

项目编号：2015-10D

有研新材料股份有限公司

科技创新项目

可行性研究报告

中计信投资咨询有限责任公司

二〇一五年十二月

目 录

1、总论.....	1
1.1 项目概况.....	1
1.2 项目计划目标.....	16
2、申请单位情况.....	29
2.1 基本情况.....	29
2.2 人员及开发能力.....	30
2.3 上年度单位财务状况.....	45
2.4 质量管理情况.....	46
3、技术可行性和成熟性分析.....	48
3.1 技术创新性.....	48
3.2 成熟性和可靠性.....	80
4、市场调查与竞争能力分析.....	89
4.1 产品的主要用途，主要应用领域的需求、未来市场预测。.....	89
4.2 国内同类产品主要研发机构和生产厂家开发、生产情况.....	93
4.3 产品的国内外市场竞争力，替代进口或出口的可能性.....	97
5、实施方案.....	99
5.1 开发计划.....	99
5.2 技术方案.....	103
5.3 生产方案.....	108
5.4 营销方案.....	115
5.5 其它问题的解决方案.....	115
6、投资估算与资金筹措.....	122
6.1 投资估算.....	122
6.2 资金筹措方案.....	124

6.3 资金使用计划	124
7、经济、社会效益初步分析	126
8、风险分析	129
8.1 风险因素	129
8.2 规避风险的主要措施	129

附件：

有研新材料股份有限公司 2014 年度有研新材料科技创新项目专家组论证意见。

1、总论

1.1 项目概况

1.1.1 项目名称

本项目是有研新材料股份公司（以下简称“有研新材”）所属的全资子公司：有研光电新材料有限责任公司（以下简称“有研光电”）、有研亿金新材料有限公司（以下简称“有研亿金”）以及绝对控股的有研稀土新材料股份有限公司（以下简称“有研稀土”）三家公司联合申报的科技创新项目。项目名称为有研新材料股份有限公司科技创新项目，各子项目名称分别如下所述：

有研光电 2 个项目：大直径蓝宝石衬底材料和垂直梯度凝固砷化镓。

有研稀土 5 个项目：白光 LED 用新型高性能荧光粉及其产业化制备技术、低碳低盐无氨氮萃取分离稀土全循环新技术、各向同性稀土粘结磁粉的产业化技术及装备、离子型稀土矿高效清洁提取技术开发和热挤压磁环用片状磁粉的研发。

有研亿金 3 个项目：铂族金属电子信息功能材料产业化技术、集成电路 65 纳米制程用高纯铂合金靶材和圆片级先进封装用超高纯铜靶材项目。

1.1.2 可研报告编制依据

（1）项目立项建议书，分别为：

①有研新材料股份有限公司科技创新项目建议书-大直径蓝宝石衬底材料

②有研新材料股份有限公司科技创新项目建议书-垂直梯度凝固砷化镓

③有研新材料股份有限公司科技创新项目建议书-白光 LED 用新

型高性能荧光粉及其产业化制备技术

④有研新材料股份有限公司科技创新项目建议书-低碳低盐无氨氮萃取分离稀土全循环新技术

⑤有研新材料股份有限公司科技创新项目建议书-各向同性稀土粘结磁粉的产业化技术及装备

⑥有研新材料股份有限公司科技创新项目建议书-离子型稀土矿高效清洁提取技术开发

⑦有研新材料股份有限公司科技创新项目建议书-热挤压磁环用片状磁粉的研发

⑧有研新材料股份有限公司科技创新项目建议书-铂族金属电子信息功能材料产业化技术

⑨有研新材料股份有限公司科技创新项目建议书-集成电路 65 纳米制程用高纯铂合金靶材

⑩有研新材料股份有限公司科技创新项目建议书-圆片级先进封装用超高纯铜靶材

(2)有研新材料股份有限公司 2014 年度有研新材料科技创新项目专家组论证意见。

(3)有研新材与中计信投资咨询有限责任公司签订的编制可行性研究报告的合同。

1.1.3 项目提出的理由与过程

1.1.3.1 大直径蓝宝石衬底材料

蓝宝石材料作为 LED 外延片和芯片产品最重要基础材料的，是高端 LED 芯片产业上游技术产品。LED 具有亮度高、体积小、耗电量低、使用寿命长、响应速度快等特点而广泛应用于显示屏、背光源、汽车车灯、室内装饰灯、交通灯、景观照明、通用照明等。随着能源

