

机械设备

国产 ALD 设备先锋，进口替代正逢其时！

证券研究报告

2023 年 01 月 13 日

投资评级

行业评级

强于大市(维持评级)

上次评级

强于大市

作者

李鲁靖

分析师

SAC 执业证书编号: S1110519050003

lilujing@tfzq.com

朱晔

分析师

SAC 执业证书编号: S1110522080001

zhuye@tfzq.com

张钰莹

联系人

zhangyuying@tfzq.com

行业走势图



资料来源: 聚源数据

相关报告

- 《机械设备-行业专题研究:光电路径提效+降本之电镀铜:技术主流路线分析、经济效应及规模测算》2023-01-12
- 《机械设备-行业研究周报:板块受疫情扰动出现显著调整,新年打响反攻第一枪》2023-01-09
- 《机械设备-行业研究周报:板块受疫情扰动出现显著调整,调整后回弹有望接近尾声》2023-01-03

1) 光伏 ALD 设备领军者，拓展半导体领域应用

微导纳米深耕薄膜沉积设备领域，以 ALD 技术为核心不断实现技术突破。公司率先将 ALD 应用于光伏领域，产品矩阵包括 ALD 设备与 PECVD 设备，覆盖多家龙头电池片厂商，交付的无锡尚德整线量产效率突破 25%。半导体领域，公司研制出的高 k 栅氧层 ALD 设备已实现销售，取得 28nm 节点中国产 ALD 设备技术突破。公司三年营收增速皆超 30%，ALD 设备凭借技术壁垒实现高毛利，手握 19.75 亿元在手订单，助力业绩稳攀高峰。

2) Why ALD：精度之王，迎合高标准趋势

综合比较 PVD/RPD/CVD/ALD 四大技术路径，物理沉积与化学沉积的主要区别在于：化学沉积的致密性与均匀性更优，精细度高，更适合沉积复杂结构；物理沉积适合平面结构，镀要求较低的膜层。

ALD 在超薄与复杂结构中体现不可替代性：

- 光伏：**技术路径的选择最终归于平衡降本增效，ALD 在超薄膜层如鱼得水，如 TOPCon 电池中的氧化铝钝化层与隧穿氧化层。
- 半导体：**制程缩小趋势下，ALD 必不可少。在制程进入 28nm 后，器件结构不断缩小且更为立体化，CVD 与 PVD 难以胜任。

3) 光伏领域：高效电池未来已来，公司设备有望乘风而起

N 型技术转化效率极限高，综合性能优，下游扩产潮打开设备市场增长空间。对公司产品线所在市场进行测算，预计 23 年市场空间可突破百亿元。

- TOPCon 电池：**与 PERC 相比，公司设备价值量在 TOPCon 产线建设的投资比重上升至约 36%。TOPCon 领域国产 ALD 设备企业稀少，公司市场占有率高达 70%，根据披露的销售合同推算 2022 年新签设备订单 12 亿元。
- HJT/钙钛矿电池：**PECVD 设备在 HJT 产线投资占比高达 50%，ALD 在 HJT 和钙钛矿电池领域有望扩展应用。

4) 半导体领域：国产 ALD 拓荒者，期待拓展多样应用

半导体 ALD 设备国产化率低，公司设备性能比肩国际同类厂商，有望实现国产替代，设备需求或迎来放量，预计 23 年 ALD 设备需求有望突破 10 亿。

- 逻辑芯片：**高 K 材料 ALD 设备国产破局者，打破国外技术垄断；ALD 在 FinFET 亦有应用。
- 存储芯片：**新型存储器发展迅猛，公司 ALD 设备已应用于 FeRAM 电容介质层；传统存储器中由 2D 到 3D NAND Flash 堆叠层数增长，拉动 ALD 设备需求。

风险提示：市场需求下滑风险；新产品开发风险；产品验证与交付进度不及预期；产品毛利率波动风险；测算存在主观性，仅供参考。

内容目录

1. 微导纳米：光伏 ALD 设备领军者，拓展半导体领域应用.....	4
1.1. 拓荒 ALD，产品线持续扩充中.....	4
1.2. 股权结构稳定，核心技术人员履历丰富.....	6
1.3. 公司业绩增长迅猛，产品盈利能力优秀.....	7
1.4. 在手订单充足，未来业绩保证.....	8
2. Why ALD：精度之王，迎合精细化趋势.....	9
2.1. PVD/RPD/CVD/ALD 技术路径各有千秋.....	9
2.2. 四大技术路径对比：ALD 三维共形性与精度独树一帜.....	12
2.3. ALD 在超薄与复杂结构中体现不可替代性.....	14
3. 光伏领域：高效电池未来已来，公司设备有望乘风而起.....	14
3.1. N 型电池扩产潮打开增长天花板，设备市场空间破百亿.....	15
3.2. TOPCon 电池带来较大业绩弹性，近 20 亿在手订单远超往年.....	16
3.3. 探索 HJT/钙钛矿领域，远期想象空间广阔.....	18
4. 半导体领域：国产 ALD 拓荒者，期待拓展多样应用.....	19
4.1. 半导体市场空间大，国产替代未来可期.....	19
4.1.1. 薄膜沉积作用重大，ALD 市场空间可观.....	19
4.1.2. 国内半导体厂商雄起，产品性能比肩国际厂商.....	21
4.2. 先进制程高要求下，ALD 技术一枝独秀.....	23
4.3. 细分领域：高 K、FeRAM 小有成就，待开拓市场大有可为.....	23
4.3.1. 逻辑芯片：高 K 材料 ALD 设备国产破局者，探索 FinFET 应用.....	23
4.3.2. 存储芯片：FeRAM 导入下游，3D NAND 面临市场机遇.....	25
5. 风险提示.....	26

图表目录

图 1：公司发展历程.....	4
图 2：公司实控人与创始人持股图.....	6
图 3：2018-2022Q1-3 公司营收及增速（亿元，%）.....	7
图 4：2018-2022Q1-3 公司归母净利润及增速（亿元，%）.....	7
图 5：公司各主营业务营收（单位：亿元）.....	8
图 6：公司各主营业务毛利率（单位：%）.....	8
图 7：薄膜沉积技术路径.....	9
图 8：蒸发镀膜示意图.....	10
图 9：磁控溅射示意图.....	10
图 10：RPD 装置示意图.....	10
图 11：PECVD 技术原理.....	11
图 12：ALD 技术原理示意图.....	11

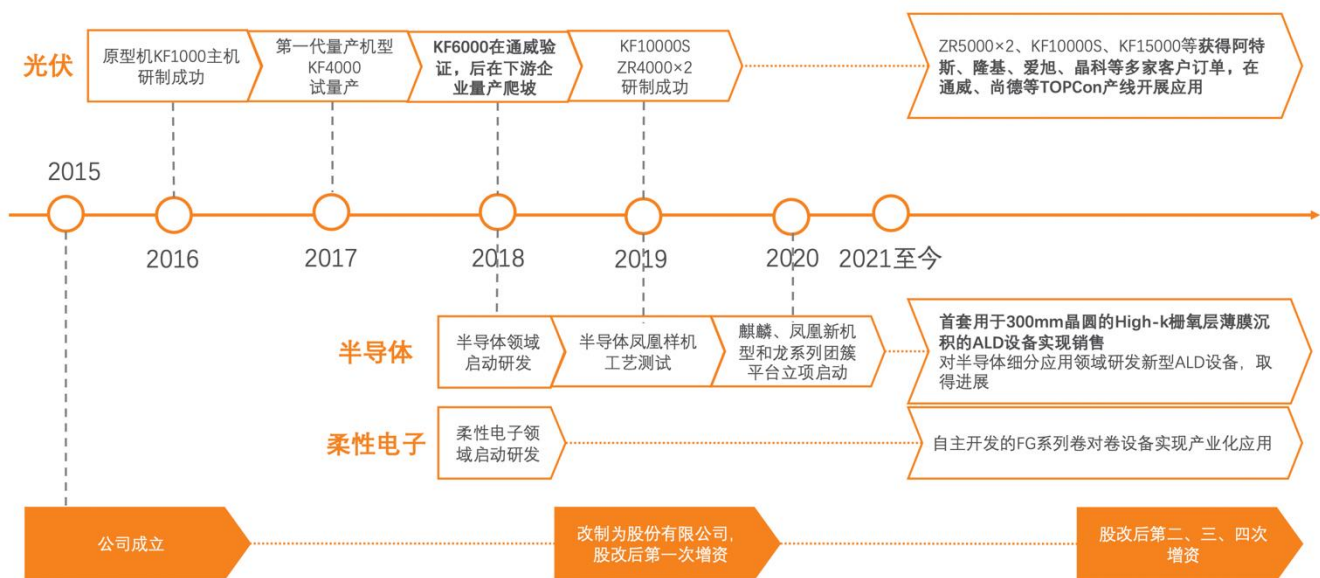
图 13: PVD、CVD、ALD 薄膜沉积效果示意图	11
图 14: PEALD 与 ALD 工艺区别	12
图 15: 多种 PEALD 设备结构图	12
图 16: 2021-2030E 不同电池技术市场占比变化趋势	15
图 17: PERC 与 TOPCon 电池工艺流程及对应公司设备	16
图 18: 异质结电池结构示意图	18
图 19: 异质结电池生产工序	18
图 20: 钙钛矿电池结构示意图	18
图 21: 半导体设备投资占比	20
图 22: 全球半导体薄膜沉积设备市场规模 (亿美元)	20
图 23: 2020 年半导体薄膜沉积设备市场占比	20
图 24: 2019 年全球 ALD 设备市场占比	20
图 25: ALD 技术在半导体领域的应用示例	23
图 26: 使用高 K 栅氧化层的 HKMG 结构示意图	24
图 27: 设备架构的微缩进程	24
图 28: SADP 工艺流程图	24
图 29: 存储器分类	25
图 30: PZM 结构示意图	25
图 31: 2D NAND 与 3D NAND 结构示意图	26
图 32: 台阶覆盖示意图	26
表 1: 光伏设备用途及产品样图	4
表 2: 半导体设备用途及产品样图	5
表 3: 柔性电子设备用途及产品样图	6
表 4: 核心技术人员履历	6
表 5: 正在履行的重大销售合同	8
表 6: PVD/RPD/CVD/ALD 技术比较	13
表 7: PVD/RPD/CVD/ALD 产业化进展	13
表 8: PVD/RPD/CVD/ALD 在太阳能电池中的应用	14
表 9: PVD/RPD/CVD/ALD 在半导体中的应用	14
表 10: TOPCon 与 HJT 领域公司涉及设备市场空间测算	15
表 11: TOPCon 电池领域 ALD 设备厂商	17
表 12: 钙钛矿电池领域 ALD 设备竞争对手	19
表 13: 半导体领域 ALD 海外领先厂商	21
表 14: 国内薄膜沉积领域竞争厂商	21
表 15: 国内同行业上市公司研发对比	22
表 16: 公司和国际先进厂商产品性能对比	22
表 17: 半导体领域国产 ALD 设备市场需求测算	23

1. 微导纳米：光伏 ALD 设备领军者，拓展半导体领域应用

1.1. 拓荒 ALD，产品线持续扩充中

微导纳米深耕薄膜沉积设备领域，以 ALD 技术为核心不断实现技术突破。1) 初步发展阶段：2015 年公司成立，2017 年研发出光伏领域 ALD 第一代量产机型 KF4000，并陆续与下游龙头企业签订样机试用协议；2) 加速发展阶段：2018 年，光伏 ALD 设备 KF6000 开始在下stream量产爬坡，公司知名度提升。2019 年 ALD 设备产能突破 10000 片/小时，丰富产品矩阵，半导体领域样机搭建完成；3) 战略升级发展阶段：2020 年至今，公司成功研制 PEALD+PECVD 机型，高端光伏装备成功获得隆基、爱旭、晶科等多家重要厂商订单，并在通威、尚德等 TOPCon 电池产线上开展应用；半导体领域，公司首套用于 300mm 晶圆的 High-k 栅氧层薄膜沉积的 ALD 设备实现销售，取得国产半导体 ALD 设备在 28nm 集成电路制造关键工艺中的突破。

图 1：公司发展历程



资料来源：微导纳米招股说明书、公司官网、天风证券研究所

薄膜沉积产品立足光伏领域，半导体亦有不俗表现。公司开发出适用于光伏、半导体等应用领域的多款薄膜沉积设备，涵盖 ALD、PEALD 二合一、PECVD 系列产品，技术居于行业领先地位。

(1) 光伏领域：率先将 ALD 应用于光伏电池生产的薄膜沉积环节，获得客户认可。公司通过持续的技术开发和工艺改良，突破了 ALD 技术原有的产能低、成本高等多项产业化运用瓶颈，大幅提升 ALD 设备单位产能。公司产品包括夸父系列 ALD 系统、夸父系列管式 PECVD 系统和祝融系列管式 PEALD 系统，已覆盖通威、隆基、晶澳、阿特斯、天合光能等多家电池片厂商。无锡尚德 2GW TOPCon 电池整线使用公司设备，量产效率高达 25%，ALD 增效作用明显。

