD 技术、ALD 技术（探索开发）
	掺杂非晶硅	PVD 技术、RPD 技术、ALD 技术（探索开发）

在常规的铝背场电池中，PECVD 技术被常用于减反层沉积。与常规铝背场电池相比，PERC 新增加 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 钝化层，国外相对成熟的 PECVD 技术被优先用于沉积 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 钝化层，之后 ALD 技术凭借更好的钝化效果，与 PECVD 一起成为 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 钝化层的主要技术路线。

效率上限决定了何种电池技术路径有更长远的利润释放，是电池技术路径升级的判断标准，而成本决定了短期何种电池技术可以最早实现量产。在降本增效的驱动下，电池片厂商积极推动新技术产业应用，其中薄膜沉积设备作为光伏电池的核心设备与新型工艺技术开发紧密结合并持续迭代发展。

## （二）从光伏领域向半导体领域拓展是否为所处行业惯例

半导体产业是国家重点发展的战略性行业，能够在半导体产业取得技术突破代表着企业在各细分领域中处于顶尖水平，由于光伏与半导体领域发展的基础都是半导体特性的应用，而且产业环节存在一定相似度，因此光伏核心设备企业积极争取向半导体领域拓展。

公司	目前主要业务领域	光伏、半导体业务拓展情况
捷佳伟创	光伏	通过引入先进团队等外延式成长拓展至半导体设备领域，2019 年起成立独立的半导体研发事业部，2021 年募集资金拟用于半导体设备业务。其中与发行人相关的半导体领域为炉管类设备，拓展节奏拟首先专注于低压化学气相沉积设备（LPCVD），然后向氧化、扩散及回火等设备发展，最后进入 ALD 设备领域。
北方华创	光伏、半导体	主要是以集成电路制造工艺技术为核心，开发生产了广泛应用于集成电路行业的系列设备产品，并延伸到光伏领域。半导体领域镀膜设备以 PVD 为主，业务涵盖 ALD 设备。光伏领域镀膜设备以 PECVD 为主。
中微公司	半导体	暂未披露向光伏领域拓展计划。半导体领域产品主要为刻蚀设备、MOCVD 设备，ALD 设备为其筹划开发产品。
拓荆科技	半导体	暂未披露向光伏领域拓展计划。半导体领域产品主要为 PECVD，业务涵盖 ALD、SACVD 设备。

注：以上信息来自上市公司公告。

可比上市公司中，中微公司、拓荆科技专注于半导体领域；北方华创薄膜沉

积技术主要应用于半导体领域，光伏领域业务同步发展；捷佳伟创作为目前国内最大的光伏薄膜沉积设备企业，其技术应用领域主要以光伏领域为主，目前正在进行半导体领域的技术和产品积累。

北方华创主要发展重点是在半导体领域，基于其技术储备同步发展光伏领域业务。捷佳伟创由从事光伏领域业务向半导体领域拓展主要是通过引入先进团队，根据其具体实施计划，尚需经历从 LPCVD 开始向氧化、扩散及回火等设备逐步发展的过程，继而实现半导体 ALD 设备产业化目标。

公司创始技术团队具备多年半导体领域 ALD 技术经验，在核心技术积累时注重掌握 ALD 相关核心技术，并同步构建可应用于光伏、半导体和其它应用领域的薄膜沉积设备核心技术体系。公司虽然具备半导体技术储备，但由于半导体领域培育时间较长，需要具有较强的发展基础，因此公司根据当时发展阶段进行战略选择，首先以光伏领域为切入点实现 ALD 技术的量产应用。在光伏领域完成了资金、资源和产业化应用经验积累后推动半导体领域应用的落地，目前已经实现半导体领域产业化应用，截至 2022 年 6 月末已取得的半导体领域设备订单金额超过 1.5 亿元。

综上所述，光伏与半导体领域无论是从发展的基础原理还是产业环节上均存在客观联系，因此镀膜设备供应商存在同时在两个领域发展的基础。由于具体生产实施环节、工艺标准和产业发展驱动力上存在明显差异，尤其是半导体的技术要求和实现难度高于光伏领域，因此需要从光伏领域拓展到半导体领域需要从业企业经历较长的技术积累和产业化过程。公司的产业化发展路径是在长期战略定力下落实技术和产品发展规划的结果，符合行业特点和发展惯例。

### **（三）发行人对于产品领域与技术路线的发展规划**

发行人对于产品领域与技术路线的发展规划已申请豁免披露。

**五、发行人核心技术在设备改造业务中的具体应用、技术难度和改造效果，设备改造业务属于我国产业政策文件重点支持产品的依据是否充分**

#### **（一）发行人核心技术在设备改造业务中的具体应用、技术难度**

公司的薄膜沉积设备采用模块化设计，在具体型号工艺设备开发完成后，可以适用下游大部分客户对于该型号设备工艺的主要功能需求。同时，公司同类型设备在具体配置上具有一定灵活性，除了标准化模块之外的剩余部件，会根据下

游采购意向和需求进行非标准化定制，比如客户可选择单面或双面镀膜、水工艺或臭氧工艺、不同大小硅片加工尺寸、设备现场布局和衔接方式等，以满足客户的差异化需求。

由于公司产品采用模块化设计方式，因此可以为已销售的在役设备提供升级改造服务，以帮助下游客户用较少的成本达到降本增效的效果，并在一定程度上提高设备服役年限。公司目前的设备改造集中在光伏领域设备，改造的类型主要包括尺寸改造、工艺改造等。

设备改造需要通过公司的工艺设计、产品设计形成具体方案，通过改造方案指导元器件采购和预先组装，在客户现场完成集成、检测、安装、调试工作。具体工序包括方案设计（含工艺设计、产品设计）、元器件采购/加工、现场安装与调试，实施完成后进行跟踪陪产。

方案设计主要包括工艺设计和产品设计，是公司开展后续改造工作的基础。公司根据客户需求、产线状况进行方案设计，主要包括工艺设计、产品设计，并形成改造方案。方案设计的主要工作与设备生产中的相关工序内容相似：①尺寸改造需要对反应腔体（包括喷淋板、导风筒等）、传送模组（反应舟搬运机构等）等核心部件重新设计并进行仿真等工作，确保新设计达到客户技术要求；②臭氧等工艺改造需要针对客户产线进行设计、优化，包括对源输送模组中臭氧发生系统等核心部件进行重新设计，解决臭氧工艺中未反应完的残余臭氧降解等技术难题，同时重新设计电气与臭氧发生器的通讯和控制技术等。

设备改造的具体实施是在方案设计基础上进行采购，并对部分元器件预先组装后发往客户现场进行安装与调试。改造业务的现场安装与调试工序涵盖了设备生产中的集成、检测和现场安装与调试等工序的相关工作内容。

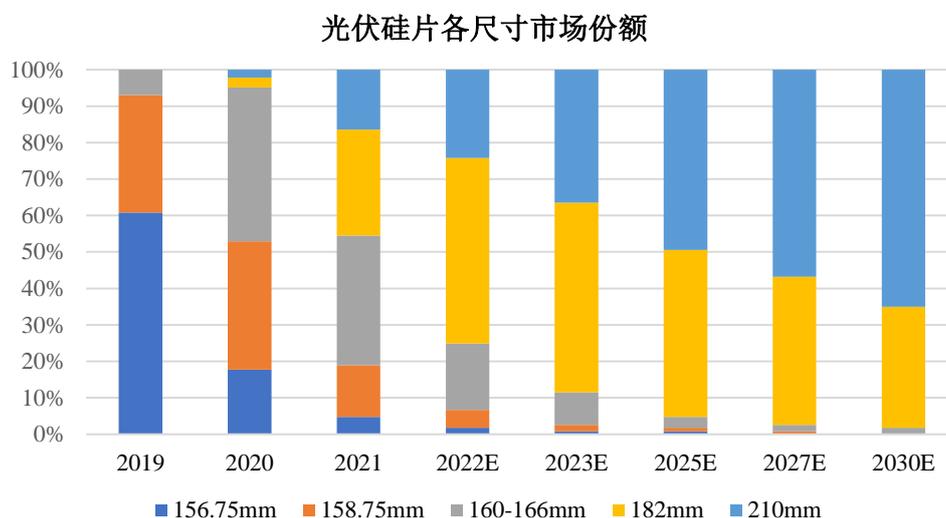
设备改造主要工序和内容与专用设备生产的部分环节相同，在各环节中同样需要应用公司核心技术，客户难以通过公司以外的第三方完成。公司核心技术在相应工序环节的体现参见本题回复之“一、（二）体现技术壁垒与技术难度的主要生产环节”。

## （二）设备改造业务的改造效果

### 1、尺寸改造

光伏行业在降本增效的驱动下，硅片尺寸呈现不断增大的趋势，2019 年市

场仍以 156mm 的尺寸为主，占比超过 61%；2020 年 156mm 的尺寸占比大幅下降至 17.7%，158mm 和 166mm 尺寸合计比例达到 77.8%；2021 年 182mm 和 210mm 尺寸合计占比由 2020 年的 4.5% 迅速增长至 45%，未来其占比仍将快速扩大。各年度光伏硅片尺寸市场份额情况如下：



资料来源：CPIA、广发证券发展研究中心

硅片大尺寸可以降低全产业链成本，从而降低平均度电成本。在硅片环节：同一台单晶炉，大硅片可以减少拉晶次数及切片次数，降低能耗，从而降低单位面积的非硅成本；在电池环节：生产节拍保持不变的前提下，硅片面积变大，等效产能增加；在组件环节：大尺寸增加的面积是平方，而边框增加的长度是一次方，同时接线盒是按套计价，大尺寸可以摊薄单瓦成本；在系统环节：支架和汇流箱是按套数计算，大尺寸硅片可以充分发挥余量价值。

公司针对客户在役设备的反应腔体中的喷淋板、导风筒等，传送模组中的反应舟搬运机构及配套硅片传动装置进行改造，使其可以装载更大尺寸的硅片，主要包括 166mm 和 182mm 的改造。通过设备改造实现大尺寸升级的价格远低于新设备购置价格，可以帮助下游客户用较少的成本达到尺寸升级的目的，从而有效摊薄电池片生产成本。

## 2、工艺改造

光电转换效率是光伏行业技术进步和降本增效的关键性指标，光电转换率每提升 1%，度电成本可下降 5%-7%。PERC 电池的转换效率从 2018 年的 21.80% 上升至 2021 年的 23.10%，每年增幅在 0.50% 以下，并且随着 PERC 电池工艺成

熟，光电转换效率提升更加困难，预计 2022 年增幅将进一步降至 0.20%。

项目	PERC 电池光电转换效率	增幅
2018	21.80%	-
2019	22.30%	0.50%
2020	22.80%	0.50%
2021	23.10%	0.30%
2022E	23.30%	0.20%

数据来源：《中国光伏产业发展路线图》

公司的臭氧改造系通过在源输送模组中新增臭氧发生系统及改造配套管路系统，并重新设计电气模块中与臭氧发生系统相关的通讯和控制，将原水工艺升级为臭氧工艺。改造后，PERC 产线中由臭氧工艺生产的太阳能电池片的光电转换效率将较常规水工艺可提高 0.08%，从而提高发电效率并降低单位发电成本。

### （三）设备改造业务属于我国产业政策文件重点支持产品的依据

设备改造的目的是帮助下游光伏电池厂商以较小的支出，完成设备性能的升级换代，有效降低了客户需要重新购买新设备的投资。

设备改造的开展方式和实施过程本质上与专用设备产品相同，只是在业务开展形式上存在差别：设备改造是以物料交付的形式，将各核心部件在客户已有机台中进行安装和调试，并进行验收交付；专用设备销售是以整机交付的形式，将核心部件集中在新机台中，整机在客户现场通过安装和调试验收交付。

设备改造主要是针对客户对光伏薄膜沉积设备的功能需求，重新对工艺和产品方案进行设计，并按照设计方案对核心部件进行生产后，经安装调试满足客户产线具体的参数和配置要求，需要用到公司的核心技术，且具有较高的技术难度，具体技术难度参见本题回复之“五、（一）发行人核心技术在设备改造业务中的具体应用、技术难度”。

因此，设备改造在业务实质上与专用设备相同，均是公司核心技术应用的体现，均属于太阳能电池生产设备相关的业务，属于我国产业政策文件重点支持产品。

## 问题 2：关于主要产品

根据首轮问询问题的回复，（1）2020年发行人销售ALD设备59台、PECVD设备0台、PEALD二合一平台设备0台，2021年发行人销售ALD设备22台、PECVD设备19台、PEALD二合一平台设备17台。（2）PERC电池 $Al_2O_3$ 钝化层市场，2021年PECVD技术路线占比技术路线占比55.40%，ALD技术路线占比技术路线占比41.40%。（3）TOPCon、HJT、IBC等N型电池已成为电池技术的主要发展方向之一。（4）添加薄膜沉积和扩散设备，PERC产线可以升级为TOPCon产线，设备投资额为0.5-0.8亿元/GW。（5）发行人半导体ALD设备已实现小规模对外销售。

请发行人：（1）结合ALD设备与PECVD设备在PERC电池、TOPCon电池具体应用范围、加工效果、实际销售情况和下游客户需求、实际使用情况，进一步说明光伏电池片厂商选择价格较贵的ALD设备合理性与经济性、ALD技术应用于光伏领域的主要竞争力，是否存在被PECVD技术替代的风险；（2）说明发行人报告期内销售各类型设备结构变化原因，光伏领域ALD设备销售收入的可持续性，发行人在光伏领域未来产品开发与推广的技术路线选择；（3）对比发行人PECVD设备、PEALD二合一设备与同行业公司同类产品关键性能指标，结合产品单价、市场占有率分析发行人PECVD技术水平及产品竞争力；（4）说明各主要技术路线设备在PERC电池中市场份额占比情况；（5）说明PERC产线升级TOPCon产线，添加薄膜沉积设备是否受前期薄膜沉积设备技术路线选择的限制；（6）说明已售半导体ALD设备的客户开拓、商业谈判以及产品认证主要过程，是否有进一步采购计划。

### 【回复】

一、结合ALD设备与PECVD设备在PERC电池、TOPCon电池具体应用范围、加工效果、实际销售情况和下游客户需求、实际使用情况，进一步说明光伏电池片厂商选择价格较贵的ALD设备合理性与经济性、ALD技术应用于光伏领域的主要竞争力，是否存在被PECVD技术替代的风险

（一）ALD设备与PECVD设备在PERC电池、TOPCon电池具体应用范围及加工效果

ALD和PECVD的技术特点存在差异，在适用的膜层制备以及制备效果上存在区别。公司ALD设备在PERC和TOPCon电池的 $Al_2O_3$ 钝化层，以及TOPCon

电池隧穿层中具有更好的镀膜效果和优势。

ALD 和 PECVD 的技术特点存在差异，在适用的膜层制备以及制备效果上存在区别，具体情况如下：

电池类型	应用范围	ALD	PECVD	效果差异
PERC 电池	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 背面钝化层	成熟应用	成熟应用	ALD 设备制备 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 钝化层的钝化和抗衰减效果更好
	SiN <sub>x</sub> 减反层	-	成熟应用	主要使用 PECVD 设备
TOPCon 电池	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 正面钝化层	产业验证	探索开发	ALD 设备制备钝化层的钝化和抗衰减效果更好，因 ALD 技术优异的保型性且薄膜材料密度一致，更适用于在 TOPCon 正面金字塔形貌的绒面进行制备钝化层
	SiN <sub>x</sub> 减反层	-	成熟应用	主要使用 PECVD 设备
	SiO <sub>2</sub> 隧穿氧化层	产业验证	产业验证	PEALD 技术更具优势，可形成厚度一致，高度均匀的隧穿氧化层
	掺杂多晶硅层	-	产业验证	主要使用 PECVD、LPCVD 设备

## 1、PERC 电池中不同技术应用范围和效果对比

### (1) ALD 设备制备 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 钝化层的钝化和抗衰减效果更好

在 PERC 电池发展初期，PECVD 因已在铝背场等早期光伏电池中得到应用，成熟度较高被优先用于 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 钝化层的沉积。ALD 早期主要在半导体领域应用，2017 年以公司为主的 ALD 设备厂商解决了量产化问题后，开始被应用于 PERC 电池钝化层的制备。根据中国光伏行业协会统计，ALD 技术在 PERC 电池钝化层的市场份额从 2018 年的 30% 上升至 2021 年的 41.40%。

ALD 设备凭借其技术特点，可以精确控制薄膜厚度和均匀度，沉积的钝化层致密且无针孔，在相同薄膜厚度的情况下具有更多负电荷且少子寿命长，因此具有更好的钝化效果。也因制备的薄膜致密无针孔的特性，可以有效阻挡氮化硅薄膜中的氢原子向电池内部扩散，从而减少 LeTID 衰减，有利于电池的长期稳定性能。

### (2) SiN<sub>x</sub> 减反层的制备主要使用 PECVD 设备

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 钝化层的目标厚度一般为 1-20nm，而 SiN<sub>x</sub> 减反层目标厚度一般为 75-

150nm，虽然 PECVD 设备和 ALD 设备都能沉积  $\text{SiN}_x$  薄膜，但由于  $\text{SiN}_x$  减反层厚度较厚，PECVD 设备凭借其较快的沉积速度更具有经济性，因此电池厂商均采用 PECVD 设备制备  $\text{SiN}_x$  减反层。公司为了满足客户需求，已经开发了适用于  $\text{SiN}_x$  的 PECVD 设备并实现销售。

### （3）PERC 电池薄膜沉积中不同技术路线的占比

2020 年 ALD 技术路线占 PERC 电池薄膜沉积设备市场规模为 17.77%，PECVD 技术路线占 PERC 电池薄膜沉积设备市场规模为 82.23%，具体测算过程参见本题回复之“四、说明各主要技术路线设备在 PERC 电池中市场份额占比情况”。

## 2、TOPCon 电池中不同技术应用范围和效果对比

（1）TOPCon 电池正面（具有金字塔结构的绒面） $\text{Al}_2\text{O}_3$  钝化层的制备主要使用 ALD 设备

与 PERC 电池相对平整的背面不同，TOPCon 正面呈现金字塔形貌的绒面，要在金字塔形貌上均匀地沉积一层钝化层（特别是塔尖和塔底），需要镀膜技术具有优异的保型性且薄膜材料密度一致。PECVD 技术在塔尖和塔底形成的薄膜材料性能，例如密度和厚度等差异较大，且不易满足所需的保型性，会降低钝化效果。因 ALD 技术优异的保型性且薄膜材料密度一致，更适用于在 TOPCon 正面金字塔形貌的绒面进行制备  $\text{Al}_2\text{O}_3$  钝化层。

目前 ALD 技术已成为 TOPCon 电池正面  $\text{Al}_2\text{O}_3$  钝化层的主流技术路线。截至 2022 年 6 月末，公司已签署及已中标待签署合同的 ALD 设备对应的新型电池产线规模超过 50GW。根据公司 2022 年 1-6 月参与招投标项目统计，在已开标的 TOPCon 产线中，公司 ALD 设备中标的产线规模占比达到 75%。

### （2） $\text{SiN}_x$ 减反层的制备主要使用 PECVD 设备

TOPCon 电池中  $\text{SiN}_x$  减反层的制备主要使用 PECVD 设备的原因，参见本题回复之“一、（一）、1、（2） $\text{SiN}_x$  减反层的制备主要使用 PECVD 设备”。

（3）TOPCon 电池背面隧穿层和多晶硅层多种技术路线共同发展，尚未形成明确的技术竞争格局

TOPCon 电池背面氧化硅隧穿层和多晶硅层是在 PERC 电池结构基础上新增加的薄膜沉积环节，目前存在多种技术路线共同发展，尚未形成明确的技术竞争

格局。

#### ①PEALD 设备制备 TOPCon 电池隧穿层具有优势

在 TOPCon 电池隧穿层的制备中，目前主要采用高温热氧化法、等离子体氧化法和 PEALD 技术。高温热氧化法能获得高质量的氧化硅层、较低的界面缺陷态密度，但其存在大尺寸硅片下容易受热不均匀、成膜反应速度慢等问题；等离子体技术结合  $N_2O$  虽然也被尝试用于氧化硅隧穿层的制备，采用等离子体轰击  $N_2O$  使其解离产生游离 O 从而氧化硅片表面，但采用该方法生长的氧化硅厚度较厚，对于 1-3nm 的厚度而言，该方法难以控制厚度，因此尚未实现在氧化硅隧穿层的产业化应用。

公司创新性的将 PEALD 技术应用于氧化硅隧穿层的制备，采用硅源与氧气或笑气的等离子体气体通过脉冲式交替 ALD 反应，形成厚度一致，高度均匀的隧穿氧化层，可以获得超薄（ $<2nm$ 、大面积均匀性、致密性好、无针孔的氧化硅隧穿层。从技术原理上来看，PEALD 设备制备 TOPCon 电池隧穿层具有优势。

#### ②LPCVD 和 PECVD 制备 TOPCon 电池多晶硅层各有优劣

在 TOPCon 电池多晶硅层的制备中，目前主要采用 LPCVD 和 PECVD 技术。LPCVD 制备多晶硅层，其镀膜均匀性和致密性较好，但效率偏低，同时还存在绕镀、石英件高损耗等问题，导致产能低和良率偏低；采用 PECVD 制备多晶硅层的沉积速度快，并可以实现原位掺杂，但容易爆膜。

#### (4) TOPCon 电池薄膜沉积中不同技术路线的占比

在 TOPCon 电池正面（具有金字塔结构的绒面） $Al_2O_3$  钝化层的制备中，ALD 技术因其优异的保型性且薄膜材料密度一致，已成为 TOPCon 电池正面  $Al_2O_3$  钝化层的主流技术路线。

在 TOPCon 电池正面和背面的  $SiN_x$  减反层的制备中，主要使用 PECVD 设备制备。

在 TOPCon 电池背面的隧穿层和多晶硅层的制备中，存在 LPCVD、PECVD 和 PEALD 等多种技术路线，尚未形成明确的技术竞争格局。

由于目前 TOPCon 电池处于前期快速起步阶段，已建成实现规模化生产的产线较少，TOPCon 电池薄膜沉积设备多处于产业验证阶段，具体 ALD、PECVD 等不同技术路线占比暂无公开数据统计。

综上所述，ALD 和 PECVD 的技术特点存在差异，在适用的膜层制备以及制备效果上存在区别。公司 ALD 设备在 PERC 和 TOPCon 电池的 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 钝化层，以及 TOPCon 电池隧穿层中具有更好的镀膜效果和优势。

## （二）实际销售情况和下游客户需求、实际使用情况

报告期内，公司包括 ALD 设备在内的薄膜沉积设备实际销售情况和下游客户需求情况良好，已实现销售的设备能够满足客户要求，未出现因设备质量问题导致的诉讼或纠纷。公司在 TOPCon 等新型高效电池的应用上的在手订单占比较高、增长速度较快，设备需求情况良好。

### 1、实际销售和使用情况

报告期内，公司实现销售的光伏薄膜沉积设备均用于 PERC 电池，包括 ALD 设备、PECVD 设备和 PEALD 二合一平台设备，具体情况如下：

单位：台

设备类型	2021 年度	2020 年度	2019 年度
ALD 设备	22	59	38
PECVD 设备	19	-	-
PEALD 二合一平台设备	17	-	-

公司 2019 年、2020 年实现销售的设备均为光伏 ALD 设备，2021 年光伏设备实现销售设备类型涵盖 ALD、PECVD、PEALD 二合一多种技术类型。ALD 设备 2021 年销量下降主要系受 2020 年签订的销售订单产品结构的影响，具体原因参见本题回复“二、（一）发行人报告期内销售各类型设备结构变化原因”。报告期内，公司已实现销售的设备能够满足客户要求，未出现因设备质量问题导致的诉讼或纠纷。

### 2、下游客户需求情况

由于 PERC 电池片的量产平均转换效率已逐渐接近理论极限，电池厂商研发重心已经逐步转向新的技术，PERC 技术正式进入变革后周期。公司当前阶段重点实施 TOPCon 电池领域正面钝化层、减反层、背面隧穿层和多晶硅层等多种环节的技术方案。此外，公司积极响应下游厂商背接触电池（基于 IBC 的电池结构）的开发和优化需求，并根据下游厂商在 HJT 电池、钙钛矿叠层电池等其他新型高效电池的量产节奏完善相关的技术储备和产品。

截至 2022 年 6 月末，公司光伏领域薄膜沉积设备的在手订单情况如下：

单位：台

设备类型	PERC 电池	TOPCon 等新型高效电池	合计	占比
ALD 设备	36	103	139	77.65%
PEALD 二合一平台设备	8	26	34	18.99%
PECVD 设备	-	6	6	3.35%
<b>合计</b>	<b>44</b>	<b>135</b>	<b>179</b>	<b>100.00%</b>

从在手订单结构来看，公司正在实施的合同中应用于 TOPCon 等新型高效电池的设备比例为 75%，并已经批量进入 TOPCon 产线中的多个镀膜环节。在手订单中 ALD 设备占比 77.65%，与 PEALD 设备合并计算使用 ALD 技术的设备占比 96.65%。下游客户需求和使用情况符合行业发展规律以及公司产品发展规划。

公司先后开发的 PECVD 产品、PEALD 二合一产品，主要是为了配套公司的 ALD 设备产品、拓展布局技术路线、满足为客户提供薄膜沉积整体解决方案的需求。截至 2022 年 6 月末的订单中，PECVD 产品、PEALD 二合一产品主要是用于 TOPCon 电池中，在公司 TOPCon 电池设备中的占比为 23.70%。

公司的 PEALD 二合一设备创新性的使用 PEALD 与 PECVD 技术，在同一台设备中分别完成 TOPCon 背面 SiO<sub>2</sub> 隧穿层及多晶硅层的制备。公司 PEALD 技术实现了对 SiO<sub>2</sub> 隧穿层的精准控制，并保证其均匀性，能够满足隧穿氧化层工艺所需各项苛刻的需求，同时公司已通过调整硅片表面及膜层等方式成功掌握了原位掺杂多晶硅层 PECVD 量产技术，PEALD 二合一设备在 TOPCon 背面薄膜制备中具有一定的技术优势。公司的 PECVD 设备主要用于满足下游客户 SiN<sub>x</sub> 减反层的薄膜沉积需求，行业应用较为成熟。

未来公司仍将以 ALD 设备为核心，继续完善 PEALD 二合一设备成熟度和竞争力，并考虑到光伏领域客户存在对于薄膜沉积整体解决方案的需求，兼顾现有 PECVD 设备的开发和优化，为 TOPCon、HJT、IBC 等新型电池技术提供技术和产品储备。

综上所述，公司包括 ALD 设备在内的薄膜沉积设备的实际销售情况和下游客户需求情况良好，已实现销售的设备能够满足客户要求，未出现因设备质量问

题导致的诉讼或纠纷。公司在 TOPCon 等新型高效电池的应用上的在手订单占比较高、增长速度较快，设备需求情况良好。

### **(三) 光伏电池片厂商选择价格较贵的 ALD 设备具备合理性与经济性、ALD 技术应用于光伏领域具有竞争力，不存在被 PECVD 技术替代的风险**

公司将自主研发的核心技术应用于 ALD 设备开发，充分发挥了 ALD 技术在三维共形性、大面积成膜的均匀性和精确的膜厚控制等方面的优势，在实现 ALD 设备更好的镀膜效果基础上，有效控制了光伏电池片厂商选择使用 ALD 技术路线的综合投入，使 ALD 设备具有较强的竞争力，并已取得了电池片厂商的认可。虽然公司的 ALD 设备单台价格相对较贵，但从客户 PERC 电池产线整体的镀膜设备、厂务配置、运营成本综合来看投入并没有明显高于 PECVD 技术路线，而且 ALD 设备在镀膜效果、优级品率、电池产线升级中兼容性等多个方面具有优势，因此，光伏电池片厂商选择价格较贵的 ALD 设备具备合理性与经济性。目前公司 ALD 设备销售和下游客户需求情况良好，光伏领域 ALD 技术不存在被 PECVD 取代的风险。

电池片厂商选择公司 ALD 设备具备合理性与经济性，具体如下：

#### **1、ALD 设备在部分膜层中镀膜效果具有优势**

参见本题回复之“一、(一)ALD 设备与 PECVD 设备在 PERC 电池、TOPCon 电池具体应用范围及加工效果”。

#### **2、ALD 设备生产的优级品率更高**

CVD 技术在薄膜沉积过程中对于工艺参数（温度、压强、流场等）的变化较为敏感，因此 CVD 设备在连续运行过程中，一旦工艺参数出现小的变化，可能会导致薄膜不符合规定要求，使得良品率下降。而 ALD 技术的工艺窗口相比 CVD 技术宽，因此 ALD 设备的工艺稳定性和重复性相对更好，从目前产线表现来看，ALD 设备生产的产品优级品率更高。

#### **3、ALD 设备的镀膜产能提升空间更大**

ALD 技术因其镀膜沉积技术特点导致沉积速率较慢，公司通过反应腔体设计解决了大批量工业化生产要求，设备镀膜产能持续提高。公司 ALD 产品从 2017 年首批量产机型在硅片上的镀膜产能为 4,000 片/小时，2020 年提升至 10,000 片/小时，目前公司镀膜产能为 15,000 片/小时和 20000 片/小时等超高产能机型已

