

电池行业研究

买入（上调评级）

行业深度研究

证券研究报告

国金证券研究所

分析师：陈传红（执业 S1130522030001） 分析师：苏晨（执业 S1130522010001）

chenchuanhong@gjzq.com.cn

suchen@gjzq.com.cn

联系人：姚云峰

yaoyunfeng@gjzq.com.cn

复合集流体 2：设备与工艺篇

行业观点：

1、PP、PET 路径切换对设备有何影响？

PET 基材在电池高温循环中，溶质易与溶剂反应生成氢氟酸，由于其耐酸耐碱能力较差，容易被腐蚀，进而导致高温循环跳水，需做电解液改性，但性能天花板有限。PP 化学性质更为稳定，但结合力差、质地软，对磁控溅射的张力控制等参数要求更高，需要通过设备升级及工艺 Know-how 把控。同时，磁控部分难度加大后，进一步影响后续水镀品质及效率，整体工艺难度显著加大，产品指标需满足结合力&卷长要求。

2、未来设备端如何提升效率、降本？

幅宽基本相对匹配，走速是核心指标。相对来看，PET 磁控环节比较容易提升走速，可达到 10m/s 以上。但由于 PP 路径的切入，磁控环节将首要强调品质的兑现，后续提升效率的方式包括增大功率、增加靶材数量等，而品质也会反向制约效率。因此，在 PP 路径下，磁控显著提升速率的难度更大，应尽可能能缩小磁控的厚度。水镀环节将是提升效率重要环节，方式包括增加铜槽数量等。

3、设备供应链有哪些替代空间？

真空镀设备中，电源、真空泵目前价值量占镀膜设备成本 25%、20%，国产替代空间较大，我们预计 2025 年复合集流体真空泵市场空间 9.6 亿元，2030 年市场空间 33.3 亿元，电源市场 2025 年 12 亿元，2030 年 41.6 亿元，我们参考华经产业研究院数据，预计 2025 年真空泵市场空间合计为 152.6 亿元，电源市场空间合计为 107.6 亿元，2030 年复合集流体带来的真空泵、电源市场较 2025 年总市场空间拉动弹性为 21.8%、38.7%。水镀环节零部件国产化率较高基本无瓶颈。电镀：供应链成熟，无产业链瓶颈。电镀设备主要由五金件、电器类、结构件、槽体类、整流机、机械手等组成，其中五金、电器、整流机为核心部分。总体来看，电镀环节的上游零部件产业化较为成熟，基本实现了国产化替代。

投资建议：

复合集流体对设备端的技术要求伴随需求逐步提升，建议关注电镀设备龙头厂商东威科技，一体化镀膜设备厂道森股份，汇成真空（拟上市），以及真空泵、电源等细分赛道，对应公司为汉钟精机（真空泵）、英杰电气（电源）等。

风险提示：

复合铜箔产业化进展不及预期；半导体领域需求不及预期；竞争格局恶化风险等

内容目录

一、品质：基膜的路线切换，影响如何？	4
二、效率：设备如何进一步迭代	9
2.1 磁控溅射	9
2.2 水电镀	10
三、供应链：设备端的供应链分析	10
四、投资建议	18
五、风险提示	19

图表目录

图表 1： PP、PET 材料对比	4
图表 2： PET/PP 分子结构示意图	4
图表 3： 卷绕式磁控溅射镀膜机	5
图表 4： 张力对镀膜质量的影响	5
图表 5： 张力控制模型原理	5
图表 6： 张力控制原理	5
图表 7： 薄膜组织的四种典型断面结构	6
图表 8： 衬底相对温度和溅射气压对薄膜组织的影响	6
图表 9： 正交试验基膜结合力极差分析	6
图表 10： 影响镀层与基体结合强度的工艺参数	7
图表 11： 电源波形对镀层结合力的影响	7
图表 12： 蒸镀与磁控溅射纯 Al 薄膜结合力比较（低碳钢 Q235 基体）	8
图表 13： 高导电性电子铜箔（MC）生产工艺流程	8
图表 14： 薄膜表面处理方法	9
图表 15： 反应离子刻蚀工艺下的剥离强度	9
图表 16： 不同气压对应的沉积速率	9
图表 17： 水电镀提升效率途径	10
图表 18： 真空镀膜设备构成	11
图表 19： 双面磁控溅射构成	11
图表 20： 真空镀膜设备构成与作用	12
图表 21： 真空镀膜成本构成	12
图表 22： 真空镀膜原材料成本构成	12
图表 23： 真空类型	13
图表 24： 2019 年全球真空泵下游领域	13

图表 25: 真空泵全球竞争格局.....	13
图表 26: 蒸镀电源类型.....	14
图表 27: 蒸发镀技术路线.....	14
图表 28: 磁控溅射原理.....	15
图表 29: 磁控靶材竞争格局.....	15
图表 30: 真空镀核心部件公司梳理.....	15
图表 31: 电镀成本构成.....	16
图表 32: 电镀原材料成本构成.....	16
图表 33: 复合集流体需求测算.....	16
图表 34: 真空镀核心部件市场空间测算.....	17
图表 35: 真空镀核心部件总市场空间测算.....	18
图表 36: 推荐标的盈利预测.....	19

一、品质：基膜的路线切换，影响如何？

PET 膜主流卡位：此前，复合集流体产业链中选择 PET 基膜的生产厂商较多，而选择 PP 基膜的生产厂商较少，主要系：1) PET 基膜机械拉伸强度较大，抗拉性能佳，镀金属工艺难度相对较小；2) PET 界面结合力更强。PET 膜为极性聚合物，其铜附着能力更强。

PP 膜商业化掣肘：1) 量产难；2) 界面结合差。

- 量产难。虽 PP 膜重量更轻、密度更低（潜在降本空间大），但 1) 机械拉伸强度较差。较 PET 膜，PP 膜在磁控溅射、蒸发镀膜等镀膜环节需要更精细的张力控制，否则容易出现材料厚度不均、变形、褶皱、断带等问题，致使良率降低，进而影响量产。2) 工艺难度高。PP 加工时易产生取向，导致不同方向上的性能差异。
- 界面结合力较差。PP 膜为非极性聚合物，相较 PET，其铜附着能力较差。

图表 1: PP、PET 材料对比

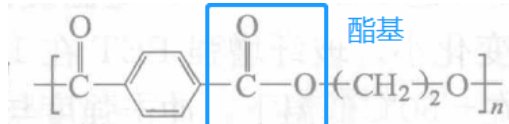
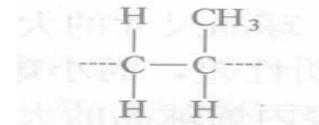
	PP 铜箔	PET 铜箔
是否耐强酸强碱	耐	耐
耐热	熔点 160-170℃	熔点 225-265℃
机械拉伸性能	较强	强
铜附着能力	差	强
厚度	4μm	4.5μm
重量	轻	重
密度	低	高
分子结构	非极性分子	极性分子
化学稳定性	稳定性较强	稳定性较弱
热变形温度 (1.82MPa)	102℃	85℃

来源：高工锂电，鑫锂锂电，《高分子材料》，国金证券研究所

PP 或将反超：PET “阿喀琉斯之踵”-高温循环问题。

- 高温下，六氟磷酸锂分解加剧。由于六氟磷酸锂对热的不稳定性，会分解生成酸，因此电解液的存储温度一般控制在 35℃ 以下。高温环境下，六氟磷酸锂盐会分解为氟化锂和五氟化磷，进而与电解液溶剂反应生成氢氟酸，腐蚀电极材料。
- PP 化学稳定性稳定，契合电池应用诉求。PET 含有酯基，在强酸、强碱或者水蒸气的作用下会发生分解。而 PP 化学稳定性优异，对大多数酸、碱、盐、氧化剂都显惰性。常温时，PET、PP 复合箔材循环次数可保持一致。但是，高温环境下，PP 复合箔材循环次数较 PET 复合箔材表现更佳。