公司另一业务是设备改造服务，目前设备改造集中于光伏领域，主要包括：1) 尺寸改造，以适应客户由 158mm、166mm 电池片升级至 182mm、210mm 电池片的生产需求；2) 工艺改造，添加臭氧发生器，将氧源由水蒸气改为臭氧。

表 1：光伏设备用途及产品样图

产品系列	设备类型	镀膜工艺	应用环节	产品样图
------	------	------	------	------

夸父 (KF) 系列 原子层沉积 (ALD) 系统	TALD	Al ₂ O ₃	PERC 电池背面钝化层、 TOPCon 电池正面钝化层	
夸父 (KF) 管式 PECVD 系统	PECVD	SiN _x	PERC 电池减反层、TOPCon 电池背面减反层	
祝融 (ZR) 管式 PEALD 系统	PEALD+ PECVD	Al ₂ O ₃ + SiN _x 二合一 隧穿层+掺杂 多晶硅层 二合一	PERC 电池背面钝化层、 减反层 TOPCon 电池正面钝化层、减 反层 TOPCon 电池隧穿层、 掺杂多晶硅层	
羲和 (XH) 低压 扩散炉	炉管设备	非晶硅晶化及 掺杂、扩散	TOPCon 电池扩散、退火	

资料来源：微导纳米招股说明书、天风证券研究所

(2) 半导体领域：国内少数薄膜沉积企业，突破关键工艺。公司近年发力半导体领域，产品包括凤凰系列、麒麟系列原子层沉积镀膜系统和龙系列真空传输系统，获得国内多家知名半导体公司的商业订单。公司研制出用于 300mm (12 英寸) 晶圆的 High-k 栅氧层薄膜沉积的 ALD 设备，已实现销售并获得重复订单，取得 28nm 节点中国产 ALD 设备从 0 到 1 的突破。

表 2：半导体设备用途及产品样图

产品系列	产品类型	镀膜工艺	应用领域	产业化阶段	产品样图
凤凰(P)系列原子层 沉积镀膜系统	TALD	HfO ₂	逻辑芯片——高 k 栅介质层	产业化应用	
		HfO ₂	存储芯片——高 k 栅电容介质层 (单元和多元掺杂介质层)	产业化验证	
		ZrO ₂			
		La ₂ O ₃			
凤凰(P-Lite)轻型原 子层沉积镀膜系统	TALD	TiO ₂	存储芯片——高 k 栅介质覆盖层	产业化验证	
		TiN	半导体量子器件——超导材料导电层	产业化验证	
	PEALD	Al ₂ O ₃	第三代化合物半导体——钝化层和过渡层	产业化验证	
		AlN			
麒麟(QL)系列原子层 沉积镀膜系统	TALD	Al ₂ O ₃	硅基微型显示芯片——阻水阻氧保护层	产业化验证	
		TiO ₂			

龙(Dragon)系列真空传输空镀膜系统 - 半导体设备晶圆传输平台系统 产业化应用



资料来源：微导纳米招股说明书、天风证券研究所

(3) 柔性电子领域：公司开发的 FlexGuard 系列卷对卷原子层沉积镀膜系统主要在 OLED 等先进显示技术的柔性电子材料上进行真空镀膜，能有效保护 OLED 器件的性能和寿命，已实现产业化应用。

表 3：柔性电子设备用途及产品样图

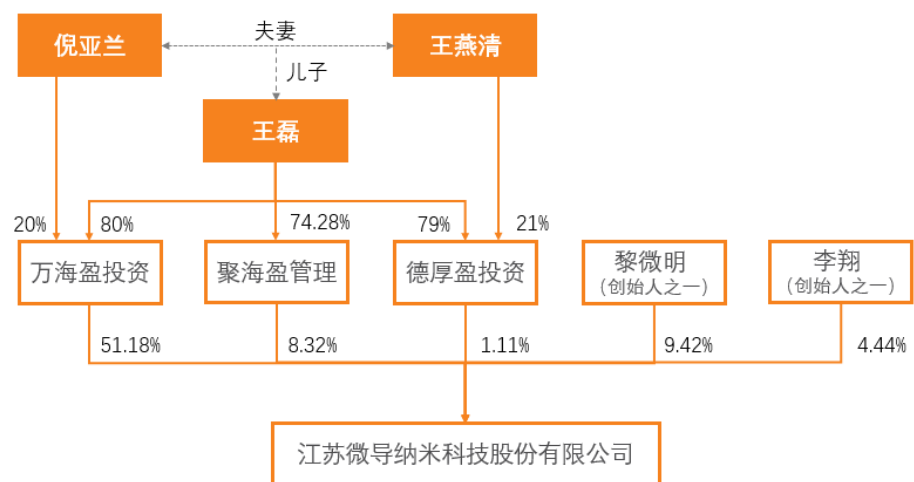
产品系列	设备类型	说明	产品图示
FlexGuard 系列卷对卷原子层沉积镀膜系统	TALD	为 OLED 等柔性电子器件镀膜实现阻水阻氧保护	

资料来源：微导纳米招股说明书、天风证券研究所

1.2. 股权结构稳定，核心技术人员履历丰富

实际控制人王燕清、倪亚兰、王磊合计间接控制微导纳米 60.61%的股份。王燕清、倪亚兰、王磊组成的家族通过万海盈投资、聚海盈管理、德厚盈投资间接控制公司 60.61%的股份，三人为公司的实际控制人，其中倪亚兰担任公司董事，王燕清担任先导智能董事长，王磊担任微导纳米董事长、先导智能董事。核心技术人员黎微明、李翔同为公司创始人，分别持有 9.42%、4.44%的股份，与公司深度绑定。

图 2：公司实控人与创始人持股图



资料来源：微导纳米招股说明书、wind、天风证券研究所（截至 2022 年 12 月 23 日）

核心技术人员富有经验，带领公司开拓技术。董事长王磊毕业于新泽西州立大学计算机和数学专业；首席技术官黎微明拥有 25 年的 ALD 研发经验，副总经理李翔对 ALD 在微纳器件的应用有深刻了解，二人自公司创立起带领团队攻坚克难，实现技术突破；吴兴华、许所昌二人是公司的发展技术所引进的人才，通过持股实现长期激励与绑定。

表 4：核心技术人员履历

姓名	公司职务	主要履历	主要贡献
黎微明	首席技术官 历任董事、副董事长	芬兰赫尔辛基大学无机化学专业博士研究生，拥有 25 年以上原子层沉积 (ALD) 技术的研发和产业化经验，掌握国际领先的原子层沉积技术，是最早开始研究 ALD 技术的华人之一，在国际 ALD 技术领域享有较高声誉，曾于芬兰 ASM 任高级工艺工程师，于芬兰 Silecs 任应用经理，于芬兰 Picosun 任应用总监；在国际主流杂志及专业会议发表论文 50 多篇，承担国内外政府科技项目共 8 项；获 2021 年国家级人才荣誉。	负责产品和技术研发战略规划与方向决策、研发体系搭建、先进设备产品的开发和产业化；主导公司核心项目研发，形成了多个拥有自主知识产权的原子层沉积设备及镀膜技术；指导实现了公司 ALD 技术在光伏领域的产业化，并推广至半导体等其他领域，打破国外垄断；在公司业务、技术领域的拓展、核心技术问题突破以及客户产线验证等方面发挥了领导作用；为公司 48 项授权专利（其中发明专利 9 项）的发明人，39 项在申请发明专利的发明人。
李翔	副总经理， 产业化应用中心、 新材料等事业部 CEO 历任应用总监、 研发部副总经理、 联席首席技术官	新加坡南洋理工大学电气与电子工程专业博士研究生，半导体器件及制造工艺技术专家，曾从事新型半导体器件制造工艺和整合的研发工作，积累了丰富的原子层沉积 ALD 工艺技术研发和量产导入经验，对于 ALD 工艺在微纳器件上的应用有着深刻的理解；曾在新加坡科学技术研究院微电子研究所、Picosun Asia、新加坡格罗方德半导体担任重要职务；在国内外核心期刊发表过 35 篇。	负责开发 ALD 技术的前沿工艺和在多个重点工业领域的产业化应用；指导实现公司在光伏、集成电路、新型存储器等多个领域产业化项目中形成重大技术突破；承担研发团队管理工作，逐步为公司培育出一个以 ALD 工艺、应用和产业化为特色的研发团队；为公司 35 项授权专利(其中发明专利 8 项)的发明人，33 项在申请发明专利的发明人。
许所昌	半导体事业部工艺副 总监 历任研发主管、 研发经理	中国科学院大连化学物理研究所物理化学专业博士研究生，多年半导体行业薄膜工艺研发经历，致力于先进半导体工艺和技术开发；在 28nm 及以下先进制程中原子层沉积技术应用方面积累了大量经验，参与政府科技项目共 4 项。	负责公司半导体事业部工艺部门组建及半导体相关原子层沉积工艺技术攻关和产业化；主导公司首台用于逻辑芯片 28nmHfO ₂ 栅氧原子层沉积工艺开发并通过客户产线验收，打破国外技术垄断，推动先进薄膜沉积技术的发展；为公司 17 项授权专利（其中发明专利 1 项）的发明人，11 项在申请发明专利的发明人。
吴兴华	光伏事业部副总经理	中山大学物理专业硕士研究生，拥有 15 年以上高效率太阳能电池设备与高效电池技术研发经验，曾任中国台湾工业技术研究院高级工程师，长期致力于高效率电池技术开发与产业化研究，在 N 型高效电池制造领域积累了丰富的经验。	负责光伏事业部的业务与产品战略发展规划，推动研发团队进行新型高效电池设备开发与产业化验证；指导打破技术壁垒，形成新型高效电池整体薄膜沉积方案并促成下游企业进行技术升级，带动公司产品和技术发展，提高核心竞争优势；为微纳米 9 项授权专利的发明人，5 项在申请发明专利的发明人。

资料来源：微导纳米招股说明书、天风证券研究所

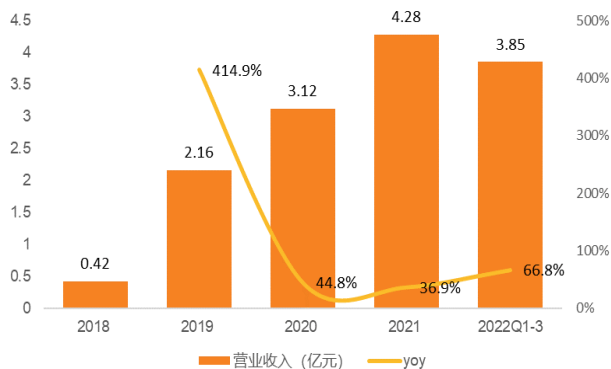
1.3. 公司业绩增长迅猛，产品盈利能力优秀

公司营收同比高增，得益于光伏行业发展带动订单增加。光伏行业近年蓬勃发展，下游电池片厂商大幅扩产，公司 ALD 设备迎合电池片由 P 型至 N 型的发展趋势，逐渐导入龙头厂商。公司 20/21/22Q3 营收分别为 3.12/4.28/3.85 亿元，同比增长 44.8%/36.9%/66.8%，业绩涨势喜人。

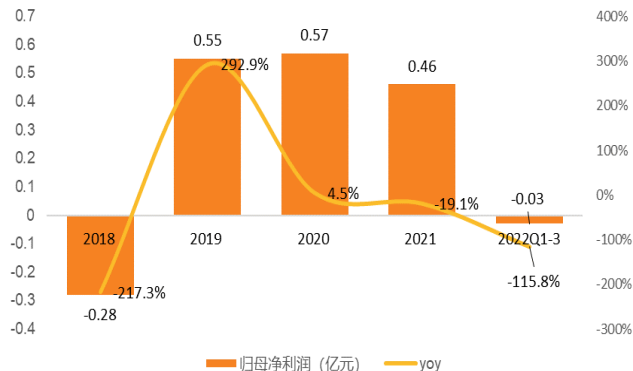
研发投入占比较高，静待盈利能力修复。公司 19/20/21 年归母净利润分别为 0.55/0.57/0.46 亿元，同比+292.9%/+4.5%/-19.1%。公司重视研发投入，攻关半导体领域技术难点，研发费用率有所增加。受疫情影响，2022Q1-3 净利润受损，未来有望修复。