进入批量销售阶段，单台设备镀膜产能远高于 PECVD 设备。

#### 4、ALD 设备在电池产线升级中兼容性更好

在 PERC 电池产线向 TOPCon 产线升级的过程中，公司用于 PERC 电池  $\text{Al}_2\text{O}_3$  钝化层的 ALD 设备，可以直接用于 TOPCon 产线的  $\text{Al}_2\text{O}_3$  钝化层制备；用于  $\text{Al}_2\text{O}_3$  钝化层和  $\text{SiN}_x$  减反层制备的 PEALD 二合一平台设备，可以兼容 TOPCon 产线的隧穿层和多晶硅层，客户无需额外重复购买相应的设备，可有效降低产线升级成本。

但是对于 PERC 产线中使用竞争对手 PECVD 设备制备  $\text{Al}_2\text{O}_3$  钝化层的情况，因目前 PECVD 设备尚无法较好满足 TOPCon 产线的  $\text{Al}_2\text{O}_3$  钝化层需求，因此该类产线升级时仍然需要再次购买 ALD 设备，同时产线需要重新布局，成本较高。

#### 5、ALD 设备的总体产能和运行成本情况

目前 PERC 产线薄膜沉积设备配置主要采用 PECVD 二合一设备或 ALD 加 PECVD 设备两种方式。根据中国光伏行业协会《2021-2022 年中国光伏产业年度报告》，产业化生产常用的 PECVD 设备镀膜产能不超过 6,500 片/小时，采用 PECVD 二合一路径制备  $\text{Al}_2\text{O}_3$  和  $\text{SiN}_x$  两层薄膜的镀膜产能更低。公司 ALD 设备制备  $\text{Al}_2\text{O}_3$  薄膜的产能在 2021 年可达 15,000 片/小时，同步配套的单一镀膜功能 PECVD 设备单位镀膜产能也超过 PECVD 二合一设备。两种技术路线所需设备台数基本相当。

在光伏电池产线投建过程中，电池片厂商除了设备采购外，还需要在厂务配置上进入投入。厂务配置内容主要包括水、电、气以及环保处理等装置，其中环保处理设备成本占比较高。 $\text{SiN}_x$  薄膜沉积过程中会产生污染气体，需要经过尾气处理后才能排放， $\text{Al}_2\text{O}_3$  薄膜沉积过程不产生污染气体，原则上可节省配置尾气处理设备的费用。由于 PECVD 二合一设备同时沉积  $\text{Al}_2\text{O}_3$  薄膜和  $\text{SiN}_x$  薄膜，每台设备后端除需要配置尾气处理系统，因此产生更多的投资成本和维护成本，二合一技术路线尾气设备的投入和运营维护费用较高。单独的 ALD 设备加 PECVD 设备尾气分别排放，仅需单独针对 PECVD 设备配置尾气处理系统，环保处理投入相对较低。

除此之外，用 ALD 沉积的  $\text{Al}_2\text{O}_3$  薄膜厚度通常在 1-10nm，而用 PECVD 沉积  $\text{Al}_2\text{O}_3$  薄膜厚度通常超过 15nm，需要消耗更多的化学源。公司通过 ALD 工艺

腔室中的真空腔室设计、能量来源设计、化学源供给设计等，在保证镀膜均匀性和工艺稳定性的情况下，可节约化学源使用量，从而降低电池片生产成本。同时，公司通过在线工艺监测、延长清理周期的新型气体分配装置、反应源处理装置等设计，达到了降低计划停机时间和运维成本的效果。

综上所述，虽然公司的 ALD 设备单台价格较贵，但从客户 PERC 电池产线整体的镀膜设备、厂务配置、运营成本综合来看投入并没有明显高于 PECVD 技术路线，而且 ALD 设备在镀膜效果、优级品率，特别是针对 TOPCon、IBC 等新电池技术的兼容性等多个方面呈现出自身优势。因此，光伏电池片厂商选择价格较贵的 ALD 设备具备合理性与经济性。目前公司 ALD 设备销售和下游客户需求情况良好。根据国际光伏路线图，ALD 设备具有较强的市场竞争力，在未来将会呈现增长趋势，因此光伏领域 ALD 技术不存在被 PECVD 取代的风险。

## **二、说明发行人报告期内销售各类型设备结构变化原因，光伏领域 ALD 设备销售收入的可持续性，发行人在光伏领域未来产品开发与推广的技术路线选择**

公司报告期内销售各类型设备结构变化的主要原因是光伏电池行业在 2020-2021 年处于由 PERC 向新型高效电池技术转变的过渡期，下游厂商扩产和采购节奏短期调整，同时公司在此期间推出的新产品导致了当期订单结构有所变化所致。2022 年，随着 TOPCon 等新型高效电池的量产条件趋于成熟，下游客户新型高效电池扩产计划加速，公司 ALD 设备的订单数量大幅增长，设备销售收入具有可持续性。公司在光伏领域将持续以 ALD 技术路线为核心，深化发展包括热工艺 ALD 和等离子体工艺 PEALD 在内的 ALD 技术，同时兼顾 PECVD 等其他技术路线，以满足 TOPCon、HJT、IBC、钙钛矿等不同电池对不同薄膜工艺设备的需求。

### **（一）发行人报告期内销售各类型设备结构变化原因**

公司 2019 年、2020 年实现销售的设备均为光伏 ALD 设备，销量分别为 38 台和 59 台。2021 年公司销售的光伏设备包括 ALD、PECVD、PEALD 二合一三种类型，销售台数分别为 22 台、19 台、17 台。公司报告期内销售各类型设备结构变化的主要原因是光伏电池行业在 2020-2021 年处于由 PERC 向新型高效电池技术转变的过渡期，下游厂商扩产和采购节奏短期调整，同时公司在此期间推出

的新产品导致了当期订单结构有所变化所致。

2020-2021年，随着PERC电池技术量产平均光电转换效率趋近理论极限，而新型高效电池技术有望在短期内形成产业化应用方案，下游厂商对于大规模新建PERC电池产线的意愿有所放缓，扩产节奏短期调整。ALD设备订单数量的短期减少主要是受到市场电池技术路线过渡阶段的暂时性影响。

2020年，公司新产品PECVD设备、PEALD二合一设备完成开发，新型高效电池的具体技术路线尚未成为行业共识，设备产品在新型高效电池产业化应用的成熟度也有待提高。因此，2020年公司首先将其在PERC电池领域进行推广。因新产品符合部分下游客户的工艺选择从而取得了PECVD设备、PEALD二合一设备产品的大额订单，导致2020年新增销售订单中ALD设备新签订单占比下降，进而影响2021年实现销售的设备结构。

公司销售的ALD设备采用热工艺的ALD技术，PEALD属于等离子体工艺的ALD技术。虽然公司2021年光伏ALD设备销售数量下降，但是应用ALD技术的设备（包括ALD、PEALD二合一设备，下同）合计数量占比为67.24%，应用ALD技术的设备产品销量占比依然较高。

## （二）光伏领域ALD设备销售收入具有可持续性

公司将自主研发的核心技术应用于ALD设备开发，充分发挥了ALD技术在精确的膜厚控制、均匀性和保型性等方面的优势，使得公司ALD设备在镀膜效果、优级品率、产能、PERC产线的升级空间上具有较强的竞争力，并取得了电池片厂商的认可。

根据中国光伏行业协会统计，国内2022年TOPCon电池放量投产，年底有望超过35GW，N型电池（包括TOPCon、HJT、IBC等）占比将从2021年的3%提升至2022年的13.4%。根据PV InfoLink统计，未来三年TOPCon产能预计将快速增长，至2024年TOPCon产能预计将超过100GW。TOPCon电池的新增产能和渗透率都将快速提高。同时，截至2021年PERC电池存量市场规模约为300GW，由于新型高效电池量产后PERC电池在转换效率上已不再具有竞争力，存量PERC产线具有升级转换为TOPCon产线的潜在需求。因此，TOPCon等新型高效电池产线的投建及现有PERC产线升级的需求都为公司的ALD设备产品提供了市场空间保障。

因公司光伏 ALD 设备在 TOPCon 等新型高效电池存在突出的技术优势，公司 2022 年 1-6 月新签光伏 ALD 设备订单数量达到 120 台，已超过 2021 年全年镀膜设备新签订单数量。随着 TOPCon 等新型高效电池技术的进一步发展和大规模量产的条件成熟，下游客户新型高效电池扩产计划加速，将为公司带来持续的业务机会。

综上所述，公司报告期内销售各类型设备结构变化的主要原因是光伏电池行业在 2020-2021 年处于由 PERC 向新型高效电池技术转变的过渡期，下游厂商扩产和采购节奏短期调整，同时公司在此期间推出的新产品导致了当期订单结构有所变化所致。2022 年，随着 TOPCon 等新型高效电池的量产条件趋于成熟，下游客户新型高效电池扩产计划加速，公司 ALD 设备的订单数量大幅增长，设备销售收入具有可持续性。

### （三）发行人在光伏领域未来产品开发与推广的技术路线选择

发行人在光伏领域未来产品开发与推广的技术路线选择参见本问询回复报告“问题 1：关于核心技术”之“四、（三）发行人对于产品领域与技术路线的发展规划”。

### 三、对比发行人 PECVD 设备、PEALD 二合一设备与同行业公司同类产品关键性能指标，结合产品单价、市场占有率分析发行人 PECVD 技术水平及产品竞争力

公司 PECVD 设备、PEALD 二合一设备的技术指标与国内领先企业具有可比性，并在部分指标占有优势。在 PERC 电池中，PECVD 设备可用于  $Al_2O_3$  和  $SiN_x$  薄膜的沉积，根据同行业公司公开披露信息，发行人 PECVD 设备、PEALD 二合一设备与同行业公司同类产品关键性能指标对比情况如下：

产品关键性能参数	捷佳伟创 (PD-520, PECVD 二合一产品)	红太阳 (M82300-3/UM 型 PECVD 二合一产品)	微导纳米 (ZR5000×2, PEALD 二合一产品)	微导纳米 (KF7500P, 管 式 PECVD 产 品)
产能 (片/小时)	5,890 (根据装片量测算)	3300-4800	4200-6000	6000-7000
机台稳定运行时间 (Uptime)	未披露	≥98%	≥98%	≥98%

产品关键性能参数	捷佳伟创 (PD-520, PECVD 二合一产品)	红太阳 (M82300-3/UM 型 PECVD 二合一产品)	微导纳米 (ZR5000×2, PEALD 二合一产品)	微导纳米 (KF7500P, 管 式 PECVD 产 品)
碎片率 (Breakage)	未披露	未披露	≤0.05%	≤0.05%
片内均匀性	≤5%	≤6%	≤5%	≤5%
片间均匀性	≤5%	≤6%	≤5%	≤5%
批间均匀性	≤4%	≤5%	≤4%	≤4%

数据来源：公司产品资料、同行业公司官方网站

公司 PECVD 设备的销售单价与同行业可比公司相比不存在显著差异，具体情况如下：

单位：万元/台

公司名称	2021 年度	2020 年度	2019 年度
捷佳伟创	未披露	343.26	392.64
微导纳米	374.90	-	-

注：捷佳伟创 PECVD 销售单价取自其上市公司公告，按照其披露的 PECVD 设备的单管销售价格，按每主机台设备 6 管进行换算。

公司用于 PERC 电池产线的 PECVD 设备 2021 年起实现销售，目前正在执行的订单主要应用于 TOPCon 电池产线。公司对于 PECVD 产品规划与定位主要是用于丰富产品线、拓展未来技术路线，因此目前市场份额较小。

#### 四、说明各主要技术路线设备在 PERC 电池中市场份额占比情况

##### (一) 发行人 2020 年、2020 年度薄膜沉积设备相关收入情况

发行人 2020 年度、2021 年度主营业务收入分别为 31,248.27 万元、42,750.64 万元。发行人 2020 年度主营业务收入全部为光伏 ALD 设备相关收入。2021 年度主营业务收入中半导体 ALD 设备收入为 2,520.00 万元，光伏薄膜沉积设备相关收入为 40,230.64 万元（其中光伏 ALD、PEALD 等 ALD 技术相关业务收入为 33,107.63 万元）。

##### (二) 发行人薄膜沉积设备、ALD 设备在国内光伏领域薄膜沉积设备市场占有率、市场地位排名

根据中国光伏行业协会统计，2020 年中国光伏设备行业销售收入为 280 亿元，国内光伏电池片设备占光伏设备的比例为 55.18%，同时根据公开数据推算

薄膜沉积设备在 PERC 电池片设备中占比为 26%，因此 2020 年 PERC 电池薄膜沉积设备占光伏设备的比例为 14.35%（55.18%×26%）。按此计算，2020 年中国光伏薄膜沉积设备市场规模为 40.17 亿元。

中国光伏行业协会未公布 2021 年国内光伏电池片设备占光伏设备比例，根据协会发布的主要光伏设备厂商营收情况，薄膜沉积设备企业平均收入增幅为 26.40%，按此增幅测算 2021 年中国光伏薄膜沉积设备市场规模为 50.77 亿元。

项目	公式	2020 年	2021 年
中国光伏薄膜沉积设备行业销售收入（亿元）	①	40.17	50.77
公司光伏薄膜沉积设备相关业务销售收入（亿元）	②	3.12	4.02
公司光伏 ALD 技术相关业务销售收入（亿元）	③	3.12	3.31
公司光伏薄膜沉积设备相关业务在中国光伏薄膜沉积行业占比	④=②/①	7.78%	7.92%
公司光伏 ALD 技术相关业务在中国光伏薄膜沉积行业占比	⑤=③/①	7.78%	6.52%
公司在光伏薄膜沉积行业市场排名[注]	-	第五名	第五名
公司在光伏 ALD 行业市场排名[注]	-	第一名	第一名

注：根据中国光伏行业协会发布的主要光伏设备厂商营收情况统计

由上表可知，2020 年、2021 年公司光伏薄膜沉积设备相关业务在中国光伏薄膜沉积行业占比分别为 7.78%和 7.92%，公司光伏 ALD 技术相关业务在中国光伏薄膜沉积行业占比分别为 7.78%和 6.52%。根据中国光伏行业协会发布的主要光伏设备厂商营收情况统计，公司在光伏薄膜沉积行业市场排名为第五名，公司连续两年在光伏 ALD 行业市场排名第一，为国内领先的 ALD 设备供应商。

### （三）发行人薄膜沉积设备、ALD 设备在国内半导体领域薄膜沉积设备市场占有率、市场地位排名

根据 Maximize Market Research 数据统计，2020 年全球半导体薄膜沉积设备市场规模约 172 亿美元，2021 年预计为 190 亿美元。根据 SEMI 数据统计，2020 年、2021 年，中国大陆市场约占全球半导体设备市场比例分别为 26.30%、28.87%。按此测算，2021 年、2021 年中国半导体薄膜沉积市场规模分别为 303.08 亿元、367.52 亿元。

半导体薄膜沉积设备行业基本由 AMAT、ASM、Lam、TEL 等国际巨头垄断。近年来随着国家对半导体产业的持续投入及部分民营企业的兴起，我国半导体制造体系和产业生态得以建立和完善。半导体薄膜沉积设备的国产化率虽然由 2016 年的 5% 提升至 2020 年的 8%，但总体占比尤其是中高端产品占比较低。

除发行人外，国内企业中主营业务涵盖半导体薄膜沉积设备的企业主要有北方华创（002371.SZ）、拓荆科技（688072.SH）、中微公司（688012.SH）三家。北方华创、拓荆科技分别主要经营 PVD 产品、PECVD 产品，两家公司 ALD 设备曾实现销售，部分客户仍处于工艺验证阶段。中微公司主要为半导体客户提供刻蚀设备、MOCVD 设备，ALD 设备为其筹划开发产品。从上市公司公告数据来看，2021 年拓荆科技、发行人半导体 ALD 设备分别实现收入 2,862 万元和 2,520 万元。目前，国内拥有半导体 ALD 技术产业化能力的企业家数较少，国产半导体 ALD 设备业务规模与国际竞争对手相比整体偏小，市场占有率和市场地位排名均低于国际竞争对手。随着核心技术的不断突破、不同环节工艺水平的提升、量产的持续推进，在国产替代背景下，国内半导体 ALD 设备企业具有广阔的发展空间。截至 2022 年 6 月末，公司已取得的半导体设备合同金额超过 1.5 亿元，已成为国内主要的半导体 ALD 设备供应商。

#### （四）各主要技术路线设备在 PERC 电池中市场份额占比情况

PERC 电池的薄膜沉积技术路线包括 PECVD 技术和 ALD 技术，其中 SiN<sub>x</sub> 减反层由 PECVD 技术制备，Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 钝化层可由 ALD 或 PECVD 技术制备。

根据中国光伏行业协会发布数据，测算各主要技术路线设备在 PERC 电池中市场份额占比情况：

数据来源	项目	公式	2020 年
中国光伏行业协会	中国光伏设备行业销售收入（亿元）	①	280
	PERC 电池片设备占光伏设备比例	②	55.18%
根据公开数据测算	薄膜沉积设备在电池片设备中占比	③	26%
	薄膜沉积设备占光伏设备比例	④=②×③	14.35%
	中国光伏薄膜沉积设备行业销售收入（亿元）	⑤=①×④	40.17
中国光伏行业协会	2020 年 PERC 电池中 ALD 设备收入（亿元）	⑥	7.14
根据公开数	ALD 技术路线占比	⑦=⑥/⑤	17.77%

数据来源	项目	公式	2020年
据测算	PECVD 技术路线占比	⑧=1-⑦	82.23%

根据上表测算情况，2020年ALD技术路线占PERC电池薄膜沉积设备市场规模为17.77%，PECVD技术路线占PERC电池薄膜沉积设备市场规模为82.23%。

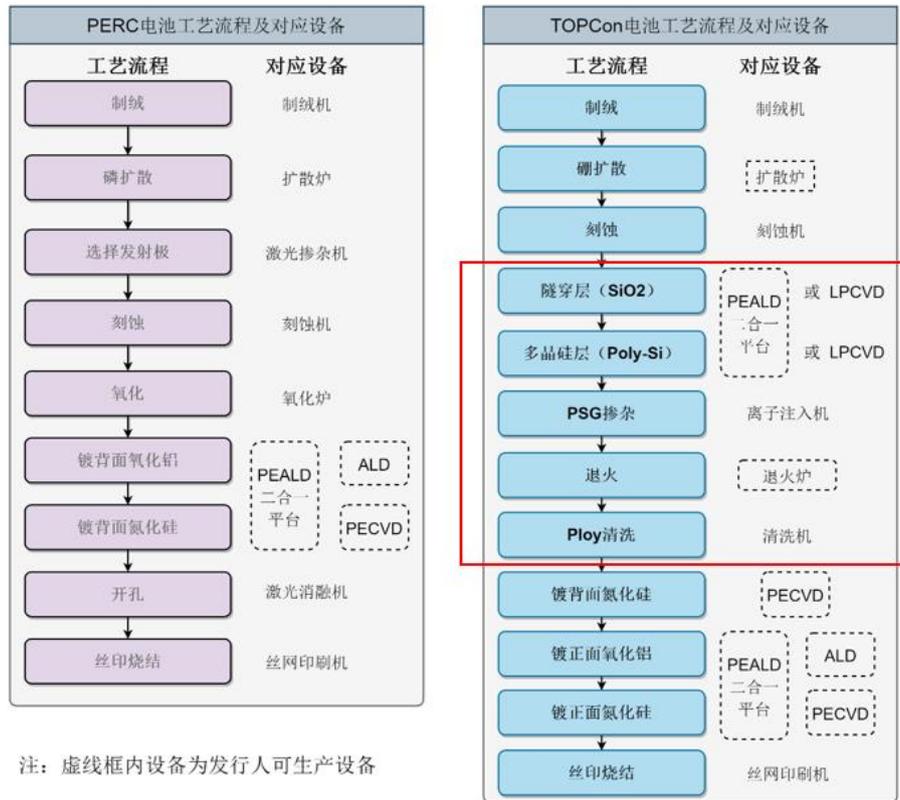
ALD技术在PERC电池中的占比较低，主要系PERC电池中ALD技术仅用于 $Al_2O_3$ 钝化层，PECVD可用于 $SiN_x$ 减反层和 $Al_2O_3$ 钝化层，且 $SiN_x$ 减反层包括了电池正反两面， $Al_2O_3$ 钝化层仅在背面，对应设备使用数量较少。

TOPCon电池中在PERC电池的 $SiN_x$ 减反层、 $Al_2O_3$ 钝化层基础上又进一步增加了 $SiO_2$ 隧穿层和多晶硅层。其中在TOPCon电池具有金字塔绒面的正面 $Al_2O_3$ 钝化层制备中，ALD技术凭借其极高的保型性优势，逐步成为主流技术路线。同时，在隧穿层的制备中，ALD技术凭借其精准的薄膜厚度控制优势，可以实现超薄（ $<2nm$ ）、大面积均匀性、致密性好、无针孔的 $SiO_2$ 薄膜。除此之外，ALD技术在HJT、IBC以及钙钛矿电池中均有良好的应用前景。

因此，未来ALD技术在光伏薄膜沉积设备中的占比将会随着光伏电池技术的发展持续提升。

### 五、说明PERC产线升级TOPCon产线，添加薄膜沉积设备是否受前期薄膜沉积设备技术路线选择的限制

TOPCon电池生产线可以由PERC电池生产线升级改造实现，改造过程主要增加了隧穿氧化层（ $SiO_2$ ）和掺杂多晶硅层（Poly-Si）镀膜需求。PERC和TOPCon工艺流程及各环节主要设备如下，其中红色方框标注内容为主要增加的设备：



从 PERC 产线升级到 TOPCon 产线过程中，新增加的隧穿氧化层、掺杂多晶硅层薄膜沉积设备和配套设备不受到前期 PERC 产线薄膜沉积设备技术路线选择的限制。

但是，原本在 PERC 产线背面沉积  $Al_2O_3$  钝化层的设备需要转为在 TOPCon 正面进行沉积  $Al_2O_3$  钝化层。由于 TOPCon 电池正面呈现金字塔形貌的绒面，目前产线主要选择 ALD 技术路线，若前期 PERC 产线的  $Al_2O_3$  钝化层采用 PECVD 设备，则可能出现无法适用 TOPCon 电池  $Al_2O_3$  钝化层的情形，将导致需要重新采购 ALD 设备使得投资成本上升。

## 六、说明已售半导体 ALD 设备的客户开拓、商业谈判以及产品认证主要过程，是否有进一步采购计划

### （一）已售半导体 ALD 设备的客户开拓、商业谈判主要过程

公司已售半导体 ALD 设备的客户开拓、商业谈判主要过程已申请豁免披露。

### （二）已售半导体设备的产品认证主要过程

公司半导体设备交付给客户后，主要需要经过设备装机、可靠性测试、工艺测试、产品片验证四道验证程序。公司首套已售设备于 2020 年 12 月发货，2021 年 2 月完成装机并交付，各验收环节的时间和完成情况如下：

序号	验证流程	主要内容	完成时间
1	设备装机	机台入厂，完成设备模块对接及组装，在客户厂务设施准备到位的前提下完成设备初始设置和水、电、气、化学源等系统的功能性动力连接	2021年2月
2	可靠性测试	硬件功能测试阶段，包括软件通讯的测试、机械手传片的测试、反应腔加热系统的启动测试等	2021年3月
3	工艺测试	包括工艺指标测试、工艺稳定性测试（工艺马拉松测试）、测试是否满足客户工艺需求	2021年4月
4	产品片验证	在薄膜性能满足客户要求的基础上，完成工程产品验证、器件产品验证，确保芯片各项性能达到需求，由客户出具机台验收报告	2021年9月

### （三）下游客户对公司半导体设备的采购计划

自首套设备实现销售至2022年6月末，公司已在多个半导体设备应用领域签署合同，半导体设备合同金额超过1.5亿元。此外，公司还与多家国内半导体厂商及验证平台签署了保密协议并开展产品技术验证等合作。公司已签约半导体设备订单的进展情况如下：

序号	合同签订时间	合同数量	具体应用场景	目前进度及验证阶段
1	2020	1套（2腔）	28nm逻辑芯片中高k栅介质层	已完成验收
2	2021	1套（3腔）	存储芯片的高k栅电容介质层、介质覆盖层	客户端（厂外）工艺测试
3	2021	1套（2腔）	第三代化合物半导体的钝化层和过渡层	客户端（厂外）装机和设备调试
4	2021	1套（2腔）	28nm逻辑芯片中高k栅介质层	客户端（厂外）装机和设备调试
5	2021	1套（2腔）	半导体量子器件的超导材料导电层	厂内装配制造
6	2022	1套（2腔）	硅基微型显示芯片的阻水阻氧保护层	厂内装配制造
7	2022	1套（2腔）	硅基微型显示芯片的阻水阻氧保护层	厂内装配制造
8	2022	1套（3腔）	存储芯片的高k栅电容介质层、金属层	厂内装配制造

ALD技术在先进逻辑芯片、新型存储芯片、化合物半导体、新型显示芯片等半导体领域中拥有良好的应用前景。公司已签署的半导体ALD设备订单的应用场景均代表国内半导体各细分领域的先进工艺发展方向，其中除制备“半导体量

子器件的超导材料导电层”的镀膜设备为客户研发使用外，其余设备均用于客户的量产线，具体情况如下：

①在逻辑芯片领域，“28nm 逻辑芯片中高 k 栅介质层”是国内集成电路突破 28nm 先进制程节点最难的工艺之一。

②在存储芯片领域，“存储芯片的高 k 栅电容介质层、介质覆盖层、金属层”应用于新型存储器，如新型铁电存储器具有非易失性铁电场效应，将有助于克服高速处理器和低速大容量内存之间的速度差异造成的传输瓶颈问题，成为下一代主流存储方向之一。

③在新型显示芯片领域，“硅基微型显示芯片的阻水阻氧保护层”应用于硅基 OLED 微型显示芯片，该类显示芯片采用集成电路 CMOS 工艺，作为半导体和 OLED 结合的一种新型显示技术，具有较大发展前景。

④在化合物半导体领域，“第三代化合物半导体的钝化层和过渡层”应用第三代化合物半导体功率器件，具有广阔的市场前景。

⑤在其他半导体领域，“半导体量子器件的超导材料导电层”应用于半导体量子器件，属于目前半导体领域的前沿技术。

随着先进逻辑芯片、新型存储器芯片、化合物半导体、新型显示芯片等先进半导体技术的快速发展，下游生产环节对于沉积薄膜的厚度、精度、成分和结构的要求不断提高，对 ALD 设备采购需求将会持续增加。公司的 ALD 设备凭借其薄膜厚度精确度高、均匀性好、台阶覆盖率极高等优点，已经与下游半导体制造厂商就各类先进应用开展合作，能够满足客户制备高质量薄膜的需求。在国产化进程加快的背景下，随着下游客户逐步达产和半导体各细分领域先进工艺应用投资规模的扩大，公司产品将具有更广阔的市场前景。

### **问题 3：关于发出商品**

根据首轮问询回复，(1)2021 年末，发行人光伏、半导体、柔性电子领域期末结存分别为 100 台、1 台、2 台。期末结存数量为公司发出商品的结存数量。

(2)公司发出商品占存货比例高于同行业可比公司平均值，主要系各公司的业务结构存在差异所致。公司发出商品主要为光伏领域设备，发出商品占存货比例与主要经营光伏领域专用设备的捷佳伟创基本一致。(3)公司库龄为 2 年以上的发出商品账面余额占比为 4.55%，主要为客户中建材浚鑫科技有限公司因经营计划

变更未推进验收，公司已对其进行了减值测试并计提了存货跌价准备。

请发行人进一步说明：(1) 期末结存的存货是否均为发出商品，其数量和发出商品期末余额是否匹配；(2) 发行人与同行业可比公司发出商品占存货余额的比例存在差异的具体原因，与除捷佳伟创外同行业可比公司存在哪些差异，导致发出商品占存货余额的比例高于可比公司；(3) 中建材浚鑫科技有限公司因经营计划变更的具体情况，发行人对其已发货设备的明细，计提存货跌价准备的金额和比例，后续处置方案。

请保荐机构和申报会计师对以上事项核查并发表明确意见，并说明对发出商品履行的核查程序、核查比例和核查结论。

**【回复】**

**一、发行人说明**

**(一) 期末结存的存货是否均为发出商品，其数量和发出商品期末余额是否匹配**

**1、报告期各期末，公司专用设备产成品均在发出商品中核算，其结存数量与发出商品中专用设备余额匹配**

公司期末结存的存货包括原材料、在产品、发出商品及委托加工物资。报告期各期末，公司专用设备产成品均在发出商品中核算，其结存数量与发出商品中专用设备余额匹配。

报告期各期末，公司发出商品的具体情况如下：

项目	2021 年末	2020 年末	2019 年末
发出商品账面余额（万元）	29,870.75	29,344.55	19,697.06
其中：专用设备（万元）	29,372.77	26,570.56	19,697.06
设备改造物料（万元）	497.98	2,773.99	-
设备结存数量（台）	103	82	77
专用设备单位成本（万元）	285.17	324.03	255.81

公司发出商品主要包括专用设备和设备改造物料，分别为已发出尚未完成验收的专用设备和设备改造项目。报告期各期末，公司发出商品中专用设备单位成本的变动主要系专用设备产品构成的变化所致。2019 年末，公司发出商品期末结存主要为 KF6000、KF6500、KF6500S 等 ALD 设备。2020 年末，公司发出商