图表 2: PET/PP 分子结构示意图

材料	分子结构
PET	
PP	

来源：《高分子材料》，国金证券研究所

PP VS. PET，影响如何：

- 1) 行业壁垒再提，Know-how 属性显著增强。

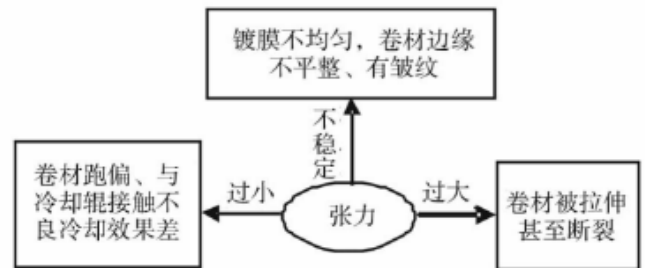
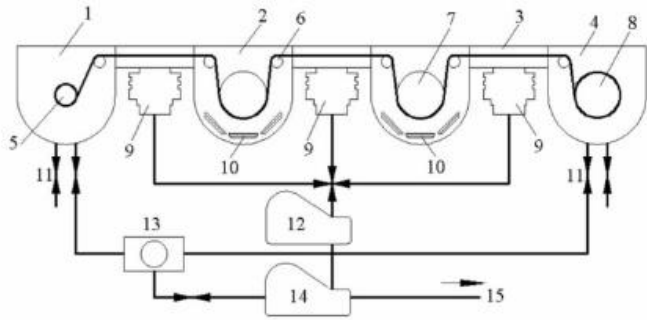
● 设备端：

目前，市场主流两步法、三步法中所涉及的磁控溅射、蒸发镀膜环节都涉及卷绕张力控制技术。卷绕张力控制的精度、稳定性将直接影响真空镀膜机对原料膜的适应能力、及所产产品的质量把控。

PP 膜拉伸较 PET 膜敏感。薄膜放卷、收卷时，卷径此消彼长、持续变化，这将导致卷材张力发生变化。如果无法精确地控制张力大小，过大、过小、或者不稳定的张力都会影响镀膜的质量。张力过大时，薄膜会产生皱纹，甚至断裂；张力过小时，薄膜打滑、卷材跑偏；张力不稳定时，卷材边缘不平整且镀膜不均匀。

图表3：卷绕式磁控溅射镀膜机

图表4：张力对镀膜质量的影响



1 - 收卷室; 2 - 镀膜室; 3 - 气氛隔离室; 4 - 放卷室; 5 - 收卷辊; 6 - 导向辊; 7 - 主辊; 8 - 放卷辊; 9 - 分子泵; 10 - 溅射靶材; 11 - 电磁阀; 12 - 维持泵; 13 - 罗茨泵; 14 - 机械泵; 15 - 排气口

来源：《卷绕式磁控溅射镀膜机张力控制系统分析与优化》，国金证券研究所

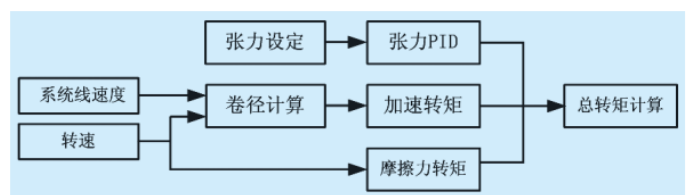
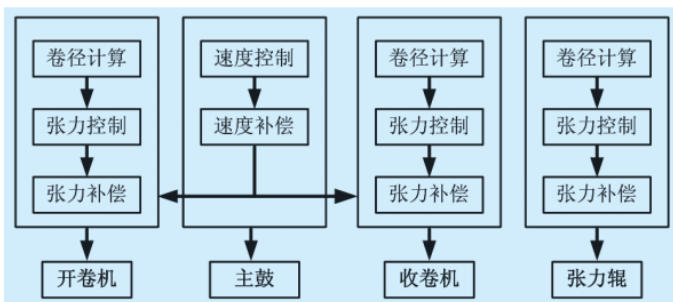
来源：《卷绕式磁控溅射镀膜机张力控制系统分析与优化》，国金证券研究所

张力控制系统 Know-how 属性显著：构件复杂，度量要求精准。真空镀膜卷绕系统主要设备包含开卷机、张力辊、方阻测量装置、舞动辊和收卷机等。真空镀膜卷绕张力控制模型涉及参数多、复杂：从开始的系统线速度、卷绕系统转速计算得卷径，进而得到加速度转矩和摩擦力转矩，最后得到卷绕系统总转矩，从而实现对系统张力的实时控制。

PP 膜镀膜设备要求较 PET 膜镀膜设备高。适用于 PP 基材的 PVD 镀膜设备可向下兼容 PET 基材，但是 PET 基材镀膜设备无法兼容 PP 基材镀膜。

图表5：张力控制模型原理

图表6：张力控制原理



来源：《真空镀膜卷绕张力控制模型仿真的研究》，国金证券研究所

来源：《真空镀膜卷绕张力控制模型仿真的研究》，国金证券研究所

● 工艺端：

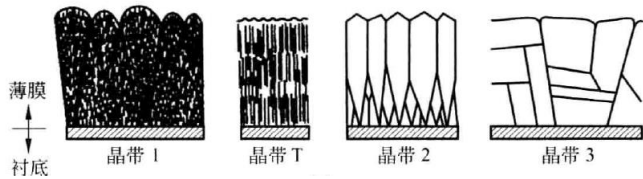
工艺参数细化，PP 界面结合力有望改善。市场主流工艺路线基本都涉及磁控溅射工艺，而该环节中的可控参数众多。在不改变材料物化性质的前提下，或可通过调整工艺参数，以改善 PP 界面结合力。以下，我们将结合理论依据和现实案例进行分析：

a) 理论依据：沉积条件影响薄膜质量。作用机理：溅射气压& (基片) 衬底相对温度 (衬底温度/沉积物质熔点) 直接影响入射在衬底表面的粒子能量，

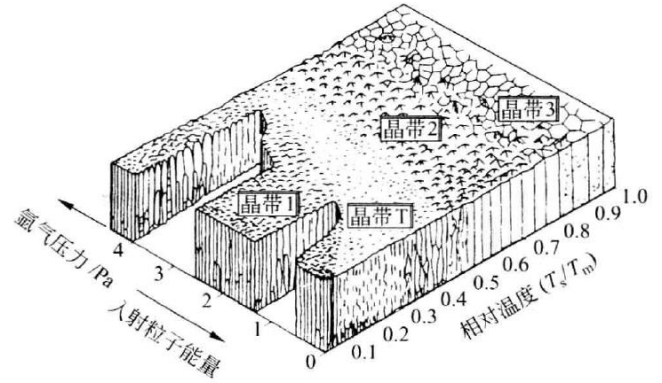
进而影响形成薄膜的结构、质量。低温、高压条件下，入射粒子能量低，原子表面扩散能力有限，沉积在衬底上的原子失去扩散能力，此时薄膜组织为晶带 1 型。沉积组织呈细纤维形态，晶粒边界处组织疏松。沉积组织由孔洞所包围，力学性能差。

良好的真空环境、较高的衬底温度可使吸附原子的动能增大，此时薄膜易结晶化，晶格缺陷减少。此外，衬底温度高时，有助于吸附在基片表面的残余气体脱附，从而提高膜基间结合力。

图表 7: 薄膜组织的四种典型断面结构



图表 8: 衬底相对温度和溅射气压对薄膜组织的影响



来源:《薄膜技术与薄膜材料》，国金证券研究所

来源:《薄膜技术与薄膜材料》，国金证券研究所

b) 现实案例：市面上关于 PP 膜磁控溅射的具体试验数据甚少，可参考金属铬磁控溅射 PS 塑料基底实验进行分析：在不同本体真空度、不同靶基间距、不同溅射功率、不同溅射时间下，PS 塑料基底与金属铬间的结合力表现不一。据此实验，发现本体真空度越高、溅射时间越长，越能提升基膜结合力。同时，靶基间距、磁射功率等参数设计 know-how 属性凸显，可在区间内探索得到更优方案。