图 3：2018-2022Q1-3 公司营收及增速（亿元，%）

图 4：2018-2022Q1-3 公司归母净利润及增速（亿元，%）



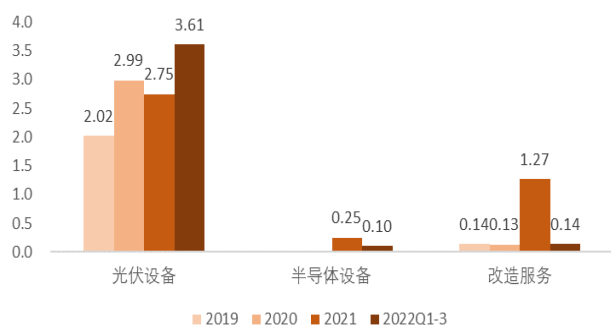
资料来源: wind、天风证券研究所



资料来源: wind、天风证券研究所

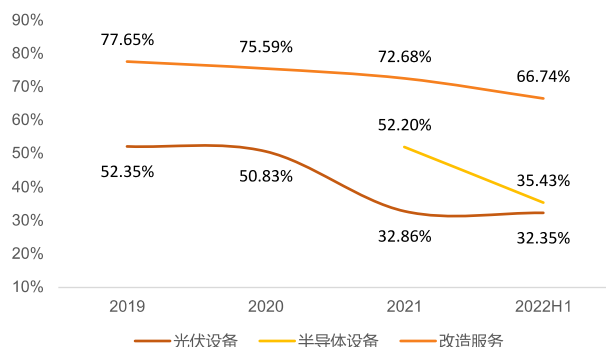
从主营产品拆分, 公司主要产品为光伏领域设备、半导体领域设备及改造服务。1) 营收: 光伏设备为公司贡献主要营收, 2022 年下游厂商扩产拉动设备营收高增; 因电池片有大尺寸趋势, 设备改造需求显现, 助力公司营收。此外, 柔性电子领域 22 年取得收入, 期待未来表现。2) 毛利率: 公司整体毛利率水平高, ALD 设备凭借技术壁垒实现高毛利率, PECVD 设备拉低光伏设备毛利率; 改造服务为客户节省设备更换成本, 毛利率皆维持在 65%及以上。

图 5: 公司各主营业务营收 (单位: 亿元)



资料来源: wind、天风证券研究所

图 6: 公司各主营业务毛利率 (单位: %)



资料来源: wind、天风证券研究所

1.4. 在手订单充足, 未来业绩保证

公司在手订单充足, 高毛利订单优化盈利能力。截至 2022 年 9 月, 公司已取得在手订单 19.75 亿元, 其中专用设备在手订单 18.56 亿元, 已超过 2021 年全年镀膜设备订单数量总和, 覆盖光伏、半导体、柔性电子等多个领域, 为未来业绩提供保证。专用设备在手订单中毛利率较高的 ALD 设备占比 85.66%, 随着未来订单交付并取得客户验收, 公司盈利能力有望进一步提升。

表 5: 正在履行的重大销售合同

序号	合同对方	合同标的	合同金额 (万元, 含税)	签署日期	预计确认收入时间
1	隆基	ALD 设备	6893.00	2019.08.07	2023
2	徐州中辉	背钝化设备、管式 PECVD	4150.00	2019.11.20	2023
3	江苏龙恒	背膜二合一设备、正膜设备	17560.00	2020.06.30	2023
4	-	以订单为准	采购主协议 无具体金额	2020.09.19	2023
5	中科能源	背膜二合一设备、正膜设备	4034.00	2020.09.24	2023
6	-	凤凰系列原子层沉积镀膜系统	2847.60	2020.11.02	2023

7	中弘晶能	PEALD 镀膜系统	3600.00	2020.12.07	2023
8	阿特斯	管式 Al ₂ O ₃ 镀膜设备	4655.00	2020.12.10	2023
9	常州顺风	ALD 钝化设备	2660.00	2020.12.18	2023
10	无锡尚德	管式扩散炉、管式氧化退火炉、PEALD 镀膜系统、PECVD 镀膜系统等	19.950.00	2021.04.06	2023
11	通威	管式扩散炉、PEALD 多晶硅镀膜系统、管式氧化退火炉、全自动 ALD 钝化设备	4659.00	2021.06.26	2023
12	思尔德	卷对卷 ALD 柔性镀膜装备	2250.00	2021.07.23	2023
13	思尔德	卷对卷 ALD 柔性镀膜装备	4500.00	2021.11.18	2023-2024
14	晶科	ALD 钝化设备	6237.00	2021.11.24	2023-2024
15	-	原子层沉积设备	3917.82	2021.12.29	2023-2024
16	-	凤凰系列原子层沉积镀膜系统	2373.00	2021.12.31	2023-2024

2022 年新签订单

17	通威	ALD 钝化设备	4893.00	2022.01.30	2023-2024
18	捷泰	ALD 钝化设备	-	2022.02.18	2023-2024
19	隆基	ALD 钝化设备	-	2022.02.23	2023-2024
20	隆基	ALD 钝化设备	-	2022.03.10	2023-2024
21	爱旭	ALD 钝化设备	-	2022.03.25	2023-2024
22	通威	ALD 设备改造	-	2022.04.12	2023-2024
23	隆基	ALD 钝化设备	-	2022.05.18	2023-2024
24	阿特斯	Al ₂ O ₃ 镀膜设备	-	2022.05.19	2023-2024
25	通威	ALD 设备改造	-	2022.05.26	2023-2024
26	通威	ALD 钝化设备	-	2022.06.17	2023-2025
27	中润	ALD 钝化设备	-	2022.07.08	2023-2025
28	晶科	Al ₂ O ₃ 镀膜设备	-	2022.08.10	2023-2025
29	通威	全自动 ALD 钝化设备	-	2022.08.26	2023-2025
30	新疆合盛	PE-Poly 设备、PE Poly 镀膜机设备、管式 ALD 钝化设备	-	2022.09.06	2023-2025
31	沐邦高科	原子层沉积设备	-	2022.09.06	2023-2025
32	捷泰	ALD 钝化设备	-	2022.09.07	2023-2025

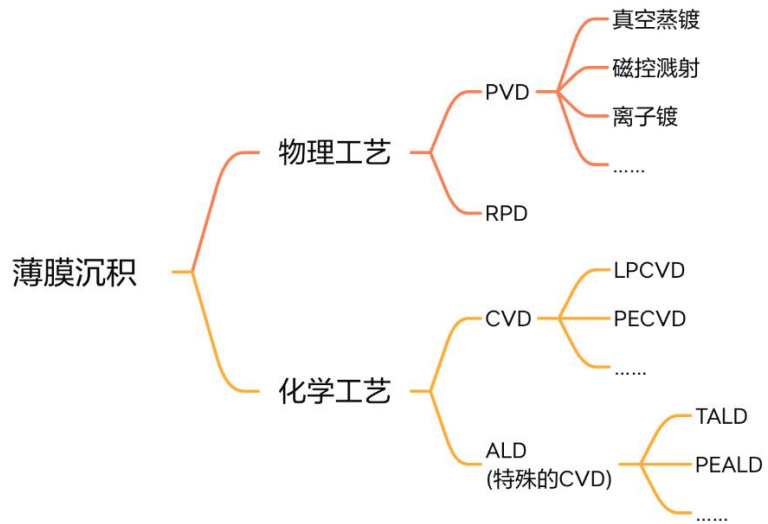
资料来源：微导纳米招股说明书、天风证券研究所（截至 2022 年 11 月 16 日）备注：预计确认收入时间根据已完成订单推测，假设设备改造订单 2 年内可完成，其余订单完成不超过 2.5-3 年

2. Why ALD：精度之王，迎合精细化趋势

2.1. PVD/RPD/CVD/ALD 技术路径各有千秋

薄膜沉积可分为物理与化学反应两大类技术路径，其中仅涉及物理变化的镀膜工艺是 PVD 和 RPD，利用化学反应的镀膜工艺统称为 CVD，ALD 是 CVD 技术之一，但与传统 CVD 技术存在诸多不同。

图 7：薄膜沉积技术路径

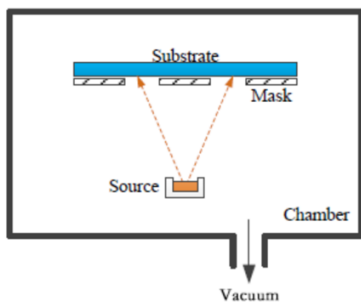


资料来源：微导纳米招股说明书、集成电路材料研究公众号、真空技术与设备网公众号、天风证券研究所

(1) 物理气相沉积(PVD)技术：沉积速度快，溅射损伤基板。 PVD 技术是在真空条件下采用物理方法将材料源表面气化成气态原子或分子，或部分电离成离子，并通过低压气体(或等离子体)过程，在基体表面沉积薄膜。主要分为三类：真空蒸发镀膜、真空溅射镀膜和真空离子镀膜。

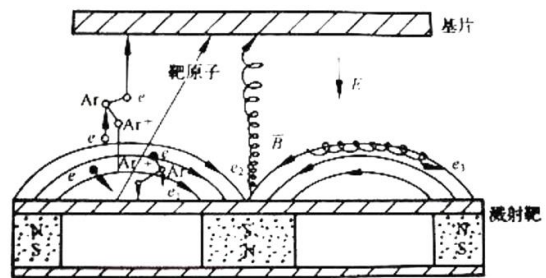
真空蒸镀的原理是在真空条件下，使金属、金属合金或化合物蒸发后沉积在基体表面形成薄膜，膜厚均匀性较差；**磁控溅射**是利用经过加速的高能粒子轰击靶材，使靶材表面的原子脱离晶格逸出沉积在衬底表面发生反应而形成薄膜，其优势在于设备成本较低，成膜均匀性更好，能够满足大规模产业化需求，但由于等离子体中包含大量高能粒子，会对基板表面产生强烈的轰击刻蚀作用。

图 8：蒸发镀膜示意图



资料来源：iVacuum 真空聚焦公众号、天风证券研究所

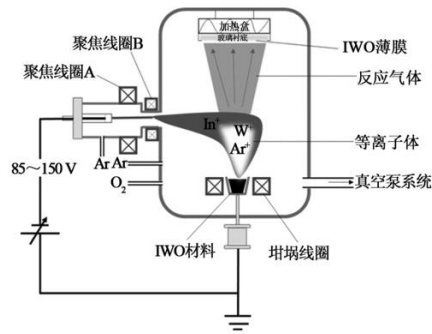
图 9：磁控溅射示意图



资料来源：真空技术与设备网公众号、天风证券研究所

(2) 反应等离子体沉积(RPD)技术：低温工艺，基板损伤小。 RPD 技术是利用等离子体将烧结体进行气化、离解，在衬底上反应成膜。其主要优势包括：1) 对衬底的低轰击损伤，镀膜过程中粒子能量小，几乎不存在高能粒子，避免了损伤衬底表面；2) 可低温获得高质量薄膜。与 PVD 技术相比，RPD 技术制备的 TCO 薄膜结构更加致密、结晶度更高、表面更加光滑、导电性更高、光学透过率更好。

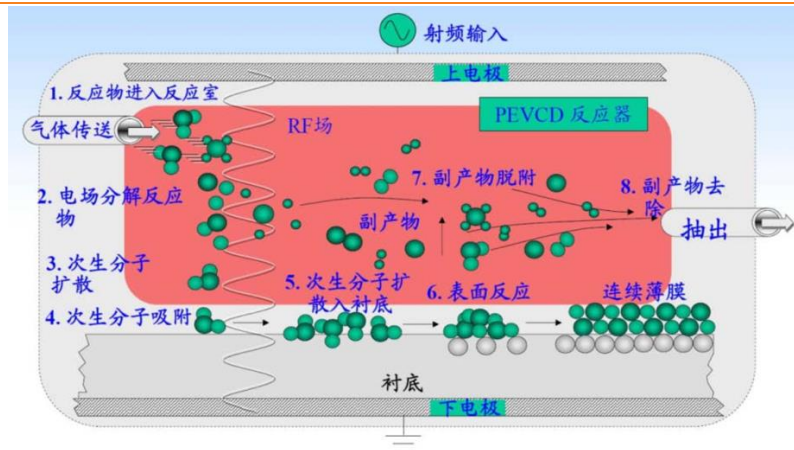
图 10：RPD 装置示意图



资料来源：反应等离子沉积装置的性能研究_杜荣池等、天风证券研究所

(3) 化学气相沉积(CVD)技术：LPCVD 和 PECVD 占据主流，有效提高沉积速度。化学气相沉积(CVD)是通过化学反应的方式，在反应器内使气态或蒸汽状态的化学物质经化学反应形成固态沉积物的技术，根据压力、输入能量等可分为 LPCVD、PECVD、APCVD 等。LPCVD 和 PECVD 通过不同方法加快沉积速度：低气压化学气相沉积(LPCVD)使用较低的工作气压，提高反应气体的扩散速度；等离子体增强化学气相沉积(PECVD)将含有薄膜组成原子的气体电离，在局部形成等离子体，等离子体易发生化学反应。