品的专用设备单位成本有所增长，主要系随着新产品推出和对原产品的改进，新增了 KF7500P、ZR5000×2、KF10000S 等单位成本较高的新型号设备产品。2021 年末，公司发出商品的专用设备单位成本有所下降，主要系新增了低压扩散炉等单位成本较低的设备产品。

综上所述，公司期末结存的专用设备产成品均为发出商品，其数量和发出商品中专用设备的期末余额匹配。

## 2、公司在产品中存在尚未签署销售订单的情形

截至 2021 年 12 月 31 日，公司在产品账面余额为 7,705.39 万元，其中除有订单覆盖的在产品外，根据客户采购意向组织生产的在产品占比 38.86%、委外加工零部件占比 15.28%、其他在产品占比 14.10%。具体情况如下：

单位：万元

项目	账面余额		存货跌价准备	账面价值	
	金额	占比		金额	占比
有订单覆盖的在产品	2,447.67	31.77%	-	2,447.67	35.93%
根据客户采购意向组织生产的在产品	2,994.28	38.86%	-	2,994.28	43.95%
委外加工零部件	1,177.07	15.28%	-	1,177.07	17.28%
其他在产品	1,086.37	14.10%	892.75	193.62	2.84%
合计	7,705.39	100.00%	892.75	6,812.64	100.00%

### (1) 根据客户采购意向组织生产的在产品

公司的薄膜沉积设备采用模块化设计和生产，除了标准化模块之外的部件，会根据下游采购意向和需求进行非标准化定制。截至 2021 年末，公司根据客户采购意向组织生产的在产品主要为半导体设备，该部分设备主要用于逻辑芯片、存储芯片等领域的不同工艺环节。公司半导体设备正处于在各细分应用领域拓展阶段，根据客户采购意向及技术指标需求组织生产，并在完成测试后签署正式销售合同。

### (2) 委外加工零部件

委外加工零部件主要为完成委外机加工或表面处理后重新入库的零部件，公司将其作为在产品进行核算，该部分零部件后续将领用至具体设备机台进行生产。

### （3）其他在产品

其他在产品主要为公司前期发出退回的试用设备，暂未确定销售意向。该部分在产品库龄较长，公司根据预计拆机后可收回的有用材料价值估计可变现净值并计提了存货跌价准备，2021 年末该部分在产品的存货跌价计提比例为 82.18%。

综上，公司存在部分尚未签署销售订单的在产品，主要为根据客户采购意向生产的半导体设备，以及完成委外加工的零部件。

（二）发行人与同行业可比公司发出商品占存货余额的比例存在差异的具体原因，与除捷佳伟创外同行业可比公司存在哪些差异，导致发出商品占存货余额的比例高于可比公司

报告期各期末，同行业可比公司的发出商品占存货余额的比例情况如下：

项目	2021 年末	2020 年末	2019 年末
捷佳伟创	81.90%	71.08%	84.70%
北方华创	50.59%	45.12%	54.41%
中微公司	46.55%	42.75%	45.80%
拓荆科技	78.03%	70.15%	65.68%
平均值	<b>64.27%</b>	<b>57.28%</b>	<b>62.65%</b>
微导纳米	<b>70.47%</b>	<b>82.28%</b>	<b>71.07%</b>

公司及同行业可比公司主要销售专用设备产品，产品发出后均需要通过验收后确认收入，因此发出商品占存货的比例总体较高。各公司由于产品结构不同，导致验收周期存在差异，从而发出商品占存货余额比例有所区别。

捷佳伟创、拓荆科技发出商品占存货的比例与公司不存在较大差异。捷佳伟创的光伏设备产品包括 PECVD 及扩散炉等，根据其 2021 年 2 月披露的《关于公司申请向特定对象发行股票的审核问询函的回复（四次修订稿）》，自 2019 年以来，捷佳伟创的产品验收周期为 1 年至 1.5 年；拓荆科技的主要产品为半导体设备，包括 PECVD 设备、ALD 设备和 SACVD 设备，根据其 2022 年 3 月披露的《发行人及保荐机构关于发行注册环节反馈意见落实函的回复》，其 Demo 机台的平均验收周期在 23 个月左右，销售机台的平均验收周期在 6 个月左右。公司产品的验收周期约为 6-14 个月，与捷佳伟创、拓荆科技接近，因此发出商品余额占存货的比例差异较小。

北方华创的产品线较广，除光伏领域外，还应用在集成电路、半导体照明、功率器件、微机电系统、先进封装、新型显示、真空电子、新材料、锂离子电池等领域，产品结构与公司存在较大差异。根据北方华创 2017 年 5 月披露的《2017 年 5 月 10 日投资者关系活动记录表》，其大多数设备从拿到订单到收入确认的时间大约是 6 个月，短于公司设备产品的验收周期，因此发出商品占比低于公司。

中微公司的主要产品为半导体设备，包括刻蚀设备、MOCVD 设备及其他设备。根据中微公司 2019 年 5 月披露的《发行人及保荐机构第二轮回复意见》，其刻蚀设备的平均验收周期为 2 个月，MOCVD 设备的平均验收周期为 5.6 个月，短于公司设备产品的验收周期，因此发出商品占比低于公司。

### **（三）中建材浚鑫科技有限公司因经营计划变更的具体情况，发行人对其已发货设备的明细，计提存货跌价准备的金额和比例，后续处置方案**

中建材浚鑫科技有限公司（以下简称“中建材浚鑫”）是中国建材集团有限公司子公司，业务范围包括太阳能电池及组件的研发和生产，以及光伏电站开发、建设与运营。据其官网介绍，中建材浚鑫太阳能电池片的产能为 2GW，太阳能电池组件产能为 2.5GW。

公司与中建材浚鑫的销售合同签订于 2018 年 1 月，合同标的为 1 台 ALD 设备，公司已于 2018 年 3 月发货。

中建材浚鑫向公司采购的 ALD 设备原拟用于其在无锡江阴生产基地投建的太阳能电池片扩产项目，但由于该项目未按预期推进投产，因此设备未按计划使用和验收。截至 2021 年 12 月 31 日，该台设备在存货中的账面余额为 274.19 万元，考虑到公司已收到中建材浚鑫支付的 186.00 万元合同价款（含税），公司对其计提存货跌价准备 109.59 万元，计提比例为 39.97%，存货账面价值为 164.60 万元。公司与中建材浚鑫目前正在商议该台设备的后续处置方案。

## **二、保荐机构和申报会计师的核查程序和核查意见**

### **（一）整体核查程序和核查意见**

#### **1、核查程序**

保荐机构和申报会计师履行了如下核查程序：

- （1）获取报告期各期末发出商品清单，查阅发出商品期末结存数量和金额；
- （2）查阅同行业可比上市公司公开资料，了解公司与可比公司主要产品的

差异，分析发出商品占存货余额的比例差异的原因；

(3) 访谈公司管理层，了解中建材浚鑫因经营计划变更未按计划推进公司设备验收工作的具体情况和后续处置方案。

## 2、核查结论

经核查，保荐机构及申报会计师认为：

(1) 发行人期末结存的存货包括发出商品、原材料、在产品、委托加工物资等，公司专用设备产成品均在发出商品中核算，其结存数量与发出商品中专用设备期末余额匹配；

(2) 发行人与同行业可比公司发出商品占存货余额的比例存在差异主要系各公司的产品结构存在一定差异，产品验收周期的不同导致了发出商品占存货余额比例的不同，具有合理性；

(3) 发行人已说明对中建材浚鑫发货的设备明细及中建材浚鑫经营计划变更的具体情况，发行人已对该设备计提了充分的跌价准备。

### (二) 对发出商品履行的核查程序、核查比例及核查结论

#### 1、核查程序及核查比例

保荐机构和申报会计师履行了如下核查程序：

(1) 访谈发行人管理层，了解发行人生产模式、发出商品管理和会计核算方法；

(2) 选取样本检查发出商品对应的销售订单、发货申请单以及送货单等原始凭证；

(3) 对公司 2019-2021 年末的发出商品实施了存货监盘程序。监盘的具体情况如下：

单位：万元

项目	2021 年末	2020 年末	2019 年末
发出商品期末账面余额	29,870.75	29,344.55	19,697.06
监盘时点	2021 年 12 月 31 日至 2022 年 1 月 17 日	2021 年 1 月 3 日至 9 日	2020 年 1 月 2 日至 16 日
参与方	发行人、保荐机构、 申报会计师	发行人、申报会计 师	发行人、申报会计 师
发出商品监盘金额	22,708.67	21,686.28	15,896.14

项目	2021 年末	2020 年末	2019 年末
发出商品监盘比例	76.02%	73.90%	80.70%
监盘结果	未发现异常	未发现异常	未发现异常

(4) 选取样本对期末发出商品进行函证，具体执行情况如下：

单位：万元

项目	2021 年末	2020 年末	2019 年末
发出商品余额 (a)	29,870.75	29,344.55	19,697.06
发函覆盖金额 (b)	29,367.81	25,769.89	19,697.06
发函覆盖比例 (c=b/a)	98.32%	87.82%	100.00%
回函覆盖金额 (d)	29,093.61	20,997.40	15,715.19
回函覆盖比例 (e=d/a)	97.40%	71.55%	79.78%

(5) 获取发出商品存货跌价准备计算表，核查了发出商品存货跌价准备测试方法的合理性。

## 2、核查结论

经核查，保荐机构和申报会计师认为：

报告期各期末，发行人发出商品真实、完整，存货跌价准备计提充分。

## 问题 4：关于设备销售收入

根据招股说明书及首轮问询回复，2018-2021 年，公司专用设备销量分别为 8 台、38 台、59 台、59 台，其中光伏 ALD 设备的销量分别为 8 台、38 台、59 台、22 台，2021 年明显下降；其余为光伏 PECVD 设备、PEALD 二合一平台设备和半导体 ALD 设备。

请发行人说明：(1) 光伏 ALD 设备的销售台数在 2021 年大幅下降的具体原因；(2) 发行人光伏领域主要客户的设备采购周期、新客户的拓展情况，和主要客户的合作是否稳定，主要客户对 ALD 设备的采购意愿是否发生变化；(3) 光伏 ALD 设备 2022 年的销售情况和在手订单情况，该业务的收入是否具有可持续性，是否面临重大不确定性风险，并视情况做风险揭示和重大事项提示；(4) 发行人半导体领域销售的 ALD 设备的客户工艺验证和使用情况，目前客户是否正常在产线中使用。

请保荐机构和申报会计师对以上事项核查并发表明确意见,并说明对已销售的半导体 ALD 设备的使用情况履行的核查程序以及核查结论。

**【回复】**

**一、发行人说明**

**(一) 光伏 ALD 设备的销售台数在 2021 年大幅下降的具体原因**

报告期内,公司镀膜设备新签订单数量和实现销售数量的具体情况如下:

单位:台

项目		2021 年度		2020 年度		2019 年度	
		数量	占比	数量	占比	数量	占比
新签订单数量	ALD 设备	19	29.23%	27	31.40%	44	86.27%
	PEALD 二合一设备	32	49.23%	39	45.35%	-	-
	PECVD 设备	14	21.54%	20	23.26%	7	13.73%
	合计	<b>65</b>	<b>100.00%</b>	<b>86</b>	<b>100.00%</b>	<b>51</b>	<b>100.00%</b>
销量	ALD 设备	22	37.93%	59	100.00%	38	100.00%
	PEALD 二合一设备	17	29.31%	-	-	-	-
	PECVD 设备	19	32.76%	-	-	-	-
	合计	<b>58</b>	<b>100.00%</b>	<b>59</b>	<b>100.00%</b>	<b>38</b>	<b>100.00%</b>

2021 年,公司光伏设备实现销售合计 58 台,主要为公司 2020 年与客户签订订单并发货的设备在 2021 年取得了验收,其中 ALD 设备实现销售 22 台,与 2020 年相比有所下降。

2021 年公司 ALD 设备销量下降的主要原因是光伏电池行业在 2020-2021 年处于由 PERC 向新型高效电池技术转变的过渡期,下游厂商扩产和采购节奏短期调整,同时公司在此期间推出的新产品导致了当期订单结构有所变化所致。2022 年,随着 TOPCon 等新型高效电池的量产条件趋于成熟,下游客户新型高效电池扩产计划加速,公司 ALD 设备的订单数量大幅增长。具体情况如下:

**1、2020-2021 年,市场电池技术路线处于过渡阶段,下游厂商扩产节奏短期调整,公司新产品符合客户的工艺选择导致新签订单中产品结构有所变化**

2020-2021 年,随着 PERC 电池技术量产平均光电转换效率趋近理论极限,

而新型高效电池技术有望在短期内形成产业化应用方案，下游厂商对于大规模新建 PERC 电池产线的意愿有所放缓，扩产节奏短期调整。ALD 设备订单数量的短期减少主要是受到市场电池技术路线过渡阶段的暂时性影响。

2020 年，公司新产品 PECVD 设备、PEALD 二合一设备完成开发，新型高效电池的具体技术路线尚未成为行业共识，设备产品在新型高效电池产业化应用的成熟度也有待提高。因此，2020 年公司首先将其在 PERC 电池领域进行推广。因新产品符合部分下游客户的工艺选择从而取得了 PECVD 设备、PEALD 二合一设备产品的大额订单，导致 2020 年新增销售订单中 ALD 设备新签订单占比下降。

公司销售的 ALD 设备采用热工艺 ALD 技术，PEALD 属于等离子体工艺 ALD 技术。虽然公司 2021 年光伏 ALD 设备销售数量下降，但是应用 ALD 技术的设备（包括 ALD、PEALD 二合一设备）合计数量占比为 67.24%，应用 ALD 技术的设备产品销量占比依然较高。

## **2、2022 年 1-6 月，公司光伏 ALD 设备在新型高效电池领域的技术优势凸显，新签订单数量大幅增长**

随着 TOPCon 等新型高效电池技术的进一步发展，2022 年一季度国内太阳能电池片行业第一条 8GW 的 TOPCon 电池产线已实现贯通投产，预示着 TOPCon 大规模量产的条件已经较为成熟，下游客户新型高效电池扩产计划加速。因公司光伏 ALD 设备在 TOPCon 等新型高效电池存在突出的技术优势，公司 2022 年 1-6 月新签光伏 ALD 设备订单数量达到 120 台，已超过 2021 年全年镀膜设备新签订单数量。

根据中国光伏行业协会统计，国内 2022 年 TOPCon 电池放量投产，年底有望超过 35GW，N 型电池占比将从 2021 年的 3%提升至 2022 年的 13.4%。根据 PV InfoLink 统计，未来三年 TOPCon 产能预计将快速增长，至 2024 年 TOPCon 产能预计将超过 100GW。TOPCon 电池的新增产能和渗透率都将快速提高。截至 2021 年 PERC 电池存量市场规模约为 300GW，由于新型高效电池量产后 PERC 电池在转换效率上已不再具有竞争力，存量 PERC 产线具有升级转换为 TOPCon 产线的潜在需求。因此，TOPCon 等新型高效电池产线的投建及现有 PERC 产线升级的需求都为公司的 ALD 设备产品提供了市场空间保障，将为公司带来持续

的业务机会。

综上所述，公司 2021 年 ALD 设备销量下降主要系受市场电池技术过渡期间下游厂商扩产节奏短期调整的暂时性影响，同时公司新产品推出当年新签订单产品结构有所变化所致。随着新型高效电池技术路线确定、成熟度提高，公司 ALD 设备新增订单采购数量大幅增长。

**（二）发行人光伏领域主要客户的设备采购周期、新客户的拓展情况，和主要客户的合作是否稳定，主要客户对 ALD 设备的采购意愿是否发生变化**

**1、发行人光伏领域主要客户的设备采购周期、新客户的拓展情况**

太阳能电池片厂商对于光伏设备的采购与其产能扩张计划有关。从单个客户来看，受产线投建节奏的影响，其采购行为具有不均匀、非连续的特点，不存在规律的采购周期。但从产业整体发展情况来看，在光伏行业保持高景气度和新型高效电池持续发展的背景下，行业内客户对于太阳能电池片产能扩张和产线升级存在持续的设备采购需求。

2019 年 1 月至 2022 年 6 月，公司各期签订业务合同的客户情况如下：

项目	2022 年 1-6 月	2021 年度	2020 年度	2019 年度
签订合同的客户数量（家）	12	9	10	12
其中：新客户数量（家）	4	4	4	7

注：以上客户数量统计中，同一控制下的多家主体按 1 家客户统计，设备最终使用方和直接采购方按 1 家客户统计，下同。

公司自 2018 年实现销售以来，客户数量持续增加。2019 年以前，由于公司尚处于市场开拓期，签订合同的客户以新客户为主。2020 年、2021 年、2022 年 1-6 月，公司在与客户持续合作的基础上，各期分别拓展了 4 家新客户。公司持续开拓行业内的头部客户，截至目前，发行人已与我国产能排名前十（2021 年）的电池片企业全部建立了合作关系。在光伏电池片产业集中度较高的行业背景下，公司新客户的拓展成效显著。

**2、主要客户合作稳定，其对 ALD 设备的采购意愿未发生变化**

2019 年至 2022 年 1-6 月，公司累计签署 10 台以上镀膜设备销售订单的客户数量合计 8 家，其各期设备销售订单合计数量占比均为 70%以上。上述主要客户在各期间与公司签署合同情况如下：

客户名称	2021年国内太阳能电池片产能排名	光伏镀膜专用设备种类、数量			
		2022年1-6月	2021年	2020年	2019年
通威太阳能	2	ALD	ALD、PEALD	ALD	ALD
顺风光电	-	ALD	PEALD、PECVD	ALD	ALD
阿特斯	8	ALD	ALD	ALD	ALD
中润光伏	9	-	PEALD、PECVD	PEALD、PECVD	ALD、PECVD
隆基股份	1	ALD	-	ALD、PEALD	ALD
晶澳太阳能	4	ALD	-	ALD	ALD
爱旭股份	3	ALD	ALD	ALD	-
晶科能源	7	-	ALD、PEALD	-	-
主要客户镀膜专用设备采购数量小计(台)		106	57	68	37
其中：应用ALD技术的设备占比		100.00%	75.44%	76.48%	81.08%
PECVD设备占比		-	24.56%	23.53%	18.92%

由上表可知，公司与主要客户保持持续合作关系。在销售的设备类型方面，各期间，主要客户采购的应用ALD技术的设备数量占比均在75%以上。2022年1-6月，公司主要客户新签订单的ALD设备数量为106台，已超过2021年全年新签订单设备数量总和。

综上所述，公司单个客户不存在规律的采购周期，在光伏行业整体保持高景气度和新型高效电池持续发展的背景下，行业内客户对于太阳能电池片产能扩张和产线升级存在持续的设备采购需求；公司与主要客户的合作稳定，随着新型高效电池技术的发展，主要客户对ALD设备的采购意愿增长态势明显。

**（三）光伏ALD设备2022年的销售情况和在手订单情况，该业务的收入是否具有可持续性，是否面临重大不确定性风险，并视情况做风险揭示和重大事项提示**

#### 1、公司2022年1-6月的销售情况及截至2022年6月末在手订单情况

2022年1-6月，公司未经审计的主营业务收入15,474.17万元，其中专用设备销售收入为14,769.69万元，ALD设备的占比为44.18%，应用ALD技术的设

备产品收入占比为 76.53%。

截至 2022 年 6 月末，公司在手订单 162,905.90 万元，其中光伏领域专用设备在手订单合计 129,065.91 万元，应用 ALD 技术的光伏设备在手订单占比为 90.48%，远高于其他类型的专用设备。

公司在手订单中，光伏 ALD 设备占比较高，主要系随着新型高效电池产业化进程的推进，太阳能电池片厂商启动项目投建所致。在已获得产业化先发优势的 TOPCon 电池正面绒面镀膜环节，通过 ALD 技术制备的  $Al_2O_3$  薄膜在均匀性和保型性方面具备突出优势，使得公司 ALD 设备的技术优势得以凸显。

综上所述，公司应用 ALD 技术的设备产品在手订单金额充足，且光伏 ALD 设备在手订单占比显著高于其他类型设备产品，该业务收入具有可持续性，不存在重大不确定性风险。

## **2、公司在手订单对客户具有约束力，且公司有能力和将在手订单较好执行**

截至 2022 年 6 月末，公司在手订单超过 16 亿元。公司的在手订单对客户存在约束力，不存在客户可随意取消订单的情形，且公司有能力和将在手订单较好执行，具体如下：

（1）公司与客户签订的合同条款对客户存在约束力，合同不会被随意取消

公司在与客户签订的合同中约定了客户有权取消合同的情形，如“卖方逾期交货达 3 周的，买方有权解除本合同”、“卖方逾期调试达 3 周的，买方有权解除本合同”。因此，除非公司逾期交货、逾期调试达到一定时长，否则客户并不能随意取消合同。报告期内，公司不存在因为延迟交货或逾期调试而被取消合同的情形。

（2）公司已提前安排与在手订单相匹配的人员

公司设备的生产需要由生产人员根据产品各模块与整机图纸进行装配，公司可根据在手订单数量灵活安排各类产品的生产规模和用工人数，公司产品的产能存在一定弹性。公司工程部负责对客户设备装机、使用过程中反馈的问题进行及时跟进和解决，并提供现场培训、技术支持和产品售后保障等服务。

公司已提前安排与在手订单相匹配的生产以及调试人员，可以满足设备生产、交货及后续现场调试等客户需求。

（3）公司统筹推进疫情防控和生产经营

针对当前疫情反复的情形，公司在保障员工健康的前提下，统筹推进疫情防控和生产经营等各项工作，对外与客户和供应商保持充分的沟通，内部提前储备各类生产所需原材料，保证供销有效运转，最大程度避免或减轻疫情风险对公司履约造成的不利影响。

综上，公司在手订单对客户具有约束力，且公司有能力将在手订单较好执行。

**（四）发行人半导体领域销售的 ALD 设备的客户工艺验证和使用情况，目前客户是否正常在产线中使用**

**1、公司半导体领域 ALD 设备已签署订单及对应工艺验证情况**

截至本问询函回复报告出具日，公司已签署的半导体 ALD 设备订单的客户工艺验证和使用情况如下：

序号	合同签署时间	合同数量	具体应用场景	目前进度及验证阶段
1	2020	1 套（2 腔）	28nm 逻辑芯片中高 k 栅介质层	已完成验收
2	2021	1 套（3 腔）	存储芯片的高 k 栅电容介质层、介质覆盖层	客户端（厂外）工艺测试
3	2021	1 套（2 腔）	第三代化合物半导体的钝化层和过渡层	客户端（厂外）装机和设备调试
4	2021	1 套（2 腔）	28nm 逻辑芯片中高 k 栅介质层	客户端（厂外）装机和设备调试
5	2021	1 套（2 腔）	半导体量子器件的超导材料导电层	厂内装配制造
6	2022	1 套（2 腔）	硅基微型显示芯片的阻水阻氧保护层	厂内装配制造
7	2022	1 套（2 腔）	硅基微型显示芯片的阻水阻氧保护层	厂内装配制造
8	2022	1 套（3 腔）	存储芯片的高 k 栅电容介质层、金属层	厂内装配制造

ALD 技术在先进逻辑芯片、新型存储芯片、化合物半导体、新型显示芯片等半导体领域中拥有良好的应用前景。公司已签署的半导体 ALD 设备订单的应用场景均代表国内半导体各细分领域的先进工艺发展方向，其中除制备“半导体量子器件的超导材料导电层”的镀膜设备为客户研发使用外，其余设备均用于客户的量产线，具体情况如下：

①在逻辑芯片领域，“28nm 逻辑芯片中高 k 栅介质层”是国内集成电路突破 28nm 先进制程节点最难的工艺之一。

②在存储芯片领域，“存储芯片的高k栅电容介质层、介质覆盖层、金属层”应用于新型存储器，如新型铁电存储器具有非易失性铁电场效应，将有助于克服高速处理器和低速大容量内存之间的速度差异造成的传输瓶颈问题，成为下一代主流存储方向之一。

③在新型显示芯片领域，“硅基微型显示芯片的阻水阻氧保护层”应用于硅基 OLED 微型显示芯片，该类显示芯片采用集成电路 CMOS 工艺，作为半导体和 OLED 结合的一种新型显示技术，具有较大发展前景。

④在化合物半导体领域，“第三代化合物半导体的钝化层和过渡层”应用第三代化合物半导体功率器件，具有广阔的市场前景。

⑤在其他半导体领域，“半导体量子器件的超导材料导电层”应用于半导体量子器件，属于目前半导体领域的前沿技术。

随着先进逻辑芯片、新型存储器芯片、化合物半导体、新型显示芯片等先进半导体技术的快速发展，下游生产环节对于沉积薄膜的厚度、精度、成分和结构的要求不断提高，对 ALD 设备采购需求将会持续增加。公司的 ALD 设备凭借其薄膜厚度精确度高、均匀性好、台阶覆盖率极高等优点，已经与下游半导体制造厂商就各类先进应用开展合作，能够满足客户制备高质量薄膜的需求。在国产化进程加快的背景下，随着下游客户逐步达产和半导体各细分领域先进工艺应用投资规模的扩大，公司产品将具有更广阔的市场前景。

## **2、已验收的 ALD 设备的产线使用情况**

公司已验收的 ALD 设备用于逻辑芯片 28nm 制程的量产线，目前在客户产线中正常运行，且鉴于产品运行情况，公司已获得该应用市场的重复订单。

## **二、保荐机构和申报会计师的核查程序和核查意见**

### **（一）整体核查程序和核查意见**

#### **1、核查程序**

保荐机构和申报会计师履行了如下核查程序：

（1）访谈公司管理层，了解光伏行业发展背景、新客户的拓展情况、主要客户合作情况、公司光伏 ALD 设备销售台数在 2021 年下降的原因、半导体领域各订单的客户工艺验证和使用情况；

（2）获取并查阅发行人收入明细及相关验收资料；

(3) 获取公司合同台账，查阅各年度新增订单和最新在手订单情况；

(4) 查阅了半导体 ALD 设备的销售合同、发运单、验收报告、发票等原始凭证；

(5) 对半导体业务客户及其终端用户进行走访、函证，通过访谈了解业务合作、设备产品的验收和运行情况。

## 2、核查结论

经核查，保荐机构和申报会计师认为：

(1) 2021 年发行人 ALD 设备销量下降的主要原因是光伏电池行业在 2020-2021 年处于由 PERC 向新型高效电池技术转变的过渡期，下游厂商扩产和采购节奏短期调整，同时发行人在此期间推出的新产品导致了当期订单结构有所变化所致。2022 年，随着 TOPCon 等新型高效电池的量产条件趋于成熟，下游客户新型高效电池扩产计划加速，发行人 ALD 设备的订单数量大幅增长；

(2) 发行人单个客户不存在规律的采购周期，在光伏行业整体保持高景气度和新型高效电池持续发展的背景下，行业内客户对于太阳能电池片产能扩张和产线升级存在持续的设备采购需求；发行人与主要客户的合作稳定，随着新型高效电池技术的发展，主要客户对 ALD 设备的采购意愿增长态势明显；

(3) 发行人应用 ALD 技术的设备产品在手订单金额充足，且光伏 ALD 设备在手订单占比显著高于其他类型设备产品，该业务收入具有可持续性，不存在重大不确定性风险；

(4) 发行人已说明已签署的半导体 ALD 设备订单的对应客户工艺验证和使用情况，发行人已验收的半导体 ALD 设备目前正常在客户产线中使用。

## (二) 已销售半导体 ALD 设备的使用情况履行的核查程序及核查结论

### 1、核查程序

保荐机构和申报会计师履行了如下核查程序：

(1) 查阅了半导体 ALD 设备的销售合同、发运单、验收报告、发票等原始凭证；

(2) 对半导体业务客户及其终端用户进行走访、函证，通过访谈了解业务合作、设备产品的验收和运行情况。

### 2、核查结论

经核查，保荐机构和申报会计师认为：

发行人已验收的半导体 ALD 设备目前正常在客户产线中使用。

## 问题 5：关于设备改造收入

根据首轮问询回复，2021 年，公司设备改造业务销售收入为 12,253.63 万元，较 2020 年大幅增长，主要系公司在持续开拓市场并自 2018 年起实现设备批量销售后，随着太阳能电池片大尺寸化以及生产工艺技术提升的变化，部分客户对在役设备的改造需求增加所致。改造项目类别包括尺寸改造、工艺改造。工艺改造设备数量合计 60 台，尺寸改造设备数量合计 53 台。

请发行人说明：（1）尺寸改造、工艺改造单笔订单金额较高的原因及合理性，发行人所派技术人员的具体情况和人员数量、单台设备现场改造周期，设备改造的具体过程以及对客户生产经营的具体影响，客户是否需要停产；（2）发行人与客户关于设备改造订单的洽谈过程，改造项目的定价依据，发行人采购的具体零配件情况和所费人工情况，该业务毛利率较高的合理性；（3）改造前后，工艺性能的指标对比情况，设备改造的技术路线是否为主流技术路线，客户接受设备改造的经济性和商业合理性；（4）结合已销售产品的台数、工艺改造和尺寸改造的周期及改造单价等，分析设备改造收入未来的可持续性，并视情况作风险提示。

