

复合集流体专题之二：玩家群雄逐鹿，工艺百花齐放

2022 年 12 月 02 日

【投资要点】

- ◆ **高安全性、高能量密度、低成本及强兼容性优势。**复合集流体为三明治结构，“金属导电层-PET/PP 高分子材料层-金属层”。以复合铜箔为例，电池安全性能更好（穿刺不会产生毛刺引发内短路）、能量密度提升 5%-10%、循环寿命提升以及兼容性强（兼容锂/钠/固态电池）等优势。成本方面，规模化量产前提下，复合铜箔理论成本（2.45 元/平）远低于传统铜箔（3.70 元/平），下降 0.85 元/平方米，主要得益于用铜量下降。
- ◆ **工艺：路线多样，磁控溅射+水电镀的两步法是主流。**其核心则是 20 世纪 50-60 年代发明的诸多高分子表面金属化底层技术的组合，包括磁控溅射、真空蒸镀、水电镀和化学沉积等，这些底层技术历史上在半导体、显示、消费电子等行业已有成熟应用。迁移至复合集流体需解决卷料、规模化生产和成本等问题。
- ◆ **行业现状：群雄逐鹿，共同推动产业从 0-1。**根据各企业现有规划推算，我们预计 23-25 年复合铜箔有效供给分别为 3.2、22.8、56.3 亿平，主要由前期送样顺利的宝明科技、重庆金美等提供，而现有远期规划为 83.7 亿平。**电池环节：**宁德引领行业变革，主流电池厂除海辰布局复合铜箔生产制造以外，其余多以专利方式布局电池（含复合集流体）、焊接、复合集流体生产等。**产品制造环节：**传统锂电铜箔、电子镀膜、基膜、镀膜材料等厂商都凭借自己的技术优势或产业链优势入局，宝明科技等镀膜企业有较强协同效应；**设备环节：**磁控溅射设备基本实现国产化，腾胜科技磁控溅射设备领跑行业，并持续迭代升级；水电镀设备目前仅东威实现量产；**电池制造环节：**增加滚焊工序，骄成绑定宁德率先攻克滚焊技术。
- ◆ **进展方面：2023 有望成为量产元年。**宝明科技、金美新材目前送样验证进展领先行业，宝明预计 2023Q2 一期 1.5 亿平实现量产；胜利精密、双星新材、万顺新材等也已完成样品生产，与下游积极测试验证中；中一科技、诺德股份等传统电解铜箔厂商也已订购设备宣布入局；整体来看，玩家进一步增多，推动行业良性发展，2023 年有望成为量产元年。

【配置建议】

- ◆ 目前复合集流体完整产业链已经形成，量产元年将近。**重点推荐：**1) 引领产业变革的电池厂商：宁德时代；2) 送样验证进度领先：宝明科技；3) 独家供应水电镀设备：东威科技；4) 滚焊核心设备厂商：骄成超声。建议关注：阿石创、三孚新科、元琛科技。

【风险提示】

- ◆ 复合集流体量产不及预期；
- ◆ 行业竞争加剧。

强于大市（维持）

东方财富证券研究所

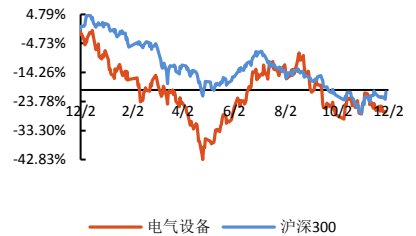
证券分析师：周旭辉

证书编号：S1160521050001

联系人：李京波，郭娜

电话：13127673698

相对指数表现



相关研究

- 《POE：N 型电池放量，粒子国产化加速》
2022. 11. 27
- 《美国光储政策：IRA 变局已至，国产企业破浪前行》
2022. 11. 25
- 《海外光储：多重政策利好，关注户用光储一体化装机》
2022. 11. 16
- 《复合铜箔：认证量产加速，市场空间广阔》
2022. 11. 08
- 《钠离子电池专题之三：铜基和镍基层状氧化物金属原材料需求拆解》
2022. 11. 04

正文目录

1. 复合集流体：降本、安全、提升能量密度.....	4
2. 工艺：磁控溅射、真空蒸镀、水电镀和化学沉积的组合.....	7
2.1. 传统 vs 复合：铜箔电解法 vs 多步法，铝箔压延法 vs 蒸镀法.....	7
2.2. 复合铜箔：磁控溅射、真空蒸镀、水电镀和化学沉积的组合.....	8
2.3. 化学沉积：催化剂帮助下的高良率湿法成膜方案.....	11
2.4. 水电镀：应用广泛效率高的湿法成膜方案.....	13
2.5. 磁控溅射：结合力强.....	15
2.6. 真空蒸镀：效率高于磁控，成型温度接近金属熔点.....	18
2.7. 复合铝箔：已量产的高安全性高成本方案.....	20
3. 行业现状：玩家群雄逐鹿，产业化提速.....	22
3.1. 专利角度：21-22 年进入专利爆发期，电池厂材料厂卡位.....	23
3.2. 产品端：电子、基膜、电解铜箔等玩家拓展.....	26
3.2.1. 电解铜箔拓展：部分工序原理相同.....	27
3.2.2. 镀膜业务横向拓展：镀膜技术同源.....	28
3.2.3. 基膜企业延伸：上下游一体化布局优势.....	29
3.2.4. 镀膜材料延伸：对镀膜设备理解深厚.....	30
3.2.5. 化学镀铜液：化学沉积的核心.....	31
3.2.6. 自主研发新势力：深耕相关领域.....	31
3.3. 设备端：真空镀膜和水电镀设备+滚焊设备.....	33
3.3.1. 真空镀膜设备：基本实现国产化.....	34
3.3.2. 水电镀设备：厂商稀缺.....	36
3.3.3. 超声波滚焊设备：复合集流体焊接新增工艺.....	37
3.4. 其他：镀铜专用化学品.....	39
4. 投资建议.....	40
5. 风险提示.....	40

图表目录

图表 1：复合铜箔不同材料特性对比.....	4
图表 2：传统集流体和新型集流体的结构对比.....	5
图表 3：两步法复合铜箔（6.5 μm）与电解铜箔（6 μm）的成本对比（100%良率情况下）.....	5
图表 4：复合铜箔相对传统铜箔的成本优势对良率、铜价的敏感性分析（元）.....	6
图表 5：传统锂电铜箔制造工艺.....	7
图表 6：重庆金美复合铜箔工艺与传统铜箔工艺对比.....	7
图表 7：传统铝箔生产工艺.....	8
图表 8：复合铝箔与传统铝箔对比.....	8
图表 9：高分子呈长链结构，通过范德华力结合.....	9
图表 10：铜晶体为面心立方晶体结构.....	9
图表 11：高分子表面金属化技术分类.....	9
图表 12：各玩家的方案是四种基本工艺的排列组合.....	10
图表 13：复合集流体核心指标及说明（以两步法为例）.....	11
图表 14：化学沉积在 PCB 制造中是重要工艺.....	11

图表 15: 化学沉积在孔壁上沉积铜层.....	11
图表 16: 三孚新科相关专利布局.....	12
图表 17: 钯作为贵金属催化剂近年来达到 50 万/kg.....	13
图表 18: 电镀铜液配方.....	13
图表 19: 水电镀生产原理.....	14
图表 20: 全板电镀和图形电镀在 PCB 上的应用.....	14
图表 21: 水电镀工艺示意图.....	15
图表 22: 触控屏中应用磁控溅射的 ITO 导电膜的位置.....	16
图表 23: 基膜 (12) +金属化层 (14、15) +铜层 (17、18) 的复合铜箔....	16
图表 24: 磁控溅射系统.....	17
图表 25: 磁控溅射原理.....	17
图表 26: 国内磁控溅射设备.....	17
图表 27: 真空蒸镀的微观原理.....	18
图表 28: 真空蒸镀系统.....	18
图表 29: 真空镀膜的下游应用.....	19
图表 30: 真空蒸镀系统.....	20
图表 31: 真空蒸镀子模块介绍.....	20
图表 32: 复合铝箔生产工艺.....	20
图表 33: 复合铝箔生产工艺.....	21
图表 34: 真空镀铝示意图.....	21
图表 35: 复合集流体产业链及协同效应一览.....	22
图表 36: 复合铜箔厂家产能规划情况 (亿平)	22
图表 37: 复合集流体专利申请趋势.....	23
图表 38: ATL 复合集流体专利申请趋势.....	23
图表 39: 厦门海辰复合集流体专利申请趋势.....	24
图表 40: 宁德时代复合集流体专利申请趋势.....	24
图表 41: 各电池厂商复合集流体专利布局情况 (部分)	24
图表 42: 复合集流体产品厂商专利布局情况 (部分)	25
图表 43: 复合集流体厂家进度情况.....	26
图表 44: 宝明科技外挂式电容触摸屏结构.....	28
图表 45: 宝明科技 ITO 触屏生产工艺.....	28
图表 46: 宝明科技复合集流体相关专利布局情况.....	28
图表 47: 胜利精密复合集流体相关专利布局情况.....	29
图表 48: 金美 6 微米复合铝膜.....	32
图表 49: 金美 6 微米复合铜膜.....	32
图表 50: 纳力新材料产能规划.....	32
图表 51: 汇成真空 PVD RTR 镀膜设备.....	34
图表 52: 腾胜科技单腔体卷绕镀膜机.....	35
图表 53: 振华科复合铜箔卷绕镀膜设备.....	35
图表 54: 真空镀膜行业内主要企业.....	35
图表 55: 东威科技双边夹卷式水平连续镀膜设备.....	36
图表 56: 东威科技锂电复合铜膜磁控溅射卷绕双面镀膜设备.....	36
图表 57: 达牛新能源复合材料滚焊一体化设备.....	37
图表 58: 新栋力超声波金属滚动焊接机.....	38
图表 59: 光华科技的水镀 SP 系列水镀光剂差异化优势.....	39
图表 60: 行业重点关注公司.....	40

1. 复合集流体：降本、安全、提升能量密度

集流体是电池中的关键材料，作用为将电池活性物质产生的电子汇集起来形成电流对外输出，实现化学能转化为电能的过程。通常正极采用氧化电位高的铝材，负极采用不易与锂形成合金的铜材。原则上，理想的锂离子电池集流体应满足几个条件：(1) 电导率高；(2) 化学与电化学稳定性好；(3) 机械强度高；(4) 与电极活性物质的兼容性和结合力好；(5) 廉价易得；(6) 质量轻。

复合集流体是一种“三明治”结构，以 PET/PP 等高分子材料作为中间层基膜，通过真空镀膜等工艺，在基膜上下两面堆积出铜/铝导电层，形成“金属导电层-PET/PP 高分子材料支撑层-金属导电层”的新型复合材料。

高分子基材材料技术路线：PET 最主流，强韧性是所有热塑性塑料中最好的、尺寸稳定，与铜结合力好，不耐酸碱。PP 性能优越，循环寿命长，各向同性，耐酸碱性好；熔点低，不耐高温；与铜结合力相对较差。PI 性能最好，但成本高。

图表 1：复合铜箔不同材料特性对比

材料名称	PET	PP	PI
全称	聚对苯二甲酸乙二醇酯	聚丙烯	聚酰亚胺
适用温度	-60~120℃	-15~55℃	-269~280℃
特点	强韧性是所有热塑性塑料中最好的、尺寸稳定 与铜结合力好，不耐酸碱	各向同性，耐酸碱性好； 熔点低，不耐高温； 与铜结合力相对较差	性能最优，耐热性最好，成本较高
传统应用范围	热收缩膜、抗静电、高光、反光膜等，可做表面处理	印刷、胶带、保护膜、锂电隔膜等	航空航天、军工、电子等领域

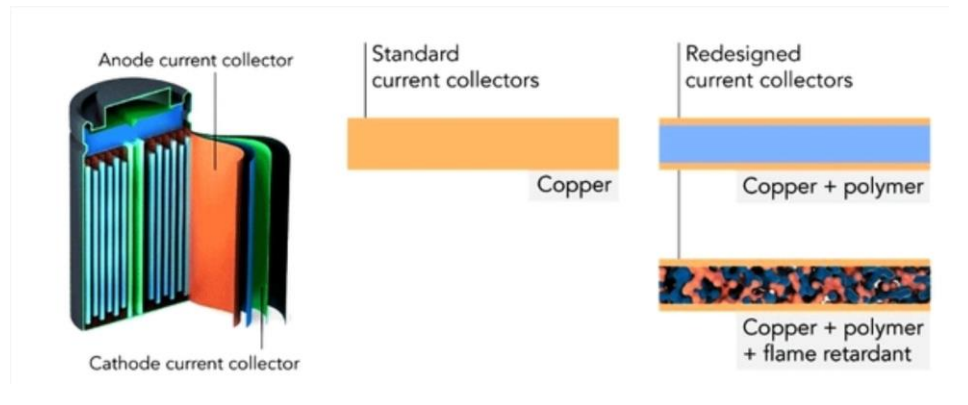
图



资料来源：安徽国风新材，昌茂实业，东方财富证券研究所

根据 GGII，相比传统铜箔，复合铜箔可以解决电池安全问题（穿刺不会产生毛刺引发内短路）、提升能量密度（提升 5%-10%）、降低制造成本（降低 50% 以上）、提升循环寿命（提升 5% 以上）以及强兼容性（兼容锂/钠/固态电池）等。

图表 2：传统集流体和新型集流体的结构对比



资料来源：中国航空新闻网，东方财富证券研究所

规模化量产前提下，复合铜箔理论成本(2.45 元/平)远低于传统铜箔(3.70 元/平)，下降 0.85 元/平米。

核心假设：

- 1) 铜价在 6 万元/吨、PET 在 5 万元/吨（不含税）；
- 2) 复合铜箔 $6.5 \mu\text{m} = 4.5 \mu\text{m PET} + 2 \mu\text{m 铜}$ ；
- 3) 单 GWh 需要 1000 万平复合铜箔；
- 4) 复合铜箔采用两步法：每 1000 万平需要 2 台磁控溅射设备，单价 1500 万元，需要 3 台水电镀设备，单价 1000 万元，折旧年限 10 年，年限平均法折旧；
- 5) 其他固定资产：设备+厂房 2 亿元/亿平，折旧年限 15 年，年限平均法折旧。

成本下降主要贡献来自于用铜量下降。对于传统铜箔而言，铜单位成本为 3.7 元/平（不含税），其中铜的成本为 2.85 元/平，占比接近 77%。而 PET 铜箔可降低 2/3 铜用量，铜的成本为 0.27 元/平，成本占比为 11%。

图表 3：两步法复合铜箔（6.5 μm）与电解铜箔（6 μm）的成本对比（100%良率情况下）

	PET 铜箔				传统铜箔	
	成本 (元/平)	价格 (万/吨)	单耗 (克/m ²)	密度 (吨/m ³)	成本 (元/平)	成本 (万/吨)
原材料	1.40				3.19	5.93
—铜(2 μ)	0.27	6.00	17.9	8.96	2.85	5.31
—PET(4.5 μ)	0.95	5.00	6.2	1.38	—辅材	0.22
—其他	0.18				—电费	0.40
	成本 (元/平)	单价 (万元)	台数(台)	折旧年限(年)	折旧 (元/平)	折旧 (万/吨)
折旧成本	0.73				0.38	0.70
—磁控溅射	0.30	1500	2	10		
—水电镀	0.30	1000	3	10		
其他成本	0.32				其他成本	0.25
成本合计	2.45				成本合计	3.70

资料来源：“新型铜（MC）、铝（MA）导电膜”项目环评（2021 年新版环评）环境影响报告表，鑫椴锂电，东方财富证券研究所

成本敏感性分析：铜价和良率为核心影响因素，假设铜价在 5-7 万元/吨间，良率在 75-100%间，则复合铜箔成本相比传统铜箔成本拥有 0.19~1.54 元/平的成本优势。