图 11：PECVD 技术原理

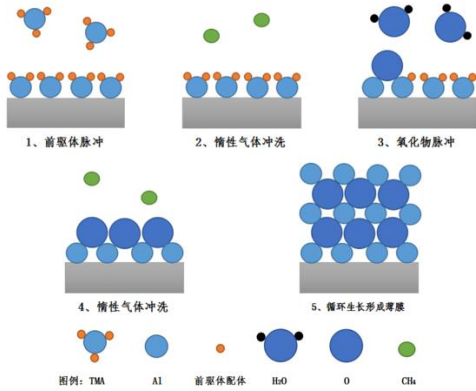


资料来源：等离子体增强化学气相沉积氮化硅薄膜制造过程质量控制方法研究_吴晓松、天风证券研究所

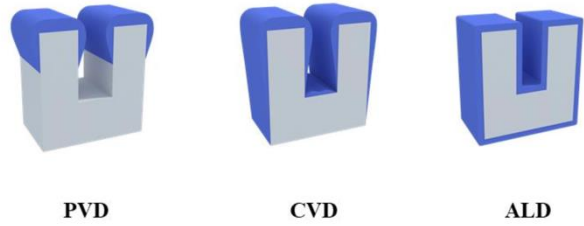
(4) 原子层沉积(ALD)技术：三维共形性好，精度极高。ALD 属于 CVD 技术，但在反应原理、条件要求和沉积层的质量上都与传统 CVD 不同。ALD 技术通过将气相前驱体脉冲交替地通入反应室并在沉积基底上发生表面饱和和化学反应形成薄膜，沉积过程由 A、B 两个半反应分四个基元步骤进行：1) 前驱体 A 脉冲吸附反应；2) 惰气吹扫多余的反应物及副产物；3) 前驱体 B 脉冲吸附反应；4) 惰气吹扫多余的反应物及副产物，依次循环从而实现薄膜在衬底表面逐层生长。经过一个循环工艺，基底表面镀上一层单原子膜，通过增加循环次数，原子层将依次沉积在表面上，形成薄膜。根据原子特性，镀膜 10 次/层约为 1nm。

图 12：ALD 技术原理示意图

图 13：PVD、CVD、ALD 薄膜沉积效果示意图



资料来源：微导纳米招股说明书、天风证券研究所

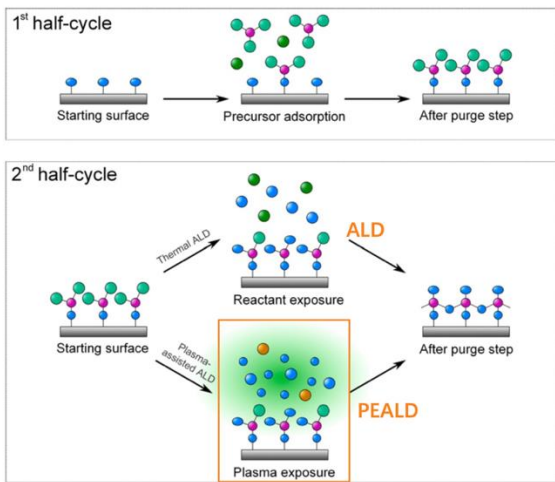


资料来源：微导纳米招股说明书、天风证券研究所

由于 ALD 技术表面化学反应具有自限性，因此拥有多项独特的薄膜沉积特性：1) 三维共形性，广泛适用于不同形状的基底；2) 大面积成膜的均匀性，且致密、无针孔；3) 可实现亚纳米级的薄膜厚度控制；4) 无需精确的剂量控制和操作人员的持续介入。此外，ALD 沉积薄膜的温度窗口宽，反应对生长温度并不敏感，因此能适应不同温度环境下的薄膜制备。

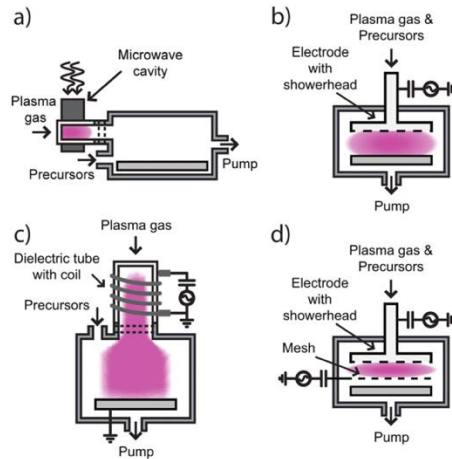
等离子体增强原子层沉积(PEALD)：加快沉积速率，拓宽应用领域。与 PECVD 类似，PEALD 采用了含有高活性粒子的等离子体与吸附于衬底表面的前驱体反应，大幅提升沉积速率和薄膜质量。采用 PEALD 能拓宽前驱体种类和 ALD 温度窗口，使得温度敏感型衬底表面的沉积以及需要高温活化的前驱体物质的沉积成为可能，拓宽原子层沉积的应用领域。

图 14：PEALD 与 ALD 工艺区别



资料来源：Plasma-assisted atomic layer deposition: Basics, opportunities, and challenges_H. B. Profijt et al.、天风证券研究所

图 15：多种 PEALD 设备结构图



资料来源：Plasma-assisted atomic layer deposition: Basics, opportunities, and challenges_H. B. Profijt et al.、天风证券研究所

2.2. 四大技术路径对比：ALD 三维共形性与精度独树一帜

综合比较 PVD/RPD/CVD/ALD 技术，PVD 优势在于沉积速率快、无绕镀问题，但难以胜任复杂立体结构的镀膜，在电池片中使用磁控溅射可能损伤衬底，从而影响转化效率，而 RPD 相比于 PVD 能有效降低衬底损伤。在 CVD 技术中，LPCVD 因产量高和致密度高受到部分厂家青睐，但绕镀和石英管损耗不可忽视。PECVD 和 ALD 技术绕镀问题轻，但 PECVD 又存在爆膜和粉尘问题。

ALD 原子逐层沉积，精度显著高于其他技术。ALD 技术特点在于精细度高、均匀性强、三维共形性，无论基底材料是多孔、管状、或具有复杂结构，ALD 都能均匀致密地完成镀膜。虽然其沉积速率较慢，但厂商已突破量产问题，微导的 ALD 沉积设备镀膜速率达到 15000 片/小时。

表 6：PVD/RPD/CVD/ALD 技术比较

	PVD	RPD	LPCVD	PECVD	ALD
沉积速率	较快， 溅射镀膜： 10-500nm/min	-	较慢， 13-15nm/min	较快， 快于 LPCVD	最慢， 几纳米/min
碎片率	<0.05%	≤0.05%	≤0.03%	<0.25%	≤0.03%
产能	20210416 红太阳： 异质结 8000 片/h	20221226 捷佳伟创： 异质结 5500 片/h	20220806 拉普拉斯 TOPCon 6000 片/h	20221226 迈为异质结 14400@G12 半片 18000@M10 半片	20221226 微导纳米 TOPCon 15000 片/h
膜厚均匀度	一般	较好， ≤5%	较好 ≤3%	较好 ≤6%	最好 ≤3%
阶梯覆盖能力	一般	较好	较好	较好	最好
绕镀问题	无绕镀	-	绕镀较严重	有绕镀，可清洗	绕镀较少
工作温度	基片低温	低温	高温	低温	低温
总结-优势	沉积速度快， 无绕镀	低温，对衬底损伤低	致密度高，产量高	低温， 沉积速度快	均匀性强，精细度高， 无需控制反应物流量 均匀性，可低温
总结-劣势	均匀性不佳， 沟槽沉积效果不佳，磁 控溅射损伤衬底	设备成本较高	石英件沉积严重，绕镀 问题，高温	膜层致密性低， 气泡问题可能爆膜， 粉尘问题	沉积速率较慢
相关公司	应用材料 北方华创 中来（江苏杰太） 迈为股份 钧石能源 合肥科晶等	日本住友 捷佳伟创 精曜科技	TEL 拉普拉斯 捷佳伟创 北方华创 湖南红太阳 合肥科晶 无锡松煜等	梅耶博格 Lam 捷佳伟创 迈为股份 拓荆科技 北方华创 微导纳米 金辰股份 钧石能源等	TEL、ASM 微导纳米 拓荆科技 无锡松煜 理想晶延 湖南红太阳 众能光电 原速科技 北方华创等

资料来源：研之成理公众号、全球光伏公众号、纳米防水网、辽宁科技大学表面工程研究所公众号、拉普拉斯装备公众号、各公司官网等、天风证券研究所
注：捷佳伟创、迈为股份设备产能来源官网，微导纳米设备产能来源招股说明书，截至 2022 年 12 月 26 日

物理沉积与化学沉积的主要区别在于：化学沉积的致密性与均匀性更优，精细度高，更适合沉积复杂结构；物理沉积适合平面结构，镀要求较低的膜层。**落实到产业应用：**化学沉积中 LPCVD 在光伏领域应用较多，而 PECVD 在半导体领域应用较多，最为精细的 ALD 技术在解决量产瓶颈后逐渐导入光伏和半导体市场。物理沉积中 PVD 与现阶段光伏产业技术需求不完全匹配，目前应用较少，在半导体的部分生产流程中广泛应用。

表 7：PVD/RPD/CVD/ALD 产业化进展

	PVD	RPD	LPCVD	PECVD	ALD
光伏	现阶段使用企业少	现阶段使用企业少	基础工艺成熟， 主流方法之一	基础工艺成熟， 渗透率逐渐提升	逐渐导入市场
半导体	工艺成熟，广泛应用	-	工艺较成熟， 市占率小于 PECVD	工艺成熟，广泛运用	随着国内制程进步 逐渐导入市场

资料来源：中商情报网、集成电路材料研究公众号、天风证券研究所

2.3. ALD 在超薄与复杂结构中体现不可替代性

(1) 光伏领域：技术路径的选择最终归于平衡降本增效。降本增效是光伏行业的永恒主题，对于镀膜工艺与设备，降本表现在设备产能、沉积速率、设备投资额等，增效表现在薄膜致密度、均匀性等。现阶段产业化进展可验证这一选择逻辑：PVD 溅射虽然沉积速率快，但可能有损转化效率，降本与增效不均衡；RPD 由日本住友授权捷佳伟创独家销售，无法形成有效竞争，市场较小，因此 PVD 与 RPD 应用较少。LPCVD 与 PECVD 是降本与增效的平衡之选，兼顾沉积速率与薄膜质量。

ALD “慢工出细活”，在超薄膜层如鱼得水。ALD 的短板在于沉积速率慢，在 PERC 电池时期未成为主流工艺，但在 TOPCon 电池规划与投产中获得一席之地。TOPCon 电池需在绒面上沉积厚度约为 10nm 的氧化铝，使用 ALD 沉积的钝化效果优于 PECVD，助力转化效率提升。TOPCon 电池的隧穿氧化层厚度仅为 1-2nm，CVD 的沉积速率优势不显著，ALD 的致密与均匀性优势凸显，因此能顺利导入 TOPCon 产线。对于较厚膜层（如厚约 150nm 的多晶硅层），厂商可能选择 CVD 技术；但对于超薄膜层（如隧穿氧化层与钝化层），ALD 尽显优势。随着电池由 P 型转向 N 型，ALD 技术渗透率有望随之提升。

表 8：PVD/RPD/CVD/ALD 在太阳能电池中的应用

	PVD	RPD	LPCVD	PECVD	ALD
PERC	-	-	-	氧化铝钝化层， 氮化硅减反层	氧化铝钝化层
TOPCon	多晶硅层（中来）	-	隧穿氧化层+本征非晶 硅层（主流）	氮化硅减反层， 氧化铝钝化层 隧穿氧化层+多晶硅	氧化铝钝化层（主流）， 隧穿氧化层
HJT	TCO（磁控溅射）	TCO（捷佳伟创）	-	本征和掺杂非晶硅膜/ 微晶硅膜（主流）	TCO（研发中）
钙钛矿	TCO、电子传输层、钙 钛矿层、空穴传输层、 背电极（研发中）	TCO（捷佳伟创）	钙钛矿层（研发中）		钝化保护层（研发中） 电子传输层（研发中） 空穴传输层（研发中）

资料来源：微导纳米招股说明书、拉普拉斯官网、捷佳伟创官网、迈为股份官网、PV-Tech、索比光伏网等、天风证券研究所

(2) 半导体领域：在制程缩小趋势下，ALD 必不可少。在半导体制程进入 28nm 后，由于器件结构不断缩小且更为 3D 立体化，生产过程中需要实现厚度更薄的膜层，以及在更为立体的器件表面均匀镀膜。如从平面器件转到 FinFET 器件后，FinFET 中的薄栅极侧壁间隔物必须以极其均匀的厚度形成且没有针孔；3D NAND 存储器件中的三维结构需要高度的工艺可变速性控制；晶圆制造进入 45nm 制程后需要厚度小于 10nm 的高 k 栅介质层。ALD 凭借优异的三维共形性、大面积成膜的均匀性和精确的膜厚控制等特点，技术优势愈加明显，成为难以替代的核心设备。

表 9：PVD/RPD/CVD/ALD 在半导体中的应用

PVD	LPCVD	PECVD	ALD
柔性电子金属化、触控面板透明电极	柔性电子介质层、封装层		柔性电子介质层、封装层
半导体金属化	半导体介质层（低介电常数）、封装层		半导体高 k 介质层、金属栅极、 金属互联阻挡层、多重曝光技术等