请保荐机构和申报会计师核查并发表明确意见，并具体说明对发行人技术改造收入履行的核查程序、核查结论。

### 【回复】

#### 一、发行人说明

（一）尺寸改造、工艺改造单笔订单金额较高的原因及合理性，发行人所派技术人员的具体情况和人员数量、单台设备现场改造周期，设备改造的具体过程以及对客户生产经营的具体影响，客户是否需要停产

#### 1、尺寸改造、工艺改造单笔订单金额较高的原因及合理性分析

公司设备改造业务包括尺寸改造和工艺改造。客户对于尺寸改造的需求系基于光伏市场硅片大尺寸化的变化趋势产生的，对于工艺改造的需求主要是由于通过工艺改造可以提升电池片产品的光电转换效率、增强电池片产品的市场竞争力。

公司主要根据预估改造成本确定单台设备的改造价格，并根据拟改造设备数

量核算单笔订单的金额。2021 年，公司确认收入的改造业务对应的业务合同合计 21 笔，订单金额具体区间的订单数量情况如下：

订单金额区间	订单数量	占比
1000 万元以上	5	23.81%
500 万元-1000 万元（含）	-	-
100 万元-500 万元（含）	5	23.81%
100 万元以下（含）	11	52.38%
<b>合计</b>	<b>21</b>	<b>100.00%</b>

（1）大额设备改造订单情况

公司设备改造订单中金额为 1000 万元以上的大额订单合计 5 笔，具体情况如下：

单位：万元

序号	客户名称	改造机台数量（台）	产品和服务的具体内容
1	通威太阳能（成都）有限公司	31	臭氧工艺改造
2	通威太阳能（成都）有限公司	28	设备 166 尺寸改造（含 96 套一体舟）
3	通威太阳能（安徽）有限公司	14	臭氧工艺改造
4	晶澳太阳能有限公司	8	臭氧工艺改造
5	通威太阳能（安徽）有限公司	8	设备 166 尺寸改造（含 48 套一体舟）

以上设备改造业务订单的单笔金额较高，主要系其对应的客户为公司报告期内主要客户，且均为光伏电池片生产领域的头部厂商，报告期内向公司采购的设备数量较多。相关客户对市场趋势和技术进步动态更为敏感，针对市场情况进行了快速响应并与公司签订了设备改造订单。

上述尺寸改造订单于 2020 年签订，在当时时点，下游市场对于 166mm 尺寸电池片的需求大幅上升，而客户当期产线设备大多为适配 158mm 或以下电池片，无法承接 166mm 尺寸电池片订单，因此产生了设备改造需求。

上述臭氧改造订单于 2019 年、2020 年签订。公司于 2019 年突破了臭氧工

艺，达到了提升电池片光电转换效率的效果，客户出于提升产品市场竞争力的考虑将在役设备由原水工艺改造为臭氧工艺。

(2) 其他设备改造订单情况

除了上述大额设备改造订单外，公司其余设备改造订单的具体情况如下：

单位：万元

序号	客户名称	改造机台数量 (台)	产品和服务的具体内容
1	江苏顺风新能源科技有限公司	4	臭氧工艺改造
2	阳光中科(福建)能源股份有限公司	3	臭氧工艺改造
3	泰州中来光电科技有限公司	3	设备 166 尺寸改造(含 16 套一体舟)
4	VIETENERGY 有限责任公司	2	设备 166 尺寸改造(含 2 台配套辅料)
5	徐州谷阳新能源科技有限公司	2	设备 166 尺寸改造
6	江苏顺风新能源科技有限公司	2	设备 166 尺寸改造
7	泰州隆基乐叶光伏科技有限公司	1	设备 182 尺寸改造
8	江苏顺风新能源科技有限公司	1	设备 166 尺寸改造
9	江苏顺风新能源科技有限公司	1	设备 166 尺寸改造(含 4 根一体舟尺寸改造)
10	无锡日托光伏科技有限公司	1	设备 166 尺寸改造(含 12 套陶瓷齿托)
11	江苏顺风新能源科技有限公司	1	设备 166 尺寸改造
12	江苏顺风新能源科技有限公司	1	设备 166 尺寸改造
13	江苏顺风新能源科技有限公司	1	设备 166 尺寸改造
14	TalesunTechnologies (Thailand). Co.,Ltd	1	设备 166 尺寸改造
15	徐州中辉光伏科技有限公司	-	13 根一体舟尺寸改造[注]
16	江苏顺风新能源科技有限公司	-	10 根一体舟尺寸改造[注]

注：徐州中辉光伏科技有限公司、江苏顺风新能源科技有限公司于 2021 年进行了一体舟尺寸改造。该类尺寸改造的改造对象为设备机台上的一体舟部件，合同以一体舟的数量计价。

以上订单主要于 2020 年、2021 年签订，公司客户根据自身承接的电池片订单尺寸情况和产品性能提升需求，对部分在役设备进行了改造。订单对应的改造

设备机台数量较少，故单笔订单金额相对较低。

## 2、公司所派技术人员的具体情况和人员数量、设备改造的具体过程、单台设备改造周期以及对客户生产经营的具体影响、客户停产情况

### (1) 公司所派技术人员的具体情况和人员数量、设备改造的具体过程

公司设备改造项目在实施过程中，主要包括方案设计、元器件采购/加工、现场安装与调试、跟踪陪产四个阶段。设备改造的具体过程如下：

序号	阶段名称	具体内容
1	方案设计	根据客户需求确定改造项目的具体实施方案，并根据方案确定所需物料清单
2	元器件采购/加工	根据物料清单采购元器件，其中部分元器件需要根据公司的设计方案加工定制，并在厂内预先对部分元器件进行功能模块组装，完成后发往客户现场
3	现场安装与调试	对设备实施具体改造工作，完成零部件或功能模块安装、集成、检测和整体调试
4	跟踪陪产	完成调试后交付客户产线使用，根据实际需要依次进行小批量陪产、大批量陪产，跟踪并解决陪产过程中出现的问题。经陪产测试并满足客户生产要求后，由客户出具验收单

方案设计是公司开展后续改造工作的基础。公司根据客户需求、产线状况进行方案设计，主要包括工艺设计、产品设计，并形成改造方案。工艺设计主要针对化学反应原理、反应腔体转载量等变化重新进行工艺和产线匹配性优化设计；产品设计主要针对对功能模组（如源输送模组、传送模组等）和相关元器件进行重新设计并仿真。

设备改造的具体实施是在方案设计基础上进行采购，并对部分元器件预先组装后发往客户现场进行安装与调试。现场安装与调试阶段的设备改造工作主要由公司外派技术人员前往客户现场执行，相关技术人员主要负责对客户设备装机、使用过程中反馈的问题进行及时跟进和解决，并提供现场培训、技术支持和产品售后保障等服务。公司以改造方案为基础，结合项目实施难度、项目时间要求、内部人员调配等因素确定参与改造项目的人数。一般情况下，单台设备改造工作需要由 4-6 人完成，其中 2 人负责工艺部件改造，2-4 人负责传动部件和电气部件改造。

### (2) 单台设备的改造周期

设备改造业务周期涵盖方案设计至跟踪陪产四个阶段。

方案设计阶段，公司拟定初步方案后，需要与客户进行持续沟通，并根据客户需求对原方案进行修改，由于各个客户的产线状况和工艺偏好有所不同，最终方案确定所需的时间具有一定不确定性。

元器件采购/加工阶段，公司根据改造方案拟定的物料清单安排元器件采购、组装和发货，在方案明确的情况下，一般需要 1-2 个月。

现场安装与调试阶段，公司执行现场改造工作，客户设备所在产线需要停产。在停产安排明确、物料齐备的情况下，常规单台设备改造的实施时间为 5-10 天。当设备数量较多时，客户一般会安排分批次进行改造。

跟踪陪产阶段，除对改造设备进行调试外，还需要根据实际情况确定是否需要产线前后道设备进行同步调试，确保产线整体有效协作运行。该阶段一般情况下的实施周期至少为 1 个月，实际执行中一般需要 3-9 个月。

因此，单台设备改造周期因方案设计、停产安排的差异存在一定的不确定性。在停产安排明确、物料齐备的情况下，常规单台设备改造的实施时间为 5-10 天，验收周期一般为 3-9 个月。

### （3）设备改造对客户生产经营的具体影响

设备改造对于客户的生产经营的影响一方面在于改造实施过程中单条产线需要停产，另一方面在于改造完成后可以为客户带来直接的经济效益。具体情况如下：

①客户可以根据生产计划及改造需求灵活安排不同产线在改造期间的停产节奏，无需安排全面停产

太阳能电池片厂商一般采用多条生产线并行的方式布局生产车间，当改造设备数量较多时，客户一般会安排分批次进行改造，一条或一批产线完成改造后，再进行下一条或下一批产线的改造。在现场安装与调试阶段，实施改造的设备所在的单条产线需要停产，厂区不需要全面停产，客户可以根据生产计划及改造需求灵活安排不同产线在改造期间的停产节奏。常规单台设备改造的实施时间为 5-10 天，改造期间单条产线的停产并不影响其他产线的正常运行。

②改造完成后，客户可通过尺寸改造取得下游大尺寸电池片订单、通过工艺改造获得产品性能提升，对于生产经营具有积极影响

具体参见本题回复之“一、（二）、4、（2）大尺寸电池片具有较高的盈利空

间，臭氧工艺可提高电池片的光电转换效率，尺寸改造和工艺改造均可以为客户带来直接的经济效益”。

**(二) 发行人与客户关于设备改造订单的洽谈过程，改造项目的定价依据，发行人采购的具体零配件情况和所费人工情况，该业务毛利率较高的合理性**

### **1、公司与客户关于设备改造订单的洽谈过程**

公司设备改造业务的对象均为已销售的在役设备，业务洽谈一般由客户提出改造需求开始。公司收到客户提出的改造需求后，为客户提供初步改造方案。经持续沟通并取得客户明确合作意向后，双方开始协商业务合同和技术协议的具体条款，达成一致后签署合同。

### **2、改造项目的定价依据**

公司主要根据成本加合理利润的模式确定设备改造价格。设备改造成本主要包括零部件材料成本、人员薪酬和相关费用等。

公司财务部人员根据项目人员上报的改造项目所需零部件、人员安排计划对改造项目进行核价，销售部人员以核价结果为基础与客户协商确定最终的合同价格。

### **3、设备改造项目的具体零配件和所费人工情况**

报告期内，公司设备改造业务收入分别为 21.12 万元、224.42 万元、12,253.63 万元，其对应的成本构成情况如下：

项目	2021 年度	2020 年度	2019 年度
直接材料	87.65%	96.35%	79.75%
人工成本	6.15%	1.74%	7.32%
制造费用	6.19%	1.92%	12.93%

报告期内，公司设备改造业务成本中，直接材料占比基本在 80% 以上，直接材料占比较高，主要系设备改造成本主要在于根据设计方案采购并制造的零部件，技术人员现场实施时间较短，因此人工成本和制造费用占比较低。

工艺改造需要在设备机台上对源输送模组中臭氧发生系统等核心部件进行改造，增加臭氧发生器并配套气路装置，主要零部件包括臭氧发生器、水冷冷水机、臭氧分解器、气路管道等；尺寸改造需要根据机台腔体、配套传送模组部件的尺寸兼容性确定所需物料，主要零部件包括腔体、喷淋板、导风筒、一体舟、

导轨、移动平台等。

设备改造的所费人工主要为零部件发往客户现场前在公司场内进行初步集成组装归集的人员成本。

#### 4、设备改造业务毛利率较高的合理性分析

公司设备改造业务毛利率较高具有合理性，具体原因如下：

(1) 设备尺寸改造存在刚性需求，价格远低于新设备购置价格，可以为客户节省产线投资成本

近年来，光伏电池片在 158mm、166mm、182mm 乃至 210mm 逐步升级过程中，呈现大尺寸化的趋势。根据下游市场的需求变化，为匹配太阳能电池片尺寸的变化，太阳能电池片厂商需要根据实际情况对现有产线设备进行调整，或重新购置大尺寸生产设备替换现有的小尺寸生产设备，否则将无法继续承接新增大尺寸电池片订单。

公司单台设备尺寸改造的含税价格约在数十至百余万，远低于新设备购置价格，因此可以为客户节省产线投资成本。

(2) 大尺寸电池片具有较高的盈利空间，臭氧工艺可提高电池片的光电转换效率，尺寸改造和工艺改造均可以为客户带来直接的经济效益

电池片的大尺寸化可以有效提升组件效率、降低制造及发电成本，是降本增效的重要途径，而且大尺寸电池片的盈利空间较高。根据 PV InfoLink 统计，2020 年末，166mm 尺寸电池片的市场份额占比较高，166mm 尺寸电池片毛利比 158mm 尺寸电池片约高 0.09 元/瓦；2021 年之后，182mm 电池片市场份额上升，截至目前，158mm 尺寸电池片已基本淘汰，182mm 尺寸电池片成为主流，毛利比 166mm 尺寸电池片约高 0.04 元/瓦。尺寸改造可以使客户产线适配盈利空间较高的大尺寸电池片生产，进而为客户带来直接的经济效益。

臭氧工艺较常规水工艺可使太阳能电池片的光电转换效率提高 0.08%，可实现提高发电效率并降低单位发电成本的效果。太阳能电池片生产厂商普遍具有提升自身产品性能的需求，提高光电转换效率可以降低发电成本，使产品具备更高的定价空间。在同等价位的情况下，高光电转换效率的电池片容易获得更大的市场份额。

(3) 设备改造业务一般只能由原生产厂商完成，公司具有一定的定价权

设备改造并非对现有设备的部件进行简单拆卸和重新安装,需要根据客户需求制定改造方案,涉及对部分部件的重新设计。设备改造过程需要用到公司的核心技术,且具有较高的技术难度,尺寸改造需要对反应腔体(喷淋板、导风筒等)、传送模组(反应舟搬运机构等)等核心部件重新设计并进行仿真等工作,确保新设计达到客户技术要求;臭氧改造需要针对工艺以及客户产线匹配性重新进行优化,包括对源输送模组中臭氧发生系统等核心部件进行重新设计,以解决臭氧工艺中未反应完的残余臭氧降解等技术难题,同时重新设计电气与臭氧发生器的通讯和控制技术。此外,公司设备改造所需的部分零部件系根据公司设计定制完成,无法在市场上直接采购。因此,设备改造业务一般只能由原生产厂商完成,公司具有一定的定价权。

综上所述,公司设备改造业务可以为客户节省产线投资成本、带来直接的经济效益,具备定价空间,且公司具有一定的定价权。因此,设备改造业务毛利率较高具有合理性。

### **(三) 改造前后,工艺性能的指标对比情况,设备改造的技术路线是否为主流技术路线,客户接受设备改造的经济性和商业合理性**

#### **1、改造前后,设备工艺性能的指标对比情况**

##### **(1) 尺寸改造**

尺寸改造系对客户在役设备的反应腔体中的喷淋板、导风筒等,传送模组中的反应舟搬运机构及配套硅片传动装置进行改造,以满足下游客户订单的需求。截至目前,公司已实施和已签署合同的尺寸改造业务主要系为客户提供小尺寸电池片镀膜向 166mm、182mm 尺寸电池片镀膜设备的改造。

##### **(2) 臭氧改造**

公司的臭氧改造系通过在源输送模组中新增臭氧发生系统及改造配套管路系统,并重新设计电气模块中与臭氧发生系统相关的通讯和控制,将原水工艺升级为臭氧工艺。改造后,应用臭氧工艺生产的太阳能电池片的光电转换效率较常规水工艺可提高 0.08%。

#### **2、公司设备尺寸改造符合主流技术路线变化趋势,设备工艺改造应用的臭氧工艺为公司先进技术**

##### **(1) 尺寸改造符合主流技术路线变化趋势**

在太阳能电池片的制造中，公司镀膜设备进行的薄膜沉积工序系在硅片表面制备薄膜，需要通过载具和配套传送模组将硅片运送至反应腔体，载具和配套传送模组规格应与所搭载硅片的尺寸相匹配，如需搭载尺寸更大或更小的硅片，则都需要对设备进行尺寸改造。因此，客户设备尺寸改造的需求与下游市场对于不同尺寸电池片需求的变化情况密切相关。

2019 年市场仍以 156mm 尺寸为主，占比超过 61%；2020 年 156mm 的尺寸占比大幅下降至 17.7%，158mm 和 166mm 尺寸合计比例达到 77.8%；2021 年 182mm 和 210mm 尺寸合计占比由 2020 年的 4.5% 迅速增长至 45%，未来其占比仍将快速扩大。

客户进行尺寸改造计划与不同阶段市场主流产品尺寸相关。公司已实现收入的尺寸改造项目主要为 166mm 尺寸改造，对应业务合同主要于 2020 年签署，主要是由于下游市场对于 166mm 尺寸电池片的需求大幅上升，当时公司客户现有产线设备大多为适配 158mm 或以下电池片生产，无法承接 166mm 尺寸电池片订单，因此产生了设备改造需求。截至目前，公司在执行的尺寸改造订单主要为 182mm 改造，系将设备适配 166mm 尺寸硅片改造至可适配 182mm 尺寸硅片。

因此，公司设备尺寸改造合同签订的时间与硅片不同尺寸市场份额提高的时间基本一致，公司设备尺寸改造业务符合市场主流技术路线的变化趋势。

#### （2）工艺改造应用的臭氧工艺为公司自主研发的先进技术

光电转换效率是光伏行业技术进步和降本增效的关键性指标，光电转换率每提升 1%，度电成本可下降 5%-7%。2018 年至 2021 年，PERC 电池每年的光电转换效率提升都在 0.50% 以下，预计 2022 年提升幅度将进一步降至 0.20%，已趋近理论极限，后续进一步的提升将更加困难。

2019 年，公司臭氧工艺取得突破，较原水工艺相比可增加硅片的少数载流子寿命，增强薄膜钝化效果，使存量产线生产的电池光电转换效率提升 0.08%。臭氧工艺为公司自主研发的先进技术。

### 3、客户接受设备改造的经济性和商业合理性

设备改造对于客户具有经济性和商业合理性，主要体现在以下两个方面：

一方面，设备改造价格远低于新设备购置价格，可以为客户节省产线投资成本，具体分析参见本题回复之“一、（二）、4、（1）设备尺寸改造存在刚性需

求，价格远低于新设备购置价格，可以为客户节省产线投资成本”。

另一方面，设备改造可以为客户带来直接的经济效益。其中，尺寸改造可以使客户现有镀膜设备适配大尺寸电池片的生产，大尺寸电池片的盈利空间更高；工艺改造可以提升电池片产品的光电转换效率，进而增强产品的市场竞争力，具体分析参见本题回复之“一、（二）、4、（2）大尺寸电池片具有较高的盈利空间，臭氧工艺可提高电池片的光电转换效率，尺寸改造和工艺改造均可以为客户带来直接的经济效益”。

**（四）结合已销售产品的台数、工艺改造和尺寸改造的周期及改造单价等，分析设备改造收入未来的可持续性，并视情况作风险揭示**

**1、臭氧工艺改造存在后续业务机会，新工艺技术的开发应用可带来新的业务机会**

公司目前的工艺改造均为 ALD 设备改造。截至 2021 年末，公司实现销售的 126 台光伏 ALD 设备中，107 台为水工艺设备，其中 60 台已完成臭氧工艺改造，后续存在一定的臭氧工艺改造业务机会。

随着 TOPCon 等新型电池技术的发展，公司也在探索并开发新的工艺路线。如为新型电池技术增加反应源装置等新工艺技术的开发应用也可为公司设备改造业务带来后续业务机会。

**2、受光伏市场存在硅片大尺寸化趋势影响，尺寸改造存在持续业务机会**

客户对于设备尺寸的需求来自于光伏市场上硅片大尺寸化的发展趋势，近年来，光伏电池片在 158mm、166mm、182mm 乃至 210mm 逐步升级过程中。2020 年，166mm 硅片的市场份额从年初的约 20% 快速增长至年末的约 70%，公司在当年承接了较多的 166mm 尺寸改造订单。自 2021 年以来，182mm、210mm 的大尺寸硅片的市场份额正在迅速提高，公司目前的设备改造在手订单主要为 182mm 尺寸改造订单。

截至 2021 年末，公司已实现销售的光伏领域专用设备 162 台中，53 台已完成尺寸改造，改造前后各尺寸设备数量的具体情况如下：

单位：台

设备兼容硅片尺寸	销售数量	改造情况	改造后数量
156mm、158mm	99	其中 52 台完成 166mm 尺寸改造	47

设备兼容硅片尺寸	销售数量	改造情况	改造后数量
166mm	49	其中 1 台完成 182mm 尺寸改造	100
182mm	14	-	15
合计	162	-	162

由上表可知，截至 2021 年末，公司已实现销售及已完成改造的设备中，166mm 及以下的小尺寸设备数量合计为 147 台，随着 182mm、210mm 等的大尺寸硅片市场占有率进一步提高，预计客户具备持续性的尺寸改造需求。

公司的设备改造业务均为对自身实现销售的在役设备进行改造，是从专用设备销售业务中衍生出的业务机会。除以上已实现销售的设备机台外，公司在手订单中的薄膜沉积设备数量合计 169 台，随着这些设备的陆续生产、发货并取得验收，公司设备累计销量将持续增长。

截至 2022 年 6 月末，公司设备改造业务在手订单合计 12,200.00 万元，随着设备累计销量的增长，预计将持续产生后续设备改造业务机会。

### 3、风险提示

关于设备改造业务收入下滑的风险，发行人已在招股说明书“第四节 风险因素”之“三、财务风险”之“（八）设备改造业务收入下滑的风险”补充披露，其具体内容如下：

#### “（八）设备改造业务收入下滑的风险

报告期内，公司设备改造业务收入分别为 21.12 万元、224.42 万元、12,253.63 万元，占主营业务收入的比例分别为 0.10%、0.72%、28.66%，销售收入及其占比有所提升。公司设备改造业务收入变动主要与市场电池片尺寸变化趋势、公司新工艺开发及应用情况等因素相关，若未来上述因素的变化情况对下游客户设备改造需求产生重大不利影响，公司设备改造业务收入将会面临下降的风险，从而影响公司的经营业绩。”

### 二、保荐机构和申报会计师的核查程序和核查意见

#### （一）核查程序

保荐机构和申报会计师履行了如下核查程序：

1、访谈发行人管理层，了解发行人设备改造业务的订单洽谈过程、定价依据、改造周期、设备改造的具体过程、所需零配件和人工情况，以及对客户生产

经营的具体影响等相关内容，并了解设备改造业务机会产生的原因、改造前后设备工艺性能变化情况及其为客户带来的经济效益，并结合设备改造业务合同价格分析其商业合理性；

2、获取发行人报告期内的收入成本明细表，查阅设备改造业务的成本构成；

3、查阅发行人设备改造业务订单，了解其设备改造业务在手订单情况；

4、检查设备改造业务的销售合同、签收单、验收单、发票等原始凭证，并对改造收入执行函证程序；

5、统计公司已实现销售设备中完成改造的设备数量；

6、通过公开资料查询，了解光伏市场硅片尺寸需求的变化趋势。

## （二）核查结论

1、发行人已说明设备改造业务所派技术人员的具体情况和人员数量、单台设备现场改造周期，设备改造的具体过程以及对客户生产经营的具体影响，在改造期间，改造设备所在的单条产线需要停产；发行人部分设备改造业务订单的单笔金额较高，主要系其对应的客户为发行人报告期内主要客户，且均为光伏电池片生产领域的头部厂商，报告期内向发行人采购的设备数量较多。相关客户对市场趋势和技术进步动态更为敏感，针对市场情况进行了快速响应并与公司签订了设备改造订单；

2、发行人已说明与客户关于设备改造订单的洽谈过程、改造项目的定价依据、采购的具体零配件情况和所费人工情况；发行人设备改造业务可以为客户节省产线投资成本、带来直接的经济效益，具备定价空间，且发行人具有一定的定价权，设备改造业务毛利率较高具有合理性；

3、发行人已说明改造前后工艺性能指标的对比情况，设备尺寸改造符合主流技术路线变化趋势，设备工艺改造应用的臭氧工艺为公司自主研发的先进技术，客户接受设备改造业务具有经济性和商业合理性；

4、发行人设备改造业务存在持续的后续业务机会，发行人已就设备改造收入下滑的风险进行了风险提示。

## 问题 6：关于毛利和毛利率

根据招股说明书披露，2021 年相较 2020 年，毛利的结构发生了较大变化，专用设备的毛利从 15,207.61 万元下降到 10,360.49 万元，配套产品及服务的毛

利则从 1,006.46 万元迅速上升至 9,232.78 万元。报告期内，公司专用设备的毛利率分别为 52.35%、50.83%、34.48%，2021 年呈明显下滑态势。2021 年，PECVD 设备、PEALD 二合一平台设备的毛利率分别为 18.79%、19.59%。

请发行人说明：（1）具体分析毛利结构发生变动的的原因和趋势，发行人未来盈利能力的变化趋势及可持续性；（2）PECVD、PEALD 二合一平台设备毛利率远低于 ALD 设备的原因，和同行业公司、市场同类产品的比较情况，发行人在该领域是否具有竞争优势。

请发行人披露：（1）各类别产品毛利率，并量化分析 2021 年专用设备毛利率下降的具体原因；（2）完善关于毛利率的风险揭示和重大事项提示。

请保荐机构和申报会计师核查并发表明确意见。

**【回复】**

**一、发行人补充披露情况**

**（一）各类别产品毛利率，并量化分析 2021 年专用设备毛利率下降的具体原因**

关于 2021 年专用设备毛利率下降的具体原因，发行人已在招股说明书“第八节 财务会计信息与管理层分析”之“十、经营成果分析”之“（四）毛利率分析”之“2、毛利和毛利率情况”之“（2）毛利率构成及变化情况”补充披露，其具体内容如下：

**“①专用设备毛利率分析**

**报告期内，公司专用设备按产品类别分类的毛利率情况如下：**

项目		2021 年度		2020 年度		2019 年度	
		毛利率	销售收入占比	毛利率	销售收入占比	毛利率	销售收入占比
光伏领域	ALD 设备	46.83%	45.32%	50.83%	100.00%	52.35%	100.00%
	PECVD 设备	18.79%	23.71%	-	-	-	-
	PEALD 二合一平台设备	19.59%	22.59%	-	-	-	-
	小计	32.86%	91.61%	50.83%	100.00%	52.35%	100.00%
半导体领域	ALD 设备	52.20%	8.39%	-	-	-	-
	小计	52.20%	8.39%	-	-	-	-

项目	2021 年度		2020 年度		2019 年度	
	毛利率	销售收入占比	毛利率	销售收入占比	毛利率	销售收入占比
合计	34.48%	100.00%	50.83%	100.00%	52.35%	100.00%

报告期内，公司专用设备的毛利率分别为 52.35%、50.83%、34.48%。2019-2020 年度，公司实现销售的专用设备均为 ALD 设备，毛利率基本保持稳定。

2021 年，公司专用设备毛利率有所下降，主要系新推出的 PECVD 设备、PEALD 二合一平台设备产品的毛利率较低，其销售收入占比为 46.30%，进而导致 2021 年公司专用设备毛利率有所下降。经过多年的技术发展，PERC 电池 2020 年市场占比超过 80%，下游电池片厂商的经营成本上升，PERC 电池技术进一步降本增效的压力传导至光伏设备制造商，公司同类产品竞争加大。公司新推出的夸父（KF）管式 PECVD 系统、祝融（ZR）管式 PEALD 系统于 PERC 技术路线的应用在市场上已存在成熟的竞争方案，参考市场水平定价，毛利率偏低。”

## （二）完善关于毛利率的风险揭示和重大事项提示

关于毛利率下降的风险，发行人已在招股说明书“重大事项提示”之“一、风险提示”之“（五）毛利率下降的风险”补充披露，其具体内容如下：

### “（五）毛利率下降的风险

报告期内，公司主营业务毛利率分别为 53.97%、51.89%、45.83%。公司主营业务毛利率变动主要受产品销售价格、原材料采购价格、市场竞争程度、技术更新换代及政策变动等因素的影响。同时，随着公司产品种类增加，不同产品的售价及成本存在一定差异，不同产品销售收入占比的结构性变化也会对公司主营业务毛利率产生较大影响。若未来上述影响因素发生重大不利变化，公司毛利率将会面临下降的风险，从而对公司盈利能力造成不利影响。”

## 二、发行人说明

（一）具体分析毛利结构发生变动的的原因和趋势，发行人未来盈利能力的变化趋势及可持续性

### 1、报告期内，公司产品毛利结构情况

报告期内，公司按产品类别分类的主营业务毛利情况如下：

单位：万元

项目	2021 年度		2020 年度		2019 年度	
	毛利	占比	毛利	占比	毛利	占比
专用设备	10,360.49	52.88%	15,207.61	93.79%	10,572.31	90.78%
配套产品及服务	9,232.78	47.12%	1,006.46	6.21%	1,073.72	9.22%
<b>合计</b>	<b>19,593.27</b>	<b>100.00%</b>	<b>16,214.07</b>	<b>100.00%</b>	<b>11,646.03</b>	<b>100.00%</b>

2019-2020 年，公司专用设备贡献的毛利占比较高，均保持在 90%以上。2021 年，公司配套产品及服务中设备改造业务销售收入显著增长，导致配套产品及服务贡献的毛利占比达到 47.12%。2021 年公司配套产品及服务中，设备改造业务的毛利占比为 96.18%。