图表 4：复合铜箔相对传统铜箔的成本优势对良率、铜价的敏感性分析（元）

	铜价（万元/吨）				
	5	5.5	6	6.5	7
良率 100%	0.95	1.10	1.25	1.39	1.53
良率 95%	0.83	0.97	1.12	1.25	1.40
良率 90%	0.69	0.83	0.97	1.10	1.24
良率 85%	0.55	0.68	0.81	0.94	1.07
良率 80%	0.38	0.51	0.63	0.75	0.88
良率 75%	0.19	0.31	0.43	0.54	0.66

资料来源：东方财富证券研究所测算

风险提示：以上数据仅为测算数据，存在铜价波动、良率难达预期等风险。

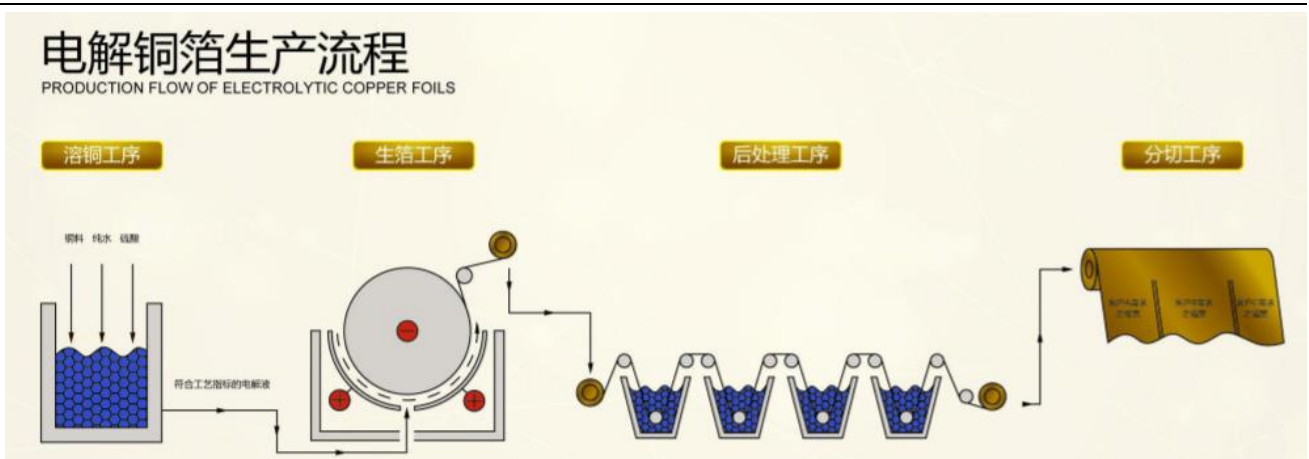
2. 工艺：磁控溅射、真空蒸镀、水电镀和化学沉积的组合

复合集流体工艺多样，其核心则是 20 世纪 50-60 年代发明的诸多高分子表面金属化底层技术的组合，包括磁控溅射、真空蒸镀、水电镀和化学沉积等，其中磁控溅射+水电镀的两步法是主流。这些底层技术历史上在半导体、显示、消费电子等行业已有成熟应用。迁移至复合集流体需解决卷料、规模化生产和成本等问题。

2.1. 传统 vs 复合：铜箔电解法 vs 多步法，铝箔压延法 vs 蒸镀法

传统铜箔采用电解法生产。电解铜箔包括溶铜造液、生箔、后处理、分切四个供需。主要生产流程是将铜材溶解后制成硫酸铜电解液，然后在专用电解设备中将硫酸铜电解液通过直流电沉积而制成箔，再对其进行表面粗化、防氧化等处理，最后经过分切、检验后制成成品。

图表 5：传统锂电铜箔制造工艺



资料来源：嘉元科技招股说明书，东方财富证券研究所

图表 6：重庆金美复合铜箔工艺与传统铜箔工艺对比

对比项目	项目工艺	传统工艺
工艺原理	真空镀膜+离子置换 (药液成分较为简单，只涉及铜一种重金属)	溶铜电解+水电镀 (镀液成分复杂，涉及多种重金属，传统镀铜液可能会涉及氰化物)
产品图		
基膜	使用 PET/PP 原料膜	使用铜料，溶铜后生成原箔生产基膜

工序长度	8-10	13-15
粗化工序	不需要，项目基材是平整、光亮的，并且使用酸度添加剂，故不需要	需要，为了铜箔与基材间有较好的结合力，同时为了电流分布均匀
物料传送方式	采用连续离子置换法（操作容易，效率高，与空气接触时间较短）	采用多种金属电镀方式（更容易使镀液滴漏到地面，且于空气接触时间较长）
生产环境	前工序真空腔体构成了密闭环境	前工序可在密闭的电解设备中进行
水洗工序	只涉及碱/酸性离子置换后清洗	因为传统铜箔生产涉及镀多种金属，镀后都需要清洗
前工序污染物	无污水，无废气 废渣是有价值的金属渣 有真空泵机械噪声	有污水，含电解液和金属废水，有挥发物废弃 废渣是无价值的含金属泥、滤芯等 有机机械噪声
后工序污染物	有污水，含药剂液和金属废水，有废气 废渣是无价值的含金属泥，滤芯等 有机机械噪声	有污水。含镀液和金属废水，有挥发物废气 废渣是无价值的含金属泥，滤芯等 有机机械噪声

资料来源：“新型铜（MC）、铝（MA）导电膜”项目环评（2021年新版环评）环境影响报告表，东方财富证券研究所

传统铝箔采用压延工艺，即将铝或铝合金毛坯经平辊冷轧加工成箔材。主要工序为将铝锭熔炼后，经过多次轧制、热处理形成特定的厚度，对表面处理（酸洗、防氧化等），最后分切成成品。

与传统压延铝箔相比，复合铝箔缩短工艺流程、相对清洁、减重、可优化电池安全性。

图表 7：传统铝箔生产工艺



资料来源：“新型铜（MC）、铝（MA）导电膜”项目环评（2021年新版环评）环境影响报告表，东方财富证券研究所

图表 8：复合铝箔与传统铝箔对比

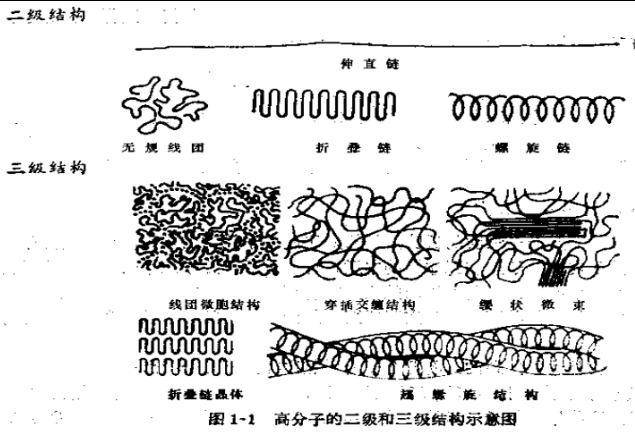
对比项目	复合铝箔工艺	传统铝箔工艺
工艺原理	真空镀膜	压延
工序长度	4~5	8~9
生产环境	真空腔体构成密闭环境	敞开的车间环境、粉尘大
污染物	无废水废气；废渣可回收；有真空泵噪声	有废水废气，废渣可回收，有机机械噪声
优点	减重、BOM 成本低、安全	生产成本低、工艺成熟
缺点	工艺较为复杂、生产成本当前高	重量大、电池安全性差于复合铝箔

资料来源：“新型铜（MC）、铝（MA）导电膜”项目环评（2021年新版环评）环境影响报告表，东方财富证券研究所

2.2. 复合铜箔：磁控溅射、真空蒸镀、水电镀和化学沉积的组合

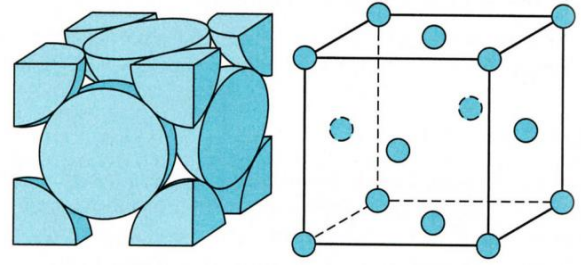
复合铜箔工艺核心难点在**高分子材料表面镀膜**。微观上，高分子为长链结构，通过范德华力结合，长程无序；纯铜晶体为面心立方的晶体结构，由金属键结合，长程有序。两者的界面结合力是复合铜箔力学、热学性能的关键。

图表 9：高分子呈长链结构，通过范德华力结合



资料来源：桂林工学院，东方财富证券研究所

图表 10：铜晶体为面心立方晶体结构



资料来源：百度百科，东方财富证券研究所

表面镀膜，即高分子表面金属化主要分为干法和湿法镀膜两类。干法顾名思义，不涉及溶液，又分为真空镀膜（包含真空蒸镀、磁控溅射、离子镀）和金属转移镀；湿法是指将待镀件浸入到溶液中以实现金属材料在基材表面沉积，又分为化学镀、化学还原金属化和电镀法。真空蒸发镀膜、磁控溅射镀膜、化学镀（化学沉积）和电镀法（包含水电镀）为经常使用且成熟的表面镀膜方法。

表面镀膜是成熟工艺。历史上看，大部分表面镀膜技术均发明于 20 世纪 50-60 年代，属成熟工艺，且此前已在半导体、光学等领域得到广泛应用。

图表 11：高分子表面金属化技术分类

分类一	分类二	分类三	发明时间	主要原理	优势	劣势	改良
干法镀膜	真空镀膜	真空蒸发镀膜	1953 年	将高分子基材及金属靶材置于真空环境下，加热蒸发金属，使原子在基材上均匀沉积	沉积速率快于磁控，设备简单	附着力低，高温影响基膜强度，致密性、膜厚、重复性等差于磁控溅射	脉冲激光镀膜
		磁控溅射镀膜	1955 年	惰性气氛下，在分子基体和金属靶材间设置高压直流电，产生惰性气体等离子体，用以轰击金属靶材，使金属原子沉积至基体上	结合力强、致密、均匀、膜厚可控	速度慢、设备复杂	非平衡磁控溅射；高功率脉冲磁控溅射
		离子镀	1964 年	在镀膜中利用荷能离子轰击工件的表面与膜层来获得较好的黏结力	高分子材料在电镀时不再受限于温度	需要低温成膜的环境，气体正离子会进入到薄膜内部，导致沉积薄膜中含气量较高	空心阴极放电离子镀；多弧离子镀
	金属转移镀	-	金属喷涂处理模具表面，再铺覆高分子材料的预浸料，而后加热固化高分子材料，脱模后，金属喷涂层将转移到高分子材料的表面上	设备简单，不受形状和尺寸的限制，金属镀膜的粗糙度由模具决定	模具喷涂金属膜之前喷涂的金属转移膜要求较高	水溶性聚乙烯醇转移膜	
湿法	化学镀	1946 年	在基础液中添加还原剂，使金属离子在分子基材表面的自催化下	无边缘效应、镀层均	催化剂成本较高、效率略低、需环保处理污水、镀液稳定		

镀膜			还原成镀膜层。 表面活化是化学镀的最关键工序、粗化是影响附着力大小的关键工艺步骤。	匀；可增大 幅宽；提升 良率；工序 简单；耗电 较低	性较差等
化学还原金属化	1991年		通过金属盐与高分子材料之间存在的化学键形成离子或螯合物，将金属离子带入到高分子材料中，然后再将金属离子还原成金属原子的沉积方法	上镀速率提高，镀层与高分子材料之间的黏结力强	
电镀法	1893年		利用电解的方式镀覆金属在基材上，形成结构致密、均匀，且与基材间结合力良好的金属镀层	结构致密，表面平滑光亮，镀层的内应力小，成本较低，效率高	化学镀+电镀：直接电镀的 Pd/Sn 体系、Futuron 工艺等。 相比化学镀耗电，镀液处理受环保要求。结合力弱于磁控溅射。

资料来源：《高分子表面金属化技术》，东方财富证券研究所

按照生产工序及原理不同，目前业界采用的生产方法可以分为：一步法（化学沉积法/真空磁控溅射/真空蒸镀法）、两步法（真空磁控溅射+水电镀）和三步法（真空磁控溅射+真空蒸镀+水电镀），其中两步法应用最多。

工业界的一步法、两步法和三步法，究其根本，是磁控溅射、真空蒸镀、水电镀和化学沉积的排列组合。总结而言：1) 步数越少，工艺简单而效率也相对较低；2) 成熟的水电镀是提升效率的可选方案。

图表 12：各玩家的方案是四种基本工艺的排列组合

分类	步骤数	底层工艺				主要玩家	特点
		磁控溅射	真空蒸镀	水电镀	化学镀		
干湿法	三步	√	√	√	—	金美	真空蒸镀替代部分磁控溅射，可提升效率，但复杂度相应增加
	两步	√	—	√	—	宝明等大部分厂商	磁控溅射 70-80nm，而后水电镀至 1 μm 磁控溅射打底，提供结合力；水电镀作为成熟工艺，可提升效率
全干法（全真空制程）	一步	√	—	—	—	道森股份	双面磁控溅射至 1 μm 结合力强；效率相对较低；步骤简单
	一步	—	√	—	—	—	—
	两步	√	√	—	—	—	—
全湿法	两步	—	—	√	√	—	—
	一步	—	—	—	√	三孚新科、智动力	解决边缘效应（增大幅宽），提升良率；催化剂成本较高、效率相对较低；步骤简单

资料来源：各公司公告，东方财富证券研究所

复合集流体的核心指标包括：技术指标（膜厚的均匀性、电阻、点渍、穿

孔), 物理指标 (张力、延展性、牢固度), 经济指标 (速度、连续性、宕机率)。从过程和产品角度去解决问题。此外, 像挠度、方阻等产品参数和幅宽、纵向张力等。

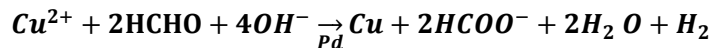
图表 13: 复合集流体核心指标及说明 (以两步法为例)

分类	指标	说明
技术指标	膜厚均匀性	<ul style="list-style-type: none"> ● 与各环节过程参数稳定性有关 ● 影响电池内结构强度、循环等
	电阻	<ul style="list-style-type: none"> ● 与靶材纯度、膜厚均匀性有关 ● 影响电池内阻
	点渍	<ul style="list-style-type: none"> ● 与真空度、靶材纯度等有关 ● 影响电芯内阻和强度
	穿孔	<ul style="list-style-type: none"> ● 磁控溅射/真空蒸镀环节铜原子能量过大会导致穿孔 ● 影响电池内结构强度、严重会出现失效
物理指标	张力	<ul style="list-style-type: none"> ● 与溅射、水电镀参数、基膜力学性能有关 ● 影响卷绕、辊压等环节及电芯耐久
	延展性	
	牢固度	
经济指标	速度	<ul style="list-style-type: none"> ● 与各环节工艺配合度有关 ● 影响单平折旧
	连续性	
	宕机率	