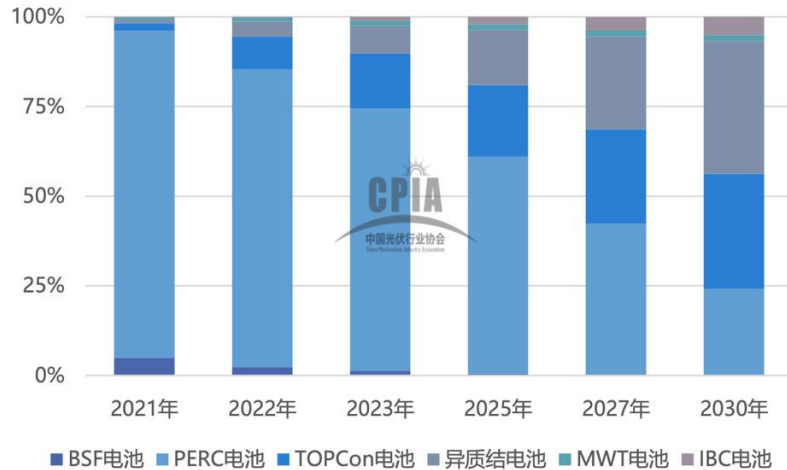
资料来源：微导纳米招股说明书、天风证券研究所

3. 光伏领域：高效电池未来已来，公司设备有望乘风而起

3.1. N 型电池扩产潮打开增长天花板，设备市场空间破百亿

N 型技术转化效率极限高，综合性能优，渗透率不断提升。当前 P 型电池的效率已逼近上限，技术迭代需求强烈，后续技术包括 TOPCon、HJT、XBC、钙钛矿等。据 ISFH 研究，PERC/TOPCon(双面)/HJT 电池理论效率极限为 24.5%/28.7%/27.5%，N 型电池理论效率极限高于 P 型电池，TOPCon 与 HJT 技术提效潜力大。性能上，N 型电池少子寿命更长，开路电压高；解决光致衰减问题，稳定性好；双面率高，发电量大；温度系数低，更耐高温，综合性能强于 P 型电池。因此电池片厂家纷纷布局 N 型电池生产线，行业目前处于 P 型电池向 N 型电池的升级迭代，据 SMM 统计目前 N 型规划产能超 300GW，预计 22 年底共有 88.2GW 建成。

图 16：2021-2030E 不同电池技术市场占比变化趋势



资料来源：CPIA、天风证券研究所 备注：图为 CPIA 于 2021 年的预测，2022 年及以后为预测值

对公司产品线所在市场进行测算，预计 23 年市场空间可突破百亿元。其中测算的 TOPCon 与 XBC 设备市场包括 ALD、PECVD 和扩散与退火设备，HJT 与钙钛矿设备市场包括 PECVD 和 ALD 设备。

预测假设：

1) 单 GW 投资额随产业发展有下降趋势，假设 TOPCon 单 GW 投资额逐年下降 0.1 亿至于 PERC 持平；HJT 与 XBC 单 GW 投资额下降空间较大，假设逐年下降 10%；钙钛矿投资额下降空间更大，假设投资额加速下降；

2) 据微导纳米招股说明书，公司设备在 TOPCon 产线中价值量占比 33%-39.12%，取中值 36.1%；HJT 产线中非晶硅沉积所用 PECVD 设备价值占比 50%，ALD 技术有望应用于价值占比 25%的 TCO 层沉积，因技术目前尚处于实验室阶段，下调占比至 5-10%，假设 23-24 年逐步导入市场；XBC 生产工序与 TOPCon 相近，假设占比 40%；钙钛矿电池中 PVD 为主流技术，先下调 PECVD 与 ALD 的价值占比，再假设渗透率略有提升。

表 10：TOPCon 与 HJT 领域公司涉及设备市场空间测算

	2021	2022E	2023E	2024E	2025E
TOPCon 电池					
TOPCon 产能 (GW)	10	74	149	224	260
TOPCon 当年新增产能 (GW)		64	75	75	36
单 GW 设备投资额 (亿)		2.1	2	1.9	1.9
公司涉及设备占比		36.1%	36.1%	36.1%	36.1%
TOPCon 公司涉及设备投资额(亿)		48.5	54.1	51.4	24.7
HJT 电池					
HJT 产能 (GW)	6	14	39	69	90

HJT 当年新增产能 (GW)	8	25	30	21
单 GW 设备投资额 (亿)	4.0	3.6	3.2	2.9
PECVD+ALD 设备占比	50%	55%	60%	60%
HJT PECVD+ALD 设备投资额 (亿)	16.0	49.5	58.3	36.7
XBC 电池				
XBC 产能 (GW)	22	55	87	130
XBC 当年新增产能 (GW)	22	33	32	43
单 GW 设备投资额 (亿)	3.0	2.7	2.4	2.2
公司设备占比	40%	40%	40%	40%
XBC 公司涉及设备投资额 (亿)	26.4	35.1	31.1	37.6
钙钛矿电池				
钙钛矿产能 (GW)	0.9	4.5	8.4	15.4
钙钛矿当年新增产能 (GW)	0.9	3.6	3.9	7.0
单 GW 设备投资额 (亿)	15.0	12.0	10.0	8.5
PECVD+ALD 设备占比	15%	20%	20%	20%
钙钛矿公司涉及设备投资额 (亿)	2.0	8.6	7.9	11.9
公司设备市场空间 (亿)	92.8	147.3	148.7	110.9

资料来源：PV Infolink、微导纳米招股说明书、爱旭股份公司公告、CPIA 等、天风证券研究所

下游技术选择转向 ALD，重要性不言而喻：1) 从技术效果看，ALD 的成膜质量优于其他技术，其中在 TOPCon 电池镀氧化铝环节，ALD 的膜层质量、TMA 前驱体耗量和开机率均优于 CVD。

2) 从产业变化看，PERC 电池时期镀氧化铝常用 PECVD 技术，而产业转向 TOPCon 电池时 ALD 一跃成为镀氧化铝的主流技术。随着 TOPCon 电池的市场占比扩大、PERC 电池占比减小，ALD 市场将逐渐广阔。在未来的钙钛矿电池领域，ALD 技术也占有一席之地，数家 ALD 设备企业已与下游签订多个订单。

3.2. TOPCon 电池带来较大业绩弹性，近 20 亿在手订单远超往年

与 PERC 电池相比，TOPCon 电池的结构变化：TOPCon 电池增加了超薄隧穿氧化硅层和掺杂多晶硅层，其中隧穿氧化层厚度仅为 1-2nm，ALD 沉积效果佳；多晶硅层厚度约 150nm，可使用 PECVD 技术。此外，TOPCon 电池正面制绒后需要镀 10nm 的氧化铝，为薄膜沉积工艺提出更高要求，ALD 钝化效果优于 PECVD。

公司设备价值量在 TOPCon 产线建设占比增长。公司祝融系列 PEALD+PECVD 二合一产品迎合 TOPCon 产线需求，将隧穿氧化层+多晶硅层沉积合为一台设备，氧化铝钝化层+氮化硅层也可合为一台设备，提升薄膜质量从而提供更好的钝化效果，并且有效降低客户单位产能的设备投资成本。公司另开发出羲和系列低压扩散炉，应用于 TOPCon 生产工序中的扩散和退火环节，扩大产品覆盖面。公司产品矩阵在 PERC 产线建设中投资占比 24.71%-26.73%，在 TOPCon 产线建设中的投资比重上升至 33%-39.12%。

图 17：PERC 与 TOPCon 电池工艺流程及对应公司设备



资料来源：微导纳米招股说明书、天风证券研究所

整线转化效率实现突破，验证 ALD 技术先进性。2021 年 4 月，公司与尚德电力就 2GW TOPCon 整线项目签订合作协议，打造全球首条 GW 级以 ALD 技术为核心的 TOPCon 整线。公司提出“九大步骤、四大类设备”方案，将 ALD 设备和 PEALD 二合一设备应用于该生产条线。22 年 10 月，该整线 TOPCon 电池量产效率突破 25%，位居行业前列。这一转化效率是公司设备优良的有力证明，未来公司有望签订更多整线项目。

在手订单充裕，客户资源优质。截止 22 年 9 月，公司专用设备在手订单 18.56 亿元，根据公司披露的重大销售合同，推算出 TOPCon 电池领域公司设备在手订单约 17 亿元，2022 年新签设备订单约 12 亿元，客户包括通威、隆基、晶科、爱旭、阿特斯、天合等多个龙头电池片厂商。

TOPCon 领域 ALD 设备企业少，公司独占鳌头。在国内 TOPCon 电池领域，公司 ALD 设备的竞争对手主要为无锡松煜和理想晶延，二者皆未上市，在 TOPCon 领域中同样提供 ALD 设备、PECVD 镀膜设备、扩散设备等，业务范围涵盖光伏、半导体等领域。在高效电池领域，公司的 ALD 设备市占率高达 70%-80%，在其同类产品中市场占有率稳居全球第一梯队。

表 11：TOPCon 电池领域 ALD 设备厂商

公司名称	公司简介	公司近况
微导纳米	公司以原子层沉积(ALD)技术为核心，在光伏领域，公司产品率先用于光伏电池片生产过程中的薄膜沉积环节；在半导体领域，公司已先后获得国内多家知名半导体公司的商业订单，实现了国产 ALD 设备在 28nm 集成电路制造关键工艺(高介电常数栅氧层材料沉积环节)中的突破。	
无锡松煜 (未上市)	成立于 2017 年 12 月，主要产品包括：ALD，PECVD，LPCVD，扩散炉，氧化炉等真空热工设备，可广泛用于半导体集成电路、焊接封装、光伏电池制造及其他新能源、新材料等领域。提供 TOPCon 产线设备包括：硼磷共扩炉、磷/退火共扩炉、LPCVD、PECVD(多晶硅三合一)、ALD 管式原子层沉积氧化铝、PECVD(SiN _x 、SiON)等。	无锡松煜科技有限公司于 2022 年 9 月公布其先后签订了近 4 亿 TOPCon 设备订单，包含 ALD、硼扩、退火、LPCVD、PECVD 等设备。其中 ALD 原子层沉积设备实现公司有史以来 100GW 订单突破。
理想晶延 (未上市)	成立于 2013 年 5 月，是一家以化学气相沉积技术为核心，覆盖半导体及泛半导体领域的高端设备供应商，提供 TOPCon 产线包括：ALD 设备、管式 PECVD 镀膜设备、PE-Poly Si 设备、低压扩散设备等。	20220621：公司 2022 年订单量超过 2021 年全年总量。 20220905：理想晶延半导体设备项目正式签约落

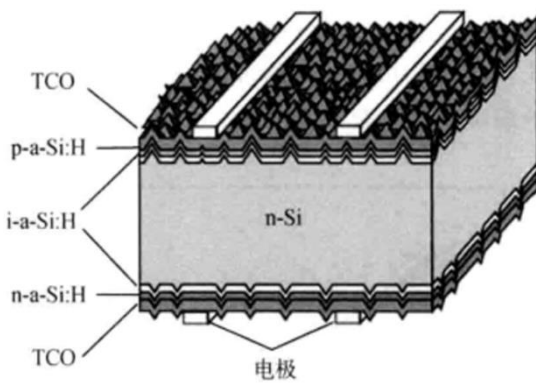
户海宁经济开发区。

资料来源：微导纳米招股说明书、各公司官网、无锡松煜官方公众号、艾邦半导体网、上海市松江人民政府网、天风证券研究所

3.3. 探索 HJT/钙钛矿领域，远期想象空间广阔

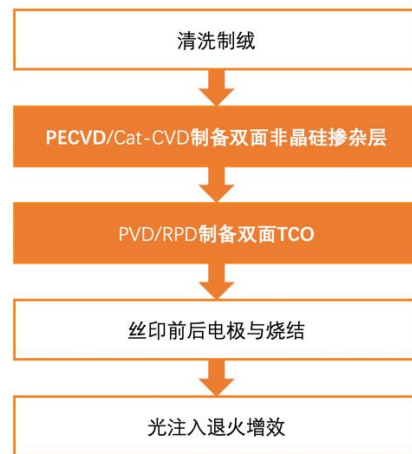
PECVD 设备在 HJT 产线投资占比高达 50%，ALD 技术有应用可能。HJT 电池结构简单、生产工序少，但因成本高于 TOPCon 未能在现阶段流行。在 HJT 的制备流程中，双面非晶硅掺杂层主要使用 PECVD 或 Cat-CVD 技术，这一环节在 HJT 产线投资中占比高达 50%，对应公司夸父系列 PECVD 设备。制备透明导电薄膜 ITO/TCO 层的主流技术是 PVD，另有日本住友授权捷佳伟创的 RPD 技术成功导入下游，ALD 技术也可应用于这一膜层，尚处于研发阶段，期待进一步应用，该环节在 HJT 产线投资占比 25%。HJT 降本潜力大，随着 HJT 生产工艺优化、规模效应显现，或有更多电池厂商转向 HJT 产线。

