

射频电源行业专题

超配
等离子体加工设备核心零部件，实现设备自主可控的必要条件

核心观点

射频电源是等离子体加工设备核心零部件。射频电源是产生等离子体的核心零部件，对等离子体加工设备的加工能力和加工效果影响很大。主要影响领域包括半导体中刻蚀、薄膜沉积、离子注入、清洗去胶等环节和光伏中薄膜沉积环节，射频电源的性能对形成的等离子体质量和稳定性至关重要，因此对于输出方式、输出效率、输出稳定性等都有极高要求，是半导体零部件中高技术壁垒的零部件之一。

射频电源价值约为设备成本 12%，2022 年射频电源国内市场空间约 55 亿元。据 SEMI 统计，2022 年全球刻蚀设备市场空间为 184 亿美元，全球薄膜沉积设备市场空间为 220 亿美元，射频电源价值量约占等离子体加工设备 12%，计算可得对应射频电源市场规模约为 26 亿美元，考虑离子注入和清洗等环节，全球总空间约为 30 亿美元。SEMI 统计 2021 年半导体设备国内销售额约占全球 28.9%，国内市场空间约为 60 亿元。

射频电源主要被美商 MKS、AE 垄断，国产化率几乎为零。射频电源由于自身高技术壁垒和研发难度，国内市场长期被美商垄断，主要企业为美国 MKS Instrument（万国仪器）和 Advanced Energy（先进能源工业），2021 年 MKS Instrument 半导体业务（包含其他产品）的营业收入为 18.29 亿美元，Advanced Energy 半导体业务（主要为射频电源）的营业收入为 7.1 亿美元。

中美贸易摩擦催化射频电源国产替代，英杰电气、恒运昌研发进度领先。美国 BIS 于 2022 年 10 月 7 日出台管制新规，管制措施适用于将美国设备或零部件出口到中国国内的特定先进逻辑或存储芯片晶圆厂，国产射频电源替代迫在眉睫。国内设备商和电源企业陆续开始研发合作，其中英杰电气和恒运昌的部分产品已经取得了一定的验证进度，有望成为国产射频电源的中流砥柱。

贸易摩擦加快设备国产替代，扩容射频电源市场。由于中美贸易摩擦，23-25 年设备国产化率有望快速提升，国产射频电源市场有望迅速扩大。2022 年国内设备国产化率约 25%，对应国产射频电源空间约 14 亿元，我们预计，2025 年设备国产化率有望超过 50%，对应国产射频电源空间将超过 30 亿元，验证进度领先的射频电源企业有望率先受益。