我们认为，未来除了设备端（最高本体真空度、可溅射时长等硬性设备条件）外要求更高，对生产工艺参数（溅射功率等人为可控因素）的把控要求也会明显提高。

图表 9: 正交试验基膜结合力极差分析

极差	本体真空度	靶基间距	溅射功率	溅射时间
K1	44.87	43.56	43.55	45.05
K2	44.09	44.52	44.48	45.21
K3	42.72	42.77	44.01	45.54
k1	11.22	10.89	10.89	11.26
k2	11.02	11.13	11.12	11.30
k3	10.68	10.70	11.00	11.39
R	0.54	0.43	0.23	0.13

来源:《磁控溅射工艺对金属镀膜塑料结合力影响的研究》，国金证券研究所 注: K1 为各因素水平 1 的基膜结合力合计值; K2 为各因素水平 2 的基膜结合力合计值; K3 为各因素水平 3 的基膜结合力合计值; k1 为各因素水平 1 的基膜结合力均值; k2 为各因素水平 2 的基膜结合力均值; k3 为各因素水平 3 的基膜结合力均值; R 为极差

不同的基体材料意味着其余环节可再次迭代寻优，进步加深行业“护城河”。以两步法/三步法中都涉及的水电镀工序为例：在非金属基体上溅射得金属种子层（再蒸镀增厚金属层）后，出于提升镀层效率、降低成本考虑，选择以水电镀方式增厚金属层。但在电镀环节中，除了材料自身性质影响镀层结合力外，pH 值、温度、电流密度等工艺参数，甚至电源波形也会影响镀层结合力。

图表10: 影响镀层与基体结合强度的工艺参数

工艺参数	作用机理
pH 值	当酸度过大 (pH=0.5) 时, 镀液中氢离子浓度增大, 进入镀层中的氢增多, 使镀层的脆性增大、塑性降低
温度	镀液温度升高, 金属离子扩散速率加快, 浓差极化降低, 金属离子脱水过程加快, 电极极化作用降低, 镀层结合强度降低
电 流 密度	电流密度过低, 使阴极极化值低, 导致镀层生长困难; 同时, 金属离子在基体表面的成核概率降低, 导致镀层生长缓慢且不均匀
	电流密度过高, 金属离子放电速率提高, 但吸附金属原子在表面的扩散速率相对滞后, 导致镀层晶体粗大、镀层结合强度降低

来源:《提高镀层与基体结合强度的途径》, 国金证券研究所

图表11: 电源波形对镀层结合力的影响

电源	镀层外观及结合力
单相半波硅整流器	镀层灰色, 部分开裂剥落
三相全波整流器	镀层颜色正常, 结合良好
蓄电池	镀层颜色正常, 结合良好
可控硅相控整流器	镀层粗糙灰色, 部分开裂剥落
三相全波整流, 其中一相断开	镀层灰色, 部分开裂剥落
直流发电机 (四绕组)	镀层颜色正常, 结合良好
直流发电机, 其中一绕组整流子与碳刷接触	镀层灰色, 部分开裂剥落

来源:《提高镀层与基体结合强度的途径》, 国金证券研究所 注: 试验条件为: 镀铬液 CrO3 250g/L, H2SO4 25g/L, 60°C, 50A/dm², 基体材料为 ZL 105, 镀铬层厚度为 120~150um

2) 磁控溅射镀“强基”, 电镀工序短期被替代较难。

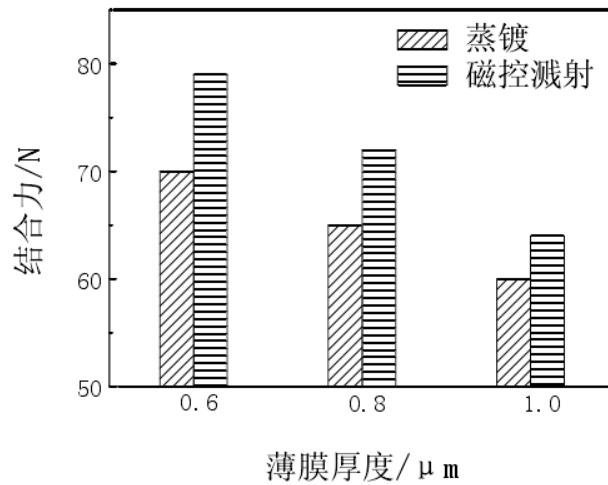
目前, 市场上多种技术路线并行, 如一步式全干法 (纯磁控溅射、纯真空蒸镀)、一步式全湿法 (化学镀铜)、两步法 (磁控溅射+水电镀)、三步法 (磁控溅射+蒸发镀膜+水电镀) 等。不同技术路线, 优劣各异。

- 一步式全干法:【优点】通过减少工艺步骤流程, 或可提升产品良率;【缺点】成本过高、技艺未成熟
- 一步式全湿法:【优点】镀膜均匀、良率较高, 成本较低;【缺点】镀膜结合力较差, 环境维护费用高
- 两步法:【优点】工艺环节相对简单;【缺点】生产效率较三步法低
- 三步法:【优点】水电镀良率有保障, 生产流程效率提升, 单平生产成本有望降低;【缺点】较两步法增添真空蒸镀环节, 产品综合良率降低

PP 膜需求提出, 磁控溅射价值提升, 技术路线演绎加速。

- 当前, 两步法/三步法为市场技术路线主流, 系: 1) 较一步式全干法 (纯磁控溅射、纯蒸发镀膜), 两步/三步法生产效率、良率较高, 成本较低; 2) 较一步式全湿法 (化学镀铜), 两步/三步法所产复合箔材镀膜结合力较强, 镀层与基膜不易脱落。
- PP 膜出世, 溅射路线走强。除不易量产外, PP 复合箔材的膜基结合力较小的问题也亟待解决。溅射原子能量较蒸发原子能量高。高能量溅射原子产生注入现象, 在基片上形成溅射原子与基片原子相溶合的伪扩散层。因此, 溅射方法所得镀膜膜基结合力较高。综合成本及膜基结合力考虑, 附着性更好、致密度更高的溅射镀膜路线走强, 溅射相关设备预计将持续受益。

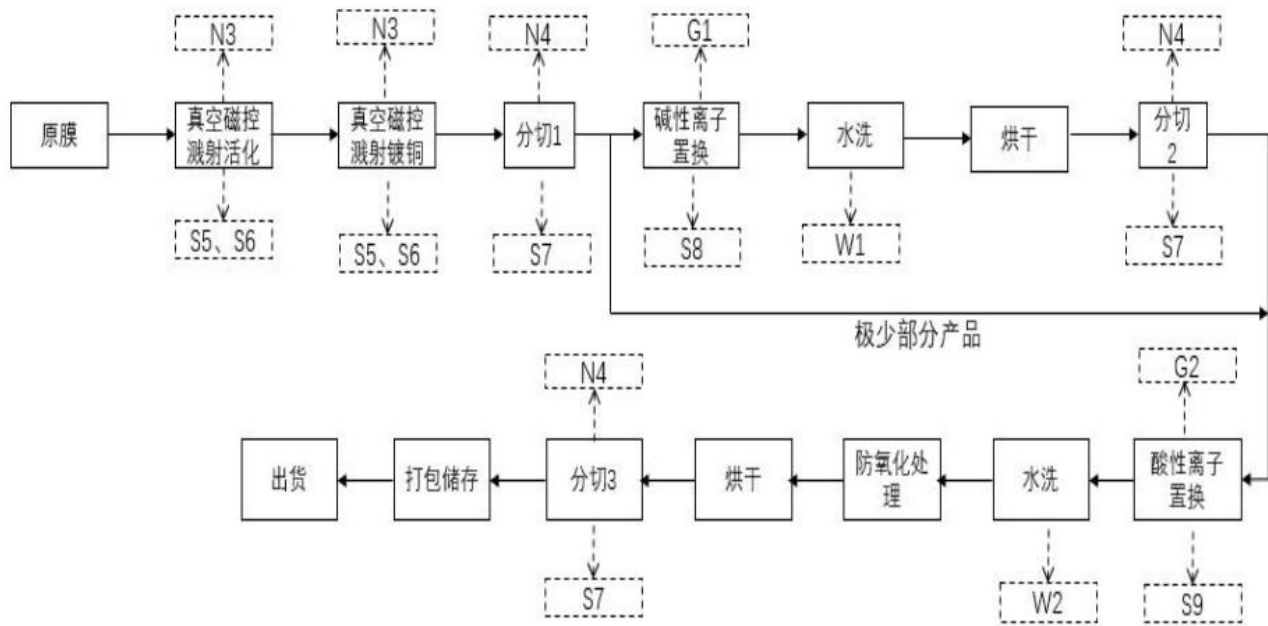
图表 12: 蒸镀与磁控溅射纯 Al 薄膜结合力比较 (低碳钢 Q235 基体)