图 18：异质结电池结构示意图



资料来源：美能光伏公众号、天风证券研究所

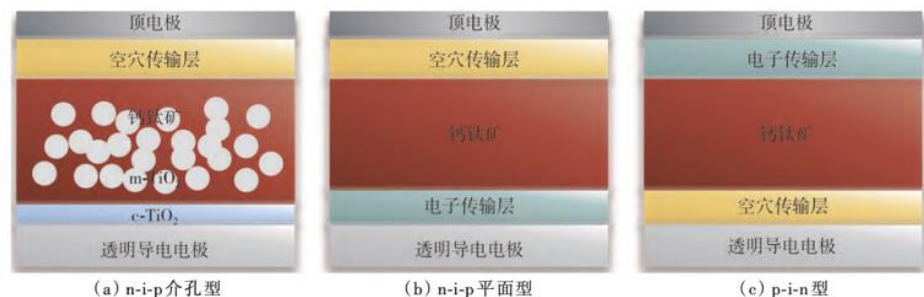
图 19：异质结电池生产工序



资料来源：中国光伏行业协会 CPIA 公众号、天风证券研究所

钙钛矿电池结构包括：透明导电电极(TCO)、电子传输层(ETL)、钙钛矿层、空穴传输层(HTL)与背电极。其中 TCO 透光并收集电荷；电子传输层传输钙钛矿中的光生电子，并阻挡空穴传输；空穴传输层应具有较高的空穴迁移率；钙钛矿吸收层应具有吸收光谱宽、薄膜质量高、载流子传输能力强等优势；背电极应具有高稳定性。

图 20：钙钛矿电池结构示意图



资料来源：钙钛矿太阳能电池及其空穴传输研究综述_王茹等、天风证券研究所

钙钛矿电池中 PVD 技术应用广泛，ALD 亦有作用价值。在钙钛矿电池制备流程中，PVD 技术可应用于大部分工序，ALD 技术也存在应用空间。钙钛矿结构中电子传输层和空穴传输层厚度小于 50nm，并且对膜层致密性和均匀性要求高，适合使用 ALD 技术。除此以外，

有实验室将 ALD 技术应用于 TCO 层和 TiO₂ 钝化层。

新兴 ALD 设备商林立，已导入下游市场。在钙钛矿领域，国内 ALD 设备的竞争对手包括湖南红太阳、理想晶延、众能光电与原速科技，四家企业的 ALD 设备皆已实现交付，其中理想晶延与公司定位相似，皆为 TOPCon 电池产线的 ALD 设备生产商。另有下游钙钛矿组件商纤纳光电曾研发出 ALD 设备，可能将该设备应用于产线中。上述五家企业皆未上市，微导纳米与之相比更为成熟，并且在 ALD 领域有深厚技术积淀，进入钙钛矿设备市场有望与其他企业一较高下。综合而言，ALD 技术在钙钛矿已实现产业化应用，未来钙钛矿或为公司带来营收动力。

表 12：钙钛矿电池领域 ALD 设备竞争对手

公司类型	公司名称	公司简介	钙钛矿领域动态
设备商	湖南红太阳	成立于 2009 年 6 月，隶属于中国电子科技集团有限公司，是国内最早的光伏装备研制生产单位，先后推出第一台国产多晶硅铸锭炉、软着陆扩散炉、管式 PECVD、等离子体刻蚀机等专业装备，具备为行业量身定制高效电池+智能制造集成方案和整线交钥匙工程的能力。	20220725：湖南红太阳的首台钙钛矿电池用 PVD 及 ALD 镀膜设备发货，成功中标龙头客户钙钛矿电池项目，多家一线光伏企业和科研院所项目正在洽谈中。
	理想晶延	成立于 2013 年 5 月，是一家以化学气相沉积技术为核心，覆盖半导体及泛半导体领域的高端设备供应商，提供 TOPCon 产线包括：ALD 设备、管式 PECVD 镀膜设备、PE-Poly Si 设备、低压扩散设备等。	202212：公司 2021 年起积极开展钙钛矿电池镀膜设备的研制，且在 2022 年 12 月公开信息中表示：ALD 工艺沉积 SnO ₂ 薄膜已有成熟客户应用案例，目前研发机台已顺利出货，中试机型也获得多家行业一线电池生产商订单。
	众能光电	成立于 2015 年 8 月，专注新型光伏技术和相关装备的研发和产业化。公司掌握了钙钛矿光伏 MW 级和 GW 级量产装备技术，曾是国际首条 kW 级钙钛矿光伏电池组件生产线供应者。从公司产线设备下线的钙钛矿器件曾多次刷新大尺寸钙钛矿光伏电池器件认证记录。	20221105：公司目前已经完成平米级大面积产业化 2 项，3 个平米级产业化项目正在交付中，已与国内大型央企/民营企业和知名高校科研机构累计完成近 200 个单体工艺设备交付，包括涂布机、刮涂机、激光刻蚀机、PVD 和 ALD 等。
	原速科技	成立于 2017 年 8 月，是一家专注于原子层沉积系统设计、工艺研发及技术咨询的企业，为新能源、柔性显示、光学镀膜、生物医疗、催化、纳米技术等领域的薄膜研发和生产提供优质的技术服务和一体化解决方案。产品包括智能化 ALD 材料研发系统、工业级 ALD 量产装备以及新材料开发与代工。	20221202：原速公司在钙钛矿电子传输层、空穴传输层、钝化层、封装阻水层等领域取得突破性进展，形成了服务于钙钛矿电池研发、中试、100MW 级量产的产线 ALD 技术解决方案。公司自主开发的 Exploiter 原子层沉积系统已批量交付于钙钛矿领域内诸多客户 ，被广泛地应用于钙钛矿材料的研发。
组件商	纤纳光电	成立于 2015 年 7 月，创立初期以钙钛矿新材料研发、钙钛矿电池效率提升为研究重点，后围绕着钙钛矿批量生产、组件稳定性等商业化核心展开探索，建有国内首个钙钛矿生产基地，是首个完成钙钛矿组件规模出货的企业。自 2017 年第一次刷新钙钛矿小组件世界最高效率后不断突破，目前已 7 次刷新钙钛矿组件转换效率世界纪录。	20201231：申请“一种原子层沉积设备”实用新型专利，20210827 公开，公开号 CN214060636U。 20220728：公司的全球首款钙钛矿量产商用组件出货，发货数量 5000 片。 20220923：公司钙钛矿太阳能小组件在稳态连续输出下的效率提升至 21.8%，@19.35cm ² 。

资料来源：各公司官网、理想晶延 HR 公众号、企查查、全球光伏公众号等、天风证券研究所

4. 半导体领域：国产 ALD 拓荒者，期待拓展多样应用

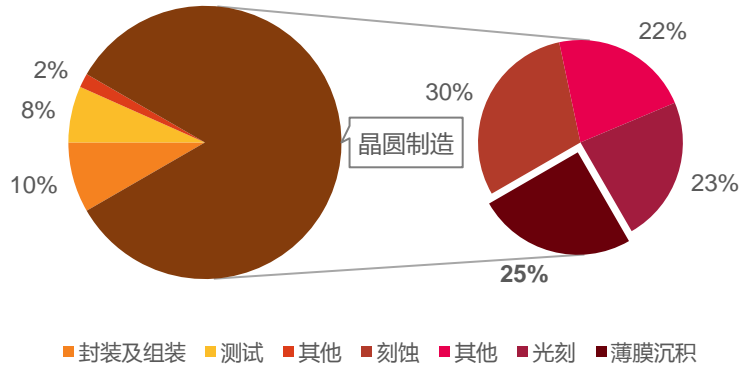
4.1. 半导体市场空间大，国产替代未来可期

4.1.1. 薄膜沉积作用重大，ALD 市场空间可观

薄膜沉积设备在前道工艺中占比逾 20%。光刻、刻蚀和薄膜沉积是集成电路前道生产工艺中最重要的三种设备，据 SEMI 统计，薄膜沉积设备投资规模占晶圆制造设备总投资的 25%。薄膜沉积在 IC 生产流程中举足轻重，并且随着工艺不断精进，对成膜要求更高，薄膜沉积

环节重要性将不断凸显。

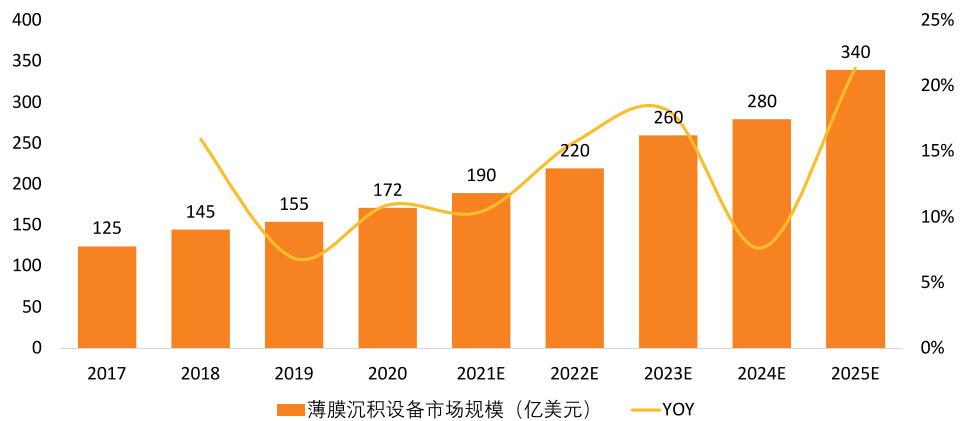
图 21: 半导体设备投资占比



资料来源: SEMI、拓荆科技招股说明书、天风证券研究所

全球半导体薄膜沉积设备市场规模维持高增长态势。据 Maximize Market Research 数据,全球半导体薄膜沉积设备市场规模从 2017 年的 125 亿美元已扩大至 2020 年的 172 亿美元,年复合增长率为 11.2%, 预计至 2025 年市场规模可达 340 亿美元。

图 22: 全球半导体薄膜沉积设备市场规模 (亿美元)



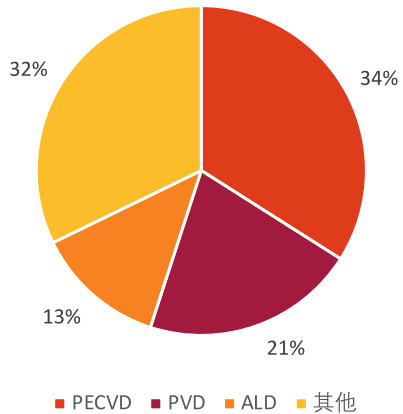
资料来源: 微导纳米招股说明书、Maximize Market Research、天风证券研究所

国内薄膜沉积设备需求高增: 1) 国内产线建设拉动设备需求, 长江存储、上海积塔、中芯国际、华虹、士兰微、合肥晶合等国内晶圆厂在新增产能建设过程中积极导入国产设备; 2) 制程升级带动薄膜沉积设备用量提升。以中芯国际为例, 一条 1 万片产能的 180nm8 寸晶圆产线 CVD 和 PVD 设备用量平均约为 9.9 台和 4.8 台, 而一条 1 万片 90nm12 寸晶圆产线 CVD 和 PVD 设备用量分别可达 42 台和 24 台。

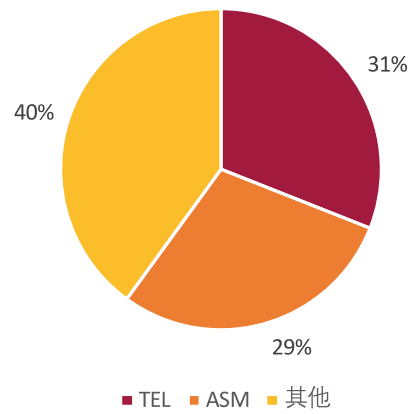
作为薄膜沉积中先进技术应用代表, ALD 设备市场占比提升。根据 Gartner, 全球半导体薄膜沉积设备中 PECVD/PVD/ALD 设备的市场规模占比在 2019 年分别为 33%/23%/11%, 在 2020 年占比为 34%/21%/12.8%, ALD 设备的市场占比有所提升。据中国台湾工业技术研究院, 2020-2025 年 CVD/PVD/ALD 的 CAGR 分别为 8.5%/8.9%/26.3%, ALD 市场增长迅猛。

图 23: 2020 年半导体薄膜沉积设备市场占比

图 24: 2019 年全球 ALD 设备市场占比



资料来源：Gartner、微导纳米招股说明书、天风证券研究所



资料来源：前瞻产业研究院、天风证券研究所

ALD 设备由国外厂商主导市场，国产化率低。在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。荷兰先晶半导体（ASM）、日本东京电子（TEL）是 ALD 设备行业的双巨头，两者的全球市场占有率合计高达 60%，美国泛林（Lam）、应用材料（AMAT）等国际半导体设备厂商的产品线也涵盖 ALD 设备。