相关公司：英杰电气、恒运昌（未上市）、武汉凡谷、神舟半导体（未上市）等。

风险提示：射频电源需求不及预期，产业链验证进度不及预期。

行业研究 · 行业专题

电子 · 半导体
超配 · 维持评级
证券分析师：胡剑

021-60893306

hujian1@guosen.com.cn

S0980521080001

证券分析师：周靖翔

021-60375402

zhoujingxiang@guosen.com.cn

S0980522100001

证券分析师：李梓澎

0755-81981181

lizipeng@guosen.com.cn

S0980522090001

联系人：李书颖

0755-81982362

lishuying@guosen.com.cn

证券分析师：胡慧

021-60871321

huhui2@guosen.com.cn

S0980521080002

证券分析师：叶子

0755-81982153

yezhi3@guosen.com.cn

S0980522100003

联系人：詹浏洋

010-88005307

zhanliuyang@guosen.com.cn

市场走势



资料来源：Wind、国信证券经济研究所整理

相关研究报告

《半导体 4 月投资策略及英特尔复盘-AI+开启半导体新周期，看好设备国产化提速及服务器产业链》——2023-04-17

《半导体 3 月投资策略及美光科技复盘-继续推荐封测龙头及产品、客户拓展顺利的设计企业》——2023-03-06

《半导体 2 月投资策略及海力士复盘-本轮周期已进入筑底阶段，推荐设计及封测龙头》——2023-02-09

《半导体 1 月投资策略及科磊 (KLA) 复盘-半导体行业进入筑底期，关注有望率先复苏的设计环节》——2023-01-15

《功率半导体行业深度-新能源引发行业变革，Fabless 与 IDM 齐头并进》——2022-12-15

内容目录

射频电源：等离子体加工设备的核心零部件	4
射频电源设备价值占比约 12%，国内市场空间约 60 亿人民币	7
相关企业	10

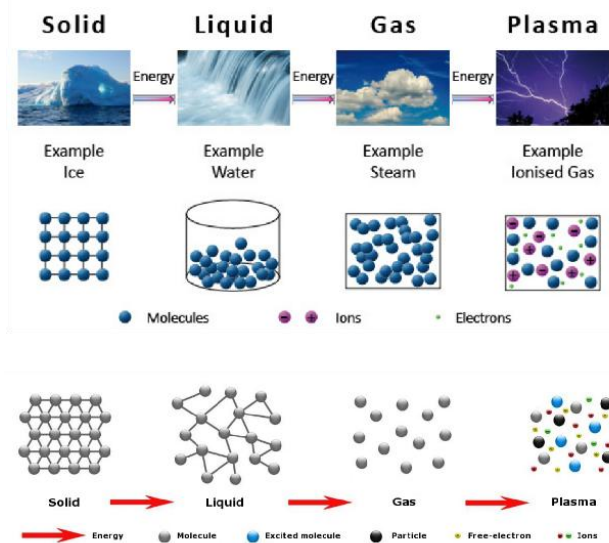
图表目录

图 1: 等离子体是气体分子或原子与外层电子分开的一种状态	4
图 2: 等离子体应用于核产业	4
图 3: 等离子体在半导体产业应用	4
图 4: 射频电源示意图	5
图 5: 射频电源主要应用于半导体及光伏领域	5
图 6: 射频电源结构	5
图 7: 射频电源应用中通常离子密度和频率呈正比, 离子能量和频率呈反比	6
图 8: 射频电源在 CCP 上应用	6
图 9: 射频电源在 ICP 上应用	6
图 10: 射频电源在 PECVD 上应用	7
图 11: 射频电源在 PVD 上应用	7
图 12: 阻抗匹配器说明	7
图 13: 功率放大器示意图	7
图 14: 半导体设备产线价值占比	8
图 15: 刻蚀设备市场规模 (亿美元)	8
图 16: 薄膜沉积设备市场规模 (亿美元)	8
图 17: 2021 年半导体零部件细分领域占比	9
图 18: 2021 年新增半导体设备全球分布	9
图 19: BIS 管制新规限制中国先进制程发展	9
图 20: 英杰电气发展历程	10
图 21: 英杰电气 2015-2022 年营业收入及增速 (亿元)	10
图 22: 英杰电气 2015-2022 年归母净利润及增速 (亿元)	10
图 23: 恒运昌射频电源	11
图 24: 恒运昌阻抗匹配器	11

射频电源：等离子体加工设备的核心零部件

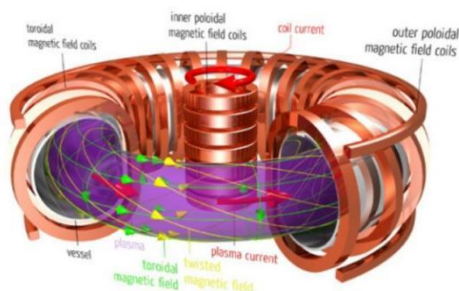
等离子体（Plasma）是等离子体加工设备的核心元素，是气体分子或原子与外层电子分开的一种状态，也称为物质的第四态。等离子体组成包含电子、离子、中性粒子及活性粒子、光子。形成方式包括强热和电磁场两种方式，存在形式通常也为两种，一是完全电离形式，主要存在于核产业；另一种是局部电离形式，电离率通常只有 0.001%，主要应用于半导体制造。

图1：等离子体是气体分子或原子与外层电子分开的一种状态



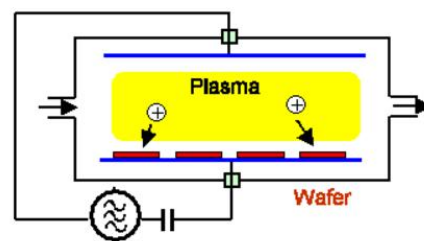
资料来源：Chen F. F, 《等离子体物理学导论》，科学出版社，2016年 国信证券经济研究所整理