紧缺问题越来越突出，LED 重要性和市场空间更加显著。半导体照明产品 LED 节能环保，是下一代光源的发展方向，有着巨大的发展空间。据保守估计，全球蓝宝石衬底的需求（以 2 英寸计）2012 年 12000 万片，近五年内全球蓝宝石基片用量正以每年 30% 的速度增长，具有广阔的市场前景。

蓝宝石单晶的制备方法包括泡生法、导模法、热交换法、坩埚下降法、提拉法和温梯法。泡生法是生长蓝宝石晶体的主要方法，该方法生长的 LED 蓝宝石衬底市场份额超过 50%，同时也被国内外客户证明是质量最优性价比最高的 LED 蓝宝石生长方法。泡生法的优点是：蓝宝石固/液界面位于坩埚内，没有提拉等一些动作，不易受到外界干扰；晶体不从坩埚中提出，避免了如提拉法由于将晶体提拉出坩埚，引起温度梯度的巨大变化而形成较大的残余应力及界面翻转等缺陷；因此，能生长出大尺寸、高质量的蓝宝石晶体。

在军口需求牵引下，有研光电从 2002 年开始进行蓝宝石晶体的研发工作，采用热交换法和泡生法进行晶体生长，结合热交换法和泡生法的特点，研发出改进的热交换法，已经掌握了蓝宝石晶体制备的核心技术，并有小量出售，但生长的晶体尺寸小，即使引进的美国 TT 公司蓝宝石炉生长出 90kg 单晶，但晶体完整性差，与国外相比，特别是与 Rubicon、Monocrystal 相比，有研光电蓝宝石制备技术没有成熟，生产成本低、晶体性能指标还有差距，存在开裂和气泡问题，需要进一步进行研究。

目前，完成项目中试线基础设施建设。2014 年前，有研光电在廊坊开发区建成了蓝宝石生长、加工、测试厂房，同时对蓝宝石晶体生长厂房进行二次改造，建成满足蓝宝石晶体生长要求的洁净车间。

改进蓝宝石单晶炉冷却水循环系统，添置冷水机组，备用发电机安装到位并供电和试运行。

本项目拟在现有制备技术的基础上，提高控制泡生法生长蓝宝石晶体开裂和气泡控制技术，通过数值模拟，结合实验研究的方法，研究当前条件下蓝宝石生长的各部件结构、形状设计、晶体生长过程控制参数及多加热器联动关系，实现晶体生长过程中固液界面形状和推进速度的控制，生长出大直径、高质量、高完整性，重量大于 80kg 蓝宝石晶体；将蓝宝石单晶成晶率由现在 60%提高到 90%以上，晶体可掏棒晶体长度由现在 50%提高到 80%以上，并使蓝宝石材料制备技术和产品性能达到国外先进水平。

1.1.3.2 垂直梯度凝固砷化镓

垂直梯度凝固砷化镓（VGF-GaAs）单晶产品既可用于微电子领域，又可用于光电高亮 LED，是市场主流产品。VGF-GaAs 单晶既可作为光电用高亮度红、橙、黄色 LED 的衬底材料，又可制作微电用超高频、微波器件和电路，例如手机中的两个核心器件功率放大器和开关电路等。近十几年，随着科技进步以及半导体行业的发展，GaAs 材料在微电子和光电子领域持续快速增长。VGF-GaAs 单晶占据 GaAs 单晶材料的大半江山，在微电子领域，主要用 4 英寸、6 英寸 VGF-GaAs，而在高亮 LED 领域，VGF-GaAs 单晶的用量也是最大的。

GaAs 的主要制备方法有 VB、VGF 和 HB 法。目前建设单位所使用 HB 法具有成本低，晶片的电阻率和位错密度（EPD）均匀，被广泛应用到红外和 650nm 的 LED，但由于制备方法的局限性，无法生长 $\Phi 4$ 英寸以上的单晶，而微波通讯用 GaAs 主要是 4 英寸和 6 英寸晶片，可见光 GaAs 基的 LED，4 英寸晶片也已占 50%以上。因而，进行 4 英寸 VGF GaAs 单晶生长设备及工艺研究，将填补在大直径