来源:《蒸镀、磁控溅射铝和铝合金薄膜的组织与性能》, 国金证券研究所

电镀仍适用 PP 膜, 且主要应用于复合铜箔生产。据金美环评, 以 PP/PET 原料膜为基膜, 适用“真空镀膜+离子置换”项目工艺。相较传统铜箔的水电镀, 离子置换法在基膜已磁控溅射金属化的基础上, 在碱性离子置换工艺、酸性离子置换工艺中, 通过化学反应在产品上沉积出金属铜堆积层。离子置换法操作简单, 效率高, 与空气接触的时间较短。

图表 13: 高导电性电子铜箔 (MC) 生产工艺流程



来源: 金美环评, 国金证券研究所

3) 技艺上延呈多元, 剥离强度有保障。为提升绝缘聚合物薄膜与导电金属层间的结合力, 除了在聚合物薄膜表面先沉积 Ni、Ti、Ta 等贵金属以增加两者间的结合力外, 技术路线还可向上延伸-增添“表面处理”环节, 改变聚合物表面物化性质以提升导电层与聚合物薄膜间的剥离强度, 如 1) 物理层面: 反应离子刻蚀 (RIE)。在薄膜表面形成毛刺状微结构, 增加表面粗糙度, 提升薄膜与导电层结合力; 2) 化学层面: 电晕处理、等离子体表面处理、化合物表面改性处理等方法。通过增加聚合物薄膜表面极性基团数目, 提高表面张力, 进而提升导电层与薄膜间的结合力。

图表14：薄膜表面处理方法

表面处理方法		材料/作用原理
化学方式	化合物表面改性	表面改性的化合物含酸酐(如马来酸酐)、高级脂肪酸及其盐、环氧化物、带磺酸基的化合物、带磷酸基的化合物、硅烷偶联剂等
	电晕处理	高频率高电压在被处理的基底表面电晕放电而产生低温等离子体，离子体可渗入基体表面进而氧化和极化被处理的表面分子，增加基底表面附着力
	等离子体表面处理	非聚合性气体(如氮气、氢气、氧气、氩气、一氧化碳等)的等离子体与聚合物基底表面发生相互作用，表面引入羧基、羟基、羰基、氨基等极性基团，进而提升导电层在聚合物基底的附着力
物理方式	反应离子刻蚀	使用氩气，氧气，氮气等，在聚合物薄膜表面上形成毛刺状微结构，增加了聚合物薄膜表面的粗糙度并起到铆钉作用，提高导电层与薄膜间的剥离强度

图表15：反应离子刻蚀工艺下的剥离强度

反应离子刻蚀工艺			毛刺状微结构	导电层	剥离强度(N/m)
功率(W)	气体种类	时间(S)	尺寸(nm)	厚度(um)	
10	氩气	30	30	1	200 ± 20
50	氩气	30	40	1	250 ± 25
100	氩气	30	60	1	350 ± 20
200	氩气	30	80	1	500 ± 50
100	氧气	30	50	1	300 ± 50

来源：《一种复合集流体及其制备方法、电极极片、电池和终端》，《复合集流体及其制备方法、其极片和电池》，国金证券研究所

来源：《复合集流体及其制备方法、其极片和电池》，国金证券研究所 注：基底材料为厚度 4um 的聚对苯二甲酸乙二醇酯膜

二、效率：设备如何进一步迭代

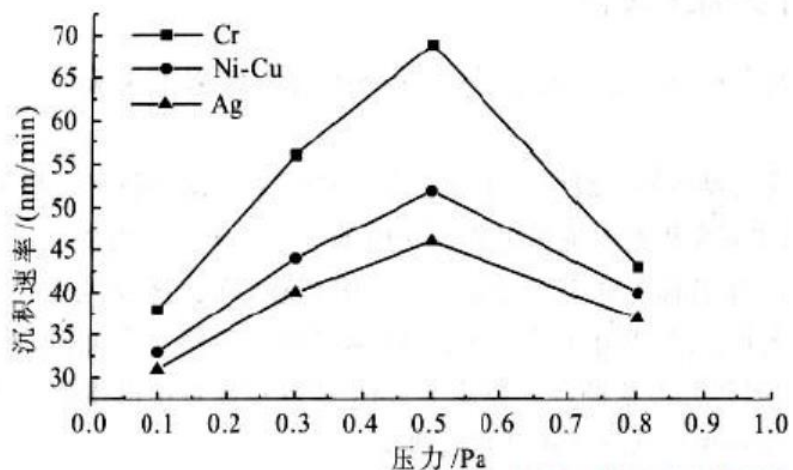
2.1 磁控溅射

相较于后道水电镀，磁控环节 PET 提升效率较为容易，而 PP 产品则应该在保证品质的情况下提升效率。

1、溅射气压

在直流磁控溅射过程中，溅射气压(工作气压)是一个很重要的参数，它对溅射速率，沉积速率以及薄膜的质量都有很大的影响。气体分子从一次碰撞到相邻的下次碰撞所通过的距离的统计平均值，称之为平均自由程。从分子的平均自由程的角度来说，溅射气体压力低时溅射粒子的平均自由程大，与气体离子的碰撞的几率小，使沉积速率增大。但是，溅射气体压力低时入射离子浓度低，溅射出的离子数目也少，又使沉积速率减小。

图表16：不同气压对应的沉积速率



来源：国家知识产权局，国金证券研究所

2、溅射电压、电流、功率

提升靶材的电压、电流、功率。以溅射电压为例，溅射电压对成膜速率的影响有这样一个规律：电压越高，溅射速率越快，而且这种影响在溅射沉积所需的能量范围内是缓和的、渐进的。在影响溅射系数的因素中，在溅射靶材和溅射气体之后，放电电压确实很重要。一般来说，在正常的磁控溅射过程中，放电电压越高，溅射系数越大，这意味着入射离子具有更高的能量。因此，固体靶材的原子更容易被溅射出并沉积在基板上形成薄膜。

3、增加靶材数量

这种方式相对好理解，靶材用量等于表面积乘以所需的薄膜厚度（通常以纳米米为单位），再乘以一个系数来考虑材料损耗和效率，当靶材数量提升，单位厚度的沉积速率将成比例提升。此外，PP膜材料对靶材的纯度也有更高的要求。

2.2 水电镀

水电镀-镀膜工序最后一环，影响产品良率及成本的关键胜负手。在部分技术路线中，可通过改造水电镀设备，可提升产品良率、降低生产成本。相较于高成本的真空镀，成本较低的水电镀可在溅射所形成的金属层上增厚金属层。目前水电镀环节降本路径分为两类：1) 提升产品良率（生产效率）；2) 避免基材浪费，降低生产成本。目前主流模式为提升铜槽数量、电镀液优化、反应条件优化（如添加超声波等）。

图表17：水电镀提升效率途径

降本途径	原有问题	解决方案
提升良率、生产效率	物理气象沉积时镀层比较厚时，膜面易出现孔洞，电镀效率低	电镀之前先通过化学镀槽本体对基膜进行化学沉积，实现电镀前的镀层预增厚，降低孔洞产生风险
	传统导电辊表面所形成的镀铜层易刺破或划伤薄膜基材，导致产品良率低	在铜电镀槽的上游和下游分别设置一个第一液体导电槽，在保护电镀槽的上游和下游分别设置有一个第二液体导电槽：去掉导电辊，让聚酯薄膜上的金属铜溅射层与第一导电液体和第二导电液体通过非接触的液体方式与电源负极联通 主辊外周设计环形凹槽，使得薄膜基材与第一阳极板之间形成空隙。不仅满足镀液回路的形成，而且可避免传统导电辊与薄膜基材接触
降低生产成本	导电辊的结构设计取消，通过导电带实现对薄膜基材的导电，导致薄膜基材浪费，生产成本高	沿薄膜基材的走带方向依次设置的至少两个镀液池，薄膜基材的外侧面完全电镀，可避免浪费薄膜基材，降低生产成本