资料来源: 新光光电技术, 东方财富证券研究所

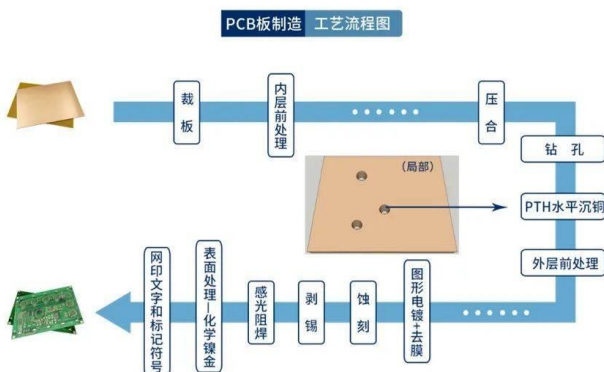
2.3. 化学沉积: 催化剂帮助下的高良率湿法成膜方案

原理是用自身催化性氧化还原反应方法在分子材料表面沉积金属铜。利用甲醛在强碱性环境中具有的还原性, 并在 Pd 的催化作用下, Cu^{2+} 被还原成铜。

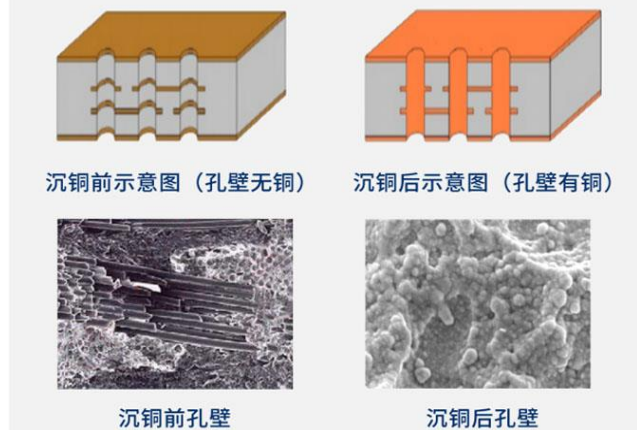


历史上, 化学镀铜是电路板制造中的一种成熟工艺, 目的在孔壁上沉积一层 $0.3-0.5 \mu m$ 的铜, 使原本绝缘的孔壁具有导电性, 便于后续板面电镀及图形电镀的顺利进行, 从而完成 PCB 电路网络间的电性互通。

图表 14: 化学沉积在 PCB 制造中是重要工艺



图表 15: 化学沉积在孔壁上沉积铜层



资料来源：三孚新科，新浪网，东方财富证券研究所

资料来源：三孚新科，新浪网，东方财富证券研究所

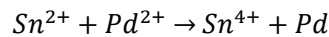
工艺：首先在基材表面做清洁、粗化，然后在上面沉积铜层形成比较好的结合力，其通常采用的工艺方法为：除油-粗化-敏化-活化-化学沉铜。

1) 除油：将材料置于除油液中进行清洁。

2) 粗化是影响附着力大小的关键工艺步骤。通过粗化可使镀件表面具备亲水性和形成适当的粗糙度，或使表面形成微蚀，经氧化处理，保证胶体钯的吸附和镀层的良好附着力。粗化的好坏直接影响到镀层的结合力，光亮度及镀层的完整性。通常化学镀铜，都采用重铬酸钾加浓硫酸粗化，其溶液有很强的腐蚀性，废液处理难；也有采用 10% 碱性高锰酸钾(10%KMnO₄+10%NaOH)粗化 20min(50℃)，废液比较容易处理。

3) 敏化：在塑料表面均匀吸附一层敏化剂，使之在敏化作用下与活化液能均匀连续吸附一层金属膜，从而增进对塑料的结合力。

4) 活化是化学镀的最关键工序。目的是在塑料表面形成均匀催化结晶中心，浸钯法最为常用，通过化学反应将溶液中的钯还原并使金属钯微粒均匀分散在基体表面，常用的敏化剂与活化剂为 Sn²⁺和 Pd²⁺的酸性溶液，敏化时机体表面产生含的胶体，活化时通过如下反应得到钯的微粒：



此外也有如银等其他价格更低的催化剂。

5) 化学沉铜：在室温下，将材料置于化学镀铜液中（通常含有硫酸铜、次磷酸钠等），使材料表面沉积一层金属铜。

图表 16：三孚新科相关专利布局

发明名称	申请人
一种 PET 表面粗化液及其制备方法	广州三孚新材料科技股份有限公司
一种塑料用化学镀铜液及其制备方法	广州三孚新材料科技股份有限公司
一种电镀铜镀液及电镀铜方法	广州三孚新材料科技股份有限公司
一种电镀设备上电镀模组	广州三孚新材料科技股份有限公司； 无锡琨圣智能装备股份有限公司
一种用于电镀设备的阴极滚轮	广州三孚新材料科技股份有限公司； 无锡琨圣智能装备股份有限公司

资料来源：国家知识产权局，东方财富证券研究所

优势：1) 无边缘效应、镀层均匀（水电镀由于边缘效应，电场线边缘不均匀，镀层倾向于中间薄两边厚，幅宽受限）；**2)** 增大幅宽（无边缘效应，幅宽可大于 1.5m）；**3)** 提升良率（三孚新科目标良率达到 95%）；**4)** 工序简单；**5)** 耗电较低。

难点：催化剂成本较高（钯近年来价格 50 万/kg）、效率略低（无外界电能，化学反应效率低）、需环保处理污水、工艺稳定性略差等。但仍可通过调整设备长度、增加设备宽度、优化化学品配方等来解决问题。

图表 17: 钼作为贵金属催化剂近年来达到 50 万/kg



资料来源: Choice, 东方财富证券研究所

试剂: 根据三孚新科专利, 一种用于 PCB 和半导体制造中的典型电镀铜液会由五水硫酸铜、硫酸、氯离子、光亮剂、平整剂、月桂酰精氨酸乙酯盐酸盐、去离子水等组分组成。其中: 1) **无水硫酸铜**提供铜离子; 2) **光亮剂**有助于得到光亮和延展性好的镀层, 由苯二磺酸钠、聚二硫二丙烷磺酸钠、苯基二硫代丙烷磺酸钠按质量比为 2:1:3 组成; 3) **平整剂**能够让凹处加快沉积, 让凸出阻碍沉积从而达到整平作用, 由丁炔二醇、健那绿、甲基绿、吡罗红按质量比为 3:2:5:1 组成。4) **分散剂**能够促进镀铜层厚度均匀。5) **月桂酰精氨酸乙酯盐酸盐**具有防腐作用, 能够提高镀铜层的耐用性, 提高镀铜层的表面性能。

图表 18: 电镀铜液配方

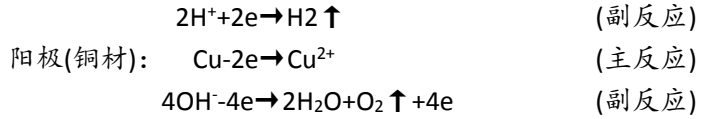
组分	实施例 1	实施例 2	实施例 3	实施例 4	实施例 5
五水硫酸铜 (g/L)	50	150	210	260	300
硫酸 (g/L)	30	50	64	80	100
氯离子 (mg/L)	25	40	59	80	100
光亮剂 (mg/L)	0.5	1.5	3.5	5	10
平整剂 (mg/L)	5	10	13.6	15	20
月桂酰精氨酸乙酯盐酸盐 (g/L)	0.1	0.8	1.2	1.6	2

资料来源: 国家知识产权局, 东方财富证券研究所

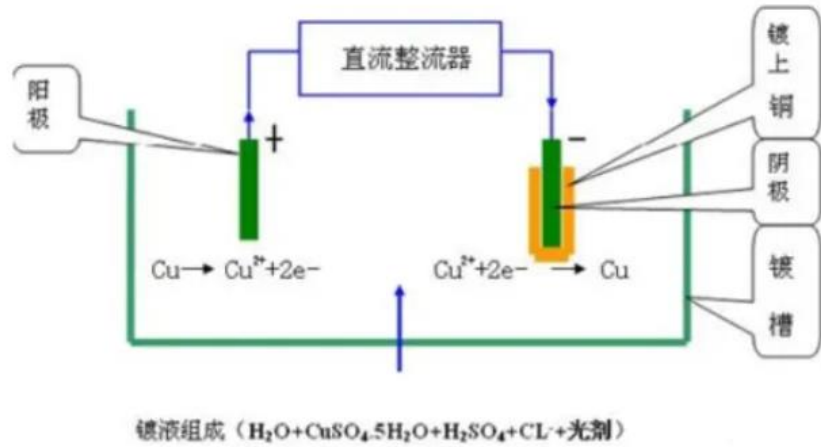
2.4. 水电镀: 应用广泛效率高的湿法成膜方案

原理: 主要为离子交换, 在导电物体表面通一个直流的负极电接触电解液, 电解液含有金属离子的溶液 (硫酸铜), 把电子给到电解液中, 将铜还原出来。铜在导电物质表面进行沉积生长。





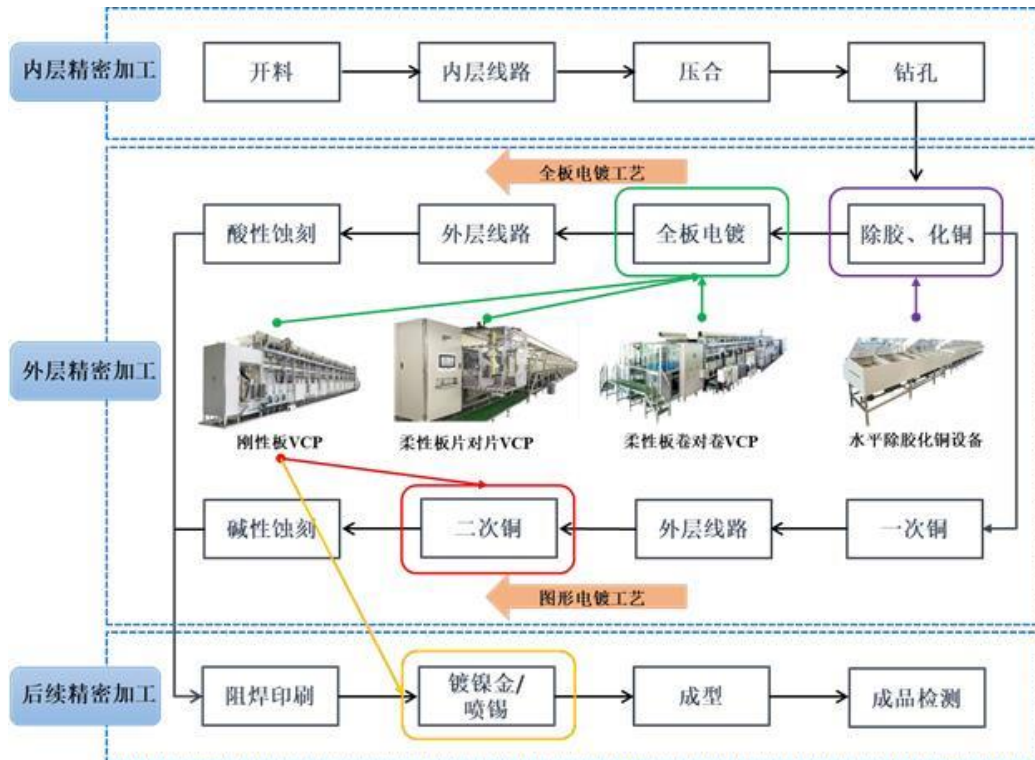
图表 19: 水电镀生产原理



资料来源: 知乎, 东方财富证券研究所

历史上, PCB 制造是水电镀的重要应用领域。1) 全板电镀在外层线路形成前需先对整板进行电镀, 作用是保护刚刚沉积的薄薄的化学铜。全板电镀是在孔金属化后, 把整块印制板作为阴极, 通过电镀铜层加厚到一定的程度, 然后通过蚀刻的方法形成电路图形而 2) 图形电镀则在形成外层线路后还需进行二次电镀。

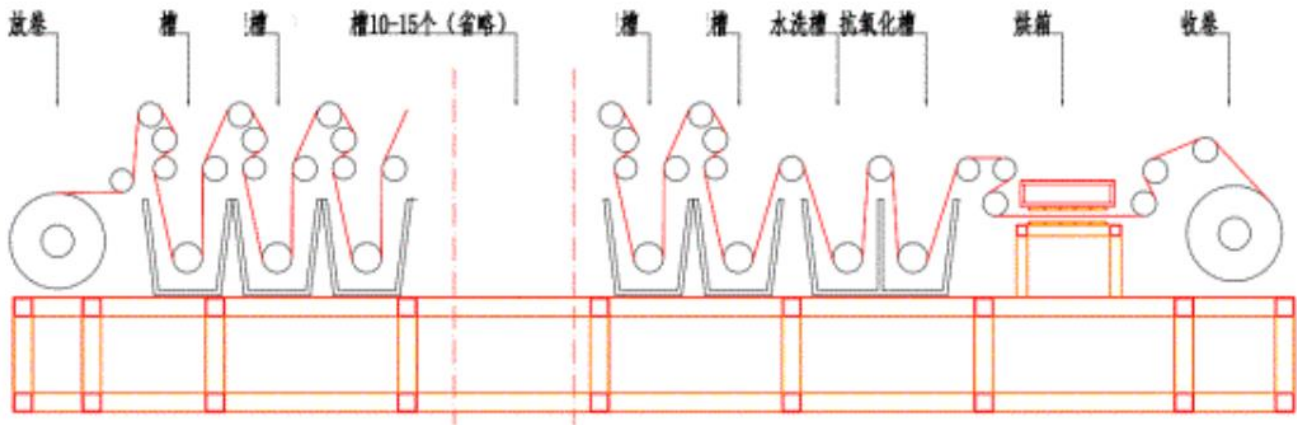
图表 20: 全板电镀和图形电镀在 PCB 上的应用



资料来源: 东威科技招股说明书, 东方财富证券研究所

工艺：以金美为例，原材料来自磁控溅射后的基膜，磷铜球作为阳极浸入酸性镀液中，基膜膜面通过接触导电辊作为阴极，膜面在导电辊和镀液池的液下辊之间穿行，大部分膜面也进入在镀液中，在阴阳极之间施加一定的电流，阳极的铜离子迁移到膜面附近，在膜面上得到电子后，在膜面上形成铜层，厚度约为 900nm。镀液温度一般为 $25\pm 3^{\circ}\text{C}$ ，膜通过的速度为 $3\sim 5\text{m}/\text{min}$ 。可循环回收槽液，槽液中会有酸镀添加剂，盐酸等作为辅助剂。

图表 21：水电镀工艺示意图



资料来源：“新型铜（MC）、铝（MA）导电膜”项目环评（2021 年新版环评）环境影响报告表，东方财富证券研究所

设备：双边夹卷式水平连续镀膜设备和滚筒卷式水平膜材电镀设备。水平电镀工艺中，电镀板的板面在电镀槽中水平放置。双边夹设备采用非接触基膜的方式，通过夹具实现基膜移动，与滚筒式最大的区别在于非接触模式能够大幅提升良率。