GaAs 单晶生长方面的空白,为进一步研究 LED 和微波通讯用大直径 GaAs 单晶奠定基础。

高亮度 LED 或白光 LED 作为照明光源,已开始逐步代替现行的白炽灯和荧光灯,这是高亮度 LED 最有发展前景、用量最大的一项应用。目前,中国、美国、加拿大和日本等国都制订了国家半导体照明工程。目前的白光 LED 虽以 GaN 基 LED 的磷光体转换为主,但最新的研究成果表明在白光 LED 中加入以 GaAs 为衬底的红黄色 LED 将使白光 LED 的光色更接近于太阳光,使人感觉更温和。同时以三基色合成的白光已广泛应用到液晶背光照明。这样 GaInAlP/GaAs 基高亮度 LED 也会大量用于白光光源,至于彩色照明、景观装饰照明等更离不开 GaAs 衬底。因此,仅在半导体照明方面的应用,其市场前景就不可限量。

目前,有研光电建成并改造了 VGF 砷化镓晶体生长、加工、测试厂房,用于垂直法 GaAs 单晶炉设备的科研生产运行,同时,配备 3 台垂直法 GaAs 单晶炉、设计并改进单晶炉设备、建造 3 套适合生长 VGF 砷化镓单晶的生长设备和热场系统,进行单晶生长工艺调试,确定了基本技术方案和工艺参数,但是引晶关键技术尚未取得突破,引晶和放肩成功率较低。

如前所述,Φ4 英寸 GaAs 单晶片已占到可见光 LED 晶片的 50% 以上,如果 Φ4 英寸 VGF GaAs 研究成功并批量生产,将带来巨大的社会效益和经济效益,就可以直接销售晶棒,也可以通过外协加工成晶片直接销售给外延厂家。同时这也为微波用 GaAs 研制打下基础。如果微波用 Φ4 英寸单晶也研制成功,有研光电将成为继日本住友电工后唯一提供各种用途 GaAs 的厂家。

1.1.3.3 白光 LED 用新型高性能荧光粉及其产业化制备技术

白光 LED 作为一种高效节能、长寿命的半导体照明产品，被科技部列为《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006-2020 年）》优先发展的重要内容。节能是 LED 照明最大的优势，目前 LED 的光效大约是白炽灯的 8 倍。按照各国淘汰白炽灯的计划，白炽灯泡即将于 2020 年全部禁用，因此白炽灯泡后的照明市场给了 LED 照明厂商极大的商机。LED inside 估计 LED 灯泡产值占传统灯泡市场的渗透率，将于 2014 年达到三成以上。Philips 预计在 2010-2020 年半导体照明市场将以平均 6% 的速度增长。目前 LED 照明对通用照明领域的渗透率约 3%，预计 LED 照明占通用照明领域的比例在 2015 年将达到 50%，2020 年将达到 80%，LED 照明产品将全面进入传统照明领域，成为全球主要的照明方式。在背光源方面，由于尺寸、成本等因素，白光 LED 成为大尺寸液晶显示的首选背光源。荧光粉作为白光 LED 的关键组成部分，直接影响白光 LED 器件的光效和显色等性能，而我国系统开展白光 LED 高端荧光粉的研究起步较晚、突破性进展不大，绝大部分关键制备技术被国外企业和研发机构所掌握，因此开发白光 LED 封装用高性能荧光粉及其产业化制备技术迫在眉睫。

1.1.3.4 低碳低盐无氨氮萃取分离稀土全循环新技术

稀土化合物是制备稀土磁性材料、发光材料、储氢材料、晶体材料、催化材料等高新材料的关键原材料。稀土元素化学性质相近，相邻元素分离系数小，分离提纯难度大，是化学元素周期表中为数不多的难分离元素组之一，国内外稀土工作者围绕着稀土分离、提纯做了大量的研究开发工作，包括分步结晶、氧化还原、离子交换、液液萃取到萃取色层技术，其中有机溶剂萃取技术已成为主流技术。

我国稀土工作者针对稀土资源的特点，开发了一系列具有原创性的稀土分离提纯技术，其中 P507、P204、环烷酸等酸性萃取剂萃取

分离提纯稀土工艺广泛应用于稀土工业，可生产纯度为 2N~5N 的各种稀土产品，使我国稀土萃取分离水平居世界领先地位，被国际同行称为“中国冲击”。目前，我国稀土冶炼分离产品年产量约 13~15 万吨，占全球供应量的 90% 以上。但由于稀土资源品位低、成分复杂，而且共生在一起的 10 多个稀土元素性质非常相近，冶炼分离很困难，因此，在我国稀土产业快速发展的同时，冶炼分离过程仍存在化工材料消耗高、资源综合利用率低、三废污染严重等问题，尤其表现在以下三个方面：