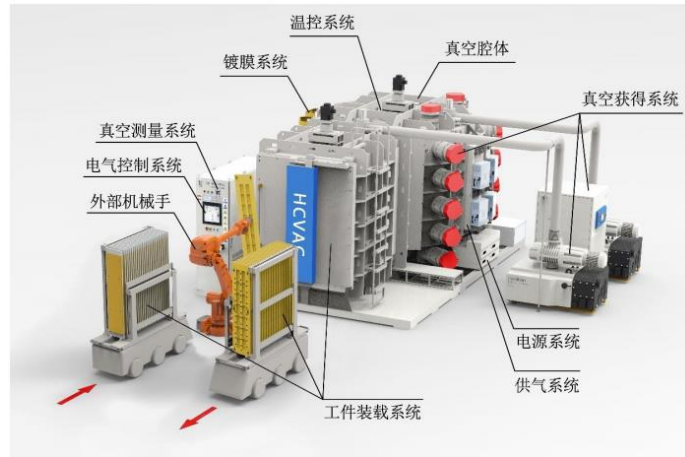
来源：国家知识产权局，国金证券研究所

三、供应链：设备端的供应链分析

目前，市场上的复合集流体生产工序基本无法避免真空镀或水电镀两种镀膜方式。其中，对真空镀膜设备要求高：真空蒸镀环节中，高温环境下，长时间运转时薄膜易产生熔断或烫伤的缺陷；如果运转速度快，所形成的金属层薄，导电膜的导电性能差。因此，真空镀环节对设备、操作条件控制要求精度高，此环节降本增效方法有限。

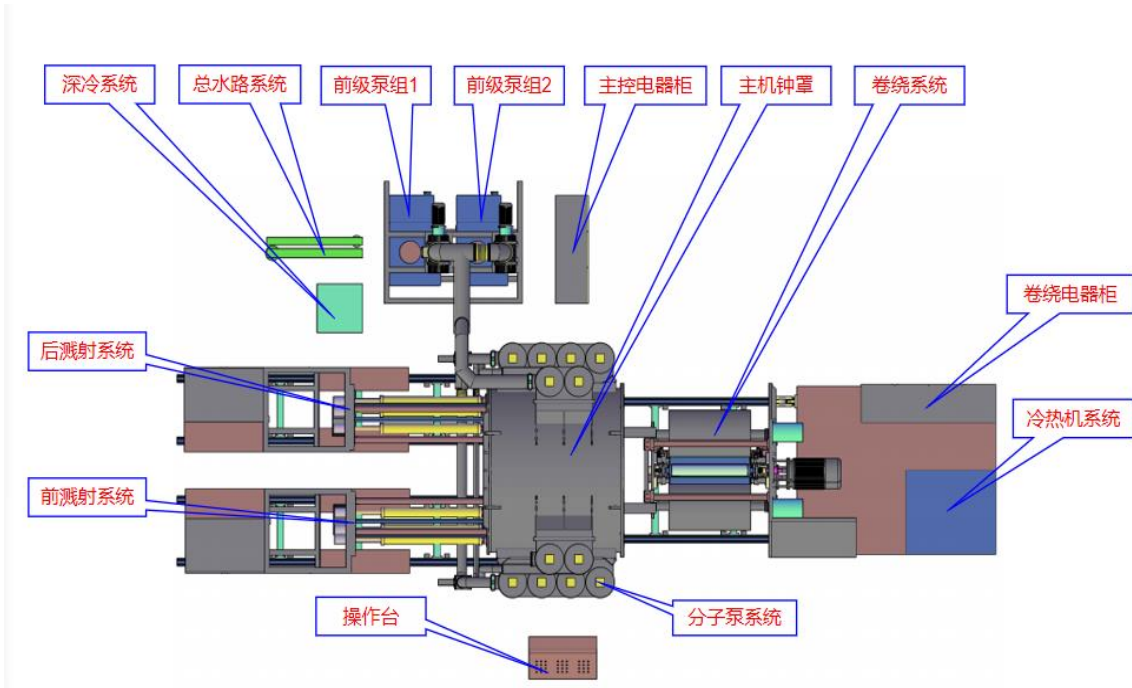
真空镀主要由真空腔体、真空获得系统、电源系统、镀膜系统等核心零部件组成，其中真空获得系统、电源系统、镀膜系统为核心部分。其中，真空获得系统主要使腔体形成理想的真空状态，电源供给所需电力，镀膜系统提供镀膜的工具。

图表18：真空镀膜设备构成



来源：汇成真空，国金证券研究所

图表19：双面磁控溅射构成



来源：海格瑞特，国金证券研究所

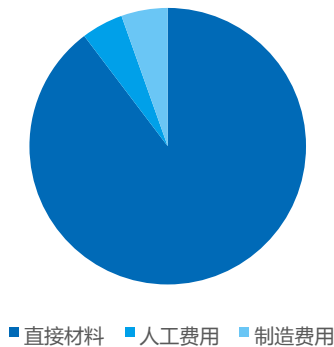
图表20: 真空镀膜设备构成与作用

部件	作用	核心部件
真空腔体	真空腔体主要用于建立高真空或者超高真空的工作环境, 容纳工件装载 系统进行真空镀膜, 给蒸发源、溅射靶、离子源、温控系统供气系统等 提供安装环境。	
真空获得系统	主要包括真空泵、管道、阀门等, 真空获得系统可实现真空腔体内近真 空环境。	真空泵
电源系统	主要包括离子源电源、溅射电源、蒸发电源、离化电源、射频电源等, 为镀膜系统提供电力支持。	弧电源、中频电源、直流电源、射频电源、偏压电源等
供气系统	主要为蒸发源或者溅射源提供工作气体, 通过电气控制系统, 提供成膜 阶段需要提供的反应气体。	
工件装载系统	主要包括工件架、传动装置等, 用于装载镀膜基材, 实现工件机构的公 转/自转, 同时可达到多 段式变速旋转。	齿轮、电机、减速机等
外部机械手	作为真空镀膜设备与客户生产线无缝衔接的自动化定制工件挂具搬送 系统, 使前后道工序实现高 速、精确、流水线化地生产。	
电气控制系统	主要包括 PLC 可编程控制器的上下位机+工控机/触控屏界面, 通过该系 统能够快速、灵活、精 准地完成真空系统和镀膜系统的自动化作业。	质量流量控制器、真空 计、PLC 模块等
真空测量系统	主要包括真空测试规管和仪表, 用于实时测量、显示或者记录真空腔体 内真空状态。	真空计
镀膜系统	主要包括蒸发源或者溅射源, 用于镀料蒸发或提供等离子体, 在工件表面沉积满足特定功能的膜 层。	蒸发源
温控系统	主要包括加热器和温控模块等, 实现真空腔体内的温度场控制。	加热器、温度控制模块

来源: 汇成真空, 国金证券研究所

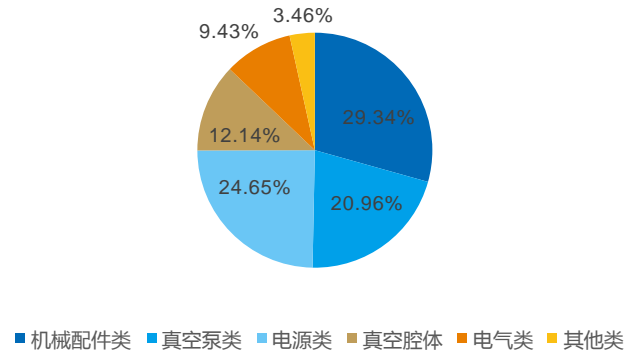
从成本构成来看, 真空镀设备主要由材料端组成, 其中机械配件、真空泵、电源为成本大头, 分别占 29%、21%、25%。目前机械配件、腔体基本可以国产化, 部分高端性能真空泵、电源仍然主要依赖进口。