优势：效率高，一次成型，降本增效。结构致密，表面平滑光亮，镀层的内应力小。

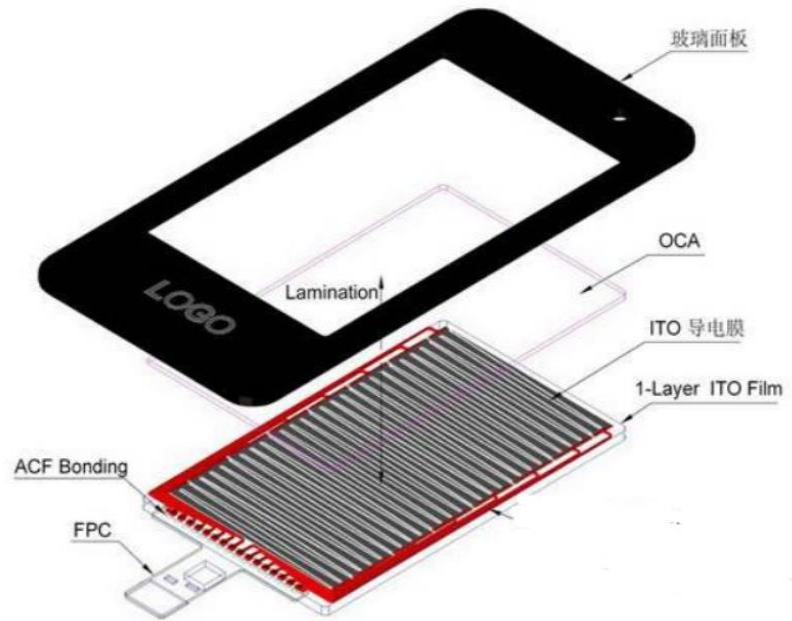
痛点：相比化学镀耗电，镀液处理受环保要求。

2.5. 磁控溅射：结合力强

原理：属于物理气相沉积的一种，是电子在电场的作用下，与氩气碰撞后，高能级的氩原子电离后撞击靶材表面，使得靶材发生溅射。溅射粒子在基片上沉积形成薄膜。

历史上，磁控溅射用于：1) 光学工业中的 TiO_2 、 SiO_2 、 Ta_2O_5 等硬质膜；2) 电子工业中的 ITO 透明导电膜、 SiO_2 、 Si_3N_4 和 Al_2O_3 等钝化膜、隔离膜或绝缘层；3) 建筑中在玻璃上使用的 ZnO 、 SnO_2 、 TiO_2 、 SiO_2 等介质膜；4) TiC 、 TiN 、 TiAlN 、 CrN 、 TiCN 等表面加硬膜和装饰膜。

图表 22：触控屏中应用磁控溅射的 ITO 导电膜的位置



资料来源：电子发烧友，东方财富证券研究所

工艺：具体分为两个环节。

A.真空磁控溅射活化环节：PET 属极性高分子，表面官能团可与铜原子做较好结合，因此活化处理相对简单；非极性 PP 分子则需要偏压高分子材料具备结晶度大、极性小、表面能低等特点，因此镀层与基材之间粘合力较低，并且，高分子材料基膜多为不导电材料，无法直接进行电镀，因此需要先对高分子材料表面进行清洗和活化处理。

偏压 (Bias) 是面向非极性分子的活化的方法之一，是指在镀膜过程中施加在基体上的负电压。偏压电源的正极接到真空室上，同时真空室接地，偏压的负极接到工件上。

金属化层也可以提供活化。根据宝明科技专利，在 1.5-30 μm 的薄膜基底上会先沉积 0.01-1 μm 的金属化层，再沉积 0.1-3 μm 的铜层。金属化层为钼、铌、铝、钽、铜、钛、银和金中的一种或多种组合，合金是一种较好的替换方案，铜层则在金属化层之外。推测，金属化层作为中间层，可以同时与高分子薄膜基底和铜层形成较强的结合力；亦需要多种金属的靶材。

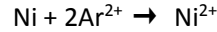
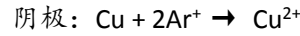
图表 23：基膜 (12) +金属化层 (14、15) +铜层 (17、18) 的复合铜箔



资料来源：宝明科技，东方财富证券研究所

活化之后，控制设备真空，并通入纯净的氩气。电子在真空条件下，与氩

原子发生碰撞，电离产生氩正离子和新的电子；受磁控溅射靶材背部磁场的约束，大多数电子被约束在磁场周围，氩离子在电场作用下以高能量轰击铜合金靶表面，使铜靶材发生溅射，中性的铜靶原子或部分铜离子沉积在基膜上形成薄膜，厚度一般为 5-20 纳米。主要发生的反应为：

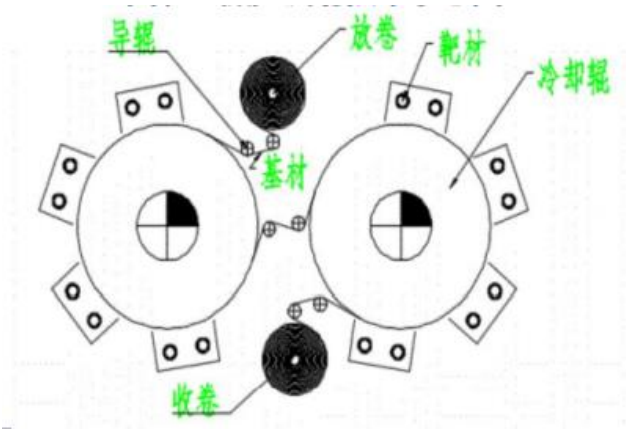


B.真空磁控溅射镀铜环节：采用上步工艺后的物料作为基膜，重复溅射至 10-40 纳米厚度。

优点：1) **附着性好：**溅射原子能量高于蒸发原子 1-2 个数量级，沉积时转换为附着力，还可能存在与基材的伪扩散层；2) **致密度高，针孔少，均匀性好；**3) **基片温度低，**蒸镀温度会达到金属熔化温度附近；5) **相比湿法，环保无污染。**

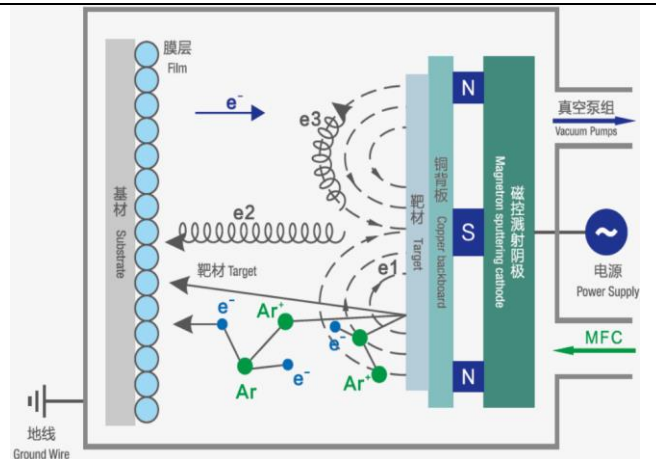
难点：需要高压放电，基膜可能存在膜穿孔现象；设备结构复杂；对金属材料纯度要求较高；加工过程需要高纯氩气等特种气体；单位面积加工成本高于电镀；相对效率低于电镀工艺；靶材利用效率影响成本。

图表 24：磁控溅射系统



资料来源：金美科技环评书，东方财富证券研究所

图表 25：磁控溅射原理



资料来源：汇成真空招股说明书，东方财富证券研究所

设备：国外较为先进，例如日本爱发科、美国应用材料、德国莱宝等。国内，东威科技的磁控溅射镀膜机已经研发成功，2023 年规划产能不低于 50 台，此外，国内布局磁控溅射设备的厂商还有腾胜科技、汇成真空、振华科技等。

图表 26：国内磁控溅射设备

公司	产品名称	产品图	产品简介与特点
东威科技	锂电复合铜模磁控溅射卷绕双面镀膜设备		用于在柔性基材（PET 等）上离子源预清洗，附着层溅射，Cu 金属层溅射，与公司已研发的薄膜电镀生产线密切对接，为客户提供真空磁控双面镀铜和水电度结合在一起的一体化连续生产线

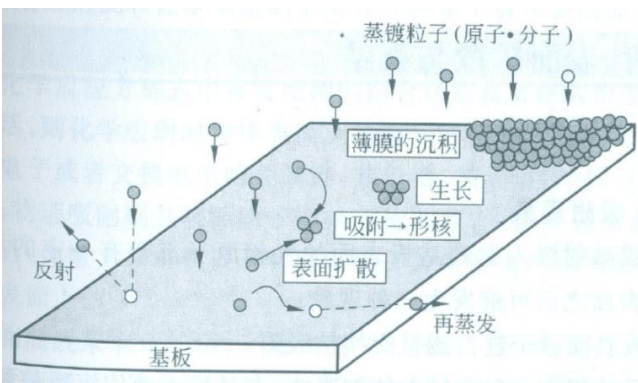
<p>腾胜科技 单腔体卷绕镀膜机</p>		<p>采用磁控溅射镀膜工艺，适合在柔性卷材表面，沉积功能性或装饰性等磨蹭，可以镀制的膜层包括导电膜、合金膜、介质膜等。设备可配备平面或旋转磁控溅射阴极；可以实现基材单面或双面镀膜，适合较简单的镀膜工艺。</p>
<p>腾胜科技 双辊多腔室磁控卷绕真空镀膜机</p>		<p>通过引进德国技术并进行进一步改良设计而成。设备装、卸料时镀膜室可保持真空状态，有效提高生产效率的同时还能够保证更稳定的镀膜品质。多达 12 个镀膜腔室、24 支磁控靶位，镀膜腔室间隔气良好，适合多层膜的镀制工艺。</p>
<p>汇成真空 磁控溅射卷绕镀膜设备</p>		<p>可在多种柔性聚合物、金属带等带状卷材表面进行单面或双面连续镀膜。可镀铝、钛、铬、铜、镍铬、镍、银等金属材料，TiO₂、Nb₂O₅、SiO₂、ITO、SiAlO_x、MoO_x 和其他氮化物或氧化物。</p>
<p>汇成真空 连续式磁控溅射镀膜设备</p>		<p>此设备为连续生产线类“交钥匙工程”；标准化和模块化设计理念；可单面或双面镀膜；高度客制化，兼顾产品规格与低投资成本需求。</p>

资料来源：东威科技官网，腾胜科技官网，汇成真空招股说明书，东方财富证券研究所

2.6. 真空蒸镀：效率高于磁控，成型温度接近金属熔点

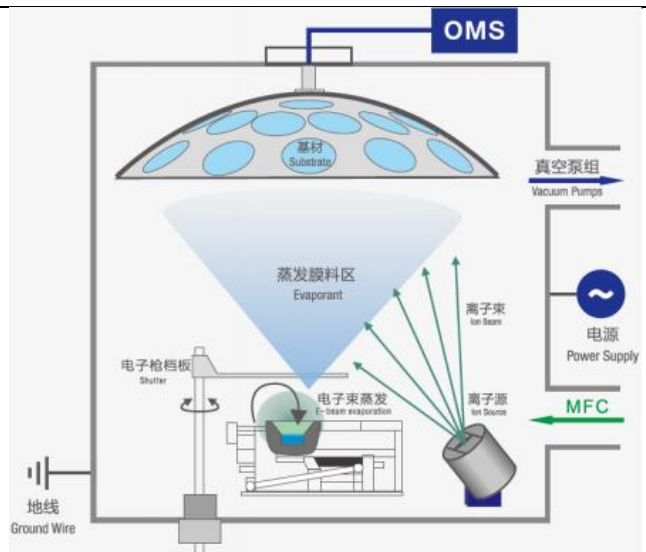
原理：是物理气相沉积的一种，在真空条件下加热蒸发使镀膜材料气化，粒子在基材表面沉积凝聚为膜，相较磁控溅射较为简单。

图表 27：真空蒸镀的微观原理



资料来源：百度文库，东方财富证券研究所

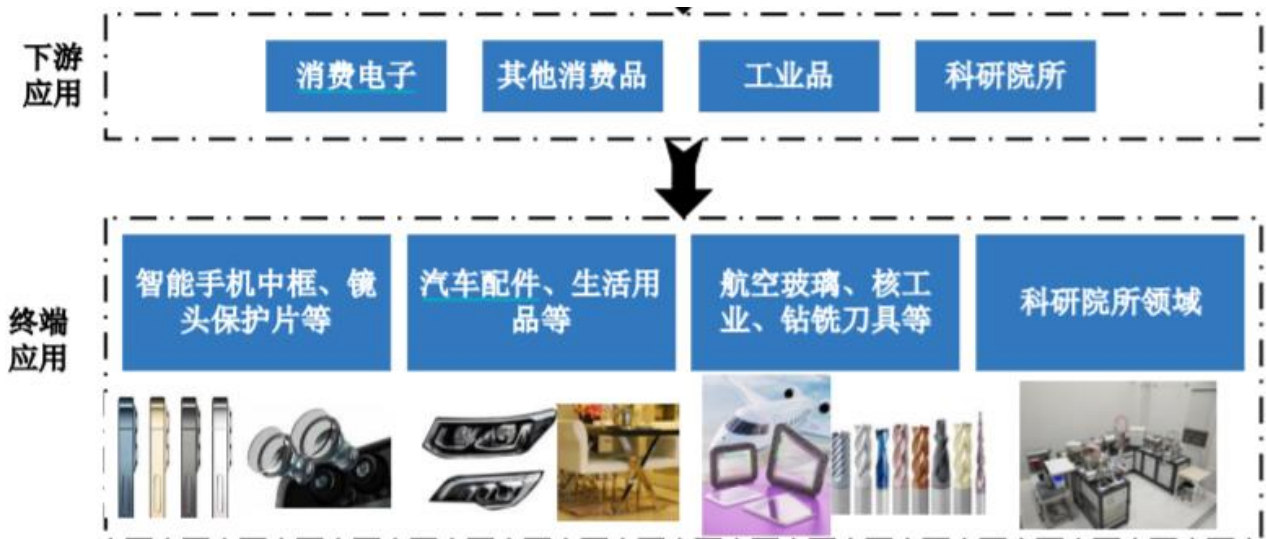
图表 28：真空蒸镀系统



资料来源：汇成真空招股说明书，东方财富证券研究所

历史上，真空镀膜用于光学、半导体等。半导体中所使用的薄膜产品包括电极互连线膜、阻挡层薄膜、接触薄膜、光刻薄膜、电容器电极膜、电阻薄膜等都要用到溅射镀膜工艺；真空镀膜技术在光学镜头、光学传感器等部件的生产制造中均有广泛的应用。

图表 29：真空镀膜的下流应用



资料来源：汇成真空招股说明书，东方财富证券研究所

工艺：

1)基片表面清洁。防止杂质直接影响膜层的纯度和结合力。

2)镀膜前准备。镀膜室抽真空到合适的真空度，对基片和镀膜材料进行预处理。然先对蒸发源通以较低功率的电，进行膜料的预热或者预熔，然后输入较大功率的电，将镀膜材料迅速加热到蒸发温度，蒸镀时再移开挡板。

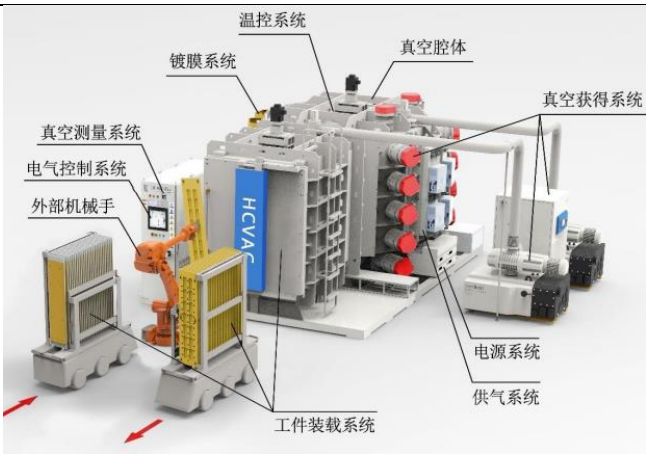
3)蒸镀。控制好基片温度、沉积气压。沉积气压即镀膜室的真空度高，决定了蒸镀空间气体分子运动的平均自由程和一定蒸发距离下的蒸气与残余气体原子及蒸气原子之间的碰撞次数。

优点：技术成熟；成膜方法简单、薄膜纯度和致密性高、膜结构和性能独特等优点；效率高于磁控溅射，大概是其 3-4 倍。

难点：温度高，金属融化温度需达上千度，高温蒸汽到 PET 高分子表面，高分子不耐热，易使基膜烫缩；纳米级上镀，需要 20-30 次蒸镀；耗电较大。

设备：通常由真空腔体、镀膜系统、温控系统、真空测量系统、真空获得系统、电源系统、供气系统、外部机械手、电气控制系统和工件装载系统等模块组成。

图表 30：真空蒸镀系统



资料来源：汇成真空招股说明书，东方财富证券研究所

图表 31：真空蒸镀子模块介绍

序号	系统模块	功能介绍
1	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。
2	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。
3	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。
4	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。
5	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。
6	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运系统，使前后道工序实现高速、精确、流水线地生产。
7	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/触摸屏界面，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。
8	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。
9	镀膜系统	主要包括蒸发源或者溅射源，用于镀膜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。
10	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。