①氨氮废水排放问题有待彻底解决。在稀土生产过程中，因采用氨水（或液氨）皂化有机相进行稀土萃取分离提纯和碳铵沉淀稀土等工艺过程均产生氨氮废水，每分离提纯 1 吨稀土氧化物，要消耗 1 吨液氨和 1.6 吨碳铵，则每年产生氨氮 10 万吨以上，废水排放量达 1500 万吨/年以上。“十一五”以来，部分企业采用碳酸钠、草酸沉淀代替碳铵沉淀技术，采用液碱皂化和新开发的钙皂化、非皂化萃取，以及部分高浓度氨氮废水回收利用，使行业氨氮产排量大幅减少。

②高盐度废水排放问题日益突出。由于稀土提取过程中需消耗大量的酸、碱和盐类，造成大量 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 Ca^{2+} 、 Na^+ 、 Mg^{2+} 或 NH_4^+ 直接排入环境中。每处理 1 吨稀土氧化物，排入环境中的盐约 5 吨（以氯化物计等）。高盐度废水污染江河湖泊等水体，还造成土壤盐碱化加重，因此从“十二五”开始，我国稀土工业的总盐排放控制将是主要环境治理问题。

③ CO_2 温室气体排放问题未得到解决。稀土氧化物制备过程中，采用碳铵或草酸沉淀、煅烧，将会排放大量的 CO_2 气体，每制备 1 吨稀土氧化物，直接产生 1 吨 CO_2 ，间接产生 4 吨多 CO_2 。目前，本行业对 CO_2 温室气体减排尚未提出有效的解决方案。

“十二五”期间，随着高新技术的快速发展和稀土应用量逐年大幅度的增加，稀土生产过程中存在的高污染和高排放将是我国科研工作者需重点解决的问题。专家预测，到 2015 年，国内稀土分离量将达到 20 万吨左右，氨氮盐排放量将达 80 万吨左右，CO₂ 气体排放量将达 100 万吨左右。世界首部《稀土工业污染物排放标准》已颁布实施，对稀土生产企业也提出了更高要求，因此亟需开发低碳低盐无氨氮萃取分离稀土的绿色清洁冶炼新工艺。

1.1.3.5 各向同性稀土粘结磁粉的产业化技术及装备

粘结永磁是将具有一定永磁性能材料的粉末与粘结剂和其他添加剂按照比例混合，然后用压制、挤出或注射成型等方法制备出复合永磁材料，其磁性能主要取决于磁粉的种类与含量，力学性能取决于粘结剂的性能特点。

与烧结磁体相比，粘结磁体具有如下优点：

- (1) 能制成复杂形状的磁体；
- (2) 能制成薄壁和不规则形状的磁体；
- (3) 可与其它器件一体成形，做成复合元器件；
- (4) 可制成内外圆多极磁体；
- (5) 尺寸精度高，无需后加工；
- (6) 成品合格率高，材料利用率高；
- (7) 生产效率高等。

由于其特点符合短小轻薄的市场需求和近净尺寸（near-net-sharp）的研究方向，特别适合现代电子信息器件短小轻薄的市场需求，近些年工艺的不断完善，应用领域的不断开拓，其前景日益广阔，如在汽车工业方面包括启动电机、升降电机、风扇电机、制动器、天线自动收放电机、天窗自动开合电机、各种自动传感器等 30 种以上器件，

在办公自动化方面包括计算机音圈电机、主轴电机、盘式驱动电机、步进电机等；家电类包括空调、音响、摄像机、照像机、洗衣机、吸尘器、VCD、DVD、石英钟等；此外还在体育产品保健品、通讯类（BP 机、手机）等方面得到广泛的应用，我国近年来粘结永磁平均年增长率超过了 35%，2010 年产量达到了 4000 吨，产量超过全球的 60%

磁粉是制备粘结永磁体的关键材料，分为各向同性磁粉和各向异性磁粉两种。各向异性磁粉受制于磁场成型技术，一直未实现规模生产，目前商业化规模应用的粘结稀土永磁粉绝大多数为各向同性 NdFeB 粘结磁粉。由于受各向同性钕铁硼粘结磁粉专利拥有者-美国 MQ 公司专利限制，粘结稀土永磁体生产企业不得不购买 MQ 钕铁硼粘结磁粉，MQ 独霸国际稀土粘结磁粉市场的 90% 以上，实施垄断性高价，磁体厂家利润率极低，运行困难，严重阻碍了我国粘结磁体产业的大规模发展。因此，研制开发出具有我国自主知识产权的粘结稀土永磁粉是我国稀土粘结磁体行业亟待解决的技术瓶颈。高性能各向同性钐铁氮 SmFeN 快淬磁粉与 MQ 粘结磁粉相比较，不仅磁性能高（目前，最高水平 SmFeN 磁粉的磁能积可达 17MGOe，比 MQ 磁粉高 20% 以上），耐热性能好、成本低等优点，而且可以消耗过剩的稀土金属钐，有助于我国稀土资源的平衡利用。