2021 年，公司设备改造业务收入大幅增长，主要系随着太阳能电池片大尺寸化以及生产工艺技术提升的变化，部分客户产生了对在役设备进行改造的需求，相关业务合同在当年履行完毕所致。

设备改造是从专用设备销售业务中衍生出的业务机会，公司对自身销售的专用设备进行改造，是为了使客户能够以较新购置设备更低的价格，在尺寸、工艺方面使产线适应市场需求变化。

## 2、公司未来盈利能力和可持续性未发生不利变化

公司主要从事薄膜沉积设备的研发、生产和销售，并提供设备改造、备品备件等配套产品及服务。截至 2022 年 6 月末，公司在手订单按业务类型分类的具体情况如下：

业务类型	合同金额（万元）	占比
专用设备	150,357.35	92.30%
设备改造	12,200.00	7.49%
备品备件及其他	348.55	0.21%
<b>合计</b>	<b>162,905.90</b>	<b>100.00%</b>

截至 2022 年 6 月末，公司在手订单合计 162,905.90 万元，其中专用设备订单为 150,357.35 万元。公司在手订单充足，专用设备仍将是公司的主要盈利来源，未来盈利能力及可持续性未发生不利变化。

随着公司业务规模的扩大，实现销售的专用设备数量将持续增长，与此同时，

光伏行业下游市场技术和需求的变化将持续催生客户产生新的设备改造需求，预计持续产生的设备改造业务仍会在公司整体业务构成中占有一定份额。

综上所述，公司未来毛利结构仍将以专用设备为主，设备改造业务也将持续在整体业务构成中占有一定份额，未来盈利能力和可持续性未发生不利变化。

**(二) PECVD、PEALD 二合一平台设备毛利率远低于 ALD 设备的原因，和同行业公司、市场同类产品的比较情况，发行人在该领域是否具有竞争优势**

**1、PECVD、PEALD 二合一平台设备毛利率远低于 ALD 设备，主要系 PERC 电池产线上不同设备竞争态势所致**

在 PECVD 产品、PEALD 二合一产品开发完成当年，新型高效电池的具体技术路线尚未成为行业共识，设备产品在新型高效电池产业化应用的成熟度也有待提高。因此，2020 年公司首先将其在 PERC 电池领域进行推广。因在 PERC 技术路线的应用市场上已存在相同或类似的成熟产品，且售价较低，公司产品定价上参考了竞争产品的售价，所以 PECVD 设备、PEALD 二合一平台设备的毛利率较低。公司未采用低价策略销售 ALD 设备，主要系考虑其在薄膜质量、抗衰减能力、优级品率、运行成本等方面具有一定优势，在竞争日趋激烈的环境下仍然可以保有一定的市场份额，因此毛利率较高。

因此，公司 PECVD 设备、PEALD 二合一平台设备毛利率远低于 ALD 设备，主要系 PERC 电池产线上不同设备竞争态势所致。

**2、公司 PECVD 设备、PEALD 二合一平台设备的毛利率与同行业可比公司类似产品的毛利率基本一致**

公司 PECVD 设备、PEALD 二合一平台设备的与同行业可比公司捷佳伟创的 PECVD 设备较为类似，其毛利率的对比情况如下：

项目	2021 年度	2020 年度	2019 年度
捷佳伟创	未披露	21.99%	27.66%
微导纳米	19.18%	-	-
其中：PECVD 设备	18.79%	-	-
PEALD 二合一平台设备	19.59%	-	-

由上表可知，公司 PECVD 设备、PEALD 二合一平台设备的毛利率与同行业可比公司捷佳伟创 PECVD 设备的毛利率基本一致。

### 3、公司 PECVD、PEALD 设备在 PERC、TOPCon 领域的竞争情况

为了配套公司的 ALD 设备产品、拓展布局技术路线、满足为客户提供薄膜沉积整体解决方案的需求，公司先后开发了 PECVD 产品、PEALD 二合一产品。

#### (1) PERC 领域

公司 PECVD、PEALD 二合一平台设备在 PERC 领域应用主要是为了扩展现有产品线，为客户提供完整的薄膜沉积解决方案。

在 PERC 电池中，公司 PEALD 二合一平台设备主要用于背面  $\text{Al}_2\text{O}_3$  钝化层、 $\text{SiN}_x$  减反层的制备，PECVD 设备主要用于  $\text{SiN}_x$  减反层的制备，其功能与市场上 PECVD 技术二合一设备相近。

#### (2) TOPCon 领域

在 TOPCon 电池中，PEALD 二合一平台设备主要用于背面  $\text{SiO}_2$  隧穿层及多晶硅层制备，PECVD 设备主要用于  $\text{SiN}_x$  减反层的制备。

目前行业内较多采用热氧化与 LPCVD 技术分别制备 TOPCon 背面  $\text{SiO}_2$  隧穿层及多晶硅层。公司的 PEALD 二合一设备创新性的使用 PEALD 与 PECVD 技术，在同一台设备中分别完成 TOPCon 背面  $\text{SiO}_2$  隧穿层及多晶硅层的制备。

公司 PEALD 技术实现了对  $\text{SiO}_2$  隧穿层的精准控制，并保证其均匀性，能够满足隧穿氧化层工艺所需各项苛刻的需求，同时公司已通过调整硅片表面及膜层等方式成功掌握了原位掺杂多晶硅层 PECVD 量产技术。因此，公司的 PEALD 二合一设备在 TOPCon 背面薄膜制备中具有一定的技术优势。

根据与同行业公司同类产品关键性能指标对比（具体指标对比参见本反馈问询函回复报告之“问题 2：关于主要产品”之“三、对比发行人 PECVD 设备、PEALD 二合一设备与同行业公司同类产品关键性能指标，结合产品单价、市场占有率分析发行人 PECVD 技术水平及产品竞争力”），公司 PECVD 设备、PEALD 二合一设备的技术指标与国内领先企业具有可比性，部分指标占有优势。

### 三、保荐机构和申报会计师的核查程序和核查意见

#### (一) 核查程序

保荐机构和申报会计师履行了如下核查程序：

1、获取发行人设备销售收入及成本数据，分产品系列统计毛利率情况，分析专用设备毛利率变动的主要原因；

2、查阅发行人在手订单情况。访谈发行人管理层，了解行业发展现状及未来变化趋势；

3、访谈发行人管理层，了解公司 PEALD 二合一平台设备、PECVD 设备产品毛利率较低的原因及其竞争优势；

4、查阅可比公司的公开资料，将公司 PEALD 二合一平台设备、PECVD 设备产毛利率与可比公司同类产品进行对比分析。

## （二）核查结论

经核查，保荐机构和申报会计师认为：

1、发行人 2021 年设备改造业务毛利占比大幅增长，主要系随着太阳能电池片大尺寸化以及生产工艺技术提升的变化，部分客户产生了对在役设备进行改造的需求，相关业务合同在当年履行完毕所致；公司未来毛利结构仍将以专用设备为主，设备改造业务也将持续在整体业务构成中占有一定份额，未来盈利能力和可持续性未发生不利变化；

2、发行人 PECVD、PEALD 二合一平台设备毛利率与可比公司同类产品基本一致，但毛利率远低于 ALD 设备，主要系其在 PERC 技术路线的应用市场上已存在相同或类似的成熟产品，且售价较低，公司产品定价上参考了竞争产品的售价；发行人 PECVD、PEALD 二合一平台设备的技术指标与国内领先企业具有可比性，部分指标占有优势。

## 问题 7：关于应收款项

根据首轮问询回复，（1）公司对徐州中辉、华恒新能源单项计提坏账准备的计提比例分比为 27.03%、90.06%，计提比例不一致，主要系该坏账计提比例是公司基于与以上客户签订的《还款协议》约定的还款进度及谨慎性原则确定的。徐州中辉与华恒新能源为同一实控人控制的企业。根据 2021 年 12 月，徐州中辉、华恒新能源分别与公司签署的《还款协议》，徐州中辉在 2021 年、2022 年将分别还款 100.00 万元和 1,200.00 万元，剩余款项 1,881.74 万元，拟于协议约定的付款计划执行完成后另行商定付款方案。华恒新能源将于 2022 年还款 346.43 万元。（2）为了继续维持与客户的友好合作关系，拓展未来的新订单机会，公司于 2020 年下半年与徐州中辉签订了赠送协议，将两台设备赠与客户。（3）发行人 2021 年还为徐州中辉提供了设备改造服务。

请发行人进一步说明：（1）徐州中辉、华恒新能源的主营业务、背景、经营状况，与发行人签订《还款协议》的具体原因和背景、谈判开始时间和具体过程，徐州中辉、华恒新能源是否有足够能力支付协议约定将于 2022 年底前偿还的款项；（2）徐州中辉出现还款困难迹象的时点，发行人 2020 年下半年基于维护客户关系，向其赠送两台设备的合理性；发行人 2021 年为其提供设备改造服务的原因，预计款项收回的可能性；（3）账龄为 1 年以内、1-2 年、2-3 年的应收账款计提比例调整为 20.00%、60.00%、100.00%的具体依据、计提是否充分。

请保荐机构和申报会计师核查并发表明确意见，并说明对徐州中辉、华恒新能源两个客户履行的核查程序，对销售收入真实性、应收账款坏账准备计提充分性发表明确核查意见。

## 【回复】

### 一、发行人说明

（一）徐州中辉、华恒新能源的主营业务、背景、经营状况，与发行人签订《还款协议》的具体原因和背景、谈判开始时间和具体过程，徐州中辉、华恒新能源是否有足够能力支付协议约定将于 2022 年底前偿还的款项

#### 1、徐州中辉、华恒新能源的主营业务、背景、经营情况

徐州中辉、华恒新能源系中润光伏集团下属企业，主营业务均为太阳能电池片生产，根据其官网介绍，目前徐州中辉电池片产能 2.4GW、华恒新能源电池片产能 1.6GW。

根据中润光伏官网介绍，中润光伏创立于 2010 年，专注于高效太阳能电池片及组件技术研发、生产和销售，2022 年电池片生产能力 32.6GW，光伏组件生产能力 4.5GW。中润光伏在 2021 年全国太阳能电池片产能前十大企业排名中位列第 9，系太阳能光伏电池片行业的领先企业之一。

#### 2、与发行人签订《还款协议》的具体原因和背景、谈判开始时间和具体过程

因 2021 年 10、11 月当地政府限电，以及在电池片大尺寸化趋势下，下游市场对小尺寸电池片需求减少，徐州中辉、华恒新能源需要对其部分小尺寸产线进行调整而暂时停产。同时，因 2021 年光伏电池片上游原材料硅片价格大幅上涨，预计在短期内完成产线调整并复产将面临较大的成本压力，因此徐州中辉、华恒

新能源部分产线未及时复产。

2021年12月，基于前述事项导致的资金紧张问题，徐州中辉、华恒新能源与公司协商延期还款，并签署了《还款协议》。

### 3、徐州中辉、华恒新能源目前均按计划还款，预计有能力按协议约定的金额和时间支付款项

根据协议约定，徐州中辉、华恒新能源的具体还款安排如下：

单位：万元

客户名称	2021年度	2022年1-6月	2022年7-12月
徐州中辉	100.00	600.00	600.00
华恒新能源	-	100.00	246.43
合计	<b>100.00</b>	<b>700.00</b>	<b>846.43</b>

根据PV InfoLink统计，2022年1月至6月，光伏市场182mm单晶PERC电池片销售均价由0.96元/瓦上涨至1.20元/瓦，随着市场太阳能电池片销售价格逐渐上升，电池片厂商的利润空间预计有所增长。徐州中辉、华恒新能源已开始准备复产工作，预计将于2022年下半年复产。

根据徐州中辉、华恒新能源现有产能测算其复产后的年产值，具体情况如下：

客户名称	产能（GW）	测算年产值（亿元）
徐州中辉	2.40	28.80
华恒新能源	1.60	19.20
合计	<b>4.00</b>	<b>48.00</b>

注：测算年产值=产能×电池片销售均价，电池片销售均价取自2022年6月29日182mm单晶PERC电池片销售均价1.20元/瓦（数据来源：PV InfoLink）。

根据以上测算，复产后徐州中辉、华恒新能源的年产值预计将达到47.60亿元，并带来经济效益流入。因此，徐州中辉、华恒新能源复产后预计有能力按协议约定的金额和时间支付款项。截至本问询函回复报告出具日，徐州中辉、华恒新能源已按协议约定的还款进度偿付了应于2021年度、2022年1-6月支付款项。2022年7月，公司与徐州中辉就2020年发货的2台试用设备签订正式销售合同。

（二）徐州中辉出现还款困难迹象的时点，发行人2020年下半年基于维护

客户关系，向其赠送两台设备的合理性；发行人 2021 年为其提供设备改造服务的原因，预计款项收回的可能性

### 1、徐州中辉出现还款困难迹象的时点

2021 年 10、11 月，徐州中辉因政府限电、产线尺寸调整需要导致部分产线暂时停产，出现了还款困难的迹象。

### 2、公司赠送设备的合理性分析

2019 年，公司因测试新产品的运行情况需要，与徐州中辉合作并签订了《合作开发协议》，由公司提供试用设备，徐州中辉提供设施、场地、原料等条件。公司在 2019 年推出了第一代 PEALD 二合一平台设备产品 ZR4000×2，基于与徐州中辉的合作，在短时间内取得了产线量产测试数据并对产品进行了改进，于 2020 年推出了新一代的 ZR5000×2 产品，并于当年取得了客户订单。基于以上合作基础，公司将 2 台第一代 PEALD 二合一平台设备产品 ZR4000×2 赠与徐州中辉，主要系为保持良好的业务合作关系。

公司与徐州中辉签署《赠送协议》的时点为 2020 年 11 月，远早于其出现还款困难迹象的时点。因此，公司向徐州中辉赠送设备系基于维护客户关系，在签署《赠送协议》时，徐州中辉未出现还款困难的迹象，赠送行为具有合理性。

### 3、公司 2021 年为徐州中辉提供设备改造的原因和回款情况

公司 2021 年为徐州中辉提供的设备改造项目是对公司 2019 年实现销售设备中的一体舟进行尺寸改造，该尺寸改造仅需要对设备中一体舟部件的尺寸进行调整，徐州中辉已于 2021 年 2 月支付了全部合同款项。

### **(三)账龄为 1 年以内、1-2 年、2-3 年的应收账款计提比例调整为 20.00%、60.00%、100.00%的具体依据、计提是否充分**

公司根据自身的信用期限政策，结合以前年度应收账款回款情况、对未来经济状况的预测以及同行业公司的坏账计提比例，确定公司的预期信用损失率，并计算信用损失准备。一般情况下，公司按应收款项账龄组合确定预期信用损失率，账龄为 1 年以内、1-2 年、2-3 年、3 年以上的应收账款坏账计提比例分别为 5.00%、20.00%、60.00%、100.00%。

公司调整徐州中辉与华恒新能源的坏账计提比例是公司综合考虑客户当时的经营情况及未来经营计划、客户的还款能力等因素的结果。根据《还款协议》

约定，徐州中辉、华恒新能源应在 2022 年支付主要款项，还款时间较设备验收时间相隔约为一年，因此公司分别按延后一年账龄对应的坏账计提比例对其计提坏账准备，1 年以内、1-2 年、2-3 年的应收账款坏账计提比例因此调整为 20.00%、60.00%、100.00%，具有合理性。

2021 年末，以上两家客户的账龄及坏账计提情况具体如下：

单位：万元

账龄	应收账款余额			坏账计提比例	坏账准备		
	徐州中辉	华恒新能源	合计		徐州中辉	华恒新能源	合计
1 年以内	2,731.80	-	2,731.80	20.00%	546.36	-	546.36
1-2 年	158.00	84.86	242.86	60.00%	94.80	50.92	145.71
2-3 年	191.94	256.57	448.51	100.00%	191.94	256.57	448.51
合计	<b>3,081.74</b>	<b>341.43</b>	<b>3,423.17</b>	-	<b>833.10</b>	<b>307.48</b>	<b>1,140.58</b>

由上表可知，公司对徐州中辉、华恒新能源的坏账计提比例分别为 27.03%、90.06%，高于按调整前账龄组合计提坏账的比例 9.19%、50.06%，具有合理性，公司对徐州中辉、华恒新能源应收账款坏账准备的计提是充分的。截至本问询函回复报告出具日，徐州中辉、华恒新能源的还款协议均正常履行，公司后续将持续根据其实际还款情况评估坏账准备计提的充分性。

## 二、保荐机构和申报会计师的核查程序和核查意见

### （一）核查程序

保荐机构和申报会计师履行了如下核查程序：

- 1、对发行人管理层进行访谈，了解徐州中辉、华恒新能源出现还款困难迹象的时点，以及与发行人签署《还款协议》的背景和原因；
- 2、通过公开信息查询徐州中辉、华恒新能源的基本信息，以及光伏电池片销售价格，测算徐州中辉、华恒新能源的年产值，评估其还款能力；
- 3、复核了发行人对徐州中辉和华恒新能源的坏账准备计提情况。

### （二）核查结论

经核查，保荐机构和申报会计师认为：

- 1、发行人已说明徐州中辉、华恒新能源的主营业务、背景、经营状况，与

发行人签订《还款协议》的具体原因和背景、谈判开始时间和具体过程，徐州中辉、华恒新能源有能力支付协议约定将于 2022 年底前偿还的款项；

2、2021 年 10、11 月，徐州中辉因政府限电、产线尺寸调整需要导致部分产线暂时停产，出现了还款困难的迹象；发行人 2020 年下半年向徐州中辉赠送两台设备系基于维护客户关系，具有合理性；发行人 2021 年为徐州中辉执行的设备改造项目已全额回款；

3、发行人已说明对徐州中辉、华恒新能源应收账款坏账计提比例调整的具体依据，坏账准备的计提是充分的。

## **问题 8：关于先导智能**

根据首轮问询问题的回复，(1)发行人与先导智能在光伏领域存在重合客户；2018 年至 2021 年，发行人向重合客户销售金额占营业收入的比例分别为 30.30%、58.03%、80.14%和 62.47%。(2)两者均从事智能装备生产销售，发行人曾将部分机械和电气部件委托先导智能进行加工组装。(3)2019 年 9 月前，发行人与先导智能存在委托经营管理关系。

请发行人说明：(1)先导智能光伏产品与发行人产品的生产工艺与生产工序是否存在较大差异，双方核心技术与工序是否属于智能装备制造通用技术与工序，是否存在技术交叉与工艺重合；(2)发行人与先导智能向重合客户销售的产品是否存在配套销售、共同销售的情形，是否同时进入重合客户供应商体系，与重合客户业务洽谈、合同签订的时间及人员是否存在重合，是否存在先导智能向客户引荐发行人、协助发行人获取订单的情况；(3)委托经营管理时期，发行人对于重合客户与业务订单的获取途径；结合解除委托经营管理协议后发行人客户开拓、业务洽谈、合同签订负责人员、经营状况的变化情况，说明发行人是否存在客户流失的情况，是否具备独立获取客户的能力，与主要客户的合作是否具有可持续性。

请保荐机构和发行人律师核查并就业务独立性发表明确意见。

### **【回复】**

#### **一、发行人说明**

(一) 先导智能光伏产品与发行人产品的生产工艺与生产工序是否存在较大差异，双方核心技术与工序是否属于智能装备制造通用技术与工序，是否

## 存在技术交叉与工艺重合

### 1、先导智能光伏产品与发行人产品的生产技术工艺与生产工序存在较大差异，不存在核心技术交叉与工艺重合

(1) 先导智能光伏产品与发行人产品的生产技术存在较大差异

#### ①先导智能光伏产品生产技术的情况

报告期内，先导智能销售的光伏产品主要包括串焊机和自动化上下料机等，其核心技术主要围绕电池组件生产环节的串焊、电池片或组件搬运环节硅片的取放、传输开展，设备作用主要是替代人工、降低劳动力成本、提高生产效率。相关光伏产品主要涉及的核心技术情况如下：

序号	核心技术		主要介绍	应用的产品
1	自动串焊技术	电池片高速串焊技术	把电池片吹分开后，经过检测矫正，通过机器人放置于传输带上，在红外线照射下，用焊带把电池片焊接成串	高速串焊机、自动串焊机
2		多主栅线电池片串焊技术	把多主栅(9主栅以上的统称为多主栅)电池片吹分开后，经过检测矫正后，通过机器人放置于传输带上，在红外线照射下，用多根焊带把多主栅电池片焊接成串	多栅串焊机、超高速串焊机、全兼容高速串焊机
3		半片电池片汇流条焊接技术	把排版完的组件上的电池串进行纠偏，将制备完成的汇流条按组件版型排布到相对应的位置上，通过红外线、热风枪或者电磁波进行焊接	半片汇流条焊接机、多栅汇流条焊接一体机
4		叠瓦一体焊接技术	将整片的电池片通过激光切割成6分片或者7分片，然后再将导电胶印刷到电池片边缘，通过机器人进行叠片，将电池片叠成电池串	丝印叠瓦焊接机
5	自动上下料技术	自动化传输技术	配合主机完成电池片的自动上下料工作，通过平皮带进行电池片的传输，通过同步带机构进行花篮、石英舟、石墨舟的传输，通过机器人进行搬运和插取片的动作	电池片或组件搬运环节的上下料机

#### ②微导纳米产品生产技术的情况

公司主要产品为薄膜沉积设备，其在光伏领域主要应用于电池片生产环节。发行人的核心技术围绕真空镀膜装备及配套工艺开展，主要体现在通过真空镀膜

装备反应器结构、反应源配置、输送控制系统等核心系统的设计，并指导其它相关电气和机械设计以及核心零部件选型、生产、装配、检测、安装调试等步骤的实施，保障产品符合工艺和技术要求。发行人核心技术具体情况如下：

序号	核心技术	主要介绍	应用的产品
1	原子层沉积反应器设计技术	该技术涵盖多种薄膜沉积设备架构，考虑多种类型基底的薄膜沉积反应需求，利用多种能量来源，解决针对不同基底所需薄膜沉积工艺进行的真空环境即各式工艺腔室的设计问题	薄膜沉积设备，涵盖ALD、PEALD二合一、PECVD等系列产品
2	高产能真空镀膜技术	该技术通过对基片承载装置及其运动逻辑、延长清理周期装置的设计，满足大批量工业化生产要求、提高设备维护周期	
3	真空镀膜设备工艺反应气体控制技术	该技术通过对喷淋板、脉冲阀及真空腔室的配合设计，实现了不同反应气体在进入反应腔前相互隔离和进入反应腔后的均匀分布，提高沉积速度和镀膜质量	
4	纳米叠层薄膜沉积技术	该技术能够使发行人产品具备制备复杂材料纳米叠层薄膜工艺的能力，为晶圆制造以及高效电池制造提供了重要的纳米叠层材料，薄膜沉积装备可以根据不同的镀膜需求，在同一平台实现不同镀膜工艺	
5	高质量薄膜制造技术	该技术通过工艺气体分布、脉冲切换、反应腔内温度与压力、载具以及电极设计等多项构成设计，有效降低薄膜沉积反应所需温度，能有效拓宽沉积工艺中化学源的选择性、改善薄膜均匀性	
6	工艺设备能量控制技术	该技术通过针对热量及等离子体等能量源的生成和控制，可由射频的产生、射频回路设计、催化剂使用、热预算设计、流道相关器件设计等诸多技术方式，实现精准的能量输入、传导和维持。在发行人的相关产品及工艺中，热以及等离子体是主要的激发反应进行的能量来源，因此对于能量的控制技术，尤其是针对化学反应控制及工艺表现非常重要	
7	基于原子层沉积的高效电池技术	该技术有效实现了晶硅太阳能电池片批量化的单面与侧面镀膜中绕镀问题的突破，实现了对基底表面的选择性沉积，拓宽了公司薄膜沉积技术在高效电池生产的关键工艺技术中的应用	

③先导智能光伏产品与发行人产品的生产技术存在较大差异，不存在核心技术交叉

发行人主要产品为薄膜沉积设备，业务围绕ALD等薄膜沉积技术开展，核心原理为在真空环境中通过发生化学反应进行薄膜材料制备，主要涉及真空技术、化学工程等专业领域。先导智能光伏产品属于自动化设备，核心技术是自动串焊

技术及自动上下料技术，主要涉及机械及自动化等专业领域，与薄膜沉积技术截然不同。

先导智能光伏产品与发行人产品核心生产技术存在较大差异，不存在核心技术交叉。

(2) 先导智能光伏产品与发行人产品的生产工艺存在较大差异，不存在工艺重合

微导纳米产品主要生产工艺为真空镀膜工艺，工艺特点在于应用 ALD 技术，在真空腔体中通过不同化学前驱体进行化学反应将物质以单原子层的形式一层一层沉积在基底表面实现微纳米薄膜的沉积。其核心生产环境需要在超净间完成，涉及真空操作、真空检漏、真空保压，尤其是针对高度精密的机台金属污染及颗粒污染的多步骤的检测，需要熟悉掌握真空装备技术、化学反应原理、薄膜材料知识的专业人员完成。

先导智能光伏产品主要包括串焊机和自动化上下料机，均属于自动化设备，主要应用自动化、智能化相关技术实现产品功能，不属于真空镀膜工艺设备。焊接系组件生产中用工最多的工序，传统的焊接方式是人工使用烙铁焊接，串焊机被用于将电池片与互联条进行自动化的焊接，以提高组件生产效率；上下料机等自动化设备可以实现电池片的自动化传输，解决以往人工操作效率低、人工搬运电池片容易影响质量的情况，提高生产效率。先导智能不具备真空镀膜工艺设备生产所需要的超净间生产环境，也不具备完成系统集成和核心工艺调试的技术能力。

先导智能光伏产品与发行人产品生产过程中应用的技术原理和产品效果截然不同，生产工艺存在较大差异，不存在工艺重合。

(3) 先导智能光伏产品与发行人产品的生产工序内容存在较大差异

先导智能光伏产品生产工序主要包括方案设计、产品设计、机加工、采购、产品装配、产品厂内调试、产品打包发货、产品厂外调试等环节；微导纳米的生产工序包括工艺设计、产品设计、元器件采购/加工、部件组装、系统集成、设备功能检测、厂内工艺调试、拆机包装出货和现场安装调试等环节。

先导智能光伏产品与微导纳米产品均属于专用设备，因此生产工序包括采购、加工、组装、调试等通用环节，但双方核心工序不同，且每个工序具体内容均存

在较大差异，具体情况如下：

①先导智能不具备微导纳米特有的系统集成、设备功能检测等核心工序

微导纳米核心工序中的系统集成主要为完成反应腔体、传送模组等主要部件的系统集成工作，并安装成整机为后续终测及工艺调试做准备；设备功能检测环节主要为进行出货前的检测工作以及软件安装，检测环节涉及真空操作、真空检漏、真空保压等步骤，尤其是针对高度精密的机台金属污染及颗粒污染的多步骤的检测。

由于真空镀膜工艺的需要，上述两个环节必须在公司超净生产车间完成；需要熟悉掌握真空装备技术、化学反应原理、薄膜材料知识的专业人员完成。该等环节实施情况将影响后续调试和产品最终实现的工艺指标。先导智能光伏产品生产中不存在相关工序，也不具备真空镀膜工艺设备生产所需要的超净间生产环境和完成相关工序的专业人员。

②发行人和先导智能在其他生产环节的具体内容上亦存在较大差异

发行人和先导智能在其他生产环节的具体内容及差异情况如下：

工序	先导智能具体内容	微导纳米具体内容	主要差异
设计环节	<b>方案设计：</b> 根据客户需求，有针对性的制作 PPT 介绍、3D 方案进行技术交流；组织开展客户方案评审，并完成方案；完成协议确认	<b>工艺设计：</b> 对产品需达到效果的工艺环境进行整体评估与工艺环境模拟，针对产品不同应用领域的先进工艺制程、不同工艺应用特点和实施难点确定产品工艺技术路线，对目标产品提出满足工艺要求的设计方案，设计能够实现前述工艺环境的机台主体结构，要求技术人员对机械设计、真空科学、化学反应原理、等离子物理学等领域具有专业知识和技术储备	先导智能光伏产品为自动化设备，技术的稳定性和通用性相对较高，前期主要为产品介绍和合同签订。 发行人薄膜沉积设备为真空镀膜工艺设备，需要
	<b>产品设计：</b> 根据技术协议要求，制定开发计划；完成设备的 3D 模型搭建和 2D 图纸的绘制；组织开展交叉审图活动；图纸发布进行投料；输出各种文件资料	<b>产品设计：</b> 根据客户产线需求进行产品设计，针对核心反应腔体设计以及对产品产能要求、能量控制、反应气体控制等关键核心技术以及集成的难点进行针对性和综合性的仿真，同时针对不同工艺要求的不同反应气体输送方式、控制方式以及尾气处理等关键技术进行设计开发，形成整体架构的技术图纸、功能参数。在产品阶段根据先进设备制造经验，结合供应链情况，对产品进行模块化设计，确定完整的图纸与安	结合客户产线需求，在定型产品基础上利用核心技术对工艺环境进行整体评估与工艺环境模拟，并根据工艺设计指导完成产品设计，最终形成定制化的产品方案。