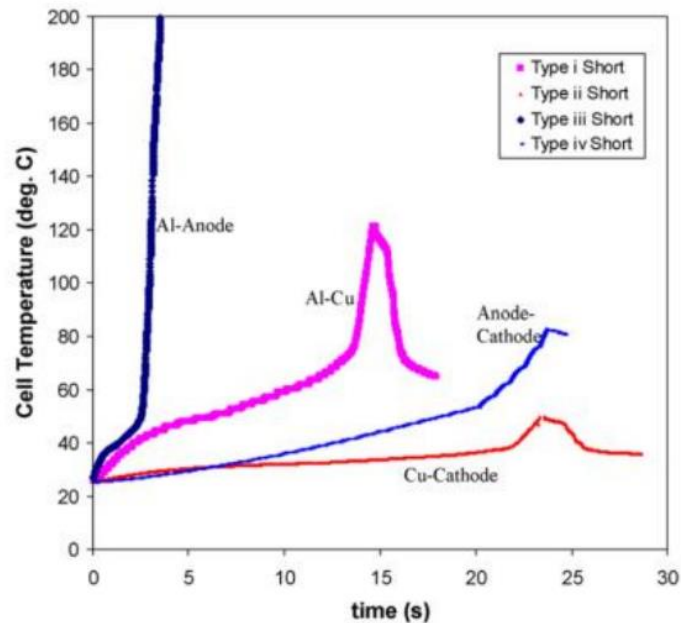
资料来源：汇成真空招股说明书，东方财富证券研究所

2.7. 复合铝箔：已量产的高安全性高成本方案

11 月 11 日，金美在重庆綦江基地举行了新一代 8 μm 复合铝箔的量产仪式，产品相比于传统铝箔的安全性有大幅度提升，成本亦有一定幅度增加。

复合铝箔是高安全性方案。电池内短路是热失控的直接原因，根据接触界面，可分为四种：正极-负极、负极-铝箔、正极-铜箔、铜箔-铝箔。其中负极-铝箔的内部短路带来的热失控最为严重。

图表 32：复合铝箔生产工艺



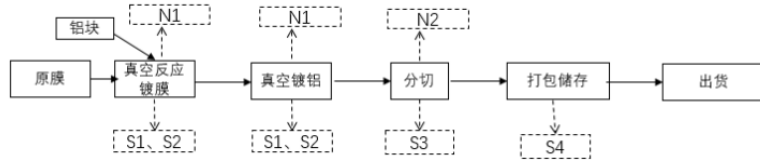
资料来源：ScienceDirect，东方财富证券研究所

工艺：以金美为例，复合铝箔基膜厚度 4.5-8 μm ，通过多次蒸镀形成 1 μm 的金属厚度，主要分为真空反应镀膜（化学气相沉积）和真空镀铝（物理气相沉积）两步。原材料为铝块和 PET/PP 原料膜。

铝不适合电镀。其化学性比较活泼，如果电镀的话，在酸性电解液中，阴极上铝离子在获得电子还原的同时会生成铝盐和氢气。如果是碱性电解液就会生成氢氧化铝和氢气。因此，铝无法使用电镀的方式得到镀层。这和电解食盐

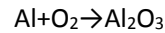
水无法得到金属钠而是氢氧化钠是一个道理。

图表 33: 复合铝箔生产工艺



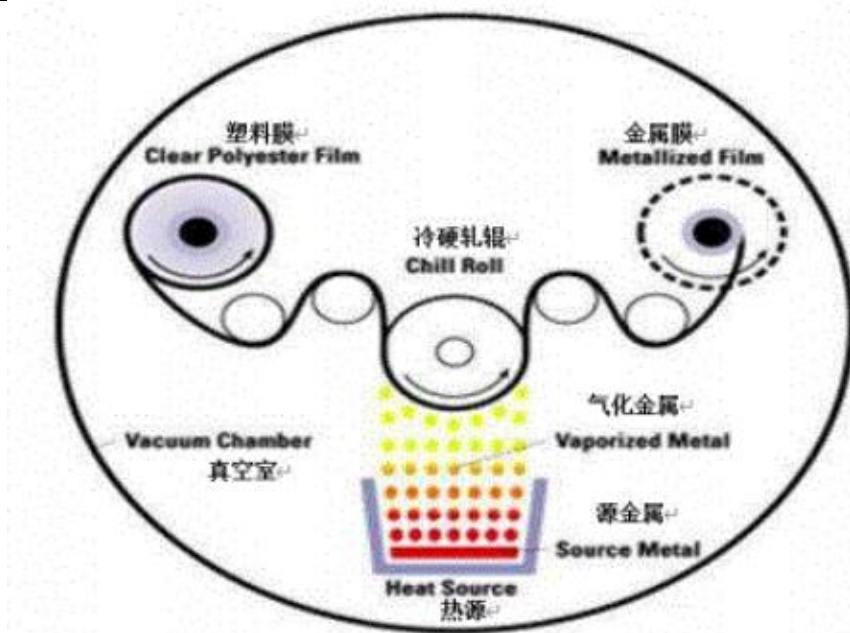
资料来源: 金美环评报告, 东方财富证券研究所

真空反应镀膜: 在原材料原膜上使用化学气相沉积方式 (Chemical Vapor Deposition) 的方法沉积 5-15nm 的铝的氧化层, 作为膜面的活化物质, 真空设备控制真空度 $<5 \times 10^{-2} \text{Pa}$, 使用蒸发舟作为铝的蒸发载体向高温的蒸发舟上送入铝丝, 加热方式为电加热, 利用热传导的方式在 $950-1000^\circ\text{C}$ 的条件下, 使固态铝转变为气态铝, 铝蒸汽沿垂直热场方向向基体表面扩散, 在铝蒸汽扩散的通道上同时通入氧气, 使氧气与铝分子发生反应生成金属化合物, 并沉积在基体表面, 形成致密性好、抗蚀辅助层。发生的反应主要为:



真空镀膜: 使用镀膜氧化铝的物料作为基膜, 使用物理气相沉积方式 (Physical vapor deposition), 真空设备控制真空度 $<2 \times 10^{-2} \text{Pa}$, 使用蒸发舟作为铝的蒸发载体向高温的蒸发舟上送入铝丝, 加热方式为电加热, 利用热传导的方式在 $950-1000^\circ\text{C}$ 的条件下, 使固态铝转变为气态铝, 气态铝原子的平均自由程大于蒸发源和基体 (AL 后物料) 之间的距离, 而后沉积到基体表面, 形成具备特殊性能的金属铝薄膜, 厚度一般为 800-1000nm, 膜面导电性可达到 40-30mΩ。整个镀膜过程在真空室内进行, 基本没有废气和废液产生, 镀膜结束后, 只有少量的金属残渣留在真空室内, 清理后可进行回收利用。

图表 34: 真空镀膜示意图



资料来源: 金美环评书, 东方财富证券研究所

复合铝箔预计适用于高端车型。蒸镀效率低, 纳米级速度上镀, $1 \mu\text{m}$ 的铝箔需要几十次蒸镀方能完成, 抬升单平折旧摊销。

3. 行业现状：玩家群雄逐鹿，产业化提速

2017 年宁德时代率先发布复合集流体专利，近年来玩家群雄逐鹿。产业链上，**电池厂**布局电池、焊接、集流体生产；**设备厂**布局镀膜、水电镀设备；**材料厂**布局靶材、药水、基膜；**材料厂**跨界进入，包括基膜、靶材、传统铜箔、半导体镀膜以及自主研发的厂商。

从材料厂角度，各环节协同效应不同。**技术同源厂**：由于关系到基膜与金属的结合力，对工艺 know-how 要求高，有在半导体领域相关积累的企业或将夺得先机；**基膜厂**：对收放卷和物料性能有理解，拥有一体化优势；**靶材厂**：靶材的纯度和配方要求较高，拥有一体化优势；**铜箔厂**：电解与水电镀原理相同，在卷料控制和客户端有积累。

图表 35：复合集流体产业链及协同效应一览



资料来源：各公司官网，东方财富证券研究所

根据各企业现有规划推算，我们预计 23-25 年复合铜箔有效供给分别为 3.2、22.8、56.3 亿平，主要由前期送样顺利的宝明科技、重庆金美等提供，而现有远期规划为 83.7 亿平。

图表 36：复合铜箔厂家产能规划情况 (亿平)

企业	产能拆分	2023E	2024E	2025E	规划
宝明科技	赣州一期	1.5	1.5	1.5	1.5
	赣州二期			8.5	8.5
	安徽	4	8	8	8
	其他基地			4.5	9
	期末产能	5.5	9.5	22.5	27
	年化产能	1	6.5	15	27
重庆金美	一期	1	3.5	3.5	3.5

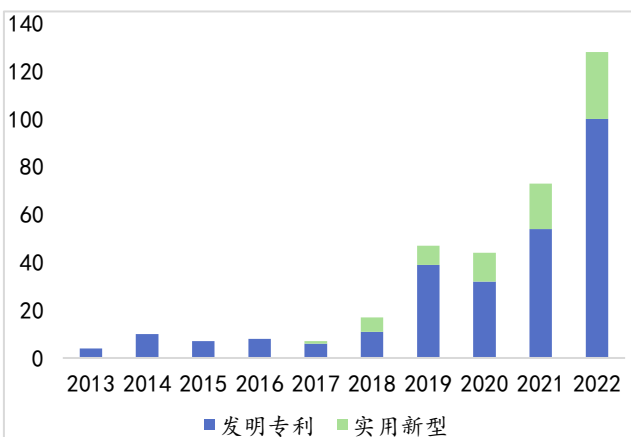
	二、三期	6	20	20	
	期末产能	1	9.5	23.5	23.5
	年化产能	0.4	5	15.5	23.5
纳力新材料	扬州一期	2.2	2.2	2.2	2.2
	江阴一期	1	1	1	1
	扬州二期	0	3	18	18
	期末产能	3.2	6.2	21.2	21.2
	年化产能	0.5	4.5	15	21.2
江西光腾	期末产能	0.14	0.5	1	1
	年化产能	0.1	0.3	0.75	1
胜利精密	期末产能	5.4	8	12	12
	年化产能	1.2	6.5	10	12
产能合计	期末产能	15.1	33.2	79.2	83.7
	年化产能	3.2	22.8	56.25	83.7

资料来源：各公司公告，各公司官网，高工锂电，东方财富证券研究所

3.1. 专利角度：21-22 年进入专利爆发期，电池厂材料厂卡位

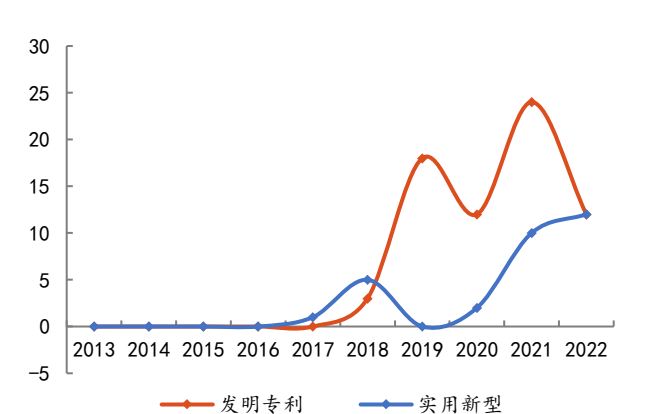
从专利申请趋势来看，2017 年开始复合集流体相关专利申请数量明显增加，2021 年发明专利 54 项、实用新型专利 19 项，2022 年截止 11 月 27 日，发明专利 99 项，实用新型专利 28 项，专利数量高速增长，直接印证厂商布局加速。从申请人的角度分析，申请数量排名靠前的均为下游电池厂商，TOP3 分别为宁德时代新能源科技有限公司、厦门海辰新能源科技有限公司、宁德时代新能源科技股份有限公司。

图表 37：复合集流体专利申请趋势



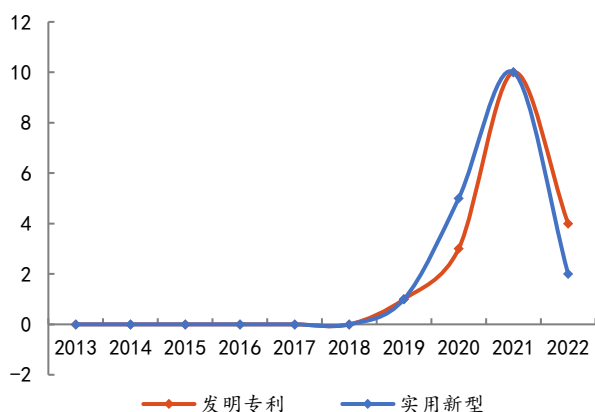
资料来源：度衍专利数据库，东方财富证券研究所

图表 38：ATL 复合集流体专利申请趋势



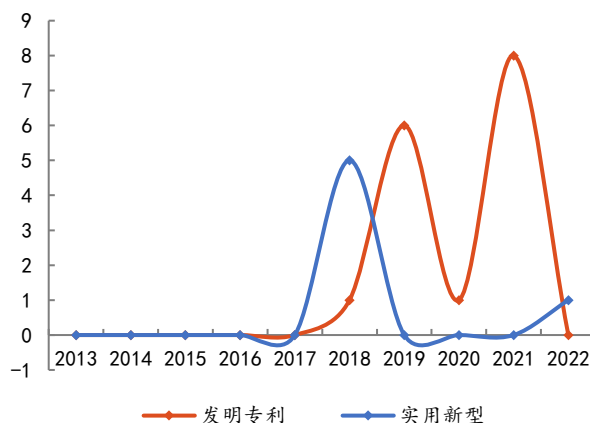
资料来源：度衍专利数据库，东方财富证券研究所

图表 39: 厦门海辰复合集流体专利申请趋势



资料来源: 度衍专利数据库, 东方财富证券研究所

图表 40: 宁德时代复合集流体专利申请趋势



资料来源: 度衍专利数据库, 东方财富证券研究所

电池厂商在复合集流体的专利布局上涵盖方向全面, 包括含复合集流体的电池、复合集流体的加工方法及加工装置、复合集流体的电池极片焊接方法及焊接设备等。

图表 41: 各电池厂商复合集流体专利布局情况 (部分)