本项目针对我国粘结磁体行业发展的瓶颈，重点研制开发具有自主知识产权性能优异、成本低廉的各向同性 SmFeN 快淬粘结磁粉，旨在打破美国在相关领域的技术垄断，逐步替代 MQ 粘结磁粉。此外，本项目开发的钐铁氮（SmFeN）快淬磁粉不消耗稀土金属钕（Nd），主要稀土原料为大量过剩的金属钐。因此，本项目不仅对我国稀土粘结磁体产业未来可持续发展和提升我国粘结磁体行业国际竞争力具有重要意义，而且对平衡利用过剩的稀土钐资源具有非常重要的意义。

1.1.3.6 离子型稀土矿高效清洁提取技术开发

稀土 (Rare Earth, 简称 RE) 是 17 种元素的总称, 它包括了化学元素周期表中原子序数从 57 至 71 的 15 个镧系元素以及与其同处于第三副族、电子结构和化学性质相近的钪(Sc)和钇(Y)两种元素。从 1794 年第一个稀土元素钇的发现, 到 20 世纪 40 年代从核反应堆的铀燃料中分离获得最后一个元素钷, 期间经历了 153 年的时间。稀土元素因其独特的电子层结构、使其形成的稀土化合物在磁学、光学、电学等各个领域都有广泛的应用, 被称为是“现代工业的维生素”以及“新材料宝库”。近 20 年来, 随着稀土在高新技术领域的开发应用, 稀土元素的国家战略地位与日俱增, 美国和日本等国家将除 Pm 以外的稀土元素列为“21 世纪的战略元素”; 我国也把稀土材料列入了制造业领域中基础原材料的优先主题和重点支持方向。

通常根据稀土元素间物理化学性质和地球化学性质的差异, 将稀土元素分为轻、中、重稀土三组。其中中重稀土因其储量少, 缺口大, 价值大, 可替代性小, 是名副其实的稀土中的稀缺品, 它被广泛应用于高科技、高尖端、新材料产业等密切相关的领域。如磁性材料、荧光材料、激光器等应用领域必须使用钐、铽、镝、钕、铕、铥、镱、镱、钆等; 磁泡存储器件的晶体薄膜需要高纯的钐、镱; 磁光存储装置上的磁光薄膜溅射靶材料需要金属钐、铽、镝、钕等; 在光传输上应用的光导纤维、光开关中要求用高纯度的铒, 用量虽小但效率高。

目前, 中重稀土主要来源于我国离子型稀土矿, 其中稀土和重稀土储量之和占世界的 80% 以上, 是我国宝贵的且独有的战略资源, 它的开发和利用解决了主要内生稀土矿, 诸如独居石、氟碳铈矿、混合型稀土矿等几乎只产轻稀土而中重稀土缺乏的问题。针对离子吸附型稀土矿的开采, 目前工业上通常采用硫酸铵原地浸出工艺, 而该工艺

浸取周期长、浸取剂耗量相对较大，尾矿中残留大量的硫酸铵浸取剂，对水环境带来严重的氨氮污染问题。此外，离子型稀土矿中的铝、硅、钙、铅、铁等杂质元素不同程度地有离子相态存在，随稀土浸取时进入到浸取液中，其中铝、铁等杂质含量有时可高达 250mg/L，给后续富集带来问题。在稀土沉淀剂选择方面，最初选用草酸，但沉淀收率较低，沉淀剂草酸价格高，导致生产成本高；此外，草酸母液有毒，易造成环境污染，对人体和环境有不良影响，不符合绿色化学冶金发展趋势；后来开发的碳酸氢铵沉淀替代工艺，虽然可以彻底解决有毒的草酸沉淀剂问题，但是亦带来严重的氨氮污染。因此，离子型稀土矿的提取亟待开发绿色清洁化学工艺，以保护环境和实现可持续发展。