图2：等离子体应用于核产业



资料来源：电子发烧友网，国信证券经济研究所整理

图3：等离子体在半导体产业应用

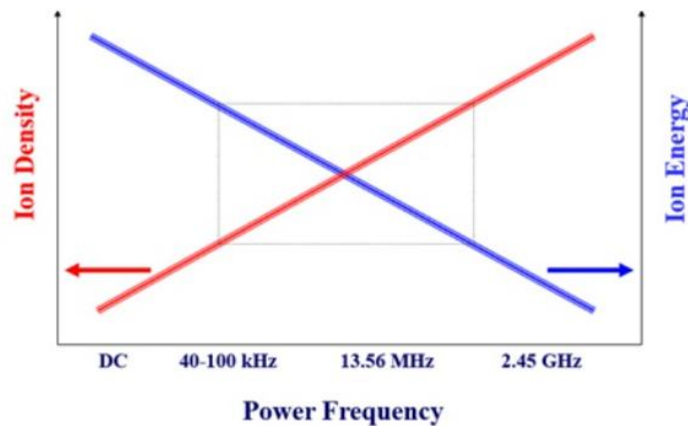


资料来源：电子发烧友网，国信证券经济研究所整理

射频电源（RF Generator）是等离子体加工设备的核心零部件。其工作原理是在密闭的真空压力容器内，利用真空泵获得一定的真空度，然后射频被馈入到真空室的两个基板之间，在两个极板之间产生一个变电场，气体在电场中被电离，产生相对应的离子，带电粒子被加速不断地碰撞气体分子产生级联效应，从而产生了等离子体。

主流射频电源频率包括为 400KHz、2MHz、13.56MHz、27.12MHz、40MHz 和 60MHz 等。射频电源由于应用场景多样，按照频率和功率可分为不同型号。其中 60MHz、40MHz 和 27.12MHz 的射频多作为刻蚀机的 Source 源；400KHz 和 2MHz 多用于 Bias 源；13.56MHz 既可以做 Source 源，也可以做 Bias 源，应用范围最广。

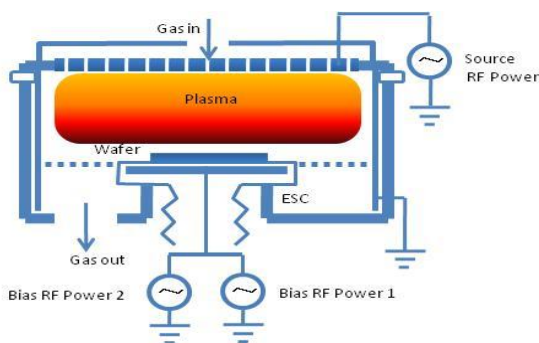
图7：射频电源应用中通常离子密度和频率呈正比，离子能量和频率呈反比



资料来源：中国半导体网，国信证券经济研究所整理

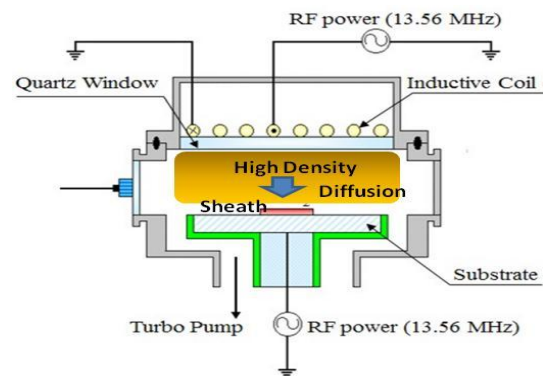
射频电源两个主要应用场景是刻蚀设备和薄膜沉积设备。其中刻蚀设备单腔通常应用 2-3 台射频电源，1 台高频电源作为 Source 源，用来产生等离子体；1-2 台低频电源作为 Bias 源，用来给予偏压电场，给离子加速。高频电源作为 Source 源的好处在于能够使等离子体中粒子发生更多次碰撞，从而获得高密度粒子；低频作为 Bias 源更易于给到粒子更高的速度和动能，使离子有更强的轰击能力。