图表21: 真空镀膜成本构成



来源: 汇成真空, 国金证券研究所

图表22: 真空镀膜原材料成本构成



来源: 汇成真空, 国金证券研究所

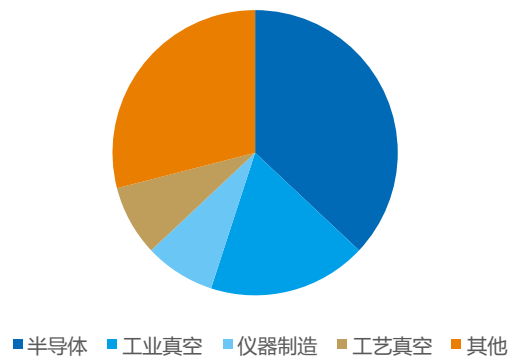
真空获得系统: 真空泵是真空获得设备中的主要零部件。用于获得、改善和(或)维持真空环境。真空泵可以定义为: 利用机械、物理、化学的方法对被抽容器进行抽气而获得真空的器件或设备。真空蒸镀金属薄膜一般在高真空(10⁻⁴mba 以上)条件下, 适用分子泵等类型。

图表23：真空类型

真空度范围	气压范围	主要应用领域	主要泵型
低真空	105Pa-102Pa	利用低真空获得的压力差来夹持、提升和运输物料，以及吸尘和过滤。	复式真空泵、旋转式真空泵、液环式真空泵、喷射式真空泵以及吸附式真空泵
中真空	102Pa-10-1Pa	一般用于排除物料中吸留或溶解的气体或水分、制造灯泡、真空冶金和用作热绝缘。	罗茨真空泵、多级喷射式真空泵、多级旋转机械真空泵以及高速旋转式机械真空泵
高真空	10-1Pa-10-5Pa	用于热绝缘、电绝缘和避免分子电子、离子碰撞的场合。	扩散泵及分子泵
超高真空	< 10-5Pa	常用于可控热核聚变的研究，时间基准氢分子镜的制作，以及表面物理、表面化学的科研。	离子泵、低温泵

来源：汇成真空，国金证券研究所

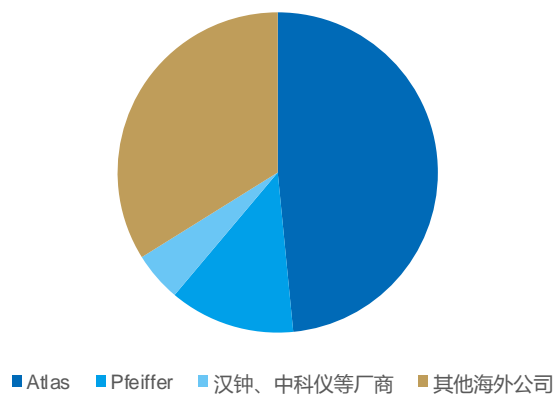
图表24：2019年全球真空泵下游领域



来源：华经产业研究，国金证券研究所

从半导体真空泵市场竞争格局来看，海外厂商占据95%的市场份额，主要由Atlas（2021年半导体真空泵收入约105亿元）和Pfeiffer（2021年半导体真空产品收入约25亿元）占据，国内厂商市场份额不到5%。目前汉钟精机已在联电、力积电等取得突破，未来有较大的国产替代空间。从光伏真空泵市场竞争格局来看，国内厂商汉钟精机占据较大市场份额。

图表25：真空泵全球竞争格局



来源：中国电池创新联盟，鑫椏锂电等，国金证券研究所

电源系统：国产化核心瓶颈。目前国内的光伏及真空镀膜使用的PECVD电源及PVD电源，

几乎都被美国 AE/MKS 及德国霍廷格垄断，虽有国内数家企业仿制出类似产品，但是都属于国外产品本世纪初的技术水平，技术相对落后，并且有知识产权风险。

图表26：蒸镀电源类型



来源：中国电池创新联盟，鑫锂锂电等，国金证券研究所

镀膜系统：1、电阻加热源：用难熔金属如钨、钽制成舟箔或丝状，通以电流，加热在它上方的或置于坩埚中的蒸发物质。电阻加热源主要用于蒸发 Cd、Pb、Ag、Al、Cu、Cr、Au、Ni 等材料。2、高频感应加热源：用高频感应电流加热坩埚和蒸发物质。3、电子束加热源：适用于蒸发温度较高（不低于 2000）的材料，即用电子束轰击材料使其蒸发。

图表27：蒸发镀膜技术路线

	原理	优点	缺点
电阻式	用难熔金属如钨、钽制成舟箔或丝状，通以电流，加热在它上方的或置于坩埚中的蒸发物质。Cd、Pb、Ag、Al、Cu、Cr、Au、Ni	简单、经济	加热所能达到的最高温度有限，加热器的寿命也较短，效率较低。
电子束	电子束加热会产生更高的通量密度，这样的话利用热阴极发射电子在电场作用下成为高能量密度的电子束直接轰击至镀膜上。电子束的动能以热的蒸发的速率得到一定程度上的提高。电转化为热能，使镀膜加热汽化，完成蒸发镀膜。子束蒸发的粒子动能比较大，这样会有利于薄膜的精密性和结合力。		成本高，结构复杂
感应加热式	利用高频电磁场感应加热膜材使其汽化蒸发	1) 蒸发速率大，可比电阻蒸发源大 10 倍左右； 2) 蒸发源的温度均匀稳定，不易产生飞溅现象； 3) 蒸发材料是金属时，蒸发材料可产生热量； 4) 蒸发源一次装料，无需送料机构，温度控制比较容易，操作比较简单	1) 必须采用抗抗震性好，高温化学性能稳定的氮化硼坩埚； 2) 蒸发装置必须屏蔽，并需要较复杂和昂贵的高频发生器；

来源：HAVC，国金证券研究所

溅镀无需对原材料进行熔化和蒸发，先施加高电压使阴极、阳极产生等离子体，溅射气体中的电子与原子发生碰撞，导致电离轰击靶材，到达基底表面。对于镀金属来讲，主要是采用直流溅射（阴极是靶材、阳极是基底）。

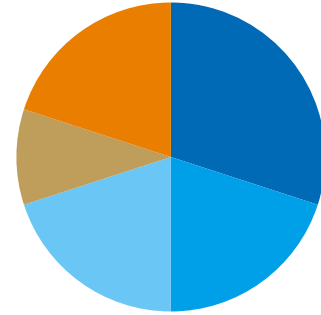
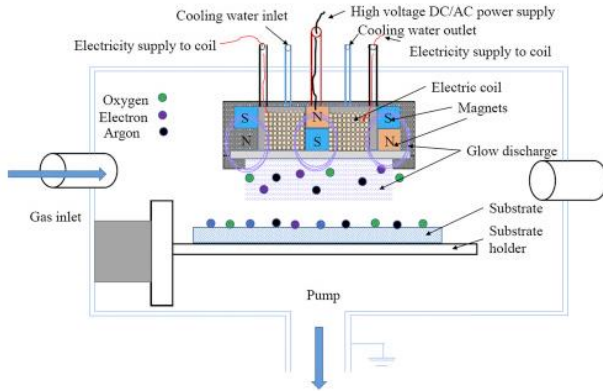
核心部件：

溅射源：(1)柱状磁控溅射源；(2)平面磁控溅射源；(3)溅射枪(S枪)

靶材：主要采用铜靶材，全球溅射靶材市场主要有四家企业，分别是 JX 日矿金属、霍尼韦尔、东曹和普莱克斯，市场份额分别为 30%、20%、20%和 10%，合计垄断了全球 80%的市场份额