表 13：半导体领域 ALD 海外领先厂商

企业名称	总部	成立时间	产品简介
ASM	荷兰	1968 年	产品涵盖晶圆加工技术的重要方面，包括光刻、沉积、离子注入和单晶圆外延。近年来，该公司将 ALD 和 PEALD 技术引入先进制造商的主流生产。
TEL	日本	1963 年	日本最大的半导体成膜、刻蚀设备公司，产品线中包含 ALD 设备。
Lam	美国	1980 年	公司产品线涵盖薄膜沉积、刻蚀、剥离和清洗等多个类型。
AMAT	美国	1967 年	产品横跨 ALD、CVD、PVD、刻蚀、CMP、RTP 等除光刻机外的几乎所有半导体设备。

资料来源：微导纳米招股说明书、天风证券研究所

4.1.2. 国内半导体厂商雄起，产品性能比肩国际厂商

国家助力半导体产业发展，本土设备厂商迎来发展机遇。《中国制造 2025》对于半导体设备国产化提出明确要求，在 2025 年前 20-14nm 工艺设备国产化率需达到 30%。我国先后设立国家重大专项和国家集成电路基金，国家集成电路基金首期募资 1,387 亿元，二期募资超 2,000 亿元。随着国家鼓励类产业政策和产业投资基金不断落实与实施，国内涌现出一批半导体厂商，在薄膜沉积领域，国内竞争厂商主要有北方华创、拓荆科技、中微公司。

表 14：国内薄膜沉积领域竞争厂商

公司	成立时间	简介
北方华创	2001	国内领先的半导体设备供应商，其刻蚀机、PVD、CVD、ALD、氧化/扩散炉、退火炉等产品在集成电路及泛半导体领域实现量产应用。
拓荆科技	2010	拓荆科技产品涵盖 PECVD、ALD、SACVD 三类半导体薄膜沉积设备，是国内唯一一家产业化应用的集成电路 PECVD、SACVD 设备厂商。
中微公司	2004	中微公司主要为集成电路、LED 芯片、MEMS 等半导体产品的制造企业提供刻蚀设备、MOCVD 设备。其 2020 年非公开发行股票的募投项目中，包括了半导体领域 LPCVD、ALD 等设备的开发及工艺应用开发。

资料来源：微导纳米招股说明书、天风证券研究所

公司重视研发投入，研发人员占比高于同行业上市公司平均水平。公司高度重视研发工作，不断吸纳国内外优秀人才，持续加大半导体领域研发投入。与同行业公司相比，公司的研发费用率和研发人员占比皆位于较高水平。

表 15：国内同行业上市公司研发对比

公司	2022H1 研发费用率	研发人员占比
北方华创	15.09%	截止 2021 年末，占比 25.07%
中微公司	15.38%	截止 2021 年末，占比 39.6%
拓荆科技	22.46%	截止 2021 年 9 月末，占比 44.06%
微导纳米	39.74%	截止 2021 年末，占比 36.79%

资料来源：微导纳米招股说明书、天风证券研究所

公司产品性能达到国际同类设备水平，有望实现国产替代。经过多年的研发和技术积累，公司设备的关键性能参数如产能、薄膜均匀性等主要技术指标表现出色，已达到国际同类设备水平，并且获得了多家知名半导体公司的商业订单。公司还与多家厂商合作研发新型 ALD 设备，与客户关系逐渐密切，未来有望取得更多订单。

表 16：公司和国际先进厂商产品性能对比

产品关键性能参数	国际同类设备水平	公司水平
设备产能（片/小时）	12	12
反应源（镀膜原材料）	2 个（温度可控 RT200℃）， 2 个反应气体源	4 个（温度可控 RT-250℃）， 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）	≤1@100000	≤1@100000
平均修复时间（MTTR）	≤6 小时	≤6 小时
薄膜片内均匀性（1sigma,3mmEE）	<1.2%	<1.2%
薄膜片间均匀性（1sigma,3mmEE）	<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）

资料来源：微导纳米招股说明书、天风证券研究所

对国内半导体领域国产 ALD 设备的市场需求进行测算，随着国产设备逐渐导入下游厂商，国产替代加速进行，**国产 ALD 设备需求或迎来放量，预计 23 年 ALD 设备需求有望突破 10 亿。**

预测假设：

1) 中国大陆半导体设备市场规模历史数据参考 SEMI；据 IC Insights，大陆行业需求年均增速 35%，假设 23/24/25 年增速 35%/30%/20%；

2) 历史美元汇率据当年情况取中间值，假设未来 1USD=6.5CNY；

3) 根据 SEMI，半导体设备中前道设备占比 86%；根据 Gartner，薄膜沉积设备在前道中占比 22%，随着芯片结构愈发复杂，堆叠层数增多，薄膜沉积设备占比有望提升，假设未来占比增速 5%；

4) 据公司招股书，2020 年薄膜沉积设备国产化率 8%，其中 ALD 设备国产率低于 PVD/CVD 设备，假设为 5%后缓慢增长，随着以公司为代表的国内 ALD 厂商涌现，预计未来国产化

进程加速，假设 23/24/25 年增速 40%。

表 17：半导体领域国产 ALD 设备市场需求测算

	2020	2021	2022E	2023E	2024E	2025E
中国大陆半导体设备市场需求（亿美元）	187.20	296.20	309.10	417.29	542.47	650.96
中国大陆半导体设备市场需求（亿元）	1263.60	1895.68	2086.43	2712.35	3526.06	4231.27
薄膜沉积设备在前道工艺占比	22%	22%	23%	24%	25%	27%
ALD 设备占薄膜沉积设备比例	10.0%	11.0%	12.1%	14.5%	17.4%	20.9%
中国大陆 ALD 设备市场规模（亿元）	23.91	39.45	49.94	81.80	133.98	202.58
国产化率	5%	7%	9%	13%	18%	25%
半导体国产 ALD 设备市场需求（亿元）	1.20	2.76	4.49	10.31	23.63	50.03

资料来源：SEMI、IC Insights、微导纳米招股说明书等、天风证券研究所

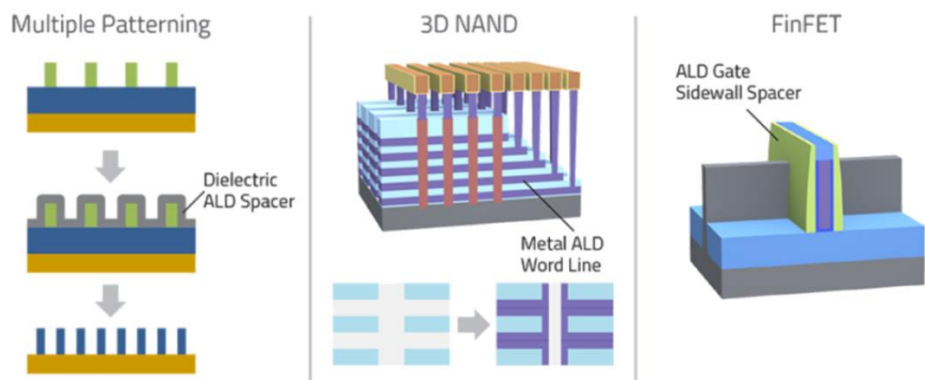
4.2. 先进制程高要求下，ALD 技术一枝独秀

ALD 在 28nm 及以下先进制程、存储器件中发挥举足轻重的作用。在半导体制程进入 28nm 后，由于器件结构不断缩小且更为 3D 立体化，生产过程中需要实现厚度更薄的膜层，以及在更为立体的器件表面均匀镀膜。在此背景下，ALD 技术凭借优异的三维共形性、大面积成膜的均匀性和精确的膜厚控制等特点，技术优势愈加明显，在半导体薄膜沉积环节的市场占有率也将持续提高。

ALD 能进入 PVD 与 CVD 无法触及的应用范围。在传统工艺中，由于存在厚度控制和膜层均匀性的问题，CVD 与 PVD 沉积的膜层难以突破 10nm 以下的厚度极限，并且在深宽比达到 10:1 以上时，CVD 与 PVD 工艺无法保证下游工艺需要的近 100%覆盖率的技术要求。而 ALD 能在 100%阶梯覆盖率的基础上实现原子层级（亚纳米级）的薄膜厚度，进入 CVD 与 PVD 无法涉及的领域。

ALD 在半导体领域应用广泛。ALD 技术广泛应用于 CMOS 器件、存储芯片、TSV 封装等半导体制造领域。在逻辑芯片领域，ALD 可用于沉积高 K 栅介质层、金属栅，在 FinFET 沉积 Spacer；在存储芯片领域，ALD 可用于沉积 FeRAM 的电容介质层、3D NAND Flash 芯片；ALD 还可用于沉积化合物半导体、量子器件的超导材料导电层等。

图 25：ALD 技术在半导体领域的应用示例



资料来源：深圳真空行业协会公众号、天风证券研究所

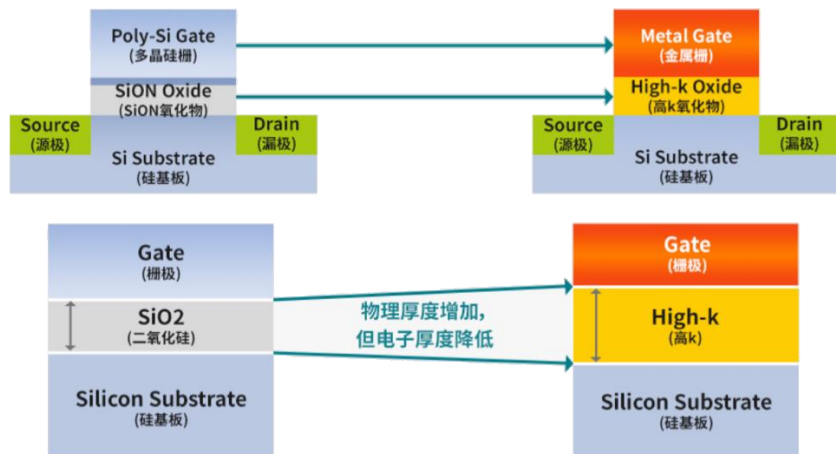
4.3. 细分领域：高 K、FeRAM 小有成就，待开拓市场大有可为

4.3.1. 逻辑芯片：高 K 材料 ALD 设备国产破局者，探索 FinFET 应用

高 K 材料：制程进步后原 SiO₂ 栅介质层无以为继。在晶圆制造进入 65nm 制程及之前，集成电路主要通过沉积 SiO₂ 薄膜形成栅极介质减少漏电，但进入 45nm 制程特别是 28nm 之后，传统的 SiO₂ 栅介质层薄膜材料厚度需缩小至 1nm 以下，将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，已不能满足技术发展的要求，亟需开发新工艺制备新材料以代替 SiO₂。

高 K 栅介质层解决栅漏电和硼穿透问题。选用比 SiO₂ 介电常数更高的高 K 材料是解决技术瓶颈的良方，将高 K 氧化物作为栅介质层，可以在降低等效氧化物厚度的同时抑制漏电流的产生。高 K 材料的选择除了具有高的介电常数外，还需满足宽禁带、与衬底材料间足够的能带偏移量和低的界面态。HfO₂ 的介电常数为 25，具有适合的禁带宽度（5.8eV），综合各方面性能要求，HfO₂ 作为栅介质层得到了业内广泛的认可和应用。

图 26：使用高 K 栅氧化层的 HKMG 结构示意图



资料来源：SK 海力士公众号、天风证券研究所

沉积极薄的栅介质层，ALD 技术几近必须。由于高 K 的栅介质层厚度往往小于 10nm，所需膜层通常在数纳米量级内，所以绝大多数高 K 材料的加工工艺都依赖于 ALD 技术。例如英特尔在 32nm 技术代，引入了 3nm 的 HfO₂ 作为栅介质材料，使用 ALD 技术进行镀膜。

公司实现高 k 材料国产 ALD 设备 0 的突破。公司 ALD 设备凭借原子级别的精确控制及沉积高覆盖率和薄膜的均匀性，制备的高 k 材料 HfO₂ 能满足 28nm 逻辑器件制造过程的需要，成功应用于 28nm 节点集成电路制造前道生产线，打破国外技术垄断。

ALD 在 FinFET 工艺中亦有重要应用。28nm 以下先进制程的 FinFET 制造工艺中，Fin 的有源区通过自对准双重成像技术（SADP）形成。因为沉积的 Spacer 材料的宽度即决定了 Fin 的宽度，是制约逻辑芯片制程先进程度的核心因素之一，所以 Spacer 必须高度共形和均匀，ALD 是沉积该层的绝佳方式，公司的 ALD 设备有望进入该市场。

图 27：设备架构的微缩进程

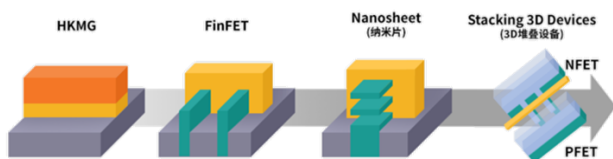
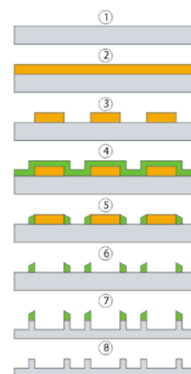