离子吸附型稀土矿的绿色清洁浸取技术的开发对于充分合理地利用我国离子吸附型稀土矿资源，保护生态环境有着非常重要的意义。通过对其浸取机理及矿物土壤特性的研究，开发选择性强、适应性广、浸取能力强、绿色无污染的新型无氨混合协同浸取剂，是离子吸附型稀土矿回收稀土的主要趋势。

1.1.3.7 热挤压磁环用片状磁粉的研发

稀土永磁材料由于具有磁性能高的优势，广泛应用于各种稀土永磁电机，带动了各种设备的小型化与高性能化。由于稀土永磁制备工艺所限，电机中普遍采用拼接的方式形成电机磁场，难以满足具有稳定输出特性的高端电机需求。而高端永磁电机中大量采用多极或者辐射整体稀土永磁环，整体磁环具有结构紧凑，安全性高，具有良好的正弦波波形，可改善电机输出特性，显著降低电机损耗和重量，提高电机运行的稳定性和可靠性，特别适合新能源和尖端科技等领域的应用。

整体磁环根据制备工艺不同可分为烧结磁环和热挤出磁环两种，

烧结磁环采用粉末冶金工艺制备，需要同极对斥产生辐向磁场使磁粉取向，由于工艺所限，该方法得到的产品沿圆周的性能差异较大，另外由于烧结变形较难控制，通常需要留出相当大的余量给加工工序，对于小尺寸、高性能、高壁和薄壁的烧结磁环难以制备，目前价格较高。

热挤出磁环的制造流程为：快淬磁粉—冷压—热压—热挤出—加工。热压阶段是将快淬钕铁硼粉末加热、加压，压制成高密度、各向同性的坯块；热挤出阶段将钕铁硼细小的等轴晶转变为片状晶，片状晶粒发生偏转，易磁化轴沿加压方向定向排列，完成取向过程，形成热挤出磁环。

由于在快淬阶段制备的磁粉晶粒只有几十个纳米，同时热挤出温度相对烧结温度而言较低，使得热挤出磁环晶粒可以得到较细的片状晶粒，根据相关磁学理论，晶粒越小，矫顽力越高，细小的晶粒使热挤出磁环可以在较少添加甚至不添加重稀土的情况下获得较高的矫顽力，节省了价格昂贵的 Dy、Tb 使用，降低了原料成本，使得热压钕铁硼磁环相对烧结钕铁硼磁环具有一定的竞争优势，特别是在重稀土价格较高的情况下，该优势越发明显，从而大大有利于重稀土的减量化。

热挤出磁环的特殊工艺对快淬磁粉提出更高要求，需要其具有高的饱和磁化强度以及高的矫顽力，以保证在热挤出之后能够进行热流变产生辐射取向及纳米晶微观组织。由于热挤出磁环技术最早来源于美国麦格昆磁前身 GM 实验室，其在热挤出磁环用磁粉方面一直是唯一的提供商。国内装备落后，只能生产用于压缩成型的中低端磁粉，在高性能热挤出磁环用磁粉方面仍然空白。有研稀土近年来通过装备改进，在高端稀土磁粉方面进行了大量工作，具备稳定生产高性能快

淬磁粉能力，但在热挤出磁环用磁粉方面还需要进行更多的适应性研究。

2014 年以后，热挤出磁环用磁粉唯一供应商—麦格昆磁在热挤出磁体晶粒取向工艺专利以及所用磁粉晶型结构方面的专利全部过期，这对我国发展热挤出稀土磁环的生产应用，突破国外在相关领域的技术垄断提供了难得的机遇；同时该磁粉与磁体的研发对降低重稀土的使用，促进稀土资源的平衡利用，推动稀土永磁产业升级有十分重要的意义。

1.1.3.8 铂族金属电子信息功能材料产业化技术

汽车作为当今世界能源消耗与污染物排放的重要因素之一，其燃油效率与尾气净化效率成为世界各国政府及科研单位加强研发投入的重点。汽车氧传感器是汽车电子燃油喷射系统(ECU)的核心器件，作为氧传感器感应电极的铂电极，其催化活性、氧敏性能、电导率、附着力、抗毒化能力等将直接影响氧传感器的工作性能和使用寿命，从而直接影响汽车发动机的燃油效率和尾气排放。用于汽车燃油喷射控制的氧传感器目前已由传统的“管式”汽车氧传感器发展为“片式”汽车氧传感器，目前最新型的为“宽域”片式汽车氧传感器，其使用效能和控制精度更加精确。在宽域氧传感器中分别作为催化电极、加热元件、导电引线和触点的铂电极，其性能也将极大地影响氧传感器的整体性能。目前我国中高档汽车厂商所用的宽域汽车氧传感器全部依赖于进口，国内汽车氧传感器的研制和生产尚处于起步阶段，而其中起关键作用的铂电极浆料全部依靠进口，而国产铂电极浆料在产品的系列化、催化活性和使用寿命方面与国外产品有较大的差距，这导致该产品长期为国外厂商所垄断。