专利类别	申请日	申请人	发明名称	摘要
电池	2019-05-31	宁德时代	锂离子二次电池	正/负极集流体为复合集流体, 复合集流体包括有机支撑层及导电层, 使电池具有良好的低温性能
	2017-09-22	ATL	一种新型锂电池	包含正负极复合集流体, 组装工艺简单, 保证了产品质量, 降低了生产成本, 便于携带, 使用方便
	2022-07-15	蜂巢能源	一种复合集流体电芯及锂电池	电芯无需额外的假极耳进行转接, 电芯极耳处厚度不变, 以防电芯在后续加工过程中由于极耳变厚导致极耳撕裂
复合集流体制备	2018-03-15	宁德时代	二次电池集流体的加工方法及加工设备	通过箔材与复合集流体的转接, 箔材作为复合集流体的极耳, 从而能够将电芯中的电流输送出来
	2019-12-11	国轩高科	一种柔性复合集流体的制作方法	第二层导电层以涂布附着在第一层导电层上, 通过第二导电层降低辊压对第一导电层的损害, 降低真空镀成本
	2021-12-17	国轩高科	一种复合集流体的制备方法	本发明制备得到的复合集流体总厚度小、电阻率低, 从而提升了锂电池的能量密度。
	2022-01-28	厦门海辰	复合集流体及其制备方法和应用	实现电池极片的降本减重, 且导电能力不恶化。提高了电池的安全性能和使用寿命, 同时保证电池较高的电性能
	2022-01-28	厦门海辰	复合集流体的加工设备	在复合集流体上打出盲孔, 简化工艺流程, 提高加工效率, 避免活性物质漏料, 提升减重效果
	2022-03-31	蜂巢能源	复合集流体及其制备方法与应用	降低了焊接点的欧姆阻抗, 实现锂电池内部离子的高效传输, 同时保证内阻较低, 提高倍率性能、安全性
焊接装置与超声焊	2018-03-15	宁德时代	二次电池集流体的焊接装置及加工设备	焊接装置包括: 焊头; 和砧座, 其中, 焊接工位设置在所述焊头与所述砧座之间
	2018-03-15	ATL	二次电池集流体的焊接装置及加工设备	焊接装置包括: 焊头, 和砧座; 通过箔材与复合集流体的转接, 箔材可以作为复合集流体的极耳, 输送电流

	2019-11-21	厦门海辰	一种极耳焊接装置及极耳焊接方法	极耳焊接装置能够通过一次焊接的方式将第一箔材和第二箔材分别焊接在复合集流体的两个表面，提高焊接效率
	2019-10-11	国轩高科	一种锂离子电池复合集流体与箔材的焊接装置	在复合集流体极耳的两侧同时焊接箔材，通过箔材的转接，使得流得以被输送出来，装置结构简单，操作方便
	2022-06-27	蜂巢能源	一种复合集流体的电池极片焊接方法及焊接设备	采用三步焊接的方式，焊接效果更好
	2018-03-15	宁德时代	超声波焊头及超声波焊接设备	超声波焊头包括焊头本体和多个焊齿，至少一个所述焊齿设置成锥状结构
	2021-07-02	厦门海辰	超声波焊头和具有其的超声波焊接设备	利用超声波振动时的能量刺穿复合集流体，改善被焊接件的焊接质量，提高电池充放电性能，此外还方便加工成型
	2019-10-25	国轩高科	一种复合集流体滚焊模切一体化设备及滚焊模切方法	在复合集流体极片传输过程中实现边缘留白处焊接、极耳模切和分割裁切，降低损伤率，提高滚焊模切的效率
集流体、极片及电池	2019-05-31	宁德时代	复合集流体、电极极片及电化学装置	复合集流体具有较高的力学性能和机械性能，能够提高制备效率，利于极片提高电化学性能和重量能量密度
	2021-11-11	ATL	一种基于复合集流体的电池极片及其制备方法	提高电池能量密度，将复合集流体尽量做薄，在保证复合集流体导电性的情况下提高机械强度
	2022-01-28	ATL	复合集流体、极片和电池	复合集流体包括支撑层和导电层，导电层的表面形成有盲孔，降本减重，提高了电池的安全性能和使用寿命
	2022-05-19	ATL	一种高安全性复合集流体及电池	安全可靠性好，能够保障和满足多极耳的高效安全焊接
	2021-02-07	厦门海辰	一种复合集流体、极片、电池和使用电池的装置	直接将转接片焊接在极耳区上，简化了汇流结构，提高了制造效率，降低了制造成本，有利于规模化使用
	2022-05-31	国轩高科	一种复合集流体、制备方法及其制得的电极和电池	可降低电池内部短路热量，提升电池的热安全性能，更加轻量化，提升了电池的针刺通过率和热安全性能。
	2022-05-17	蜂巢能源	一种复合集流体、极片和锂电池	提升安全性，采用所述复合集流体的锂电池在发生微短路后能继续使用
电芯成型装置	2022-03-31	蜂巢能源	复合集流体的电芯成型装置	装置包括往复叠片机构、卷料铜箔上料机构、卷料铝箔上料机构和极组处理装置等

资料来源：国家知识产权局，度衍专利，东方财富证券研究所

复合集流体产品厂商的专利布局方面，多数厂商专利集中在复合集流体产品和制备工艺，也有部分厂商专利布局全面，例如金美新材，涵盖产品、工艺、磁控溅射、真空蒸镀、水电镀设备等。

图表 42：复合集流体产品厂商专利布局情况（部分）

专利类别	申请日	申请人	发明名称	摘要
复合集流体及制备工艺	2021-11-15	宝明科技	一种复合导电铜箔	本实用新型重量轻，成本低，抗拉强度和延展性较好，同时大幅提升了锂(钠)离子电池的安全性能，极大的满足了使用需求。
	2021-11-15	宝明科技	一种复合导电铜箔及其制备方法	本发明重量轻，成本低，抗拉强度和延展性较好，同时大幅提升了锂(钠)离子电池的安全性能，极大的满足了使用需求。
	2022-06-13	胜利精密	一种导电铜薄膜材料的制备方法	本发明提供的导电铜薄膜材料的制备方法，可以降低能耗、降低生产成本。
	2021-01-07	金美新材	一种导电薄膜	解决了真空镀膜过程中出现的串泡以及电池使用过程中出现的锂

				枝晶问题
	2022-01-24	金美新材	一种复合集流体	采用了镍层或氧化铝层，提高了金属导电层和导电陶瓷层的结合力，实现铜层或铝层不易脱落，保障了复合集流体的导电性能。
磁控溅射	2021-12-29	金美新材	一种真空镀膜设备	本实用新型的磁控溅射镀膜和蒸发镀膜可同时进行，提高了生产效率，降低了生产成本，保证了产品的品质
	2022-01-24	金美新材	一种磁控溅射装置	通过少量的冷却辊配合弧形的靶材，即可完成磁控溅射，结构简单，辊系数量大大减少，节约了设备成本
真空蒸镀	2021-04-12	金美新材	一种真空蒸镀系统	通过相邻蒸镀罐体之间的过辊，将薄膜形成呈V字型，利于提高薄膜的张力，减少薄膜表面的褶皱，优化蒸镀效果。
靶材	2021-12-22	金美新材	一种新型靶材	在磁控溅射时，靶材在氩气离子的轰击下，能够垂直地层积到冷却辊上的薄膜膜面处，防止靶材浪费，增加额外成本。
水电镀	2022-04-12	金美新材	一种新型水电镀设备	主辊外周设计环形凹槽，满足镀液回路的形成，且可解决传统的导电辊与薄膜基材接触、导致辊体上的镀铜颗粒刺破基材的问题，进而提高良品率。

资料来源：国家知识产权局，度衍专利，东方财富证券研究所

3.2. 产品端：电子、基膜、电解铜箔等玩家拓展

目前布局复合集流体产品的企业可以大致划分为三类，一是传统铜箔厂商，二是由原有的镀膜等相关业务向复合集流体拓展，三是凭借自主研发的新势力。

图表 43：复合集流体厂家进度情况

协同点	公司	工艺	材质	研发	样品生产	验证
电解铜箔迁移	中一科技	两步	PP/PET/PI	√	生产准备中	——
	诺德股份	两步	PP/PET/PI	√	样品阶段	技术交流中
	嘉元科技	—	—	—	—	——
镀膜业务拓展	宝明科技	两步	PET/PP	√	√	进展良好
	万顺新材	两步	PP/PET	√	√	测试验证中
	方邦股份	两步	PP/PET/PI	√	样品阶段	——
	胜利精密	两步	PP/PET/PI	√	√	测试验证中
基膜下游拓展	双星新材	两步	PET/PP	√	√	测试验证中
	东材科技	—	PP	—	—	——
	康辉新材	—	—	√	√	测试验证中
靶材延伸	阿石创	两步	PET/PP	√	设备选型和下定	技术交流中
镀铜液延伸	三孚新科	一步	PP/PET/PI	√	内部测试中	技术交流中
	智动力	一步	PP/PET/PI	—	—	——
自主研发	金美新材	三步	PP/PET	√	√	√
	纳力新材	两步	PET/PEN/PP	√	√	——
	汉科新材	一步	PET/PP	√	√	测试验证中
	元琛科技	两步	PET/PP	√	2022年底样品线完成	技术交流中
	璞泰来	两步	PP/PET/PI	√	内部测试中	测试验证中

	英联股份	两步	PP/PET/PI	—	设备订购完成	—
--	------	----	-----------	---	--------	---

资料来源：各公司公告，各公司官网，高工锂电，东方财富证券研究所

3.2.1. 电解铜箔拓展：部分工序原理相同

协同效应：复合集流体中的**电镀工序**和**传统电解铜箔的固化、钝化工序的原理、工艺基本相同**，分别是电化学方法增厚导电层以及防氧化等。传统锂电铜箔厂商在集流体电化学镀的添加剂、工艺、过程控制、装备等方面拥有充足的技术储备，可以应用到复合铜箔的生产中。**卷料控制（包括张力、收放卷等）和客户都有协同。**

1) 中一科技

传统：国内**高端锂电铜箔领先企业**。公主要产品可以分为锂电铜箔和标准铜箔，锂电铜箔应用于锂电池负极集流体，标准铜箔是覆铜板、印制电路板的重要基础材料之一，广泛应用于通讯、光电、消费电子、汽车、航空航天等领域。

复合铜箔布局：2022年8月底，公司公告在武汉设立全资子公司武汉中一，面向复合铜箔等新型集流体，先期规划建设年产**500万平方米**生产线，工艺采用**磁控溅射+电镀**两步法工艺，公司在集流体电化学镀的添加剂、工艺、过程控制、装备等方面拥有核心技术。

2) 诺德股份

传统：全球知名**锂电铜箔龙头供应商**。目前是唯一一家进入国内全部锂电龙产业链的铜箔企业。在国际上，公司也与LG化学、SKI、ATL、松下等国际电池企业建立合作。

复合铜箔布局：收购道森股权，**设备保供+共同开发复合铜箔**。2022年7月，公司与道森股份签订战略框架协议，并于8月公告收购道森股份5%股权，双方将共同在锂电铜箔设备、极薄铜箔产品和复合铜箔产品领域开展深度合作。公司2022年高工锂电年会上分享，公司**2年前就已在准备复合铜膜/铝膜的试验线，现在已处于送样阶段。**

3) 嘉元科技

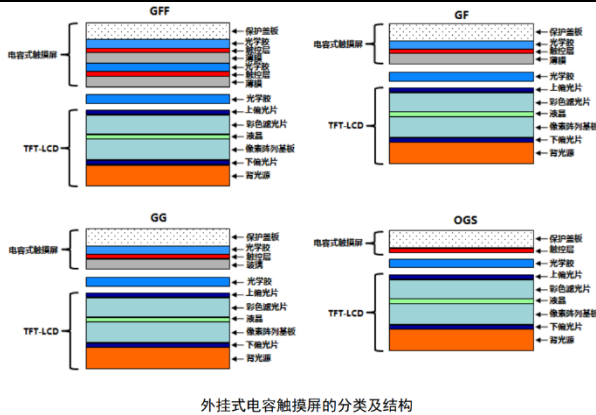
传统：锂电铜箔龙头，绑定大客户，扩产节奏快。公司主要产品为超薄锂电铜箔、极薄锂电铜箔，应用于锂电负极集流体，同时生产少量标准铜箔用于PCB电路板。公司的4.5微米和5微米的极薄锂电铜箔已实现大规模量产，并稳定供应宁德时代。

复合铜箔布局：与南开大学强强联手，布局复合铜箔。公司与南开大学重点实验室团队合作，共同研发及应用锂电新型负极集流体材料。公司与南开大学院士团队合作开展高端铜箔关键技术研发已有多多年。

3.2.2. 镀膜业务横向拓展：镀膜技术同源

协同效应：电容式触摸屏、液晶显示屏等产品的部分主要加工工序系对玻璃面板进行 ITO 镀膜。ITO 镀膜的制备方法有蒸发、磁控溅射、反应离子镀、化学气相沉积、热解喷涂等，使用最多的方法是磁控溅射法，即在透明有机薄膜材料上溅射透明氧化铟锡导电薄膜镀层，使原本不具有导电功能的玻璃面板获得导电功能。其真空溅射和复合铜箔的镀膜技术具有同源性。

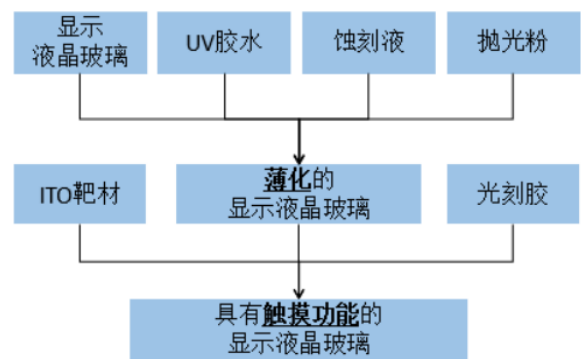
图表 44：宝明科技外挂式电容触摸屏结构



外挂式电容触摸屏的分类及结构

资料来源：宝明科技招股说明书，东方财富证券研究所

图表 45：宝明科技 ITO 触屏生产工艺



资料来源：宝明科技招股说明书，东方财富证券研究所

1) 宝明科技

传统：LED 背光源液晶面板玻璃深加工领域领先企业。公司主业为液晶显示屏中 LED 背光源及电容式触摸屏主要工序深加工，下游主要是智能手机产品，目前处于存量竞争阶段。为应对行业不利变化，公司积极进行产品转型，加大在中大尺寸车载显示、平板/笔电及 MiniLED 背光源研发和市场推广力度。

复合铜箔布局：进展良好，良率领先。公司设立控股子公司赣州宝明新材料布局复合铜箔项目，总投资 60 亿元，一期投资 11.5 亿元，二期投资 48.5 亿元，一期计划 2023 年第二季度量产，全部达产后年产复合铜箔 1.5 亿平方米左右，配套的电池为 14-15GWh。目前公司的良率在 80%，已经送样下游多家客户测试验证。

图表 46：宝明科技复合集流体相关专利布局情况

申请日	申请人	发明名称	图示	摘要
2021-11-15	宝明科技	一种复合导电铜箔		本实用新型重量轻，成本低，抗拉强度和延展性较好，同时大幅提升了锂(钠)离子电池的安全性能，极大的满足了使用需求。
2021-11-15	宝明科技	一种复合导电铜箔及其制备方法		本发明重量轻，成本低，抗拉强度和延展性较好，同时大幅提升了锂(钠)离子电池的安全性能，极大的满足了使用需求。

资料来源：国家知识产权局，度行专利，东方财富证券研究所

2) 万顺新材

传统：铝加工、纸包装材料和功能性薄膜三大业务。功能性薄膜主要产品

有导电膜、节能膜、高阻隔膜、车衣膜、纳米炫光膜等，应用于触摸屏、PDLC 液晶电控调光膜、太阳能电池封装等领域。公司铝箔、ITO 导电膜领域具备充分的生产技术经验，拥有磁控溅射设备、电子束镀膜设备、精密涂布线等进口尖端设备。

复合铜箔：已开展载体铜膜业务。载体铜膜运用在电池负极，可降低电池重量，提升能量密度及安全性。公司已开发出应用于电池负极的载体铜膜样品，并送下游电池企业验证，正在配合下游的需求优化产品工艺。同时，公司有开展高附着性铝层电子复合铝膜研究工作。

3) 方邦股份

传统：高端电子材料，现有产品包括电磁屏蔽膜、导电胶膜、极薄挠性覆铜板及超薄铜箔等，属于高性能复合材料。公司主业的屏蔽膜真空溅射、水电镀技术和复合铜箔镀膜技术具有一定的协同性。