图 28：SADP 工艺流程图



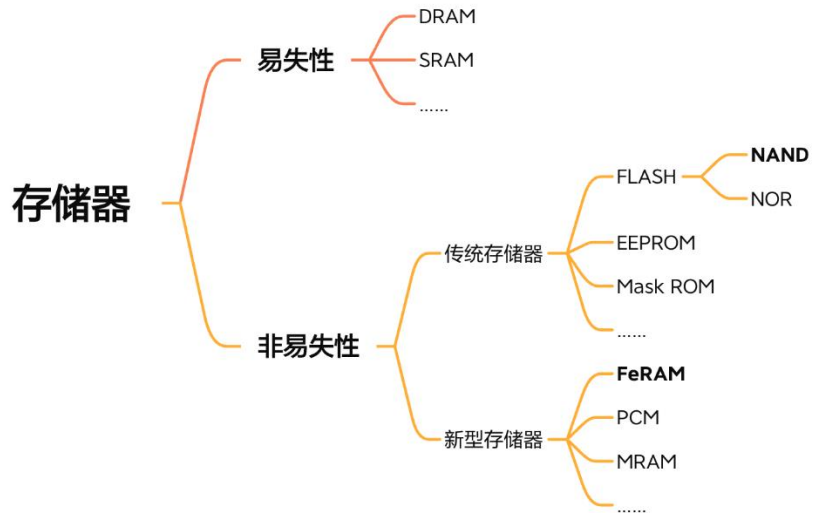
资料来源：SK 海力士公众号、天风证券研究所

资料来源：拓荆科技招股说明书、天风证券研究所

4.3.2. 存储芯片：FeRAM 导入下游，3D NAND 面临市场机遇

新型存储器发展迅猛，未来潜力大。据 YOLE 统计，2019 年以来，存储器成为半导体增速最快的细分行业，总体市场空间将从 2019 年的 1110 亿美元增长至 2025 年的 1850 亿美元，年复合增长率为 9%。细分市场中，**新型存储器市场增速最快**，将从 5 亿美元增长到 40 亿美元，**年复合增长率达到 42%**，发展潜力大。

图 29：存储器分类

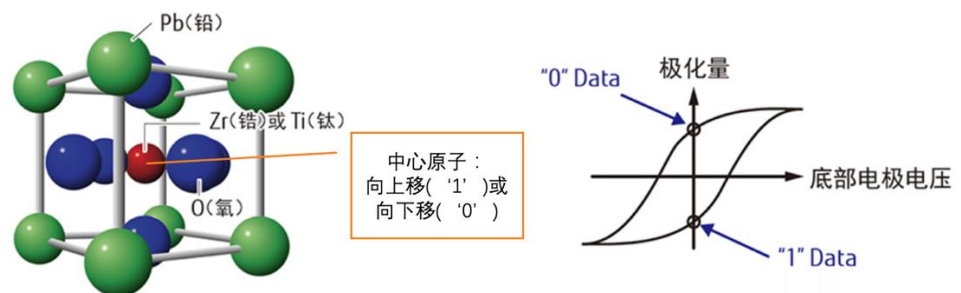


资料来源：电子产品世界公众号、天风证券研究所

(1) 在新型存储器中，铁电存储器(FeRAM)备受关注。FeRAM 是一种具有快速写入速度的非易失性存储器，具有类似 DRAM 的 1 晶体管 1 电容器(1T1C)单元架构，其中电容器的电介质被铁电材料取代以实现非易失性。与传统的非易失性存储器（如 EEPROM，闪存）相比，FeRAM 无需备用电池来保留数据，并且具有更高的读/写耐久性，更快的写入速度操作和更低的功耗。

FeRAM 存储原理：铁电材料 PZT 的极化特性。FeRAM 以铁电材料作为介质，以富士通使用的锆钛酸铅(PZT)为例，锆(Zr)或钛(Ti)正离子在晶格中占据两个稳定位置，并且可以通过施加外部电场在两个位置之间移动。由于两个稳定位置都偏离电荷中心，因此在铁电材料中会出现两个相反方向的极化。即使电场撤除，极化状态也能存储，因此 FeRAM 能将数据保存在存储扇区而无需定期更新。

图 30：PZM 结构示意图



资料来源：加贺富仪艾电子公众号、天风证券研究所

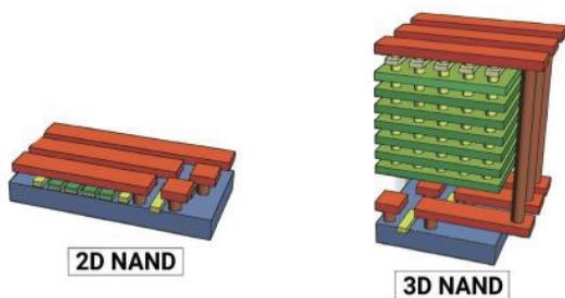
ALD 是制备铁电薄膜的优质设备。以铁电材料 HZO 为例，HZO 薄膜可在二维压缩应力或

拉伸应力的作用下实现从四方相向正交相的转变,而 ALD 生长的非晶或多晶 HfO_2 和 ZrO_2 薄膜恰好由于热效应而受到拉伸应力,有利于实现正交相的制备。 FeRAM 对薄膜沉积的均匀性要求较高,并且所得薄膜厚度薄,使用 ALD 沉积的膜层杂质含量低,引起的陷阱较少。

FeRAM 研发火热, 拉动设备需求, 公司已与客户签署订单。由于 FeRAM 优点显著, 在计算机、航空航天、军工等领域具有广阔的应用前景, 全球多家知名半导体公司对此十分重视, 展开了激烈的研究竞争, 设备需求旺盛。在 FeRAM 领域, 公司 ALD 设备沉积的 HfO_2 、 ZrO_2 、 La_2O_3 可用于 FeRAM 的电容介质层, 已完成客户的试样测试并签署订单。

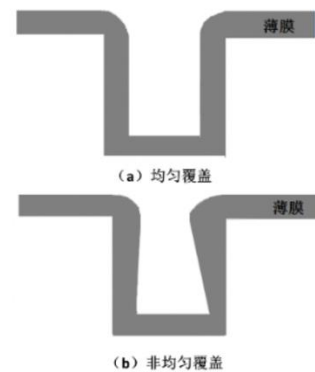
(2) 传统存储器 Flash 中, 主流结构发展为 3D NAND。在传统存储芯片领域, NAND Flash 结构已接近实际扩展极限, 主流制造工艺已由 2D NAND 发展为 3D NAND 结构。3D NAND Flash 垂直堆叠了多层数据存储单元, 具备卓越的精度, 在更小的空间内容纳更高存储容量, 进而带来大幅度的成本节约、能耗降低和性能提升。

图 31: 2D NAND 与 3D NAND 结构示意图



资料来源: 拓荆科技招股说明书、天风证券研究所

图 32: 台阶覆盖示意图



资料来源: Swagelok 世伟洛克公众号、天风证券研究所

3D NAND 台阶覆盖要求高, ALD 技术适配。3D NAND 层数不断增加, 在制造中深宽比要达到 100: 1, 传统 CVD 及 PVD 薄膜沉积工艺无法均匀覆盖深槽, 且在深槽顶端沉积的膜更厚, 随着深宽比加大, 槽顶部有堵塞可能, ALD 技术凭借优异的台阶覆盖率和均匀性一枝独秀。

3D NAND 堆叠层数暴涨, 设备需求量提升。3D NAND 增加集成度的主要方法是增大三维立体堆叠的层数, 叠堆层数也从 32/64 层量产向 128/196 层发展, 每层均需要经过薄膜沉积工艺步骤。根据东京电子披露, 薄膜沉积设备占 FLASH 芯片产线资本开支比例从 2D 时代的 18% 增长至 3D 时代的 26%。随着 3D NAND FLASH 芯片的内部层数不断增高, 对于薄膜沉积设备的需求提升的趋势亦将延续。

5. 风险提示

1) 市场需求下滑风险。公司对应的主要下游企业包括光伏电池片行业和半导体晶圆企业, 下游市场需求受宏观经济、下游行业产能投资周期、技术发展变化等因素影响。若宏观经济形势不佳, 下游扩产进度放缓, 公司未来订单将有所减少。

2) 新产品开发风险。下游客户对薄膜沉积设备的需求并非一成不变, 若公司技术路径发展有误, 开发的新产品与下游客户需求不符, 将对公司业绩产生不利影响。

3) 产品验证与交付进度不及预期。公司多个产品正在进行产业化验证, 验证周期较长, 若验证过程中出现技术问题, 可能影响产品产业化进程。公司手握多个在手订单, 若设备生产速度不及预期将影响交付, 从而影响未来确认收入。

4) 产品毛利率波动风险。公司设备受市场竞争、产业政策、技术水平等因素影响, 毛利

率存在一定波动。未来，不排除因下游客户议价要求、行业竞争、扶持政策不利变动等原因使得公司的主要产品出现价格下降、成本上升、毛利率下降等不利情形，从而对公司经营业绩造成不利影响。

5) **测算存在主观性。**本文对市场空间和供需测算是基于一定前提假设，存在假设条件不成立、市场发展不及预期等因素导致市场空间测算结果偏差，仅供参考。

分析师声明

本报告署名分析师在此声明：我们具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力，本报告所表述的所有观点均准确地反映了我们对标的证券和发行人的个人看法。我们所得报酬的任何部分不曾与，不与，也将不会与本报告中的具体投资建议或观点有直接或间接联系。

一般声明

除非另有规定，本报告中的所有材料版权均属天风证券股份有限公司（已获中国证监会许可的证券投资咨询业务资格）及其附属机构（以下统称“天风证券”）。未经天风证券事先书面授权，不得以任何方式修改、发送或者复制本报告及其所包含的材料、内容。所有本报告中使用的商标、服务标识及标记均为天风证券的商标、服务标识及标记。

本报告是机密的，仅供我们的客户使用，天风证券不因收件人收到本报告而视其为天风证券的客户。本报告中的信息均来源于我们认为可靠的已公开资料，但天风证券对这些信息的准确性及完整性不作任何保证。本报告中的信息、意见等均仅供客户参考，不构成所述证券买卖的出价或征价邀请或要约。该等信息、意见并未考虑到获取本报告人员的具体投资目的、财务状况以及特定需求，在任何时候均不构成对任何人的个人推荐。客户应当对本报告中的信息和意见进行独立评估，并应同时考量各自的投资目的、财务状况和特定需求，必要时就法律、商业、财务、税收等方面咨询专家的意见。对依据或者使用本报告所造成的一切后果，天风证券及/或其关联人员均不承担任何法律责任。

本报告所载的意见、评估及预测仅为本报告出具日的观点和判断。该等意见、评估及预测无需通知即可随时更改。过往的表现亦不应作为日后表现的预示和担保。在不同时期，天风证券可能会发出与本报告所载意见、评估及预测不一致的研究报告。天风证券的销售人员、交易人员以及其他专业人士可能会依据不同假设和标准、采用不同的分析方法而口头或书面发表与本报告意见及建议不一致的市场评论和/或交易观点。天风证券没有将此意见及建议向报告所有接收者进行更新的义务。天风证券的资产管理部门、自营部门以及其他投资业务部门可能独立做出与本报告中的意见或建议不一致的投资决策。

特别声明

在法律许可的情况下，天风证券可能会持有本报告中提及公司所发行的证券并进行交易，也可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问和金融产品等各种金融服务。因此，投资者应当考虑到天风证券及/或其相关人员可能存在影响本报告观点客观性的潜在利益冲突，投资者请勿将本报告视为投资或其他决定的唯一参考依据。

投资评级声明

类别	说明	评级	体系
股票投资评级	自报告日后的 6 个月内，相对同期沪深 300 指数的涨跌幅	买入	预期股价相对收益 20%以上
		增持	预期股价相对收益 10%-20%
		持有	预期股价相对收益 -10%-10%
		卖出	预期股价相对收益 -10%以下
行业投资评级	自报告日后的 6 个月内，相对同期沪深 300 指数的涨跌幅	强于大市	预期行业指数涨幅 5%以上
		中性	预期行业指数涨幅 -5%-5%
		弱于大市	预期行业指数涨幅 -5%以下

天风证券研究

北京	海口	上海	深圳
北京市西城区佟麟阁路 36 号	海南省海口市美兰区国兴大道 3 号互联网金融大厦 A 栋 23 层 2301 房	上海市虹口区北外滩国际客运中心 6 号楼 4 层	深圳市福田区益田路 5033 号平安金融中心 71 楼
邮编：100031	邮编：570102	邮编：200086	邮编：518000
邮箱：research@tfzq.com	电话：(0898)-65365390	电话：(8621)-65055515	电话：(86755)-23915663
	邮箱：research@tfzq.com	传真：(8621)-61069806	传真：(86755)-82571995
		邮箱：research@tfzq.com	邮箱：research@tfzq.com