工序	先导智能具体内容	微导纳米具体内容	主要差异
		装说明，并形成 BOM 清单	
厂内调试	产品厂内调试：调试人员对已经装配完成的设备进行通电、通气、对点位、调整，并完善设备的程序，进行设备的空运行和带料运行，质量员对厂内调试结果进行质量检验。	厂内工艺调试：由于真空镀膜工艺的需要，该部分必须在公司超净生产车间完成。组装完成的设备连接真空泵并进行测试，采用化学源进行出厂前的薄膜沉积工艺验证，使用椭偏仪、颗粒检测仪等精密测量仪器，并对结果进行分析。通过分析来确认硬件装配质量以及镀膜质量达到核心技术要求的完成度。对安装的软件根据不同客户需求做出的调整进行功能确认和故障排除。该步骤是验证公司核心技术和产品出厂条件的关键步骤，由公司专业人员实施，确保产品出厂前的质量。	先导智能主要为机械自动化相关调试。发行人需要在超净生产车间完成定制化工艺参数调试，验证通过化学反应所实现薄膜沉积效果，并使用椭偏仪、颗粒检测仪等仪器进行精密测量。
安装调试环节	对设备进行拆包、移位、定位、装配、通电、通气后进一步调试，确保设备的运行动作、节拍、精度达到技术指标，试投产小量、中量直至满产。	在客户现场，根据客户水、电、气、化学源等产线环境，对产品进行对接和安装，并再次对整机的一系列硬件及其他必要项目检验；安装完成后，由公司具有真空科学、化学反应原理等专业背景的人员在客户现场对设备进行工艺调试，主要工作目标是验证产品真空镀膜工艺以及生产性能达到客户对产品的技术指标要求，指导和协助客户分析、解决和优化产品以满足加工后的器件性能、良率等关键技术要求。	先导智能主要为机械自动化相关调试。发行人需要结合客户产线环境、考虑前后道工序协同等多种因素进行工艺调试，以验证真空镀膜工艺以及生产性能达到客户对产品的技术指标要求。

## 2、双方核心技术与工序与智能装备制造通用技术与工序的关系

先导智能专业从事高端智能装备的研发设计、生产和销售，并致力于成为领先的智能制造方案服务商。先导智能光伏产品的核心技术为自动串焊技术及自动上下料技术，主要涉及机械及自动化等专业领域，其光伏产品的核心技术与工序是在智能装备制造通用技术基础上的开拓、创新和优化，目前已形成自身核心竞争力。

微导纳米核心技术围绕真空镀膜装备及配套工艺开展，不属于智能装备制造通用技术，具体参见本问询函回复报告之“问题 1：关于核心技术”之“一、（一）发行人核心技术不属于智能装备制造通用技术”。由于微导纳米产品属于专用设备，因此生产工序包括采购、加工、组装、调试等装备制造生产过程中的通用工

序环节,但微导纳米的核心生产工序还包括系统集成、设备功能检测等特有工序,且每个生产工序的具体内容和所需的超净间生产环境与智能装备制造通用工序内容存在较大差异。

### **3、发行人报告期前委托先导智能加工装配的业务实质为外协采购,双方不存在同业竞争或潜在同业竞争的情形**

#### **(1) 发行人报告期前委托先导智能加工装配的业务实质为外协采购**

公司成立后,自 2016 年开始原型机研发,2017 年中开始量产机型的试产,自 2018 年起实现设备批量销售。在公司发展初期,将主要的资源集中于产品设计和开发,通过将产品进行模块化设计,在组织外部供应商分步实施后由公司集成和调试。在此过程中,公司将部分机械和电气部件委托先导智能进行加工组装。

公司在产品设计阶段即根据国内供应链情况进行供应商的开发和管理,先导智能按照公司的供应体系要求,依据图纸和 BOM 表采购部分原料、对各类部件进行机械和电气部件组装,组装完成后交付给公司。由于先导智能不具备真空镀膜工艺设备生产所需要的超净间生产环境,也不具备完成系统集成和核心工艺调试的技术能力,因此只能完成部分机械和电气部件的初步组装并交付。

在先导智能以及其他供应商交付相关部件、模块后,后续工艺腔、气路板、气柜、化学源瓶等核心部件组装,以及集成、检测工序均需要发行人独立完成。在硬件上完成组装后,发行人需要进行导入微导纳米设计的软件并进行电气点位调试、安全互锁确认、空运行、工艺参数试验验证等工艺调试相关核心步骤。

因此,公司报告期前委托先导智能加工装配的业务实质为外协采购,主要系满足公司当时业务发展阶段和业务体系下的生产需要,外协内容涉及元器件采购、部件组装的部分工序,均为公司产品的非核心工序。2019 年以后,公司不再委托先导智能进行加工装配。

#### **(2) 发行人与先导智能不存在同业竞争或潜在同业竞争的情形**

发行人产品与先导智能光伏产品在核心技术、生产工艺、生产工序以及未来发展方向均存在较大差异,具体如下:

##### **① 产品和技术差异**

发行人主要产品为薄膜沉积设备,业务围绕 ALD 等薄膜沉积技术开展,核心原理为在真空环境中通过发生化学反应进行薄膜材料制备,主要涉及真空技术、

化学工程等专业领域。先导智能光伏产品属于自动化设备，核心技术是自动串焊技术及自动上下料技术，主要涉及机械及自动化等专业领域，与薄膜沉积技术截然不同。发行人核心技术有较高技术壁垒，先导智能光伏产品和微导纳米光伏产品核心技术完全不同，先导智能不具备向微导纳米拓展业务的技术水平和技术储备。

#### ②生产工艺差异

发行人产品主要生产工艺为真空镀膜工艺，其核心生产环境需要在超净间完成，涉及真空操作、真空检漏、真空保压，尤其是针对高度精密的机台金属污染及颗粒污染的多步骤的检测，需要具有真空技术装备经验丰富的专业人员完成。先导智能的光伏产品属于自动化设备，设备目的为替代人工、降低劳动力成本提高生产效率。双方产品的生产工艺、生产环境和核心零部件存在显著差异。

#### ③生产工序和具体内容差异

先导智能光伏产品与微导纳米产品均属于专用设备，因此生产工序包括采购、加工、组装等通用环节，早期委托加工亦仅限于元器件采购、组装等非核心工序环节。双方核心工序不同，且每个工序具体内容均存在较大差异。先导智能不具备微导纳米特有的系统集成、设备功能检测等核心工序及相关工序所需要的超净间生产环境和完成相关工序的专业人员。

#### ④发展方向差异

原子层沉积（ALD）技术是一项具有产业前瞻性的关键技术，发行人以 ALD 技术为核心，在光伏领域、半导体领域实现产业化应用后，将扩大在新型高效电池、半导体各细分领域的产业验证，针对市场发展和需求开发专用于产业化的薄膜沉积解决方案和产品，引领创新性应用，实现高端技术装备的国产化、产业化。先导智能则将继续强化锂电设备的领先优势，着眼于布局智能制造业务，不存在向集成电路等领域拓展的计划，双方未来发展方向存在较大差异，不存在拓展至相互领域的可能性。

因此，发行人产品与先导智能光伏产品生产技术与生产工序、未来发展方向均存在较大差异，发行人核心技术有较高技术壁垒，先导智能不存在向微导纳米业务领域拓展的基础和可能性，公司与先导智能不存在同业竞争或潜在同业竞争。

(二) 发行人与先导智能向重合客户销售的产品是否存在配套销售、共同销售的情形，是否同时进入重合客户供应商体系，与重合客户业务洽谈、合同签订的时间及人员是否存在重合，是否存在先导智能向客户引荐发行人、协助发行人获取订单的情况

1、发行人与先导智能向重合客户销售的产品不存在配套销售、共同销售的情形

(1) 发行人拥有独立的销售体系，独立开展业务

报告期内，发行人获取客户的方式主要为商业谈判和招投标。在通过商业谈判获取订单时，发行人独立地与客户沟通需求、制定技术方案、确定销售价格、进行商业谈判，销售条款经双方确认后独立签署商业合同并独立提供售后服务。在招投标方式下，发行人严格按照招投标相关的法律法规和招标单位的有关规定，独立制作投标文件，依法履行投标程序，独立参与竞标并签订销售合同。发行人拥有独立的销售体系，独立开展业务。

根据保荐机构和发行人律师对微导纳米报告期内的主要客户的访谈，相关重合客户均确认公司与先导智能独立与其进行接洽，有各自独立的联络人员，不存在共用销售渠道的情形。

(2) 发行人以技术型销售为主，其产品与先导智能光伏产品在产品特性、竞争环境及客户接洽情况等方面的差异较大

发行人的产品为真空工艺设备，对晶硅太阳能电池片的光电转换效率具有重要影响。由于光伏产线投资规模较大、技术迭代升级较快，下游客户会通盘考察、布局多种技术方向，采购设备时除了需要满足工艺指标，还需要设备厂商能够针对薄膜沉积设备工艺路线、材料类型、技术指标变化情况及时提出解决方案。发行人以技术型销售为主，在与客户取得联系至正式建立合作关系、签署销售合同期间，需进行持续的技术交流、验证技术可行性，随后才会进行招投标或商务谈判的流程，平均用时较长。薄膜沉积设备与光伏电池片企业的技术迭代发展密切相关，作为光伏薄膜沉积领域少数能够同时提供 ALD、PECVD 等多种技术路线的厂商，发行人与客户具备更深入的合作基础。

先导智能光伏产品属于自动化设备，其中串焊机用于电池组件生产环节，其使用环节与薄膜沉积设备应用的电池片生产环节完全不同；上下料机可用于电池

组件和电池片生产多个环节的自动化传输。先导智能光伏产品自动化设备技术稳定性和通用性相对较高，销售过程无需进行较长时间的技术交流，只需在主设备确定后，相应地在接口等地方根据主设备进行定制化修改。客户可以选择包括先导智能在内的多家自动化设备供应商，匹配其产线上不同生产环节的需求。

发行人以技术型销售为主，除了销售的设备需要满足工艺指标，还需要根据客户工艺路线、材料类型、技术指标变化情况及时提出解决方案，平均用时较长；发行人产品与先导智能光伏产品在产品特性、竞争环境及客户接洽情况等方面的差异较大。

### （3）发行人与先导智能向重合客户销售的情形具有商业合理性

发行人与先导智能存在向重合客户销售的情形具有商业合理性，不存在配套销售、共同销售的情况。具体情况如下：

①光伏电池片行业市场集中度较高，发行人与先导智能报告期内存在重合客户的情形

根据中国光伏行业协会统计，2021年我国产能排名前十的电池片企业的总产量约占全国总产量的78.3%，市场集中度较高。发行人积累了丰富的光伏电池片薄膜沉积技术，树立了良好的市场口碑，截至目前已与前十名电池片企业均建立了合作关系。而先导智能自2009年开始开发太阳能电池生产配套设备并正式进入光伏领域，先后完成了串焊机、自动上下料机等核心设备研发，其在微导纳米成立之前已与大部分国内晶硅太阳能电池片行业排名前列的企业开始合作。因此，由于光伏电池片行业市场集中度较高，发行人与先导智能报告期内存在重合客户的情形。

②发行人和先导智能发生业务关系的具体主体和交易产品类型存在差异

发行人的主要光伏电池客户一般业务区域分布较广、以独立项目工厂方式投建运营的子公司数量众多，虽然是同一实际控制下的客户，但与发行人和先导智能发生业务关系的具体主体和交易产品类型存在差异。由于在重合客户的统计过程中，按同一实际控制下发生交易的客户进行了合并计算，实际产生交易时存在发行人与先导智能系与同一实际控制下不同法律主体的客户进行交易的情况，该种情况下由于产品用于不同产线，因此不存在配套销售、共同销售的情形。例如晶澳科技（002459）及其子公司中，与发行人发生业务的主体为晶澳太阳能有限

公司，而与先导智能发生业务的主体为晶澳（邢台）太阳能有限公司等公司。即使与客户同一法律主体进行交易，也存在销售产品类型不同（如设备改造业务、备品备件业务）等原因导致无法进行配套销售、共同销售的情形。

③重合客户普遍受到严格的规范运作和信息披露监管，均系基于其自身需求及选择供应商的标准最终确定供应商

发行人与先导智能重合客户主要为天合光能、通威太阳能、晶澳太阳能、顺风光电等上市公司及其子公司或行业内头部企业，普遍受到严格的规范运作和信息披露监管、具有完善的供应链管理体系、具有良好的信用资质和规范的业务管理流程。该等客户主要基于其自身技术和产线需求，针对薄膜沉积设备和自动化设备分别进行采购，综合考虑不同产品的特点、质量及定价、售后服务等要素选择供应商。

④随着公司技术水平的提高和应用领域扩展，未来客户群体差异性将持续加大

公司与先导智能在光伏行业销售的产品用途、技术路线、应用环节具有明显差异。发行人以 ALD 技术为核心，通过自主创新，拓展并深化薄膜沉积相关核心技术在新型光伏电池、半导体等领域的应用。先导智能则将继续强化锂电设备的领先优势，着眼于布局智能制造业务，不存在向集成电路等领域拓展的计划，双方未来发展方向存在较大差异。因此随着公司技术水平的提高、下游市场规模不断扩大、应用领域的拓展，公司与先导智能客户群体的差异性也将持续加大。

综上所述，发行人拥有独立的销售体系，独立开展业务，与先导智能在产品特性、竞争环境及客户接洽情况等方面的差异较大。发行人与先导智能存在重合客户主要是由于光伏电池片行业市场集中度较高，双方不存在配套销售、共同销售的情形。

**2、先导智能和微导纳米不存在同时进入重合客户供应商体系的情况，与重合客户业务洽谈、合同签订的时间及人员情况，不存在先导智能向客户引荐发行人、协助发行人获取订单的情况**

(1) 不存在同时进入重合客户供应商体系和人员重合的情形

按照首次与客户签订销售订单的时间作为进入客户供应商体系的时点依据，发行人与先导智能进入重合客户供应商体系时间点如下：

重合客户名称	微导纳米		先导智能	
	进入客户供应商体系时间	光伏产品客户对接人	进入客户供应商体系时间	光伏产品客户对接人
泰州中来	2017年7月	孙兵(已离职)、曲董	2016年4月	诸晓明、姜中正
顺风光电	2018年2月	LI WEI MIN、杨以山	2015年12月	诸晓明
通威太阳能	2018年3月	LI WEI MIN、杨以山	2015年11月	诸晓明、姜中正
腾晖光伏	2018年8月	LI WEI MIN、胡彬	2015年4月	诸晓明
国电投集团	2018年9月	杨以山	2016年3月	诸晓明
天合光能	2018年9月	LI WEI MIN、徐兴龙	2013年8月	唐新力、姚贤伟、诸晓明
阿特斯	2018年11月	LI XIANG、杨以山	2013年8月	诸晓明
晶澳太阳能	2019年1月	LI XIANG、牛广磊	2014年7月	朱家骏
横店集团	2019年1月	LI WEI MIN、徐兴龙	2018年3月	姚贤伟
中润光伏	2019年3月	LI WEI MIN、曲董	2016年12月	王晓良
隆基股份	2020年9月	孙兵(已离职)、曲董	2016年4月	诸晓明

注：以上客户数量统计中，同一控制下的多家主体按1个供应商体系统计。

先导智能进入光伏客户供应商体系普遍较早，主要是因为先导智能自2009年开始开发太阳能电池生产配套设备并正式进入光伏领域，先后完成了串焊机、自动上下料机等核心设备研发，其在微导纳米成立之前已与大部分国内晶硅太阳能电池片行业排名前列的企业开始合作。

微导纳米成立于2015年，成立后凭借领先的技术优势与行业龙头客户建立合作关系，公司产品通过在通威太阳能等客户生产线上的成功应用使得公司的产能、产品技术参数得到了验证，提升了公司的知名度和行业地位，逐步进入大部分国内晶硅太阳能电池片行业龙头企业供应商体系并不断拓展客户群体。

由于光伏行业下游行业客户集中度较高，双方客户存在一定程度的重合。此外，微导纳米的产品技术要求较高、验证周期较长，在正式签订销售订单前均需与客户进行较长时间的技术交流、产品试样等工作，亦会出现微导纳米正式签订销售订单的时间较晚的情形。

发行人与先导智能进入重合客户供应商体系的时间存在差异，不存在同时进入客户供应商体系的情况，双方客户对接人员均为各自员工，不存在人员重合的情形。

(2) 与重合客户业务洽谈、合同签订的时间重合情况

报告期内，发行人、先导智能与同一客户合同业务洽谈、合同签订时间在3个月以内的设备订单金额情况如下：

单位：万元

公司名称	2021年	2020年	2019年
先导智能	2,941.00	4,512.00	2,764.70
微导纳米	4,659.00	18,880.00	8,624.53

由上表可知，发行人、先导智能与同一客户存在设备订单签订时间较为接近的情形，主要原因为：①光伏电池片行业市场集中度较高，发行人与先导智能的重合客户主要为光伏电池行业的头部企业。相关客户产业规模较大，会根据产业布局节奏、产线采购需求向进入其供应链体系的设备厂商进行采购，客户采购规模较大或采购品类较多时，可能出现发行人、先导智能与同一客户合同签订时间较近的情形；②先导智能自动化设备匹配产线类型较多，包括电池组件生产环节的串焊、电池片或组件搬运环节的自动化上下料设备等，销售频次较高，导致发行人与同一客户签订订单时可能存在和先导智能与该客户签订订单时间接近的情形；

由上表可知，发行人和先导智能与同一客户签订时间较近的订单金额规模存在较大差异，系由于单个下游客户产线类型存在差异，投建节奏具有不均匀、非连续的特点，下游客户系根据自身需求分别对发行人和先导智能产品进行独立采购。发行人与先导智能不存在配套销售、共同销售的情形。

发行人主要依靠专业技术和产品性能获取客户与业务订单，并持续开展技术交流和业务合作，委托经营管理解除前后未发生变化。发行人拥有独立的业务拓展能力和持续服务能力，发行人与既有客户保持良好的技术交流、保持良好合作关系的同时，不断开拓新客户，客户数量和客户采购数量均逐年增加，新开发的滁州捷泰新能源科技有限公司、江苏润阳悦达光伏科技有限公司等多家行业内主要电池片厂商目前与先导智能均不存在业务往来。

因此微导纳米、先导智能与重合客户存在签订部分订单时间相对接近的情形为市场化经营中正常情况，不存在配套销售、共同销售的情形，微导纳米具备独立客户获取能力，不存在对先导智能的业务依赖。

(3) 不存在先导智能向客户引荐发行人、协助发行人获取订单的情况

王燕清为发行人实际控制人，自发行人成立至 2018 年 10 月，担任发行人执行董事、董事长，在光伏领域有一定的客户资源并对下游产业投资计划相关信息有一定的敏感度。在发行人前期发展过程中，存在通过王燕清个人的介绍与部分下游客户取得联系的情况。除此之外，发行人主要通过技术交流、展会推广、实地拜访等方式获取商机。实质性获得订单主要依靠的是微导纳米优秀的技术研发能力、过硬的产品制造技术、优质的服务能力以及对客户需求快速的反应能力。

发行人产品为定制化设备，不同客户采用的工艺、对设备性能的需求、前后端设备匹配、生产产线布置等方面均存在一定的差异，公司需要根据客户定制化的需求进行相关的研发生产，在客户现场根据客户的实际情况不断地调试，并响应客户的售后服务需求，主要依赖于发行人自身的专业技术，不存在需要先导智能协助的情形。

从产线配套角度和销售模式看，微导纳米的薄膜沉积设备为电池片生产环节重要的工艺设备，薄膜沉积设备的选型、参数设置直接影响着电池片的品质。微导纳米以技术型销售为主，且为定制化设备，存在较多的技术交流和产品试样，从与主要客户取得首次联系至正式签订销售合同，平均用时超过 10 个月，需要微导纳米持续与客户沟通才能确定产品技术方案。先导智能光伏产品单价较低，且其产品技术稳定性和通用性相对较高，竞争环境较为激烈，不具备足够的议价能力协助发行人获取订单。

综上所述，发行人与先导智能不存在配套销售、共同销售的情形，发行人与先导智能进入重合客户供应商体系的时间存在差异，不存在同时进入客户供应商体系的情况；微导纳米、先导智能存在与重合客户签订部分订单时间相对接近的情形为市场化经营中正常情况，具有合理性，双方客户对接人员均为各自员工，不存在人员重合的情形，不存在先导智能向客户引荐发行人、协助发行人获取订单的情况。

(三) 委托经营管理时期，发行人对于重合客户与业务订单的获取途径；结合解除委托经营管理协议后发行人客户开拓、业务洽谈、合同签订负责人员、经营状况的变化情况，说明发行人是否存在客户流失的情况，是否具备独立获取客户的能力，与主要客户的合作是否具有可持续性

## 1、委托经营管理时期，发行人对于重合客户与业务订单的获取途径

委托经营管理期间，发行人获取重合客户的具体过程如下：

序号	客户名称	获取过程
1	泰州中来	公司和泰州中来总经理 2016 年 5 月即取得联系，2016 年 7 月公司与泰州中来签订了《战略合作协议》，约定公司负责开发 ALD 技术及相关设备，泰州中来负责引进公司开发的 ALD 设备并进行试生产。公司于 2016 年 11 月向泰州中来发出样机，在合作研发的过程中，公司不断优化 PERC 电池生产过程中的各项工艺参数，提升产能，并于 2017 年 7 月和泰州中来签订正式的销售合同。
2	顺风光电	2017 年 3 月顺风光电技术负责人和 LI WEI MIN 取得联系，并进行了多次的技术交流，于当月进行了试样，并于 2017 年 5 月和顺风光电签订设备试用协议，双方后续不断沟通交流并改进单面镀膜技术在 PERC 电池的应用，最终于 2018 年 2 月签订正式销售合同。
3	通威太阳能	公司与客户取得联系早在 2016 年 7 月，通威太阳能副总通过泰州中来了解到公司产品和相关技术，主动电话联系 LIWEI MIN。随着半年多的技术路线的交流，通威太阳能于 2017 年 3 月来微导纳米现场考察和技术交流，于当月开始试样，并于 2017 年 5 月和通威太阳能签订设备试用协议。公司于 2017 年 7 月向通威太阳能发出样机，经过大量的设备改进和产品论证后，技术团队针对 ALD 厚度、ALD 工艺温度及浆料等不断进行了技术优化。公司 2018 年 1 月参与招标，并于 2018 年 3 月最终签订正式合同。
4	腾晖光伏	在 2017 年 5 月 SNEC 光伏展，LIWEIMIN、LIXIANG 等人结识苏州腾晖总经理，通过不断的技术交流，并多次拜访苏州腾晖，于 2017 年 8 月和苏州腾晖签订设备试用协议，公司于当月发出研发样机用于苏州腾晖产线常规电池升级 PERC 电池的技术验证，同时与国外厂商的 PECVD 技术比较，微导纳米技术团队以其技术实力实现了苏州腾晖产品升级的目标，其产品性能优于国外 PECVD 技术的产品，最终于 2018 年 8 月试用合同转正式的销售合同。
5	国电投集团	2018 年 9 月，通过招投标方式取得国电投集团销售合同
6	天合光能	2017 年 12 月，天合光能因扩产计划与公司接洽并签署了设备试用合同。经试用验证后公司设备满足生产要求，天合光能于 2018 年 9 月与公司签署了正式的销售合同。
7	阿特斯	2017 年 8 月，阿斯特因扩产需要开始与公司接洽并签署了设备试用合同。经试用验证后公司设备满足阿斯特生产要求，2018 年 11 月与公司签署了正式的销售合同。
8	晶澳太阳能	2018 年 4 月，晶澳太阳能因扩产需要与公司接洽，并签署了设备试用合同。经试用验证后公司设备满足生产要求，晶澳太阳能于 2019 年 1 月与公司签署了正式的销售合同。
9	横店集团	2017 年 3 月横店集团相关负责人来微导纳米现场考察和技术交流，通过持续的技术交流以及公司产品在同行业如通威太阳能、泰州中来的成功案例，公司主要产品的产能优于竞争对手，因此横店集团

序号	客户名称	获取过程
		最终在 2019 年 1 月签署正式的销售合同。
10	中润光伏	在 2018 年 5 月 SNEC 光伏展，徐州中辉总经理与 LIWEIMIN 进行首次业务洽谈，并在后续几个月之间，双方技术团队针对 PERC 和 TOPCon 技术进行了多次深入技术交流，最终于 2019 年 3 月签订正式的销售合同。

由上述客户具体合作过程可知，公司自取得联系至正式签订销售合同平均用时在 10 个月以上，期间需进行持续的技术交流、试样，再履行招投标或商务谈判的流程。发行人自身专业技术和产品性能是获取客户的关键，发行人主要依靠专业技术和产品性能获取客户与业务订单，不存在先导智能向客户引荐发行人、协助发行人获取订单的情况。

## 2、委托经营管理解除后，发行人不存在客户流失的情况，仍具备独立获取客户的能力，与主要客户的合作具有可持续性

(1) 解除委托经营管理协议后发行人客户开拓、业务洽谈、合同签订负责人员情况

委托经营管理解除前后，发行人客户开拓的途径没有发生重大变化，均需前期的市场和客户需求调研以获得商机、与客户进行持续的技术交流、试样，再进行招投标或商务谈判的流程。

委托经营管理期间，发行人的合同签订负责人均为微导纳米员工，委托经营管理解除后未发生重大变化，少数客户的对接人变化主要为相关销售人员离职或发行人内部人员安排调整所致，相关变化与委托经营管理解除无关，也未对发行人的业务获取产生影响。

(2) 委托经营管理解除后与原有客户合作情况

委托经营管理解除后，发行人与客户保持了良好的合作关系，其中天合光能、阿特斯、晶澳太阳能、通威太阳能、顺风光电、中润光伏、隆基股份等主要客户均与发行人持续开展业务合作。

此外，横店集团、国电投集团、泰州中来、腾晖光伏未再签订新的订单，主要是由于相关客户自身生产经营计划、市场化商业竞争等原因暂时没有开展合作，与委托经营管理解除无关。发行人与上述客户仍保持正常业务联系。

以公司与客户合同签订时间统计，各期客户数量、重复购买情况和设备采购

数量具体情况如下：

项目	2022年 1-6月	2021年度	2020年度	2019年度
签订合同客户数量（家）	12	9	10	12
其中：重复采购的客户数量（家）	8	5	6	5
业务合同约定的设备采购数量（台）[注]	120	106	86	51

注：设备类型包括薄膜沉积设备以及扩散系统等真空工艺设备。

2019年至2022年1-6月，与公司签订业务合同的客户数量分别为12家、10家、9家、12家，其中重复购买公司设备产品的客户数量分别为5家、6家、5家、8家，当期客户中重复采购的客户占比分别为41.67%、60.00%、55.56%、66.67%。委托管理解除后，客户采购数量稳定增长。

### （3）解除委托经营管理后的新获取的客户与发行人的合作情况

委托经营理解除后，除继续与原有客户保持良好合作关系之外，发行人不断开拓新的光伏行业客户，并拓展半导体等其他领域业务，具体情况如下：

#### ①光伏领域

委托经营理解除后，公司各期新签订光伏业务合同的客户数量及新客户拓展情况如下：

项目	2022年1-6月	2021年度	2020年度	2019年9-12月
签订合同的客户数量（家）	12	9	10	5
其中：新客户数量（家）	4	4	4	1

注：以上客户数量统计中，同一控制下的多家主体按1家客户统计。

委托经营理解除后，公司持续拓展在光伏领域的业务，客户数量持续增加。2019年，公司与国内电池片产能排名前十（2021年）的企业合作数量为6家，截至本问询函回复报告出具日，公司与前述企业均建立了合作关系，且新开发的滁州捷泰新能源科技有限公司、江苏润阳悦达光伏科技有限公司等多家行业内主要电池片厂商目前与先导智能均不存在业务往来。

#### ②半导体领域

委托经营理解除后，公司开发出对技术水平和工艺要求更高的半导体薄膜沉积设备，并逐步拓展细分应用领域。截至本问询函回复报告出具日，发行人在

半导体领域已先后与 8 家国内企业签订了半导体设备订单，并与多家国内主流半导体厂商及验证平台签署了保密协议并开展产品技术验证等工作。

#### （4）经营状况的变化

委托经营管理解除后，发行人 2019 年度、2020 年度、2021 年度的营业收入分别为 21,581.56 万元、31,255.41 万元、42,791.71 万元，营业收入逐年上涨，经营情况良好，解除委托经营管理对公司持续经营能力未产生不利影响。

### **3、委托经营管理解除后发行人已规范运营满两年，具有面向市场独立经营的能力**

解除委托经营管理至今，发行人已规范运营满两年。截至本问询函回复报告出具日，发行人生产经营场所独立，具备独立的研发、生产及配套设施；发行人独立实施业务经营管理，拥有独立的原材料采购渠道和产品销售渠道，独立承担业务开展过程中的责任与风险；发行人拥有独立于其他第三方的决策机构和经营管理人员，独立实施经营管理；发行人从事的经营业务独立于控股股东和实际控制人控制的其他企业，不存在对控股股东、实际控制人及其控制的其他企业的业务依赖。发行人在机构、资产、人员、财务、业务方面均独立，具有面向市场独立经营的能力。