复合铜箔：与公司当前主营产品在核心制备技术上具有一定契合性（真空溅射、电化学技术）。目前公司在优化生产工艺、参数以进一步提升产品剥离强度、延伸率等关键性能指标，同时与相关下游客户进行技术对接。

4) 胜利精密

传统：公司主要业务为消费电子产品及汽车零部件业务。汽车零部件业务中，光学玻璃盖板、复合材料显示盖板等业务也需用到磁控溅射工序，公司在磁控溅射技术方面经验丰富，拥有核心团队。同时公司有生产锂电隔膜的经验，对膜的张力系统等指标理解深刻。

图表 47：胜利精密复合集流体相关专利布局情况

申请日	申请人	发明名称	图示	摘要
2021-06-13	胜利精密	一种导电铜薄膜材料的制备方法		本发明提供的导电铜薄膜材料的制备方法，可以降低能耗、降低生产成本。

资料来源：国家知识产权局，度衍专利，东方财富证券研究所

复合铜箔布局：投资 56 亿，布局复合铜箔。公司通过子公司安徽飞拓布局复合铜箔。一期投资 8.5 亿元，拟建设 15 条高性能复合铜箔生产线、2 条 3A 光学膜生产线，二期投资 47.5 亿，拟投建 100 条高性能复合铜箔生产线。**进展：**公司目前采用两步法“磁控溅射+水电镀”，以 PET 为基材的复合铜箔已经在试生产，产品已二次送样。PP 为基材的复合铜箔也在调试生产中。目前第一条全制程生产线（1 台磁控溅射+1 条水电镀）已在安徽舒城产业园安装调试完成，第二条水电镀产线也在安装调试中。预计现阶段每条产线月设计产能 40 万平，明年将视市场需求增加产线、优化产能。预计到 2023 年年中，月设计产能可达到 1300-1500 万平，2023 年底可达到月产能 4500 万平。

3.2.3. 基膜企业延伸：上下游一体化布局优势

协同效应：复合铜箔产业链包括基膜、镀膜设备、镀膜材料（蒸镀膜料和溅射靶材）、镀铜液药剂等环节。基膜方面，复合铜箔对 PET/PP 薄膜工艺要求较高，要求 4.5 微米、4 微米的厚度，目前国内具备薄膜生产能力的厂商有限，

部分基膜厂依托在传统功能性薄膜领域的技术积累，也在向复合铜箔领域拓展。

1) 双星新材

传统：PET 薄膜龙头，新材料业务覆盖“五大板块”。公司专注于高性能功能性高分子材料研发制造，业务包括光学材料、新能源材料、信息材料、热收缩材料和节能窗膜材料，下游应用领域涉及液晶显示、消费电子、光伏新能源、汽车和节能建筑等。

复合铜箔：具备超薄 PET 基材量产能力，由基膜向复合铜箔延伸。2020 年 PET 铜箔立项，目前在自制 4.5 微米基础上，完成了原料、磁控溅射、水镀工艺，已向客户送样认证，同时公司开发 3.5 微米及以下基材。目前公司 PET 铜箔整体良率达到 92%，磁控溅射的良率在 98%。公司预计在 11 月底完成 PET 铜箔主线的建设，12 月中旬向下游客户再次送样，在前期小样研究开发评价基础上在进行量产的评价。

2) 东材科技

传统：公司以新型绝缘材料为基础，重点发展光学膜材料、电子材料、环保阻燃材料等系列产品，广泛应用于发电设备、特高压输变、新能源汽车等领域。目前公司拥有 4 条聚酯薄膜生产线（光伏用），年产能规模超 4 万吨。

复合铜箔：有 PP 量产能力，是复合铜箔的可选基材，保证超薄厚度同时对于纵向、横向收缩率、拉伸强度等指标控制良好。

3) 康辉新材

传统：功能性薄膜龙头。公司是国内最大的 PBT 生产商，国内唯一、全球第二家能够在线生产 12 微米涂硅离子型叠片式锂电池保护膜的企业，MLCC 离子型基膜国内产量占比超过 65%。

复合铜箔：布局基膜，已具备量产能力。公司自 2020 年开始对 PET 复合铜箔用基膜进行开发。利用集团全产业链优势，自主研发创新的工艺技术，自主研发的 PET 复合铜箔用基材具有拉伸强度高、热稳定性佳、微观平整度高等特点，基膜已通过下游多家 PET 铜箔厂商、电池厂商前期验证，后期验证工作有序推进中。多条产线具备量产 4.5-6 微米 PET 复合铜箔用基膜能力，并可根

3.2.4. 镀膜材料延伸：对镀膜设备理解深厚

协同效应：从事蒸镀膜料和溅射靶材的企业，本身就与真空镀膜设备厂保持技术交流，对镀膜设备的掌握程度较高，向复合集流体制造拓展具备相当优势。

1) 阿石创

传统：深耕 PVD 镀膜材料领域，与国内外顶尖 PVD 设备厂保持紧密合作。

自主研发 200 多款高端镀膜材料，产品覆盖光学、光伏、半导体、平板显示等多个领域。公司在设备端、工艺端积累了丰富的 PVD 镀膜经验。公司目前正在研发 PET/PP/PBN 等基材镀铜膜，采用的生产工艺包括 PVD 溅镀后电镀和直接 PVD 蒸镀。

复合铜箔：由靶材向复合铜箔延伸。10 月 28 日，公司与东威科技、腾胜科技正式签署复合铜箔设备装备协议，公司复合铜箔**目前已完成设备选型和下的工作**，后续将继续与电池厂商进行技术交流，并调整改进设备、工艺，以提高复合铜箔产线的良率与生产效率。

3.2.5. 化学镀铜液：化学沉积的核心

协同效应：复合铜箔的化学沉积法原理与水平沉铜相同，都为置换反应。水平沉铜专用化学品壁垒较高，镀铜液药剂相关的公司对化学镀工艺理解深厚。

1) 三孚新科

传统：公司产品根据应用工艺和领域不同，分为电子化学品和电镀化学品。公司在电子 PCB 化学品领域深耕多年，是国内少有的掌握 PCB 水平沉铜专用化学品技术的内资厂商。

复合铜箔：预计 2023 年可能有批量化订单。工艺：采用化学沉积法（一步法），工艺流程简洁高效，产品在良品率、镀膜厚度均匀性、结合力等方面表现良好，生产自动化程度较高，**正处在中试阶段**。向复合铜箔电镀设备领域延伸，未来的方向是“药剂+设备”一体化解决方案。2022 年 11 月 2 日晚，公司发布公告称拟新增机械设备等经营范围，为公司新型复合铜箔电镀专用化学品的推广提供配套的生产设备。

2) 智动力

传统：公司主要产品为消费电子功能性器件、结构性器件、光学组件及可穿戴组件。

复合铜箔：一步法工艺。2022 年 11 月 16 日，公司与三孚新科签署《战略合作框架协议》，双方同意围绕复合铜箔生产进行全面合作。公司基于规划产能，拟向三孚新科采购“一步式”全湿法复合铜箔化学镀铜设备，与三孚新科共同推动一步法工艺落地。

3.2.6. 自主研发新势力：深耕相关领域

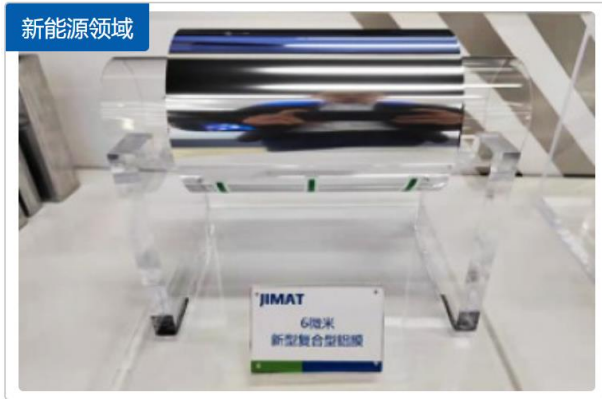
1) 金美新材

宁德时代入股，重庆金美新材专业从事多功能复合集流体薄膜材料产品的研发、生产及销售。宁德时代旗下的长江晨道投资通过安徽金美新材料持有重庆金美新材 15.68% 的股权。

公司主打产品为多功能复合集流体铝箔 (MA) 和多功能复合集流体铜箔 (MC)。金美新材从 2015 年开始新材料开发工作，于 2016 年便与客户携手开发复合集流体产品。2018 年，第一代铝复合集流体在欧洲某车型上得到量产应用后，从材料生产工艺端和客户应用技术端分别验证了复合集流体技术路线的确

定性。随后又进一步往厚度更薄、性能更好的第二代产品进行研发突破。重庆金美项目一期总投资 15 亿元，全部满产后可达到年产能 3.5 亿平米。

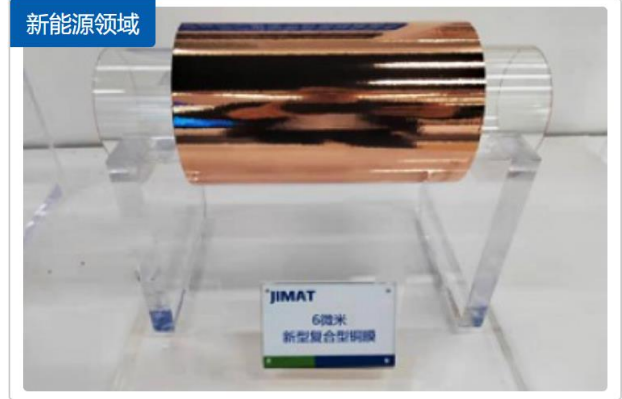
图表 48：金美 6 微米复合铝膜



多功能复合集流体材料 (MA)

资料来源：金美新材官网，东方财富证券研究所

图表 49：金美 6 微米复合铜膜



多功能复合集流体材料 (MC)

资料来源：金美新材官网，东方财富证券研究所

复合铝箔率先量产。2022 年 11 月 11 日，公司宣布量产 8 微米复合铝箔，成为国内首家宣布量产复合集流体的企业。本次量产的 8 微米复合铝箔是新一代产品，比上一代更薄，并且改进了表面缺陷、孔洞等主要问题，大幅提升了生产效率和产品良率。

2) 纳力新材料

公司成立于 2022 年 1 月，专门致力于复合铜箔和复合铝箔研发生产。研发团队实力雄厚，目前公司在扬州和江阴拥有两个生产基地；一期预计实现产能 3.2 亿平。

图表 50：纳力新材料产能规划

项目	基地	厂房及配套设施	投资额	预计实现产能
一期	扬州	3.6 万平	6.5 亿	2.2 亿平
	江阴	1.5 万平	3 亿	1 亿平
二期	——	——	112 亿元	——

资料来源：纳力新材料微信公众号，东方财富证券研究所

采用“离子溅射法+电化学沉积法”镀铜，基材使用 PET/PEN/PP。公司首批纳米涂炭铝集流体、纳米涂炭铜集流体、复合铝箔相继下线。复合铝箔目前产品已成功应用固态电池、半固态固液混合电池、钠离子电池、锂金属电池等前沿电池产品中。

3) 汉科新材

较早布局复合集流体。公司成立于 2018 年，董事长从事蒸发、磁控溅射行业近 30 年。公司具备自主设计开发复合集流体产线设备的能力。与设备厂商共同设计制造的 3um PET 载体膜设备，生产良率可达 90%以上，11 月份设备会交付安装调试

采用全干法制程，进展领先。复合集流体产品在产业化方面已经获得了实质性进展。已给行业内的头部电池企业送样，预计年底可以实现试产批量供货。

4) 元琛科技

传统：公司主业为过滤材料、烟气净化系列环保产品，产品分为两大类：除尘过滤材料、延期脱硝催化剂。此外，公司向产业链集群方向延伸，从事环境及新材料第三方检测业务。

复合箔材：2020年起，公司开始关注复合箔材，2021年正式立项。针对膜材料，公司有数年相关的制备及改性经验，深厚的技术和人才积累。此外，公司处于合肥市新能源产业链的中心区域，复合箔材产能建设落地过程得到政府大力支持。预计第一条量产中试线于今年11月完成设备安装及调试。2022年11月28日，公司公告与东威科技签订战略合作协议，向东威采购最先进的2.5代双边卷夹式水平镀膜线，近日进行设备交付调试。

5) 璞泰来

传统：公司是国内锂电负极龙头，是国内最大的隔膜涂覆加工商，此外公司垂直整合业务，业务还涵盖自动化工艺设备、PVDF及粘结剂、铝塑包装膜、纳米氧化铝及勃姆石等。

复合集流体：受益于公司长期在涂布设备、涂敷加工、铝塑包装膜、光学膜业务领域的优势，公司较早捕捉到了复合集流体的产业优势，进行了研发布局。目前公司的复合集流体材料已经完成了内部测试和中试，未来公司将逐步启动量产生产线的建设。

6) 英联股份

传统：在金属包装领域深耕多年。目前产品已覆盖食品、饮料、日化用品等领域，能够满足客户多样化需求及一站式采购。

复合集流体：2022年9月15日，公司设立子公司，专门从事PET、PP、PI等材料复合铜箔研发生产。公司已与供应商签订主要生产设备（卷对卷磁控溅射真空镀膜设备、双边夹卷式水平镀膜线）的采购合同，设备近期将交付。

从工艺相似、技术同源的角度分析，我们预计，其他如光莆、隆扬、斯迪克等在电磁屏蔽膜、功能性薄膜材料等镀膜领域有布局的厂商也存在进入行业的可能。

3.3. 设备端：真空镀膜和水电镀设备+滚焊设备

复合铜箔制造工艺目前以两步法为主流，即磁控溅射+水电镀，对应设备需求为真空磁控溅射镀膜机和水电镀膜机。此外，对于电池端来讲，复合集流体对生产工艺唯一的变化在于极耳焊接，复合集流体焊接难度更大，超声波滚焊可以实现复合集流体和箔材之间的高速滚焊。

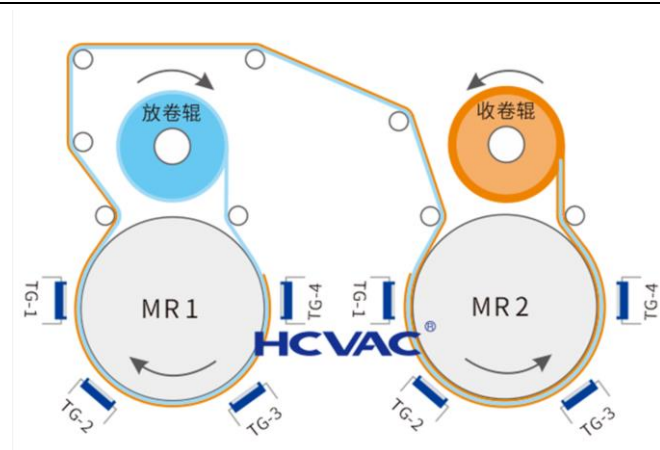
3.3.1. 真空镀膜设备：基本实现国产化

1) 汇成真空

国内真空镀膜设备稀有厂商。公司的主要产品和服务为真空镀膜设备以及配套的工艺服务支持，以真空镀膜技术及成膜工艺为核心，致力于溅射镀膜技术、蒸发镀膜技术、离子镀膜技术、柔性卷绕镀膜技术以及成膜工艺的研究和应用。公司镀膜设备应用于消费电子领域，工业品等领域。终端产品包括智能手机、摄像头、屏幕显示、汽车配件、航空玻璃、磁性材料、半导体电子传感器、光刻掩膜版等。真空镀膜工艺起源于国外，设备供应商主要集中在美、日、德等发达国家，公司是国内真空镀膜设备行业内重要企业。