图8：射频电源在 CCP 上应用



资料来源：LAM，国信证券经济研究所整理

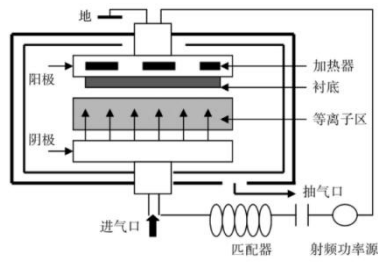
图9：射频电源在 ICP 上应用



资料来源：LAM，国信证券经济研究所整理

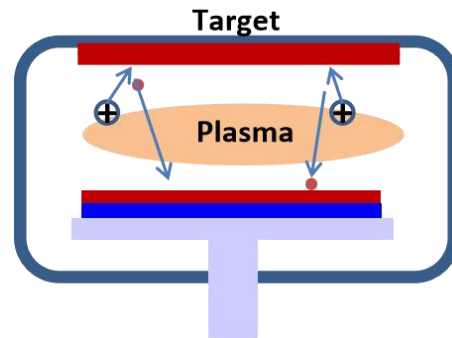
薄膜沉积设备是射频电源的另一主要应用。以 PECVD 为例，通常是将待沉积物质在射频作用下形成等离子体，再通过化学反应在硅片表面完成沉积；PVD 中同样需要先形成等离子体，在反向电场的作用下加等离子体轰击到腔体上方靶材上，击落靶材粒子完成沉积；PEALD 中同样应用等离子体来增强沉积能力。

图10: 射频电源在 PECVD 上应用



资料来源：电子发烧友网，国信证券经济研究所整理

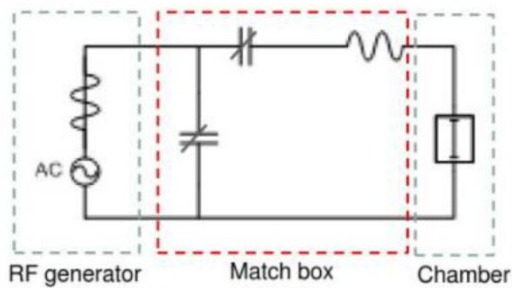
图11: 射频电源在 PVD 上应用



资料来源：电子发烧友网，国信证券经济研究所整理

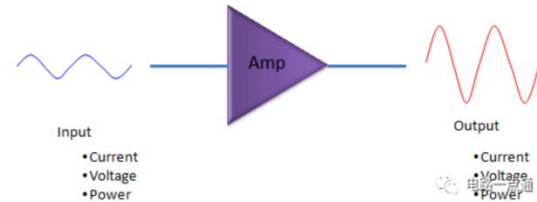
射频电源技术壁垒高，软硬件研发均存在技术难点。由于刻蚀部分工艺需要射频电源做脉冲模式输出，既要求射频电源极好的控制能力，还要保证输出的稳定性和精确性，主要包括大功率下对应功率放大器的研发、应用阻抗压缩技术的宽频段研发、阻抗匹配算法的研发以及去除过冲的相位控制技术等，预计完全突破仍然需要一定时间的研发与迭代，国产射频电源任重而道远。