综上所述，委托经营管理时期，发行人主要依靠发行人的专业技术和产品性能获取重合客户与业务订单。委托经营管理解除后，发行人客户开拓、业务洽谈、合同签订负责人员、经营状况未发生重大变化，发行人除与主要客户持续开展业务合作外，通过不断开拓新的光伏行业客户、拓展半导体等其他领域业务持续增加客户数量、丰富客户结构，部分新增的光伏行业客户、半导体领域客户与先导智能不存在业务往来。发行人不存在因委托经营管理解除流失客户的情况，具备独立获取客户的能力。发行人与主要客户的合作情况良好、具有可持续性。发行人解除委托经营管理至今已规范运行满两年，在机构、资产、人员、财务、业务方面均独立，具有面向市场独立经营的能力。

## **二、保荐机构和发行人律师核查程序和核查意见**

### **（一）保荐机构和发行人律师核查程序**

保荐机构和发行人律师履行了如下核查程序：

1、实地查看发行人产品生产情况，查阅发行人出具的对各工序及其所使用

技术的相关说明；

2、查阅先导智能出具的关于光伏产品生产技术与工序的说明；

3、核查发行人与主要客户签署的销售合同及销售合同台账；

4、查阅先导智能与发行人重合客户的合同台账；

5、访谈发行人的主要客户；

6、取得了发行人关于业务拓展方式、合同签订情况的说明；

7、核查业务独立性，对发行人高级管理人员以及主要部门负责人进行访谈，查阅了发行人报告期内股东大会、董事会、监事会、经营决策会议资料；查阅发行人的组织结构与员工花名册等；查阅关联方的营业执照、工商档案及与关联方签署的关联交易协议等资料。

## **(二) 保荐机构和发行人律师核查意见**

经核查，保荐机构和发行人律师认为：

1、先导智能光伏产品与发行人产品的生产技术工艺与生产工序存在较大差异；先导智能光伏产品核心技术与工序是在智能装备制造通用技术基础上的开拓、创新和优化；微导纳米核心技术围绕真空镀膜装备及配套工艺开展，不属于智能装备制造通用技术，其产品属于专用设备，因此生产工序包括采购、加工、组装、调试等装备制造生产过程中的通用工序环节，但微导纳米的核心生产工序还包括系统集成、设备功能检测等特有工序，且每个生产工序的具体内容和所需的超净间生产环境与智能装备制造通用工序内容存在较大差异；先导智能光伏产品与微导纳米产品不存在核心技术交叉及工艺重合；公司与先导智能不存在同业竞争或潜在同业竞争；

2、发行人与先导智能不存在配套销售、共同销售的情形，发行人与先导智能进入重合客户供应商体系的时间存在差异，不存在同时进入客户供应商体系的情况；微导纳米、先导智能存在与重合客户签订部分订单时间相对接近的情形为市场化经营中正常情况，具有合理性，双方客户对接人员均为各自员工，不存在人员重合的情形，不存在先导智能向客户引荐发行人、协助发行人获取订单的情况；

3、委托经营管理时期，发行人对于重合客户的获取主要依靠发行人的专业技术和产品性能获取客户与业务订单。委托经营管理解除后，发行人客户开拓、

业务洽谈、合同签订负责人员、经营状况未发生重大变化，发行人除与主要客户持续开展业务合作外，通过不断开拓新的光伏行业客户、拓展半导体等其他领域业务持续增加客户数量、丰富客户结构，部分新增的光伏行业客户、半导体领域客户与先导智能不存在业务往来。发行人不存在因委托经营理解除流失客户的情况，具备独立获取客户的能力。发行人与主要客户的合作情况良好、具有可持续性；

4、解除委托经营管理至今，发行人已规范运营满两年。截至本问询函回复报告出具日，发行人生产经营场所独立，具备独立的研发、生产及配套设施；发行人独立实施业务经营管理，拥有独立的原材料采购渠道和产品销售渠道，独立承担业务开展过程中的责任与风险；发行人拥有独立于其他第三方的决策机构和经营管理人员，独立实施经营管理；发行人从事的经营业务独立于控股股东和实际控制人控制的其他企业，不存在对控股股东、实际控制人及其控制的其他企业的业务依赖。发行人在机构、资产、人员、财务、业务方面均独立，具有面向市场独立经营的能力。

## 问题 9：关于股东

根据首轮问询问题 13 的回复，（1）聚海盈管理用于出资的专利技术的发明人为乐阳、张鹤，专利申请人聚海盈管理，聚海盈管理不存在受让相关技术并支付对价的情形。（2）发行人实际控制人王燕清补正股东 LI WEI MIN 及 LI XIANG 无形资产出资。（3）2015 年，实际控制人王燕清向潘景伟提供借款用于对微导有限的出资，2019 年 6 月王燕清同意免除潘景伟还款义务，发行人已就该事项计提相应股份支付费用。（4）实际控制人王磊向部分员工提供借款用于出资，并约定以相关员工未来所获取的分红、转让所得进行偿还。（5）无锡新通已取得国有股东“SS”标识，无锡新通存在未同比例增资的情形。

请发行人：（1）结合聚海盈管理直接获得专利技术并出资、现金补足出资等情况说明乐阳、张鹤及其他聚海盈管理合伙人是否存在利益受损的情形，相关事项是否存在纠纷或潜在纠纷；（2）王燕清、王磊向员工借款用于出资是否约定利息，相关股权及份额权属是否存在纠纷或潜在纠纷；（3）无锡新通未同比例增资已履行必要程序法律依据是否充分，是否已取得有权主体的确认。

请发行人律师核查并发表意见。

## **【回复】**

### **一、发行人说明**

**（一）结合聚海盈管理直接获得专利技术并出资、现金补足出资等情况说明乐阳、张鹤及其他聚海盈管理合伙人是否存在利益受损的情形，相关事项是否存在纠纷或潜在纠纷**

2017年2月，王燕清、乐阳、张鹤等9位合伙人共同以货币方式出资设立聚海盈管理，其中，王燕清为普通合伙人，乐阳、张鹤为有限合伙人。聚海盈管理于2017年2月通过受让股权的方式合计取得发行人15%的股权，该等股权对应认缴出资额441.19075万元，实缴出资额88.24955万元，尚未实缴出资部分的出资义务人在股权转让后变更为聚海盈管理。

聚海盈管理作为公司员工持股平台，其设立目的系使员工共享公司经营发展成果。乐阳、张鹤作为聚海盈管理的主要创始合伙人、当时公司的主要激励对象，为支持聚海盈管理对微导纳米的实缴出资，将其技术成果由聚海盈管理直接申请专利并完成出资。上述事项由聚海盈管理内部自主协商讨论确定，系各方自愿行为。乐阳、张鹤确认其与发行人、聚海盈管理就相关出资专利技术权属不存在纠纷或潜在纠纷。乐阳、张鹤在聚海盈管理完成实缴出资前、后持有的聚海盈管理财产份额及比例未发生变化，均系真实持有，不存在纠纷或潜在纠纷。

2019年10月，聚海盈管理全体合伙人一致同意聚海盈管理出资总额由2万元增资至354.9412万元，新增出资总额352.9412万元由各合伙人按照其当时认缴财产份额比例进行同比例出资，用于聚海盈管理补足出资，上述事项已经全体合伙人同意并完成出资；聚海盈管理全体合伙人所持财产份额均系真实持有，不存在纠纷或潜在纠纷。

综上所述，聚海盈管理直接获得专利技术并出资、现金补足出资均系乐阳、张鹤及其他聚海盈管理合伙人自愿协商讨论的结果，不存在乐阳、张鹤及其他聚海盈管理合伙人利益受损的情形，相关事项不存在纠纷或潜在纠纷。

**（二）王燕清、王磊向员工借款用于出资是否约定利息，相关股权及份额权属是否存在纠纷或潜在纠纷**

王燕清、王磊向员工借款用于出资均未约定利息，相关股权及份额权属清晰，均为员工真实持有，不存在代持情形，亦不存在纠纷或潜在纠纷。

**(三) 无锡新通未同比例增资已履行必要程序法律依据是否充分，是否已取得有权主体的确认**

**1、无锡新通未同比增资事项履行程序的依据**

2019年12月，无锡新通以货币资金方式向发行人增资，取得发行人15.7895万股股份，持股比例0.33%，该等增资事宜已经发行人2019年第二次临时股东大会审议通过并经无锡市市场监督管理局核准登记、无锡市高新区（新吴区）商务局备案。

无锡新通入股后发行人共发生四次增资，均已经发行人股东大会审议通过。其中存在两次无锡新通未同比例增资的情形（另外两次资本公积转增注册资本，所有股东同比例转增）。截至本问询函回复报告出具日，无锡新通持有发行人股份比例为0.31%。

从现行有效的《中华人民共和国企业国有资产法》《企业国有资产监督管理暂行条例》《企业国有资产评估管理暂行办法》等相关国有资产管理法律法规、部门规章及规范性文件来看，对于国有控股、国有实际控制企业而言，国有股东股权比例变动应当履行评估备案程序，但对于国有参股企业增资导致国有股东股权比例发生变动是否应当履行评估备案程序，相关规则并未予以明确；从《无锡高新区（新吴区）企业国有资产评估管理办法》等无锡当地国有资产评估管理相关规定来看，相关规则中适用对象仅包括国资委和市属企业及其控股子企业和实际控制企业，不包括国有参股企业；从国务院国有资产监督管理委员会网站（<http://www.sasac.gov.cn/>）于2020年11月6日发布的问答选登中国国务院国有资产监督管理委员会针对标题为“国有参股企业增资是否进行资产评估及备案？”的回复口径来看，国有参股公司增资时国有股东未同比例增资是否需要履行评估备案程序应最终以股东会决议为准。

无锡新通两次未同比例增资事项均已经发行人股东大会审议通过，无锡新通已就上述变更办理了国有产权变更登记。

**2、无锡新通未同比增资事项取得的确认**

根据《无锡高新区（新吴区）企业国有资产评估管理办法》第二条、第三条，“无锡国家高新技术产业开发区（无锡市新吴区）金融工作和国有资产监督管理办公室（以下简称国资办）直管的国有及国有控股企业、国有实际控制企业及其

全资、控股子公司（以下简称企业）涉及的资产评估，适用本办法”、“区国资办负责企业的国有资产评估监管工作”。

无锡新通系国有独资企业无锡市新区科技金融创业投资集团有限公司的全资子公司，无锡市新区科技金融创业投资集团有限公司的出资单位系无锡国家高新技术产业开发区（无锡市新吴区）金融工作和国有资产监督管理办公室（以下简称“新吴区国资办”），无锡新通系新吴区国资办管理的国有企业，新吴区国资办负责无锡新通的国有资产评估监管工作。

2021年12月，公司取得新吴区国资办及无锡新通股东出具的确认函，确认无锡新通系新吴区国资办管理的国有企业，无锡新通投资微导纳米已履行必要的审批程序及评估备案程序。

### **3、无锡新通未同比增资事项已完成评估备案手续，程序合法、合规，未导致国有资产流失**

因近期无锡当地国资主管部门针对当地国有参股公司的国有股权被动稀释的情况开放办理评估备案，截至本问询函回复报告出具日，无锡新通已就2021年9月及2020年12月未同比例增资事宜完成评估备案手续。

根据对无锡新通控股股东新投集团的访谈：无锡新通已就其增资入股微导纳米及后续的增资、持有微导纳米股份比例变动事项均履行了必要的国有评估、备案手续；目前提交评估备案行为不存在违反国有资产监督管理相关法律法规及规范性文件规定的情形。

此外，无锡新通入股发行人时发行人投后估值为30.06亿元，2020年12月及2021年9月两次增资发行人投后估值分别为73.5亿元、75.4亿元，均明显高于无锡新通入股时的投后估值，无锡新通未因上述两次未同比增资事宜发生权益减损的情形。

截至本问询函回复报告出具日，无锡新通已就2021年9月及2020年12月未同比例增资事宜完成评估备案手续，程序合法、合规，未导致国有资产流失。

## **二、发行人律师核查程序和核查意见**

### **（一）发行人律师核查程序**

发行人律师履行了如下核查程序：

- 1、访谈张鹤、乐阳、潘景伟，查阅张鹤、乐阳出具的确认函；

- 2、查阅聚海盈管理全套工商登记档案；
- 3、访谈聚海盈管理合伙人；
- 4、查阅王燕清与潘景伟签署的《借款合同》及补充合同，查阅王燕清、潘景伟出具的确认文件；
- 5、查阅聚海盈管理相关合伙人与王磊签署的《还款协议》；
- 6、查阅《无锡高新区（新吴区）企业国有资产评估管理办法》等相关文件；
- 7、查阅无锡新通、新投集团、新吴区国资办出具的确认文件；
- 8、查阅历次变更国有资产评估备案表；
- 9、访谈无锡新通的股东无锡市新区科技金融创业投资集团有限公司。

## （二）发行人律师核查意见

经核查，发行人律师认为：

1、聚海盈管理直接获得专利技术并出资、现金补足出资均系乐阳、张鹤及其他聚海盈管理合伙人自愿协商讨论的结果，不存在乐阳、张鹤及其他聚海盈管理合伙人利益受损的情形，相关事项不存在纠纷或潜在纠纷；

2、王燕清、王磊向员工借款用于出资均未约定利息，相关股权及份额权属清晰，均为员工真实持有，不存在代持情形，亦不存在纠纷或潜在纠纷；

3、截至本问询函回复报告出具日，无锡新通已就 2021 年 9 月及 2020 年 12 月未同比例增资事宜完成评估备案手续，程序合法、合规，未导致国有资产流失。

## 问题 10：关于技术来源

根据首轮问询问题的回复，（1）LI WEI MIN、LI XIANG 用于出资的技术均为发行人核心技术、生产经营的关键性资产。（2）中介机构通过访谈 LI WEI MIN、LI XIANG、吴兴华、许所昌原任职单位同事确认相关人员主要从事的技术研发情况、与原任职单位不存在纠纷。（3）张鹤作为发明人参与的职务发明中已授权专利 11 项、在申请专利 3 项；因张鹤个人原因发行人不再继续认定为核心技术人员。

请发行人说明：（1）发行人核心技术演进过程、技术体系构成及技术来源，结合 ZHOU REN、LI WEI MIN、LI XIANG、吴兴华、许所昌等人员在前任职单位技术研发、协议签订、离职手续办理等情况，说明发行人知识产权权属、前述人员与前任职单位是否存在纠纷或潜在纠纷；（2）发行人核心技术人员与研发人

员的差异，张鹤调整为非核心技术人员前后薪酬待遇、岗位职责、工作内容的变化，张鹤作为发明人的发明专利是否为发行人核心发明专利，对应产品的销售收入占比，张鹤曾参与研发项目交接和运行情况，将其调整为非核心技术人员对发行人技术研发是否存在不利影响；（3）张鹤是否有离职或处置聚海盈财产份额的计划，是否存在以个人名义申请的非职务发明，如有，请说明相关发明应用领域和使用情况。

请发行人律师核查并发表意见。请保荐机构说明访谈 LI WEI MIN、LI XIANG、吴兴华、许所昌同事的核查措施是否充分、合理，并请保荐机构内核机构针对发行人知识产权权属核查的有效性发表意见。

### 【回复】

#### 一、发行人说明

（一）发行人核心技术演进过程、技术体系构成及技术来源，结合 ZHOU REN、LI WEI MIN、LI XIANG、吴兴华、许所昌等人员在前任职单位技术研发、协议签订、离职手续办理等情况，说明发行人知识产权权属、前述人员与前任职单位是否存在纠纷或潜在纠纷

##### 1、发行人核心技术演进过程、技术体系构成及技术来源

###### （1）发行人技术体系构成及技术来源

发行人自成立起致力于薄膜沉积技术的产业化。在基本反应原理等公知技术基础上，发行人以 LI WEI MIN、LI XIANG 等创始人为核心的技术团队通过大量的研究、实验、开发，结合股东的技术出资投入，逐步形成核心技术体系，进而完成了薄膜沉积设备设计、制造与产业化，并先后应用于光伏领域和半导体领域。

截至目前，发行人已形成原子层沉积反应器设计技术、高产能真空镀膜技术、真空镀膜设备工艺反应气体控制技术、纳米叠层薄膜沉积技术、高质量薄膜制造技术、工艺设备能量控制技术、基于原子层沉积的高效电池技术等七项技术为核心的技术体系，并将相关技术成功应用于公司各类产品。

###### （2）发行人核心技术演进过程

发行人在发展的过程中，经历了核心技术培育期、核心技术拓展和产品化时期、核心技术深化期，形成了以上述七大技术为核心的技术体系。

### ①核心技术培育期

自发行人设立至 2017 年 7 月，是公司核心技术的培育期，此阶段发行人形成了以原子层沉积反应器设计技术、高产能真空镀膜技术、基于原子层沉积的高效电池技术、纳米叠层薄膜沉积技术为主的核心技术体系雏形。

在此期间，在 LI WEI MIN 和 LI XIANG 等核心技术人员的带领下，通过理论计算、模型建立和实验验证，初步形成了“原子层沉积反应器设计技术”、“高产能真空镀膜技术”，并通过该技术设计开发出 KF4000 量产型设备的试验机型及其相关工艺解决方案，用于太阳能电池片生产。

同时，为了进一步提升电池的光电转换效率，发行人在此阶段针对电池技术的工艺流程，研发出利用 ALD 对晶硅电池的正反面同时进行钝化层镀膜处理的技术路线，并开始探索 PEALD 方法制造 SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiN<sub>x</sub> 等材料的纳米叠层和复合材料，形成了“纳米叠层薄膜沉积技术”、“基于原子层沉积的高效电池技术”的技术雏形。

在核心技术培育期，发行人为 ALD 技术及设备在国内光伏领域的应用及产业化打下了技术基础。

### ②核心技术拓展和产品化时期

2017 年 8 月至 2018 年 5 月，是发行人将核心技术进行拓展和产业化应用的重要时期。在此期间，公司七项核心技术体系搭建形成。

技术团队在原有四大核心技术雏形基础上，通过模拟计算气体流体在反应腔的运动轨迹，优化气体分布系统的设计，实现反应腔体内气体分布均匀性，在成膜均匀性、衬底/硅片传送、功能部件集成等方面取得了技术成果，发行人的工艺技术得到优化，产能显著提升。发行人在丰富了原有核心技术内涵的同时，进一步地形成了“真空镀膜设备工艺反应气体控制技术”、“高质量薄膜制造技术”、“工艺设备能量控制技术”等核心技术，实现各核心技术的内涵延展和融合应用，取得了多项专有技术，公司核心技术体系搭建形成。

在相关核心技术支持下，发行人于 2017 年下半年开始进行 KF6000 机型和 KF10000S 机型的研发事宜，同时针对臭氧工艺进行核心开发，2018 年中相关成果机型 KF6000 获得量产验证。

### ③核心技术深化期

2018年5月后，发行人核心技术进入深化期，通过将上述七大核心技术体系进行纵向深挖和横向拓展，积极推进光伏领域产品线的拓宽计划，启动半导体领域与柔性电子领域机型的研发工作，产生了新的专有技术和专利技术。

例如在“原子层沉积反应器设计技术”深化发展中，发行人先后解决了同一套内设备多制程连用、半导体集成电路 High-k 工艺薄膜沉积、柔性材料表面连续镀水氧阻隔层等技术问题；在“高产能真空镀膜技术”方面，发行人深化工艺相关组件的功能优化，进一步提高生产效率，实现半导体量产设备的应用和产能提升等技术突破；在“真空镀膜设备工艺反应气体控制技术”方面，通过对化学源瓶、喷淋板、阀组及真空腔室的配合设计，确保了气体输送的持续性和稳定性，同时也保证了工艺气体在衬底表面均匀分布，保障薄膜厚度均匀性。

在核心技术深化发展的基础上，2019年1月至2020年12月，公司臭氧工艺与等离子体技术陆续取得突破，KF10000S 机型与 ZR4000×2 机型先后研制成功，公司产品得到有效推广，在光伏领域的知名度进一步提升。

半导体领域，凤凰系列样机于2019年初搭建完成并进行工艺调试。公司在此平台上开发了 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、HfO<sub>2</sub>、ZrO<sub>2</sub>、TiO<sub>2</sub>、SiO<sub>2</sub> 等单片镀膜工艺。公司于2020年初进行了麒麟、凤凰系列新机型和龙系列团簇平台的立项启动工作，并着手建立产业化应用中心，配备更高级别的洁净室与半导体级检测设备，以满足半导体领域对生产环境与检测设备的要求。

未来，发行人将继续保持技术创新活力，通过人才团队建设和研发投入，进一步提升公司的技术实力。

## 2、发行人知识产权权属、前述人员与前任职单位不存在纠纷或潜在纠纷

ZHOU REN、LI WEI MIN、LI XIANG、吴兴华、许所昌在前任职单位技术研发方向、与前任职单位签署的劳动及知识产权权属方面协议情况、与前任职单位离职手续办理等情况如下：

姓名	前任职单位	在前任职单位任职时间	在前任职单位技术研发方向	与前任职单位协议签署情况	离职手续办理情况	入职发行人时间
ZHOU REN	拓荆科技	2014年9月至2020年7月	担任副总经理，先后负责工程部门相关工作、知识产权管理、质量管理等工作	签署聘用协议及补充协议、保密协议	已办理完毕	2020年8月

姓名	前任职单位	在前任职单位任职时间	在前任职单位技术研发方向	与前任职单位协议签署情况	离职手续办理情况	入职发行人时间
LI WEI MIN	Picosun	2010年2月至2015年10月	担任应用总监，负责产品应用和知识产权管理；担任 Picosun 亚洲总部执行总裁，负责亚太地区业务开展	签署劳动合同	已办理完毕	2016年2月
	先导智能	2015年12月至2016年1月	时间较短，未从事具体工作	签署劳动合同	已办理完毕	
LI XIANG	Picosun Asia Pte. Ltd.	2012年7月至2015年2月	ALD 技术在半导体和泛半导体领域的应用，售前和售后技术支持和服务	签署劳动合同	已办理完毕	2016年2月
	新加坡格罗方德半导体股份有限公司	2015年3月至2015年10月	主要负责基于 AIN 材料的 MEMS 谐振器和麦克风研发	签署劳动合同	已办理完毕	
	先导智能	2015年12月至2016年1月	时间较短，未从事具体工作	签署劳动合同	已办理完毕	
吴兴华	泰州中来光电科技有限公司	2016年9月至2019年12月	主要负责 TOPCon 电池的研发及生产，重点研究电池产线结构方面工艺设备的高效化等问题	签署劳动合同、保密及竞业限制合同	已办理完毕	2019年12月
许所昌	中芯国际集成电路制造（上海）有限公司	2016年6月至2018年9月	主要负责 ALD 工艺对芯片性能提升、芯片生产过程中的稳定性保持的研究和优化相关工作	签署劳动合同及其附件	已办理完毕	2018年10月

上述人员与前任职单位在知识产权权属、竞业限制等方面不存在纠纷或潜在纠纷，具体如下：

(1) ZHOU REN

根据 ZHOU REN 提供的其与拓荆科技签署的聘用协议及补充协议、保密合同、离职相关文件、银行流水以及 ZHOU REN 出具的确认文件等资料，ZHOU REN 从拓荆科技离职时未签署任何竞业限制协议或类似条款，离职后亦未收到拓荆科技支付的竞业限制补偿金，不存在违反原任职单位保密协议的情形；ZHOU REN 在微导纳米主要从事运营管理工作，其在发行人处的发明创造均为与公司其他研发人员反复试验、讨论所形成，并未利用拓荆科技的物质技术等条

件，不属于拓荆科技的职务发明，ZHOU REN 及发行人与拓荆科技不存在纠纷或潜在纠纷。

根据对拓荆科技董事会秘书（法务部门负责人）以及人力资源部门负责人的访谈：ZHOU REN 已与拓荆科技办理完毕离职手续，拓荆科技知悉 ZHOU REN 离职后入职微导纳米，未发现 ZHOU REN 存在违反拓荆科技员工保密协议及约定的保密义务的情形，未发现拓荆科技与 ZHOU REN、微导纳米存在劳动方面及保密协议、竞业禁止方面、技术与知识产权方面的纠纷。

## （2）LI WEI MIN、LI XIANG

①LI WEI MIN、LI XIANG 与其前任职单位未签署有关竞业限制、约定离职后研发成果归属的协议

根据 LI WEI MIN 提供的与 Picosun、LI XIANG 提供的与 Picosun Asia Pte. Ltd.（Picosun Asia Pte. Ltd.系 Picosun 的子公司，以下简称“Picosun Asia”；以下合称 Picosun 和 Picosun Asia 为“Picosun 公司”）、LI XIANG 提供的与新加坡格罗方德半导体股份有限公司（以下简称“格罗方德”）签署的劳动合同及翻译件、银行流水以及对 LI WEI MIN、LI XIANG 及其前任职单位同事的访谈、先导智能出具的说明，确认相关合同中均未约定离职后研究成果归属等内容，且 LI WEI MIN 与 Picosun 公司、LI XIANG 与 Picosun Asia、格罗方德之间未签署竞业限制协议或相关条款。

②发行人的技术实现方式、产业化技术方向与LI WEI MIN、LI XIANG前任职单位存在差异

不同于 Picosun 的研究型应用，在技术实现方式上，发行人针对工艺腔室设计、工艺反应气体控制、反应过程中能量控制等 ALD 核心技术进行自主开发；在产业化技术方向上，发行人率先在光伏领域针对性地解决了阻碍 ALD 技术量产应用的产能低下、薄膜不够均匀和光电转换效率低等关键问题并形成了自有解决方案和技术。发行人与 Picosun 的 ALD 设备在技术实现方式、产业化技术方向等方面存在差异。

③发行人与 LI WEI MIN、LI XIANG 前任职单位的产品应用场景、客户类型存在差异，相关人员在发行人和前任职单位承担的主要工作内容不同

在LI WEI MIN、LI XIANG于Picosun公司任职期间，Picosun公司致力于为客

户提供ALD薄膜涂层解决方案，产品主要用于满足研究院、高等科研院校的研发需求。LI WEI MIN、LI XIANG主要负责ALD产品在亚太地区研究院、高等科研院校的推广及应用。

与Picosun公司相比，发行人致力于ALD设备的产业化，主要提供量产型ALD设备用于光伏、半导体等生产制造领域，产品应用场景、客户类型与Picosun公司存在明显差异。LI WEI MIN、LI XIANG于2016年2月入职发行人后，主要负责ALD技术在光伏等领域的产业化，其在发行人和Picosun公司承担的主要工作内容不同。

格罗方德系一家半导体晶圆代工企业，属于发行人下游客户企业范畴，其产品与客户与发行人的产品及客户存在明显差异。LI XIANG在格罗方德任职期间主要负责研发基于AIN材料的MEMS谐振器和麦克风等器件，其在发行人处主要负责ALD技术及设备的应用及产业化，与其在格罗方德承担的主要工作内容不同。

LI WEI MIN早在1994年就读芬兰赫尔辛基大学博士期间已开始基于ALD原理性技术开展ALD领域的学习和研究，具有丰富的ALD领域的理论知识和经验。LI WEI MIN、LI XIANG入职发行人后与发行人其他核心技术人员及团队通过反复试验、讨论形成发行人自有的核心技术，并实现ALD设备的产业化应用。LI WEI MIN、LI XIANG在发行人处的发明创造未利用前任职单位的物质技术等条件，不属于前任职单位的职务发明。

④LI WEI MIN、LI XIANG 从其前任职单位离职后入职发行人已超过六年，Picosun 知悉其在发行人处任职的情况，并未提出异议

LI WEI MIN、LI XIANG 自 2016 年初入职发行人，至今已超过 6 年。Picosun 曾与发行人共同出席或赞助了多届国际 ALD 大会，LI WEI MIN、LI XIANG 自 2017 年起即在前述大会上做公开报告并披露了其任职单位为微导纳米。经公开途径查询，LI WEI MIN 与 Tero Pilvi（Picosun 公司业务总监）同时担任 2020-2022 年国际 ALD 大会的技术委员会委员。芬兰赫尔辛基大学化学学报也曾公开披露过 LI WEI MIN 就职于发行人并从事 ALD 相关研究的事项。

Picosun 公司知晓 LI WEI MIN、LI XIANG 在微导纳米任职，截至本问询函回复报告出具日，Picosun 公司未对 LI WEI MIN 和 LI XIANG 在发行人的任职情况、知识产权权属等事项提出异议。

⑤根据境外法律意见书以及公开途径查询，LI WEI MIN、LI XIANG 及发行人与其前任职单位不存在纠纷或潜在纠纷

根据芬兰（LI WEI MIN 原单位 Picosun 的注册地）BERGGREN OY 出具的法律意见书，其确认：芬兰法律没有一般竞业限制义务，劳动者可以在劳动合同终止后立即加入一家存在竞争关系的企业；未发现 LI WEI MIN 在竞业禁止、劳动法或者知识产权义务方面所受的约束，未发现 Picosun 与 LI WEI MIN 之间的任何诉讼。