图表28：磁控溅射原理

图表29：磁控靶材竞争格局



■ 日矿金属 ■ 霍尼韦尔 ■ 东曹 ■ 普莱克斯 ■ 其他

来源：CNKI，国金证券研究所

来源：华经产业研究，国金证券研究所

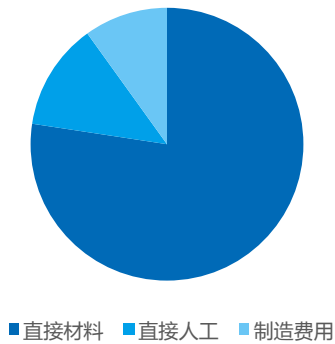
图表30：真空镀膜核心部件公司梳理

领域	公司	业务
真空泵	鲍斯股份*	生产干式螺杆真空泵；2022年1-9月公司真空泵业务实现营业收入11938.94万
	中科仪	于2022年5月18日开工，预计今年5月底前竣工。项目达产后，可年产干式真空泵20040台套。
	汉钟精机*	光伏真空泵:2022年全球光伏真空泵设备空间约12-18亿元。汉钟精机光伏真空泵市占率超过70%
电源	英杰电气*	做了4年射频电源，有中端和高端产品。中端产品在2021年初已经投向市场。高端产品有1-2个厂商正在测试
	翰强科技	翰强科技拥有PECVD电源、PVD电源等高端工业电源产品,能够广泛应用于光伏、真空镀膜等核心工艺环节
靶材	阿石创*	主导产品为溅射靶材和蒸镀材料，平面显示应用为主
	龙华科技*	半导体靶材为主,同时也涉足平板显示靶材、太阳能靶材
	江丰电子*	主导产品为溅射靶材，平面显示应用为主
	有研新材*	半导体为主

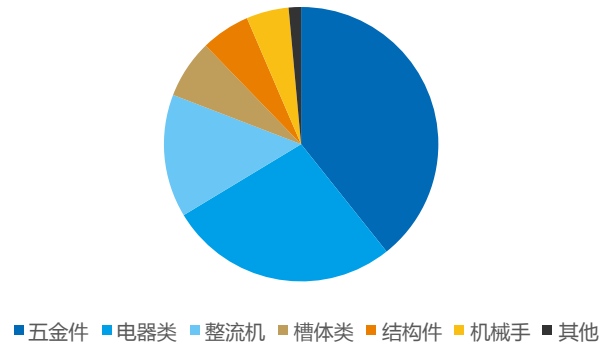
来源：中国电池创新联盟，鑫椏锂电等，国金证券研究所

电镀主要由五金件、电器类、结构件、槽体类、整流机、机械手等组成，其中五金、电器、整流机为核心部分。总体来看，电镀环节的上游零部件产业化较为成熟，基本实现了国产化替代。

图表31：电镀成本构成



图表32：电镀原材料成本构成



来源：汇成真空招股说明书，国金证券研究所

来源：汇成真空招股说明书，国金证券研究所

核心零部件市场空间测算：

1) 下游需求测算：复合铜箔具有低成本、安全性、高能量密度多重优点，我们认为随工艺端、设备端逐步走向成熟，后续渗透率有望加速提升。预计复合铜箔 2025 年渗透率 7.3%，装机量 169Gw，2030 年渗透率 43.6%，对应装机量超 2000Gw。。预计复合铝箔 2025 年渗透率 1.9%，装机量 43.6Gw，2030 年渗透率 11.4%，对应装机量超 500Gw。

图表33：复合集流体需求测算

复合铜箔	2021	2022	2023E	2024E	2025E	2030E
电池总需求量						
电池需求量 (GWh)	408	709	1083	1596	2333	4733
全球动力电池需求量 (GWh)	289	514	822	1233	1849	3463
全球储能电池需求量	60	130	189	284	397	951
全球消费电池需求量	60	65	72	79	87	318
复合铜箔需求量						
动力领域渗透率		0%	0%	2%	5%	40%
储能领域渗透率		1%	1%	5%	15%	60%
消费领域渗透率	1%	5%	7%	15%	20%	30%
复合铜箔占比	0.15%	0.55%	0.72%	3.18%	7.26%	43.35%
搭载复合铜箔电池量 (Gwh)	0.6	3.9	7.8	50.7	169.4	2051.4
1GWh 电池需复合铜箔量 (万平方米)	1000	1000	1000	1000	1000	1000
复合铜箔需求量 (万平方米)	600	3900	7752	50710	169400	2051398
复合铝箔	2021	2022	2023E	2024E	2025E	2026E
动力领域渗透率	1%	1%	1%	1%	2%	15%
储能领域渗透率				1%	1%	1%
消费领域渗透率			1%	2%	3%	3%
PET 铝箔占比	0.35%	0.36%	0.45%	1.05%	1.87%	11.38%
搭载 PET 铝箔电池量 (Gwh)	1.4	2.6	4.8	16.8	43.6	538.6
1GWh 电池需 PET 铝箔量 (万平方米)	1000	1000	1000	1000	1000	1000
PET 铝箔需求量 (万平方米)	1445	2570	4830	16750	43560	539104

来源：中国电池创新联盟，鑫椏锂电等，国金证券研究所测算

2) 复合集流体设备核心零部件空间测算：设备端磁控溅射我们假设单台产能不变，价值量稳步下降，2025 年单台磁控溅射、蒸镀价值量为 2036 万元，2030 年为 1500 万元。同时，假设设备毛利率 30%，真空泵、电源占营业成本分别为 20%、25%，对应 2025 年真空泵市场空间 9.6 亿元，2030 年市场空间 33.3 亿元，电源市场 2025 年 12 亿元，2030 年 41.6 亿元。

图表 34：真空镀核心部件市场空间测算

	2021	2022E	2023E	2024E	2025E	2030E
磁控溅射设备						
单台年溅射面积 (万平方米)	1000	1000	1000	1000	1000	1000
单台价格 (万元)	2300	2231	2164	2099	2036	1500
有效产能利用率	50%	65%	70%	75%	80%	80%
设备保有量 (台)	1	9	36	155	402	2564
新增设备需求 (台)		8	26	119	247	519
替换设备需求 (台)						366
增量市场空间 (亿元)		2	6	25	50	78
替代市场空间 (亿元)						55
真空泵市场空间 (亿元)		0.3	0.8	3.5	7.0	18.6
电源市场空间 (亿元)		0.4	1.1	4.4	8.8	23.2
蒸镀设备						
单台年电镀面积 (万平方米)	350	350	350	350	350	350.0
单台价格 (万元)	2500	2375	2256	2143	2036	1500
有效产能利用率	50%	65%	70%	75%	80%	80%
设备保有量 (台)	8	11	20	64	156	1923
新增设备需求 (台)		3.0	8.4	44.1	91.8	424
替换设备需求 (台)						275
增量市场空间 (亿元)		0.7	1.9	9.5	18.7	63.6
替代市场空间 (亿元)						41
真空泵市场空间 (亿元)		0.1	0.3	1.3	2.6	14.7
电源市场空间 (亿元)		0.1	0.3	1.7	3.3	18.4
真空泵市场空间合计 (亿元)		0.4	1.1	4.8	9.6	33.3
电源市场空间合计 (亿元)		0.5	1.4	6.0	12.0	41.6

来源：中国电池创新联盟，鑫椏锂电等，国金证券研究所测算 注：光伏、半导体需求测算参考华经产业研究院

3) 真空泵、电源总市场空间测算：对于光伏、半导体领域的市场空间，我们参考华经产业研究院数据，预计 2025 年真空泵市场空间合计为 152.6 亿元，电源市场空间合计为 107.6 亿元，2030 年复合集流体带来的真空泵、电源市场较 2025 年总市场空间拉动弹性为 21.8%、38.7%。

图表 35: 真空镀核心部件总市场空间测算

产品	领域	环节	2021	2022	2023E	2024E	2025E
真空泵	光伏	硅片	13.4	13.3	12	13	11
		电池	10.3	13.8	12.5	14	15
	半导体	铝箔 (蒸镀)	72	76	86	96	117
		铜箔 (溅射)		0.1	0.3	1.3	2.6
	复合集流体	铜箔 (溅射)		0.3	0.8	3.5	7.0
		市场空间		95.7	103.5	111.6	127.8
电源	光伏	硅片	5.7	6	5.5	5.6	5.6
		电池	2.5	3.5	5	6.5	10
	半导体	铝箔 (蒸镀)	55	56.6	64	72	80
		铜箔 (溅射)		0.1	0.3	1.7	3.3
	复合集流体	铜箔 (溅射)		0.4	1.1	4.4	8.8
		市场空间		63.2	66.6	75.9	90.1