图12: 阻抗匹配器说明



资料来源：电子发烧友网，国信证券经济研究所整理

图13: 功率放大器示意图

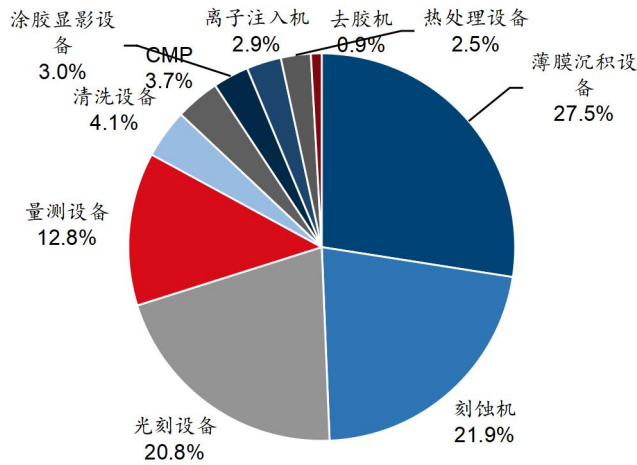


资料来源：电子发烧友网，国信证券经济研究所整理

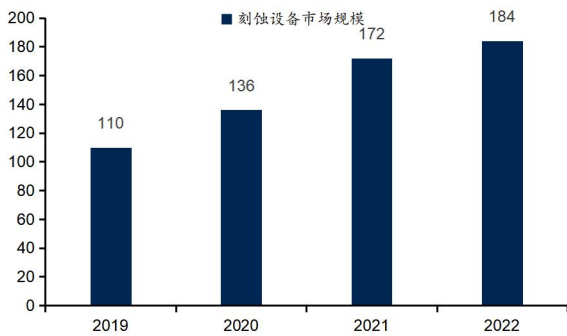
射频电源设备价值占比约 12%，国内市场空间约 60 亿人民币

射频电源市场空间广阔。根据 VLSI 数据，薄膜沉积、刻蚀、离子注入机等等离子加工设备在整个生产线中价值占比超过 50%，其中刻蚀设备和薄膜沉积设备价值均超过了 20%。根据 Gartner 数据，2022 年全球半导体刻蚀设备市场规模将达到 184 亿美元，2022 年全球半导体薄膜沉积设备市场规模预计将达到 220 亿美元。

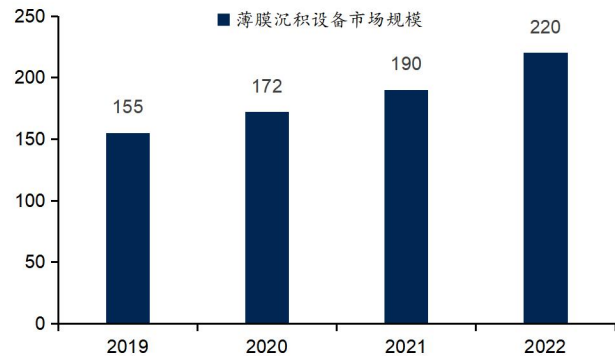
射频电源在设备成本价值占比约 12%，单价与功率大小成正比。射频电源市场单价在 10 万至 50 万之间，高级电源如 400k 50000W 型号要百万元以上，通常射频电源在设备成本价值占比约 12%，以此比例计算，刻蚀与薄膜沉积用射频电源全球市场空间约为 26 亿美元，结合离子注入和清洗，射频电源全球市场空间约为 30 亿美元。

图14: 半导体设备产线价值占比


资料来源: VLSI, 国信证券经济研究所整理

图15: 刻蚀设备市场规模 (亿美元)


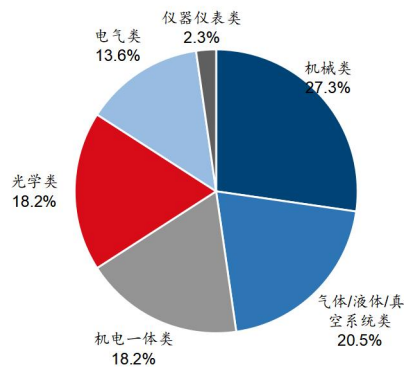
资料来源: Gartner, 国信证券经济研究所整理

图16: 薄膜沉积设备市场规模 (亿美元)


资料来源: Gartner, 国信证券经济研究所整理

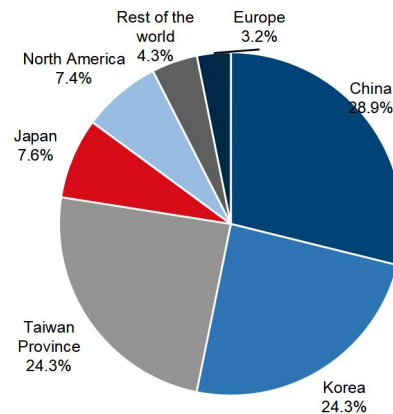
国内空间约 60 亿人民币，国产射频空间随设备国产化率提升而扩容。据 SEMI 统计，2021 年，半导体制造设备国内市场约占全球 28.9%，以此比例计算射频电源国内市场空间约为 60 亿人民币左右。2022 年设备国产化率约为 20%，对应国产射频空间为 12 亿人民币，预计 2025 年设备国产化率将达到 50%，国产化射频电源空间约 30 亿人民币以上。

图17: 2021 年半导体零部件细分领域占比



资料来源: SEMI, 国信证券经济研究所整理

图18: 2021 年新增半导体设备全球分布



资料来源: SEMI, 国信证券经济研究所整理

射频电源是实现自主可控的关键零部件，美国制裁新规刺激射频电源国产替代需求。集成电路制造由于高精密性，对设备的尺寸精度控制能力、均匀性控制能力要求很高。我国集成电路制造起步较晚，在设备及关键零部件的研发程度上相较于国际一线设备厂商仍有差距，也成为了国外厂商制约我国芯片制造发展的一种手段。美国 BIS 于 2022 年 10 月 7 日出台管制新规，管制措施适用于将美国设备或零部件出口到中国国内的特定先进逻辑或存储芯片晶圆厂，主要是 16/14nm 以下节点的逻辑集成电路、128 层以上的 NAND 存储器集成电路、18nm 及以下的 DRAM 集成电路。射频电源也是“卡脖子”的关键零部件之一，是实现设备自主可控的必要条件，管制新规进一步催化我国半导体设备及零部件国产化趋势。