根据新加坡（LI XIANG 原单位 Picosun Asia 及格罗方德的注册地）王律师事务所驻上海市代表处出具的法律意见书，其确认：在聘用合同终止后，LI XIANG 对 Picosun Asia 和格罗方德两家公司没有竞业禁止义务，LI XIANG 从 Picosun Asia 及格罗方德离职后就职于发行人，不受该两家公司的竞业禁止义务的限制；就 LI XIANG 在离职后获得的新加坡知识产权而言，该等新加坡知识产权归属于 LI XIANG 本人，除非其他合同另有约定，在 LI XIANG 与 Picosun Asia 或格罗方德的聘用合同中未发现有关知识产权的约定；LI XIANG 未涉及与 Picosun Asia 或格罗方德之间有关竞业限制、劳动、泄露商业秘密、知识产权侵权的诉讼、仲裁或纠纷。

根据中国执行信息公开网、中国裁判文书网等网站进行核查，LI WEI MIN、LI XIANG 及发行人与其前任职单位不存在诉讼等纠纷。

综上所述，LI WEI MIN、LI XIANG 与其前任职单位未签署有关竞业限制、约定离职后研发成果归属的协议；发行人的技术实现方式、产业化技术方向与 LI WEI MIN、LI XIANG 前任职单位存在差异；发行人与 LI WEI MIN、LI XIANG 前任职单位的产品应用场景、客户类型存在差异；LI WEI MIN、LI XIANG 在发行人和前任职单位承担的主要工作内容不同，在发行人处的发明创造并未利用前任职单位的物质技术等条件，不属于前任职单位的职务发明；LI WEI MIN、LI XIANG 从其前任职单位离职后入职发行人，距今已超过六年，Picosun 知悉其在发行人处任职的情况，未提出异议；根据境外法律意见书以及公开途径查询，截至本问询函回复报告出具日，LI WEI MIN、LI XIANG 及发行人与其前任职单位不存在纠纷或潜在纠纷。

（3）吴兴华

根据吴兴华与泰州中来签署的《保密及竞业限制合同》，合同中对吴兴华离职后 12 个月内存在竞业限制义务的相关约定，但泰州中来会根据实际需要在员工离职时与员工确认是否需履行竞业限制义务。

吴兴华离职时泰州中来并未与其确认相关内容或另行签署竞业限制协议，且吴兴华离职至今未收到过泰州中来支付的竞业限制补偿金。根据《最高人民法院关于审理劳动争议案件适用法律若干问题的解释（四）》第八条规定“当事人在劳动合同或者保密协议中约定了竞业限制和经济补偿，劳动合同解除或者终止后，因用人单位的原因导致三个月未支付经济补偿，劳动者请求解除竞业限制约定的，人民法院应予支持”，吴兴华对泰州中来不承担竞业限制义务。

泰州中来系发行人的下游企业，吴兴华在泰州中来主要负责 TOPCon 电池的研发及生产，重点研究电池产线结构方面工艺设备的高效化等问题。吴兴华在发行人处主要从事薄膜沉积设备新工艺的研发，与其在泰州中来承担的工作或分配的任务不同，且其在发行人处的发明创造均为与公司其他研发人员反复试验、讨论所形成，并未利用泰州中来的物质技术等条件，不属于泰州中来的职务发明。吴兴华及发行人与泰州中来不存在纠纷或潜在纠纷。

#### （4）许所昌

许所昌与中芯国际集成电路制造（上海）有限公司（以下简称“中芯上海”）签署的劳动合同包含《机密信息保护及其他义务遵守同意书》、《发明创造权属及知识产权同意书》等附件，其中存在终止劳动关系之日起两年内需遵守竞业限制规定的约定。

许所昌离职时中芯上海并未书面承诺支付竞业限制补偿金，许所昌离职至今亦未收到过中芯上海支付的竞业限制补偿金。根据《最高人民法院关于审理劳动争议案件适用法律若干问题的解释（四）》第八条的相关规定以及双方签署的《机密信息保护及其他义务遵守同意书》的约定（“虽有以上约定，如果公司在本人离职时并未书面承诺向本人支付任何竞业限制补偿金，本人并无任何权利请求公司一定要支付，且双方关于竞业限制的约定自动失效”），许所昌与中芯上海关于竞业限制的条款根据劳动合同及其附件的约定自动失效。

中芯上海属于集成电路晶圆代工企业，许所昌在中芯上海主要负责 ALD 工艺对芯片性能提升、芯片生产过程中的稳定性保持的研究和优化相关工作，在发

行人处主要从事 ALD 设备新工艺的研发。其在发行人处的发明创造主要涉及 ALD 设备的结构设计，与其在中芯上海承担的工作或分配的任务不同，且其在发行人处的发明创造均为与公司其他研发人员反复试验、讨论所形成，并未利用中芯上海的物质技术等条件，不属于中芯上海的职务发明，许所昌及发行人与中芯上海不存在纠纷或潜在纠纷。

综上所述，并经国家知识产权局、中国执行信息公开网、中国裁判文书网等网站查询，发行人知识产权权属清晰，截至本问询函回复报告出具日，ZHOU REN、LI WEI MIN、LI XIANG、吴兴华、许所昌等人员与其前任职单位不存在纠纷或潜在纠纷。

### **3、发行人已采取多种措施吸引和稳定核心技术人员团队及管理层团队，且相关措施有效执行**

发行人已通过实施股权激励、建立具有竞争力的薪酬福利体系和激励制度、设立专利工作专项基金等多种有效措施吸引和稳定核心人才。报告期内，发行人高级管理人员和核心技术人员均未发生离职情形，人员稳定；除因优化公司管理层结构的需要新增高级管理人员 ZHOU REN 以及因公司内部职责变化将张鹤调整为非核心技术人员外，发行人董事、监事、高级管理人员和核心技术人员报告期内均未发生变化。截至本问询函回复报告出具日，未发生影响核心技术人员团队及管理层团队工作稳定性的重大不利因素。

综上所述，发行人已采取多种措施吸引和稳定核心技术人员团队及管理层团队，且相关措施有效执行，发行人核心技术人员团队以及管理层团队稳定。

**(二) 发行人核心技术人员与研发人员的差异，张鹤调整为非核心技术人员前后薪酬待遇、岗位职责、工作内容的变化，张鹤作为发明人的发明专利是否为发行人核心发明专利，对应产品的销售收入占比，张鹤曾参与研发项目交接和运行情况，将其调整为非核心技术人员对发行人技术研发是否存在不利影响**

#### **1、发行人核心技术人员与研发人员的差异**

截至 2021 年 12 月 31 日，发行人研发人员共 188 名，主要包括在发行人处直接从事研发活动、参与研发管理和提供研发支持的人员。研发人员主要承担产品研发设计和工艺开发、产业化应用以及量产产品升级优化等具体研发工作。

发行人核心技术人员共 4 名，分别为 LI WEI MIN、LI XIANG、许所昌、吴

兴华，主要负责产品研发方向决策、重要技术路线选择、疑难技术问题解决、产品框架设计和研发团队领导工作等。发行人核心技术人员认定依据主要包括：（1）具有与公司业务匹配的深厚资历背景和丰富的研发技术经验；（2）入选“江苏省双创计划”，为江苏省的双创人才或双创博士；（3）多年研发经验，作为主要发明人成功申请并取得发明专利，目前在公司研发中承担重要工作；（4）目前在研发、技术服务等部门担任重要职务。

综上所述，发行人核心技术人员认定依据明确、合理，与一般研发人员在研发经验及能力、学历背景、职级职务、工作要求等方面均存在差异。

## 2、张鹤调整为非核心技术人员前后薪酬待遇、岗位职责、工作内容的变化情况

张鹤调整为非核心技术人员前，主要负责光伏祝融系列等产品的工艺研发、设备系统软硬件的设计和搭建，研发产品调试、优化和技术推介，及未来新型电池技术产品的研发、规划和设计；调整为非核心技术人员后，不再作为项目负责人，不再参与公司特别紧急和繁重的项目开发，主要承担未来新型电池技术的调研和工艺研发，并提供技术支持和指导。调整后张鹤工作职级未发生变化，但其工作职责进行了调整，总体薪酬水平较调整为非核心技术人员前有所下降。

## 3、张鹤作为发明人的发行人核心发明专利对应产品的销售收入占比，张鹤曾参与研发项目交接和运行情况，将其调整为非核心技术人员对发行人技术研发不存在不利影响

（1）张鹤作为发明人的发明专利情况及对应产品的销售收入占比

截至本问询函回复报告出具之日，公司已经取得 13 项发明专利，张鹤作为发明人的发明专利共 3 项，具体情况如下：

序号	名称	申请日	法律状态	发明人
1	一种测量晶圆表面电荷密度变化的方法	2018.04.03	授权	张鹤、LI XIANG、LI WEI MIN
2	一种晶体硅太阳能电池的镀膜方法	2019.04.02	授权	张鹤、王亨、张良俊、韩方虎、姚良
3	镀膜设备及其工作方法	2021.06.22	授权	杨明、韩方虎、韩明新、张鹤

上述专利中，“一种测量晶圆表面电荷密度变化的方法”主要用于光电器件制造等领域中晶圆表面沉积的功能薄膜内部和/或薄膜与晶圆间界面所含固定电

荷密度的分析检测；“一种晶体硅太阳能电池的镀膜方法”提供可以在多电极 PECVD 系统中实现厚度均匀且无绕镀的硅基薄膜的方法，为 TOPCon 和 HJT 新型高效电池的大规模产业化发展提供技术支撑；“镀膜设备及其工作方法”主要提供了一种镀膜设备及其工作方法，通过提高调压阀和工艺泵的使用率降低成本。上述专利在公司业务中可以用于对产品工艺指标的检测、对产品进行改善优化并提供技术支撑等。公司产品为多种技术的综合性运用，并非由单项专利或技术对应形成，故难以量化具体某项专利或技术对产品收入的贡献。

## （2）张鹤参与的研发项目交接和运行情况

2020 年及以前，张鹤曾作为项目负责人开展的主要研发项目均已结项，尚在实施的研发项目不再担任项目负责人，张鹤在项目交接后继续承担项目工艺开发工作；张鹤参与的其他研发项目均由各项目负责人牵头、研发小组组成团队协同开展，其在该类项目中的工作内容未发生变化。

2021 年以后的研发项目在立项时已根据张鹤岗位职责和工作内容对其工作安排进行了调整。目前发行人研发项目均处于正常、有序推进状态，不存在张鹤退出研发项目或未进行工作交接的情况。张鹤工作职责进行调整后，虽不再负责公司特别紧急和繁重的项目开发，但仍属于公司研发人员，主要承担未来新型电池技术的调研和工艺研发，并提供技术支持和指导。

自成立以来，公司以海内外专家为核心，积极引入和培养一批经验丰富的电气、工艺、机械、软件等领域工程师，形成了跨专业、多层次的人才梯队。报告期各期末，公司研发人员数量分别为 78、140、188 人，占员工总数比重分别为 30.35%、32.94%、36.79%，研发人员数量及占比呈稳定增长趋势。报告期内，公司研发费用分别为 3,109.05 万元、5,373.47 万元、9,704.00 万元，研发费用率分别为 14.41%、17.19%、22.68%。公司的研发技术团队结构合理，分工明确，专业知识储备深厚，公司研发投入能够支持发行人核心技术的研发工作，保障了公司产品的市场竞争力。

综上所述，发行人核心技术人员的认定依据明确、合理，与一般研发人员在研发经验及能力、职级职务、工作要求等方面均存在差异；公司基于张鹤工作职责调整将其调整为非核心技术人员后，张鹤参与的研发项目不存在张鹤退出研发项目或未进行工作交接的情况；目前发行人研发项目均处于正常、有序推进状态，

发行人将张鹤调整为非核心技术人员不会对发行人技术研发存在不利影响。

**(三) 张鹤是否有离职或处置聚海盈财产份额的计划，是否存在以个人名义申请的非职务发明，如有，请说明相关发明应用领域和使用情况。**

张鹤目前不存在离职或处置聚海盈管理财产份额的计划，亦不存在以个人名义申请的非职务发明。张鹤作为聚海盈管理合伙人将按照《无锡聚海盈管理咨询合伙企业（有限合伙）合伙协议》及其补充协议及其本人出具的关于股份锁定相关的承诺履行股份锁定的义务。

## **二、发行人律师核查程序和核查意见**

### **(一) 发行人律师核查程序**

发行人律师履行了如下核查程序：

1、查阅 ZHOU REN、LI WEI MIN、LI XIANG、吴兴华、许所昌提供的其与前任职单位签署的协议、离职证明、银行流水；

2、取得先导智能出具的说明；

3、访谈 ZHOU REN、LI WEI MIN、LI XIANG、吴兴华、许所昌，以及发行人前述人员的前任职单位同事；

4、取得发行人出具的说明；

5、查阅发行人的员工花名册；

6、访谈公司管理人员并查阅张鹤出具的确认函；

7、登录国家知识产权局中国及多国专利审查信息查询网站（<http://cpquery.cnipa.gov.cn>）查询专利情况；

8、登录中国执行信息公开网（<http://zxgk.court.gov.cn/>）、中国裁判文书网（<http://wenshu.court.gov.cn>）等网站查询诉讼情况；

9、取得芬兰、新加坡律师事务所出具的法律意见书；

10、查阅国际 ALD 大会会议资料等。

### **(二) 发行人律师核查意见**

经核查，发行人律师认为：

1、发行人知识产权权属清晰，截至本问询函回复报告出具日，前述人员与前任职单位不存在纠纷或潜在纠纷。发行人已采取多种措施吸引和稳定核心技术团队及管理层团队，且相关措施有效执行，发行人核心技术人员团队以及管

理层团队稳定；

2、发行人核心技术人员认定依据明确、合理，与一般研发人员在研发经验及能力、职级职务、工作要求等方面均存在差异；

3、发行人基于张鹤工作职责调整将其调整为非核心技术人员，张鹤参与的研发项目不存在张鹤退出研发项目或未进行工作交接的情况，目前发行人研发项目均处于正常、有序推进状态，发行人将张鹤调整为非核心技术人员不会对发行人技术研发存在不利影响；

4、张鹤目前不存在离职或处置聚海盈管理财产份额的计划，亦不存在以个人名义申请的非职务发明。张鹤作为聚海盈管理合伙人将按照《无锡聚海盈管理咨询合伙企业（有限合伙）合伙协议》及其补充协议及其本人出具的关于股份锁定相关的承诺履行股份锁定的义务。

### 三、保荐机构内核机构核查意见

针对发行人知识产权权属、与 ZHOU REN、LI WEI MIN、LI XIANG、吴兴华、许所昌等人员前任职单位不存在纠纷或潜在纠纷的情况，保荐机构履行了如下核查程序：

1、查阅上述人员提供的其与前任职单位签署的协议、离职证明、银行流水，了解其与前任职单位的权利义务约定；

2、查阅上述人员简历、相关知识产权权属证书、专利的发明人清单；

3、访谈上述人员并取得发行人及上述人员的书面确认，确认其不存在签署/违反与曾任职单位相关保密或竞业限制条款的情形，未利用原任职单位的技术成果，与原任职单位之间不存在纠纷或潜在纠纷；

4、取得对上述人员曾任职单位相关同事的访谈记录，了解其在原单位工作内容、协议签署情况、是否与原单位存在纠纷及潜在纠纷等事项；

5、登录国家知识产权局、中国裁判文书网、中国执行信息公开网，查询发行人及上述人员知识产权、诉讼、仲裁情况；

6、取得无锡市新吴区人民法院、无锡仲裁委员会、无锡市新吴区人民检察院等主管部门出具的文件，确认微导纳米及其董事、监事、高级管理人员和核心技术人员不存在作为诉讼主体的案件尚未审理完毕的情形、不存在未了解的仲裁案件、不存在因涉嫌犯罪而被审查或提起公诉的情况等；

7、通过公开信息查阅核心技术人员曾任职单位主营业务；

8、取得芬兰、新加坡律师事务所出具的法律意见书，核查 LI WEI MIN、LI XIANG 与其前任职单位不存在有关竞业限制、劳动、泄露商业秘密、知识产权侵权的诉讼、仲裁或纠纷等情况；

9、查阅国际 ALD 大会会议资料等，核查发行人、LI WEI MIN、LI XIANG 与 Picosun 及其员工的参会情况等。

综上所述，保荐机构内核机构认为：保荐机构通过查阅发行人资料、比较 ZHOU REN、LI WEI MIN、LI XIANG、吴兴华、许所昌等人员曾任职单位主营业务与发行人业务的区别、取得上述人员提供的与前任职单位的相关协议等相关资料、访谈公司内外部相关人员、开展网络查询、取得专业机构出具的法律意见等多种方式对发行人知识产权权属、与上述人员原任职单位不存在纠纷或潜在纠纷的情况进行核查，核查措施充分、合理。

## 问题 11：关于其他

### 问题 11.1

根据首轮问询回复，保荐机构和申报会计师对发行人的报告期内销售收入执行了函证程序。

请保荐机构和申报会计师进一步说明函证不符的比例、履行替代程序的比例、累计对收入的核查比例。

#### 【回复】

#### 一、回函不符比例、替代程序情况和累计对收入的核查比例

2018-2021 年，保荐机构和申报会计师对发行人的销售收入执行了函证程序，各期发函覆盖的收入金额均超过 90%，回函及替代测试情况如下：

单位：万元

项目	2021 年度	2020 年度	2019 年度	2018 年度
营业收入 (a)	42,791.71	31,255.41	21,581.56	4,191.06
发函覆盖金额 (b)	42,614.34	31,200.50	20,010.76	4,188.23
发函覆盖比例 (c=b/a)	99.59%	99.82%	92.72%	99.93%
回函覆盖金额 (d)	41,384.22	31,192.80	18,552.94	4,188.23

项目	2021 年度	2020 年度	2019 年度	2018 年度
其中：回函相符金额 (e)	36,191.54	30,969.81	18,552.94	4,188.23
回函相符比例 (f=e/a)	84.58%	99.09%	85.97%	99.93%
回函不符经调节可确认金额 (g=d-e)	5,192.68	222.99	-	-
回函不符经调节可确认比例 (h=g/a)	12.13%	0.71%	-	-
未回函经替代测试确认的金额 (i=b-d)	1,230.12	7.70	1,457.82	-
未回函经替代测试确认的比例 (j=i/a)	2.87%	0.02%	6.75%	-
累计收入确认比例 (k=f+h+j)	99.59%	99.82%	92.72%	99.93%

报告期内，公司存在部分回函不符情况，主要系发行人与客户入账时间存在差异，发行人按照权责发生制入账，客户主要是在收到发票时入账，导致双方存在入账时间差异。针对回函不符的情况。保荐机构和申报会计师通过复核“回函差异调节表”以及各项差异对应的合同、运单、验收单、发票以及银行流水等支持性文件，分析回函差异原因的合理性，核实各报告期销售情况的真实性。

针对未回函的情况，保荐机构和申报会计师执行了替代程序，通过获取并检查相关客户的销售合同、运单、验收单、发票以及银行流水等支持性文件，以确认发行人销售业务的真实性。

## 二、保荐机构和申报会计师的核查程序和核查结论

### (一) 核查程序

保荐机构和申报会计师履行了如下核查程序：

1、检查发行人收入确认政策是否符合企业会计准则的规定，并确定是否一贯应用；

2、获取并查阅发行人报告期内的收入明细及合同台账，对发行人报告期内确认销售的设备情况进行核查，获取报告期内确认收入的所有设备合同及相关的发货申请单、托运单、验收单及发票等原始单据，并与账面记录相匹配，验证发行人设备收入确认的真实性与完整性，并执行截止性测试程序；

3、对主要客户执行走访、函证程序；

4、对未回函的客户样本执行替代测试，检查销售合同、运单、验收单、发票以及银行流水等支持性文件，确认销售收入是否真实、准确和完整。

## （二）核查结论

经核查，保荐机构和申报会计师认为：

1、2018-2021 年，回函不符的比例分别为 0.00%、0.00%、0.71%、12.13%，系发行人与客户入账时间存在差异所致。经履行替代测试程序后可确认其收入确认时点与相关支持性文件相匹配，不存在提前或推迟确认收入的情况；

2、2018-2021 年，未回函比例分别为 0.00%、6.75%、0.02%、2.87%，经履行替代测试程序后可确认其收入确认时点与相关支持性文件相匹配，不存在提前或推迟确认收入的情况；

3、2018-2021 年，对发行人收入的函证累计核查比例分别为 99.93%、92.72%、99.82%、99.59%，函证程序核查比例充分，发行人收入确认真实、准确、完整。

## 问题 11.2

根据首轮问询问题的回复，公司与韩国 NCD 株式会社存在专利诉讼纠纷，NCD 株式会社向最高人民法院提起上诉，该案二审尚在审理中。

请发行人说明：相关案件进展情况。

请发行人律师核查并发表意见。

### 【回复】

#### 一、发行人说明

##### （一）案件进展

关于 NCD 株式会社诉发行人的专利诉讼纠纷具体情况如下：

日期	诉讼情况
2019 年 5 月 9 日	一审诉讼请求：NCD 株式会社向江苏省苏州市中级人民法院提起诉讼，并向发行人提出如下诉讼请求：（1）停止制造、销售被控侵权产品；（2）赔偿 NCD 株式会社 300 万元；（3）承担律师费和公证费等费用，共 104,217.48 元。
2020 年 5 月 6 日	一审判决：江苏省苏州市中级人民法院出具了（2019）苏 05 知初 339 号《民事判决书》，认为 NCD 株式会社的诉讼请求缺乏事实和法律依据不能成立，法院驳回其全部诉讼请求。 根据一审民事判决书：“如不服本判决，NCD 株式会社可在判决书送达之日起三十日内，江苏微导纳米科技股份有限公司可在判决书送达之日起十五日内向本院递交上诉状，并按对方当事人人数提交副本，上诉于最高人民法院。”
2020 年 5 月 29 日	二审诉讼请求：NCD 株式会社向最高人民法院提起上诉，请求撤销江苏省苏州市中级人民法院（2019）苏 05 知初 339 号民事判

日期	诉讼情况
	决，发回重审。
2020年10月29日	二审庭审情况：最高人民法院开庭审理发行人与NCD株式会社侵害发明专利权一案，双方就案件相关证据进行质证，NCD株式会社未提交一审证据外的新证据。
2021年12月1日	二审更换合议庭成员：最高人民法院出具（2020）最高法知民终1162号《变更合议庭组成人员通知书》，通知发行人其与NCD株式会社的侵害发明专利权一案的合议庭成员变更。

注：公司与NCD株式会社专利纠纷案属于知识产权民事案件，涉及知识产权的飞跃管辖。根据《全国人民代表大会常务委员会关于专利等知识产权案件诉讼程序若干问题的决定》：“为了统一知识产权案件裁判标准，进一步加强知识产权司法保护，优化科技创新法治环境，加快实施创新驱动发展战略，特作如下决定：一、当事人对发明专利……等专业技术性较强的知识产权民事案件第一审判决、裁定不服，提起上诉的，由最高人民法院审理。”

截至本问询函回复报告出具日，该案二审仍正在审理中，除上表所列事项外暂无其他进展。

## （二）涉诉案件不会对发行人的构成重大不利影响

### 1、发行人被认定存在专利侵权的可能性较低

2020年5月6日，江苏省苏州市中级人民法院作出（2019）苏05知初339号《民事判决书》，认为发行人被诉侵权产品与涉诉专利的技术特征不一致，未落入涉案专利权的保护范围。

根据无锡市产品质量监督检验院（系中国国家认证认可监督管理委员会授权的国家太阳能光伏产品质量监督检验中心）于2020年3月出具的《专利对比鉴定意见书》、发行人本案案件代理律师事务所于2020年4月出具的《关于江苏微导纳米装备科技有限公司与NCD株式会社知识产权侵权纠纷案件之法律意见书》，认为发行人涉案设备的相关专利与NCD株式会社的涉案专利技术特征并不相同，在技术路径及其工作原理等方面存在根本的区别；代理律师认为一审判决认定事实清楚，并已将上述观点在二审庭审过程中进行充分地陈述；此外，自NCD株式会社于2020年5月向二审法院提交上诉状后，NCD株式会社一直未能够提交新的证据、提出新的质证意见或新的实质性庭审意见。

因此，发行人被认定存在专利侵权的可能性较低。

### 2、该等诉讼事项不会对发行人持续经营产生重大不利影响

根据NCD株式会社的二审诉讼请求，若公司二审败诉，最高人民法院将裁定撤销江苏省苏州市中级人民法院（2019）苏05知初339号民事判决，发回重

审；江苏省苏州市中级人民法院将根据二审裁定重新启动一审程序。若重新启动一审程序后公司败诉且二审维持前述一审判决，在法院最终支持 NCD 株式会社的全部诉讼请求的情况下，公司需停止制造、销售被控侵权产品并赔偿 NCD 株式会社 300 万元，同时承担律师费和公证费等费用。

涉诉产品为公司 KF5500D 型号设备，该款产品仅在 2019 年存在销售，且该型号产品实现的销售收入占公司 2019 年度营业收入的比例不足 12%，占比较小。随着发行人技术的不断提升，经验的不断积累，发行人夸父（KF）系列原子层沉积镀膜系统相关产品不断升级，因此 KF5500D 型号产品自 2020 年起已不再生产、销售，不属于发行人主要产品、生产经营的关键性资产。经计算，所涉赔偿金额及费用占发行人报告期末总资产、净利润的比例均较低，不会对发行人持续经营产生重大不利影响。

此外，发行人实际控制人已出具承诺，若发行人因前述诉讼遭受损失，实际控制人将补偿公司的全部损失，在承担损失后，实际控制人将放弃向公司进行追偿。

综上所述，该等诉讼事项不会对发行人持续经营产生重大不利影响，不会对发行人本次发行上市构成法律障碍。

## 二、发行人律师核查程序和核查意见

### （一）发行人律师核查程序

发行人律师履行了如下核查程序：

- 1、访谈发行人代理律师；
- 2、查阅最高人民法院出具（2020）最高法知民终 1162 号《变更合议庭组成人员通知书》；
- 3、查阅无锡市产品质量监督检验院出具的《专利对比鉴定意见书》；
- 4、查阅江苏新高的律师事务所出具的《关于江苏微导纳米装备科技有限公司与 NCD 株式会社知识产权侵权纠纷案件之法律意见书》；
- 5、查阅（2019）苏 05 知初 339 号《民事判决书》；
- 6、查阅 NCD 株式会社提交的起诉状、上诉状等相关诉讼文件；
- 7、取得发行人出具的说明；
- 8、查阅实际控制人出具的承诺函。

## **（二）发行人律师核查意见**

经核查，发行人律师认为：

- 1、截至本问询函回复报告出具日，该案二审仍正在审理中，暂无其他进展。
- 2、公司与韩国 NCD 株式会社存在专利诉讼纠纷不会对发行人持续经营产生重大不利影响，不会对发行人本次发行上市构成法律障碍。

## **保荐机构总体意见**

对本回复材料中的发行人回复（包括发行人披露和发行人说明等事项），本保荐机构均已进行核查，确认并保证其真实、完整、准确。

（以下无正文）

(本页无正文，为《关于江苏微导纳米科技股份有限公司首次公开发行股票并在科创板上市申请文件的第二轮审核问询函之回复报告》之签章页)

法定代表人：

  
王磊

江苏微导纳米科技股份有限公司



## 发行人董事长声明

本人已认真阅读《关于江苏微导纳米科技股份有限公司首次公开发行股票并在科创板上市申请文件的第二轮审核问询函之回复报告》的全部内容，确认本回复中不存在虚假记载、误导性陈述或重大遗漏，并对其真实性、准确性、完整性、及时性承担相应法律责任。

董事长：



王磊

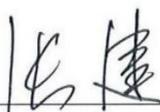
江苏微导纳米科技股份有限公司

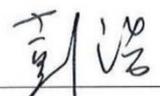
2022年7月13日



（本页无正文，为浙商证券股份有限公司《关于江苏微导纳米科技股份有限公司首次公开发行股票并在科创板上市申请文件的第二轮审核问询函之回复报告》之签章页）

保荐代表人：

  
张 建

  
彭 浩



浙商证券股份有限公司

2022年7月13日

## 保荐机构管理层声明

本人已认真阅读《关于江苏微导纳米科技股份有限公司首次公开发行股票并在科创板上市申请文件的第二轮审核问询函之回复报告》的全部内容，了解报告涉及问题的核查过程、本公司的内核和风险控制流程，确认本公司按照勤勉尽责原则履行核查程序，审核问询函回复报告不存在虚假记载、误导性陈述或者重大遗漏，并对其真实性、准确性、完整性、及时性承担相应法律责任。

总裁：



王青山



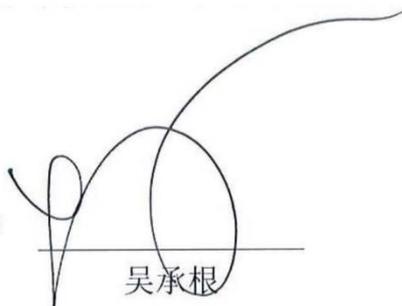
浙商证券股份有限公司

2022年7月13日

## 保荐机构管理层声明

本人已认真阅读《关于江苏微导纳米科技股份有限公司首次公开发行股票并在科创板上市申请文件的第二轮审核问询函之回复报告》的全部内容，了解报告涉及问题的核查过程、本公司的内核和风险控制流程，确认本公司按照勤勉尽责原则履行核查程序，审核问询函回复报告不存在虚假记载、误导性陈述或者重大遗漏，并对其真实性、准确性、完整性、及时性承担相应法律责任。

董事长：



吴承根



浙商证券股份有限公司

2022年 7 月 13 日