来源: 中国电池创新联盟, 鑫椏锂电等, 国金证券研究所测算 注: 光伏、半导体需求测算参考华经产业研究院

四、投资建议

- **东威科技: 水镀设备龙头。**公司在复合铜箔领域的水镀设备具有显著的先发优势, 在手订单饱满, 公司新能源设备目前在手订单已接近 300 台, 金额达 30 亿元以上, 现有订单均需在 24 年底完成。布局磁控溅射形成协同化产品布局。
- **道森股份: 公司控股子公司洪田科技计划总投资 10 亿元建设年产真空磁控溅射设备 100 套、真空蒸镀设备 100 套、复合铜箔一体机成套设备 100 套、锂电生箔机成套设备 200 套及阳极板 6000 套产能。**
- **英杰电气: 国内领先电源供应厂商。**公司电源产品主要为功率控制电源和特种电源, 主要运用于需要电热场加热、精准控温的行业设备领域, 在新能源领域主要为光伏、水电解制氢、核电等行业设备做电源配套, 公司于 2017 年为中微半导体开发生产的 MOCVD 设备提供配套的特种电源产品, 实现了进口替代。公司在光伏领域国内市占率已达 70%+, 更高技术壁垒的射频电源有望在泛半导体领域的订单实现突破。
- **汉钟精机: 国内领先真空泵供应厂商。**公司真空泵产品技术卓越, 布局半导体真空泵市场, 下游客户覆盖机台商、单晶厂、晶圆厂、封装厂四个领域。公司三期产能预计 23Q1 投产, 主要覆盖光伏&半导体领域。2022H1 公司真空产品营收 5.14 亿元, 毛利率 41.57%。
- **汇成真空: 以真空镀膜设备研发、生产、销售及其技术服务为主的真空应用解决方案供应商。**公司产品覆盖磁控溅射镀膜、蒸发镀膜、离子镀膜等主要真空镀膜技术及其组合应用, 单体机、连续线两种设备形态可满足不同客户的需要。截至 2023 年 2 月 28 日, 公司在手订单约 4.59 亿元, 新能源、半导体等新兴产业正逐步成为新的利润增长点。

图表36：推荐标的盈利预测

	归母净利润 (亿元)					EPS (元/股)					PE				
	21A	22A	23E	24E	25E	21A	22A	23E	24E	25E	21A	22A	23E	24E	25E
东威科技	1.61	2.13	3.99	5.54	7.38	1.09	1.45	2.65	3.67	5.01	62.31	98.79	26.76	19.28	14.13
道森股份	-0.36	1.06	2.37	3.71	4.46	-0.17	0.51	1.16	1.79	2.14	-123.10	52.13	21.65	14.00	11.68
英杰电气	1.57	3.39	4.76	6.46	8.24	1.65	2.36	3.30	4.48	5.78	54.46	31.14	31.90	23.49	18.20
汉钟精机	4.87	6.44	7.43	9.22	11.18	0.91	1.21	1.39	1.73	2.09	29.25	19.87	17.33	13.96	11.52

来源：iFind，国金证券研究所

注：以上公司盈利预测来源于 iFind 一致预期，截至 2023 年 5 月 27 日

五、风险提示

■ 复合铜箔产业化进展不及预期

- 复合铜箔目前仍处于产业化初期，具有一定的产业化瓶颈，有产业化普及不及预期的风险。

■ 半导体领域需求不及预期

- 目前真空镀膜设备大部分需求由半导体领域驱动，若半导体需求不及预期，行业有下行风险。

■ 竞争格局恶化风险

- 目前真空镀膜设备竞争格局较好，若后续国产替代加速，有竞争格局恶化风险

行业投资评级的说明：

- 买入：预期未来 3—6 个月内该行业上涨幅度超过大盘在 15%以上；
- 增持：预期未来 3—6 个月内该行业上涨幅度超过大盘在 5%—15%；
- 中性：预期未来 3—6 个月内该行业变动幅度相对大盘在 -5%—5%；
- 减持：预期未来 3—6 个月内该行业下跌幅度超过大盘在 5%以上。

特别声明：

国金证券股份有限公司经中国证券监督管理委员会批准，已具备证券投资咨询业务资格。

本报告版权归“国金证券股份有限公司”（以下简称“国金证券”）所有，未经事先书面授权，任何机构和个人均不得以任何方式对本报告的任何部分制作任何形式的复制、转发、转载、引用、修改、仿制、刊发，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。经过书面授权的引用、刊发，需注明出处为“国金证券股份有限公司”，且不得对本报告进行任何有悖原意的删节和修改。

本报告的产生基于国金证券及其研究人员认为可信的公开资料或实地调研资料，但国金证券及其研究人员对这些信息的准确性和完整性不作任何保证。本报告反映撰写研究人员的不同设想、见解及分析方法，故本报告所载观点可能与其他类似研究报告的观点及市场实际情况不一致，国金证券不对使用本报告所包含的材料产生的任何直接或间接损失或与此有关的其他任何损失承担任何责任。且本报告中的资料、意见、预测均反映报告初次公开发布时的判断，在不作事先通知的情况下，可能会随时调整，亦可因使用不同假设和标准、采用不同观点和分析方法而与国金证券其它业务部门、单位或附属机构在制作类似的其他材料时所给出的意见不同或者相反。

本报告仅为参考之用，在任何地区均不应被视为买卖任何证券、金融工具的要约或要约邀请。本报告提及的任何证券或金融工具均可能含有重大的风险，可能不易变卖以及不适合所有投资者。本报告所提及的证券或金融工具的价格、价值及收益可能会受汇率影响而波动。过往的业绩并不能代表未来的表现。

客户应当考虑到国金证券存在可能影响本报告客观性的利益冲突，而不应视本报告为作出投资决策的唯一因素。证券研究报告是用于服务具备专业知识的投资者和投资顾问的专业产品，使用时必须经专业人士进行解读。国金证券建议获取报告人员应考虑本报告的任何意见或建议是否符合其特定状况，以及（若有必要）咨询独立投资顾问。报告本身、报告中的信息或所表达意见也不构成投资、法律、会计或税务的最终操作建议，国金证券不就报告中的内容对最终操作建议做出任何担保，在任何时候均不构成对任何人的个人推荐。

在法律允许的情况下，国金证券的关联机构可能会持有报告中涉及的公司所发行的证券并进行交易，并可能为这些公司正在提供或争取提供多种金融服务。

本报告并非意图发送、发布给在当地法律或监管规则下不允许向其发送、发布该研究报告的人员。国金证券并不因收件人收到本报告而视其为国金证券的客户。本报告对于收件人而言属高度机密，只有符合条件的收件人才能使用。根据《证券期货投资者适当性管理办法》，本报告仅供国金证券股份有限公司客户中风险评级高于 C3 级（含 C3 级）的投资者使用；本报告所包含的观点及建议并未考虑个别客户的特殊状况、目标或需要，不应被视为对特定客户关于特定证券或金融工具的建议或策略。对于本报告中提及的任何证券或金融工具，本报告的收件人须保持自身的独立判断。使用国金证券研究报告进行投资，遭受任何损失，国金证券不承担相关法律责任。

若国金证券以外的任何机构或个人发送本报告，则由该机构或个人为此发送行为承担全部责任。本报告不构成国金证券向发送本报告机构或个人的收件人提供投资建议，国金证券不为此承担任何责任。

此报告仅限于中国境内使用。国金证券版权所有，保留一切权利。

上海	北京	深圳
电话：021-60753903	电话：010-85950438	电话：0755-83831378
传真：021-61038200	邮箱：researchbj@gjzq.com.cn	传真：0755-83830558
邮箱：researchsh@gjzq.com.cn	邮编：100005	邮箱：researchsz@gjzq.com.cn
邮编：201204	地址：北京市东城区建内大街 26 号	邮编：518000
地址：上海浦东新区芳甸路 1088 号	新闻大厦 8 层南侧	地址：中国深圳市福田区中心四路 1-1 号
紫竹国际大厦 7 楼		嘉里建设广场 T3-2402