本项目的目的旨在研制用于宽域汽车氧传感器的高性能催化铂

电极浆料、加热铂电极浆料、引线铂电极浆料和触点铂电极浆料，实现高性能铂电极浆料的国产化，打破国外公司在该领域的技术垄断，促进我国汽车氧传感器实现国产化。此外，由于铂电极具有特殊电性能和催化活性，是传感技术中必不可少的敏感材料，铂电极浆料的市场前景不只限于汽车用氧传感器，它的应用领域广泛，是环境控制、污染防治、清洁能源领域的重要组件之一。

1.1.3.9 集成电路 65 纳米制程用高纯铂合金靶材

随着半导体集成电路集成度的提高和电路规模的增大，电路中单元器件尺寸不断缩小，图形特征尺寸成为每一代集成电路技术的特有表征。这一发展过程一直遵循著名的“摩尔定律”，每 2~3 年集成度提高两倍，器件特征尺寸按比例缩小，工艺技术更新一代。目前，国际主流生产工艺技术已经由 90 纳米工艺技术过渡到 65 纳米技术，而特征尺寸的减小促使用于晶体管形成和加工的半导体材料得到发展。

随着特征尺寸的减小，广泛用于特征尺寸为 130nm 和 90nm 的钴基、钛基硅化物的触头已经不再适用，应用在 65nm 及以下特征尺寸的硅化物主要为 Pt-硅化物触头。在 65nm 特征尺寸，主要采用应用应变硅（Strained Silicon）技术制作晶体管器件（如，CMOS 器件），其运转速度要远远大于用常规 Si 制作的等同器件。利用 Pt 合金在应变晶格半导体衬底上形成 65nm 间隙的晶体管，这样制成的金属-半导体器件具有低功耗、大电流、超高速等特点。Pt 合金靶材成为制造高性能的 65nm 甚至更小特征尺寸的 IC 器件的必需材料。

高纯 Pt 合金靶材项目的实施和产业化，主要是通过开展真空熔炼、锻造轧制及热处理、精确成型、复合以及精密加工等技术，利用具有自主知识产权的高性能靶材制备技术实现靶材国产化，形成批量供货能力，满足国内高端市场的需求，为其提供重要的新材料，降低

生产成本，形成完整产业链。有研亿金新材料有限公司具有超高纯金属靶材生产加工的雄厚实力，同时具有长期研制开发稀贵金属材料的基础，将能形成新的高技术产业，具有良好的经济效益和社会效益。

本项目通过开展技术研发，攻克靶材制造加工难关，形成高纯 Pt 合金靶材产业，以满足 65nm 高端半导体集成电路制造的需求，降低国内半导体市场的成本，促进国内电子信息产业的技术进步与产业升级。

1.1.3.10 圆片级先进封装用超高纯铜靶材

针对集成电路圆片级先进封装工艺需求，研究开发和完善高纯靶材制备技术和品质控制技术，解决封装技术领域用高纯铜靶材的国产化供应问题，实现大尺寸、微观组织可控、高强度、高稳定性和长寿命的高效能溅射靶材生产。开发圆片级先进封装用高纯铜靶材产品，靶材性能达到国内领先、国际先进水平，满足电子行业客户需求，并通过考核认证，实现批量稳定供货。

集成电路作为信息产业的基础和核心，是国民经济和社会发展的战略性新兴产业，在推动经济发展、社会进步、提高人民生活水平以及保障国家安全等方面发挥着重要作用，已成为当前国际竞争的焦点和衡量一个国家或地区现代化程度以及综合国力的重要标志。

随着集成电路制造技术发展，芯片 I/O 数量增加对封装技术提出了不断提高封装密度和封装效率的要求；同时，现代电子产品越来越复杂的功能、体积的轻、薄、短、小，也对封装技术提出了不断减小体积和重量的要求。封装业呈现出向着高密度、多 I/O 数系统封装（SiP）、高频、大功率、薄型化、微型化、不对称化和低成本化、多芯片封装、三维立体封装和绿色环保化等方向发展。封装技术的好坏直接影响到芯片自身性能的发挥。其中主要的配套材料之一为用于