图19: BIS 管制新规限制中国先进制程发展



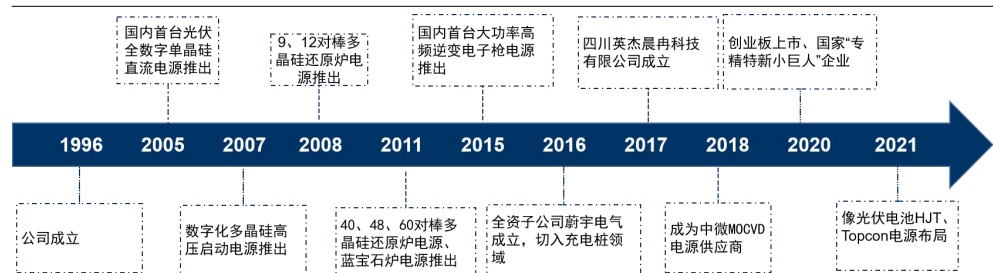
资料来源: BIS, 国信证券经济研究所整理

国产射频电源进展迅速，英杰电气、恒运昌验证领先。在中美贸易摩擦的背景下，我国等离子体加工设备商均面临供应链安全的“卡脖子”问题，国内设备商和国产零部件企业陆续开始研发合作，射频电源方面，国产电源厂商、英杰电气和恒运昌的部分产品已经取得了一定的验证进度，有望成为国产射频电源的中流砥柱。

相关企业

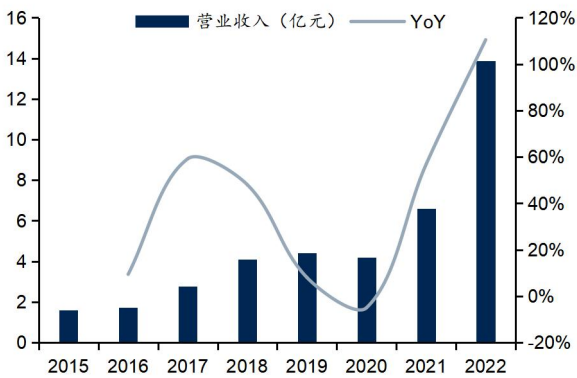
英杰电气 (300820.SZ)：英杰电气是国内电源管理的龙头企业，营收及净利润继续保持高增长。公司成立于1996年，2020年创业板上市，为国内中高端工业电源龙头企业。公司下游覆盖光伏（硅料、硅片电源）、泛半导体（集成电路、蓝宝石、碳化硅）、玻纤冶金等多个领域。同时，公司也有新能源车充电桩及储能领域布局。公司2022年营收12.83亿元 (YoY +94.34%)，归母净利润3.39亿元 (YoY +115.47%)，营收及净利润继续保持高增长，随着半导体用射频电源验证进度的逐渐落地，有望为公司打开第二成长空间。

图20：英杰电气发展历程



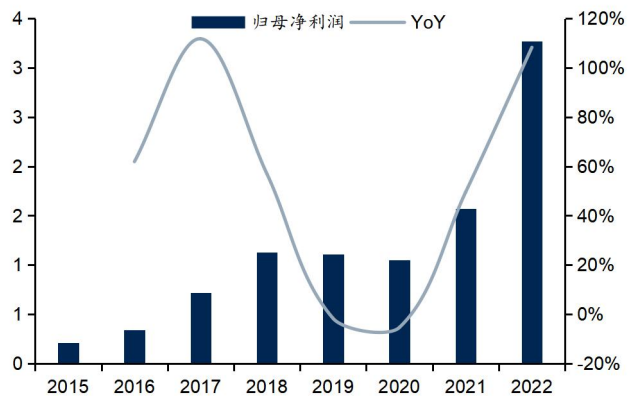
资料来源：英杰电气公告，国信证券经济研究所整理

图21：英杰电气 2015-2022 年营业收入及增速（亿元）



资料来源：Wind，国信证券经济研究所整理

图22：英杰电气 2015-2022 年归母净利润及增速（亿元）



资料来源：Wind，国信证券经济研究所整理

恒运昌（未上市）：深圳恒运昌真空技术有限公司创立于 2013 年，是一家集等立体电源系统研发、设计、生产制造、应用维护、技术进出口和国内外贸易为一体的国家高新技术企业。产品广泛应用于半导体、光伏设备、LCD 设备、LED 设备、生物工程设备、医药设备、玻璃深加工、卷绕镀膜和先进工业镀膜等领域。