布局复合铜箔镀膜机。公司是国内极少数实现复合铜箔高产能批量化生产的设备企业之一，通过独家研发的高能量密度氩离子+低能量高电离度金属离子技术等，攻克多个行业难点。目前公司研发的复合铜箔 PVD RTR 镀膜设备，实现在厚度 3.0~4.5 μm、幅宽 600~1650mm PET/PP 塑料薄膜表面一次完成双面镀铜膜，设备工艺走速 0.5-30m/min。超薄复合铝箔 PVD RTR 镀膜设备，实现在厚度 4.5~6.0 μm、幅宽 600~1700mm PET/PP 塑料薄膜表面双面镀铝膜，设备工艺走速 30-100m/min。

图表 51：汇成真空 PVD RTR 镀膜设备

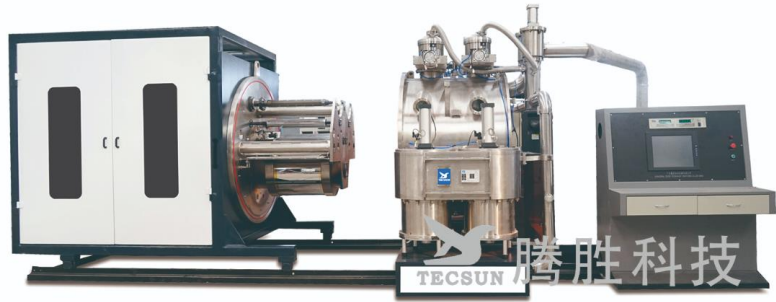


资料来源：高工锂电，东方财富证券研究所

2) 腾胜科技

立足真空镀膜技术和装备研发超 25 年，在柔性材料的卷对卷真空镀膜技术及装备上具有领先的技术优势，是国内首家推出量产型锂电复合铜箔镀膜装备的公司。公司的设备采用专利技术，具备一次性双面高速镀膜的功能，设备各项性能参数指标均属于国内领先。具有操作简便、良率高、镀膜稳定性好、重复性好、镀层均匀度好、膜层致密、结合力好等优点。

图表 52：腾胜科技单腔体卷绕镀膜机



资料来源：腾胜科技官网，东方财富证券研究所

3) 广东振华科技

综合大型真空设备制造商，专门从事真空镀膜解决方案。公司可提供连续式镀膜生产线、磁控溅射镀膜设备、阴极电弧离子镀膜设备、硬质涂层镀膜设备、精密电子束蒸发镀膜设备等真空表面处理设备。

公司复合铜箔卷绕镀膜设备生产速度快，量产经济性大幅提升。市面上常规卷绕镀膜设备走膜速度为 6-10m/min，公司生产速度高达 30m/min，一次走膜可实现双面镀膜，高速走膜解决行业痛点，量产经济性提升。采用全自动抽气结合半自动、手动调整的镀膜控制，更有利于获得均匀要求的镀膜层。膜料能快速成沉积在基膜上，连续不间断，致密无孔洞。

图表 53：振华科复合铜箔卷绕镀膜设备



资料来源：广东振华科技官网，东方财富证券研究所

图表 54：真空镀膜行业内主要企业

公司名称	主要业务	所在地	企业性质
应用材料 (Applied Materials Inc.)	主营业务向半导体、显示器及相关行业提供制造设备、服务和软件，在半导体领域的主要产品为芯片制造领域的各种制造设备	美国	境外上市公司
日本光驰株式会社	主要从事光学薄膜设备及其相关零部件的制造和销售，产品广泛应用于 LED 显示、	日本	境外上市

(OPTORUN)	光通信、半导体、消费电子等领域,		公司
德国莱宝 (Leybold)	主要从事真空泵、真空系统、以及包括真空镀膜设备在内的真空应用设备的制造和销售, 该公司产品目前主要为光学、光伏、半导体、医疗器械等	德国	境外非上市公司
冯·阿登纳	主要产品为玻璃、晶片、金属带和聚合物薄膜等材料上的真空镀膜开发和生产工业设备, 应用于太阳能电站建筑玻璃, 智能手机和触摸屏的显示屏等领域	德国	境外非上市公司
爱发科 (ULVAC)	主要从事真空机械业务、真空应用等业务等, 产品主要应用在能源、环保、运输、医药、食品、化工、生物工程等领域	日本	境外上市公司
湘潭宏大真空	主营业务为大型连续镀膜生产线为主的各类真空镀膜设备研发、设计、生产、销售及技术服务	中国	境内非上市公司
广东振华科技	真空设备制造与销售, 技术服务与支持, 主要产品有蒸发系列镀膜设备、磁控系列镀膜设备、光学系列镀膜设备、连续性镀膜生产线以及其他真空设备等	中国	境内非上市公司
汇成真空	真空镀膜设备的研发设计, 包括对真空腔体、机械装置、蒸发源、离子源等模块以及对卷绕镀膜设备、连续线镀膜设备等特殊镀膜设备的研发设计	中国	境内非上市公司

资料来源: 汇成真空招股说明书, 东方财富证券研究所

3.3.2. 水电镀设备: 厂商稀缺

1) 东威科技

PCB 电镀设备龙头, 公司垂直连续电镀设备竞争力强。PCB 电镀对产品性能至关重要, 受益于下游高端产品占比提升, 我国垂直连续电镀设备市场扩容。公司垂直连续电镀设备具有性能好、节能环保、维护简单、性价比高等特点, 在电镀均匀性、贯孔率等指标表现优于同行。

横向拓展至复合铜箔设备, 率先受益行业从 0-1 发展。公司依托在 PCB 电镀领域的技术积累, 率先发力复合铜箔专用设备领域, 先发优势明显, 目前国内唯一能够批量化生产水电镀设备的厂商。产能规划上, 公司明年产能计划不低于 100 台, 目前在手订单已接近 300 台。

除水电镀设备外, 公司还向前道工序真空磁控溅射设备延伸。公司规划 2023 年产能不低于 50 台磁控设备, 并首先考虑与公司的镀膜设备配套使用, 两种设备配套使用, 技术具有连贯性, 有利于保证产品的良品率。

图表 55: 东威科技双边夹卷式水平连续镀膜设备



资料来源: 东威科技官网, 东方财富证券研究所

图表 56: 东威科技锂电复合铜膜磁控溅射卷绕双面镀膜设备



资料来源: 东威科技官网, 东方财富证券研究所

3.3.3. 超声波滚焊设备：复合集流体焊接新增工艺

相较于传统铜箔和铝箔，采用复合集流体的电池前段工序多出一道采用超声波高速滚焊技术的极耳转印焊工序，同时中段工序的多层极耳超声波焊接工序依旧保持不变。因此，下游电池厂新增滚焊设备需求。

1) 骄成超声

公司动力电池超声波设备优势突出，受益下游需求高速增长。超声波焊接在多层极耳焊接领域具有不可比拟的优势，单线价值量在 100-200 万元。公司是国内少有的可以与国际高端超声波工业设备厂商进行竞争的企业。公司的核心产品超声波焊接监控一体机可以有效提升电池效率与良率，是比亚迪和宁德时代新增动力电池产线主要超声波设备供应商。

基于超声波高速滚焊系统技术开发超声波滚焊机，是宁德时代复合集流体唯一设备供应商。公司自主研发超声波滚焊机能够实现复合集流体和箔材之间的高速滚焊，是宁德时代复合集流体滚焊设备唯一供应商。此外，单条产线滚焊价值量是超声极耳焊接的 3 倍，单 GWh 复合集流体极耳焊接设备在 1200 万以上。公司有望充分享受复合集流体产业化的业绩弹性。

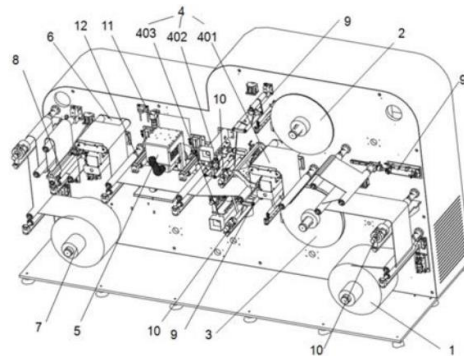
“设备+耗材”模式，推动公司业务稳健增长。设备需求源于市场增量，耗材需求源于市场保有量。公司除向下游销售各类设备外，还同步销售各类设备相关配件，如焊头、底膜、裁刀、发生器等。根据公司测算，2025 年动力领域焊头、底膜市场需求可以达到 6-10 亿元，同时在汽车线束、IGBT、轮胎裁切等领域也延续同样的商业模式。

2) 达牛新能源

公司自成立以来，专业代理 Branson 必能信超声波焊接设备及配套产品，同时销售超声波焊接设备配套，电池正、负极片五金模切工装，主要客户是在高能量密度的新能源汽车电池企业。

具备超声波滚焊设备专利。根据公司专利《一种复合材料滚焊一体化设备》，专利所述滚焊机包括焊座、焊头、焊头电机以及超声波换能器。能够在复合材料的正反面各焊接一层箔材，保证了复合材料正反面的导电性，设备中各机构设置紧凑，有助于保证焊接质量以及提高焊接速度。

图表 57：达牛新能源复合材料滚焊一体化设备



资料来源：国家知识产权局，东方财富证券研究所

3) 新栋力

近二十年从事工业应用超声波设备生产经营及技术研究。公司以声化学、塑料焊接、金属焊接机作为主营方向。目前公司主要产品有：超声波金属焊接机、超声波滚动焊接机、超声波弯曲刀焊接机、超声波线束焊接机、超声波平齿焊接机等设备。

具备超声波滚焊技术。公司的超声波金属滚动焊接机清洁、高效、精密，可以连续发射超声波，实现滚动焊接。公司首创双滚双超声波产品，已经过多个头部企业关注，焊接优势、性能、效果通过验证。

图表 58：新栋力超声波金属滚动焊接机



资料来源：新栋力官网，东方财富证券研究所

3.4. 其他：镀铜专用化学品

1) 光华科技

PCB 电镀化学品龙头。公司率先在国内建立 PCB 湿制程相关化学品整体解决方案，可为 PCB 湿制程全生产提供金属盐、药水及配套专用化学品和技术服务，目前产品涵盖氧化铜、填孔镀铜、沉镍金、棕化、褪膜等，产品性能达国际水平。

PET 复合铜箔化学品定制化服务。针对 PET 铜箔的水镀工艺，公司研发了 SP 系列水镀光剂，应用于基膜金属化后的电镀增厚加工，公司 SP 系列水镀光剂完全自主配方，添加稳定，能够配合大批量生产。针对水电镀工序，目前公司可供的产品还有氧化铜、硫酸铜、化学试剂等系列。

图表 59：光华科技的水镀 SP 系列水镀光剂差异化优势



光华科技的水镀 SP 系列水镀光剂差异化优势

资料来源：光华科技微信公众号，东方财富证券研究所

4. 投资建议

1、完整产业链形成，工艺百花齐放。上游设备:东威科技，中游材料，宝明科技等，电池设备:骄成超声。近期亦有多家上市公司宣布进军复合集流体。工艺上，两步法、三步法、化学镀一步法、溅射一步法百花齐放。

2、金美铝箔量产，玩家百舸争流。铝箔金美已量产，拓宽复合集流体应用场景；铜箔从上下游反馈和设备交付进度来看，宝明科技相对领先。

3、先发优势，红利巨大。复合铜箔渗透率上升(我们预期 22-25 年渗透率分别是 1%、4%、10%、20%)，25 年市场空间可达 343 亿元，CAGR282%，在行业爆发期，先发优势的企业红利巨大。重点推荐宝明科技、东威科技、骄成超声；建议关注阿石创、三孚新科、元琛科技。

图表 60：行业重点关注公司

代码	简称	总市值 (亿元)	EPS (元)			PE(倍)			股价 (元)	评级
			2021	2022	2023	2021	2022E	2023E		
002992.SZ	宝明科技	114	-1.98	-0.41	0.82	-	-	35.71	62.73	增持
688700.SH	东威科技	219	1.09	1.75	2.84	62.31	65.03	39.98	152.67	买入
688392.SH	骄成超声	122	0.84	1.66	2.65	-	68.27	42.73	157.71	增持
300706.SZ	阿石创	39	0.12	0.12	0.48	710.22	196.07	57.85	26.36	未评级
688359.SH	三孚新科	80	0.64	-0.15	0.50	108.19	-623.64	180.12	88.23	未评级
688659.SH	元琛科技	39	0.47	0.09	0.47	34.11	286.17	52.17	24.45	未评级

资料来源：Choice，东方财富证券研究所

注：股价为 12 月 01 日收盘价，未评级数据来自 Choice 一致预期

5. 风险提示

- 1) 复合集流体量产不及预期；
- 2) 行业竞争加剧。

东方财富证券股份有限公司（以下简称“本公司”）具有中国证监会核准的证券投资咨询业务资格

分析师申明：

作者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，保证报告所采用的数据均来自合规渠道，分析逻辑基于作者的职业理解，本报告清晰准确地反映了作者的研究观点，力求独立、客观和公正，结论不受任何第三方的授意或影响，特此声明。

投资建议的评级标准：

报告中投资建议所涉及的评级分为股票评级和行业评级（另有说明的除外）。评级标准为报告发布日后3到12个月内的相对市场表现，也即：以报告发布日后的3到12个月内的公司股价（或行业指数）相对同期相关证券市场代表性指数的涨跌幅作为基准。其中：A股市场以沪深300指数为基准；新三板市场以三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的）为基准；香港市场以恒生指数为基准；美国市场以标普500指数为基准。

股票评级

买入：相对同期相关证券市场代表性指数涨幅15%以上；
增持：相对同期相关证券市场代表性指数涨幅介于5%~15%之间；
中性：相对同期相关证券市场代表性指数涨幅介于-5%~5%之间；
减持：相对同期相关证券市场代表性指数涨幅介于-15%~-5%之间；
卖出：相对同期相关证券市场代表性指数跌幅15%以上。

行业评级

强于大市：相对同期相关证券市场代表性指数涨幅10%以上；
中性：相对同期相关证券市场代表性指数涨幅介于-10%~10%之间；
弱于大市：相对同期相关证券市场代表性指数跌幅10%以上。

免责声明：

本研究报告由东方财富证券股份有限公司制作及在中华人民共和国（香港和澳门特别行政区、台湾省除外）发布。

本研究报告仅供本公司的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为本公司的当然客户。

本研究报告是基于本公司认为可靠的且目前已公开的信息撰写，本公司力求但不保证该信息的准确性和完整性，客户也不应该认为该信息是准确和完整的。同时，本公司不保证文中观点或陈述不会发生任何变更，在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。本公司会适时更新我们的研究，但可能会因某些规定而无法做到。除了一些定期出版的报告之外，绝大多数研究报告是在分析师认为适当的时候不定期地发布。

在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议，也没有考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需求。客户应考虑本报告中的任何意见或建议是否符合其特定状况，若有必要应寻求专家意见。本报告所载的资料、工具、意见及推测只提供给客户作参考之用，并非作为或被视为出售或购买证券或其他投资标的的邀请或向人作出邀请。

本报告中提及的投资价格和价值以及这些投资带来的收入可能会波动。过去的表现并不代表未来的表现，未来的回报也无法保证，投资者可能会损失本金。外汇汇率波动有可能对某些投资的价值或价格或来自这一投资的收入产生不良影响。

那些涉及期货、期权及其它衍生工具的交易，因其包括重大的市场风险，因此并不适合所有投资者。

在任何情况下，本公司不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任，投资者需自行承担风险。

本报告主要以电子版形式分发，间或也会辅以印刷品形式分发，所有报告版权均归本公司所有。未经本公司事先书面授权，任何机构或个人不得以任何形式复制、转发或公开传播本报告的全部或部分内容，不得将报告内容作为诉讼、仲裁、传媒所引用之证明或依据，不得用于营利或用于未经允许的其它用途。

如需引用、刊发或转载本报告，需注明出处为东方财富证券研究所，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。