图23：恒运昌射频电源



资料来源：恒运昌官网，国信证券经济研究所整理

图24：恒运昌阻抗匹配器



资料来源：恒运昌官网，国信证券经济研究所整理

免责声明

分析师声明

作者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，通过合理判断并得出结论，力求独立、客观、公正，结论不受任何第三方的授意或影响；作者在过去、现在或未来未就其研究报告所提供的具体建议或所表述的意见直接或间接收取任何报酬，特此声明。

国信证券投资评级

类别	级别	说明
股票 投资评级	买入	股价表现优于市场指数 20%以上
	增持	股价表现优于市场指数 10%-20%之间
	中性	股价表现介于市场指数 $\pm 10\%$ 之间
	卖出	股价表现弱于市场指数 10%以上
行业 投资评级	超配	行业指数表现优于市场指数 10%以上
	中性	行业指数表现介于市场指数 $\pm 10\%$ 之间
	低配	行业指数表现弱于市场指数 10%以上

重要声明

本报告由国信证券股份有限公司（已具备中国证监会许可的证券投资咨询业务资格）制作；报告版权归国信证券股份有限公司（以下简称“我公司”）所有。本报告仅供我公司客户使用，本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式使用、复制或传播。任何有关本报告的摘要或节选都不代表本报告正式完整的观点，一切须以我公司向客户发布的本报告完整版本为准。

本报告基于已公开的资料或信息撰写，但我公司不保证该资料及信息的完整性、准确性。本报告所载的信息、资料、建议及推测仅反映我公司于本报告公开发布当日的判断，在不同时期，我公司可能撰写并发布与本报告所载资料、建议及推测不一致的报告。我公司不保证本报告所含信息及资料处于最新状态；我公司可能随时补充、更新和修订有关信息及资料，投资者应当自行关注相关更新和修订内容。我公司或关联机构可能会持有本报告中所提到的公司所发行的证券并进行交易，还可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问或金融产品等相关服务。本公司的资产管理部门、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所提及的意见或建议不一致的投资决策。

本报告仅供参考之用，不构成出售或购买证券或其他投资标的的要约或邀请。在任何情况下，本报告中的信息和意见均不构成对任何个人的投资建议。任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。投资者应结合自己的投资目标和财务状况自行判断是否采用本报告所载内容和信息并自行承担风险，我公司及雇员对投资者使用本报告及其内容而造成的一切后果不承担任何法律责任。

证券投资咨询业务的说明

本公司具备中国证监会核准的证券投资咨询业务资格。证券投资咨询，是指从事证券投资咨询业务的机构及其投资咨询人员以下列形式为证券投资人或者客户提供证券投资分析、预测或者建议等直接或者间接有偿咨询服务的活动：接受投资人或者客户委托，提供证券投资咨询服务；举办有关证券投资咨询的讲座、报告会、分析会等；在报刊上发表证券投资咨询的文章、评论、报告，以及通过电台、电视台等公众传播媒体提供证券投资咨询服务；通过电话、传真、电脑网络等电信设备系统，提供证券投资咨询服务；中国证监会认定的其他形式。

发布证券研究报告是证券投资咨询业务的一种基本形式，指证券公司、证券投资咨询机构对证券及证券相关产品的价值、市场走势或者相关影响因素进行分析，形成证券估值、投资评级等投资分析意见，制作证券研究报告，并向客户发布的行为。

国信证券经济研究所

深圳

深圳市福田区福华一路 125 号国信金融大厦 36 层
邮编：518046 总机：0755-82130833

上海

上海浦东民生路 1199 弄证大五道口广场 1 号楼 12 层
邮编：200135

北京

北京西城区金融大街兴盛街 6 号国信证券 9 层
邮编：100032