PVD 镀膜的金属溅射靶材。由于全球电子产品趋于小型化、轻巧化，从而对封装金属薄膜中的夹杂物及缺陷的要求也越来越高。由于溅射靶材的性能直接决定了金属薄膜的质量水平，金属薄膜的高品质需求则对靶材的化学纯度及其微观组织提出了极高的要求。目前，高纯金属及其合金靶材作为封装的配套材料，要求向高纯度、大面积、细晶粒的方向发展。目前主要使用 Cu、Ti、Au、WTi 高纯金属靶材进行镀膜。其中超高纯 Cu 靶材是一种技术难度大、附加值高的高新技术产品，但由于国内研究及生产水平的限制，该类材料目前多依赖于进口，价格十分昂贵。因此，开展本课题的研究具有极其重要的意义。

通过开展技术攻关、形成具有我国自主知识产权的集成电路封装用高纯 Cu 靶材制造技术、并建立相关产业。能够使国内集成电路封装制造企业摆脱长期依赖进口靶材的局面，形成新的高新技术产业，有利于降低国产集成电路的制造成本、增强国产集成电路产品的国际竞争力。

1.2 项目计划目标

1.2.1 有研光电

1.2.1.1 总体目标

通过大直径蓝宝石衬底材料科技创新项目的实施，有研光电将研制出超 75 公斤级大直径、高质量蓝宝石晶体，单晶成晶率达到 90%。要求晶体无开裂，无散射颗粒，没有气泡，能用来加工 LED 衬底片，该项目计划投资 500 万元。

通过垂直梯度凝固砷化镓科技创新项目的实施，有研光电将研制出 VGF 单晶炉，在此单晶炉上进行 $\Phi 4$ 英寸垂直法 GaAs 单晶生长工艺的研究，研制出 $\Phi 4$ 英寸 VGF-GaAs 单晶，单晶样片满足外延制造商要求，该项目计划投资 500 万元。

1.2.1.2 经济目标

大直径蓝宝石科技创新项目完成后，可加工 LED 衬底片，并配备掏棒设备，能将生长的晶体加工成晶棒产品。随着后续建设蓝宝石单晶生产线，预计年产蓝宝石晶体 5 吨，可加工蓝宝石晶片 15 万片，每片晶片按 8 美元计算，年经济效益预测如下：销售额 120 万美元（约合人民币 756 万元）；利润 18.6 万美元（约合人民币 117.18 万元）；利润率 15.5%。

垂直梯度凝固砷化镓科技创新项目完成后，预计后续再新增 VGF 砷化镓单晶炉 30 台进行产业化升级，预计年产 $\Phi 4$ 英寸 GaAs 单晶片 8 万片。按每片晶片 240 元计算，年经济效益预测如下：销售额 1920 万元；利润 200 万元；利润率 10.4%。

1.2.1.3 技术、质量指标

· 蓝宝石衬底材料

（1）技术指标

- ①完整蓝宝石晶体重量 $\geq 75\text{kg}$
- ②激光检查无气泡
- ③晶体在200-5000nm波长范围光透过率超过85%
- ④位错密度EPD $< 1000\text{cm}^{-2}$
- ⑤成晶率达到 90%，可掏棒部分达到 80%

（2）专利

申请专利2项。

· 垂直梯度凝固砷化镓

（1）技术指标

$\Phi 4$ 英寸 VGF GaAs 单晶载流子浓度、迁移率、位错密度等参数满足国内外主要 LED 外延制造商的要求，实现稳定批量生产能力。

N 型掺 Si，主要技术与性能指标：

$n(\text{cm}^{-3})$: $(4\sim 40)\times 10^{17}$;

$\mu n(\text{cm}^2/\text{v.s})$: ≥ 1000 ;

晶片直径 (mm): 100.0 ± 1.0 ;

EPD(cm^{-2}): ≤ 4000 。

(2) 专利

申请专利 3 项。

1.2.1.4 阶段目标

· 蓝宝石衬底材料

序号	时间	进度安排
1	2014.1~2014.6	完成 TT 蓝宝石单晶生长方法的消化吸收工作，确定单晶生长关键运行参数和技术方案。
2	2014.7~2014.12	采用 TT 的生长工艺进行晶体生长，得到 75 公斤以上蓝宝石晶体，单晶成晶率达到 70%。 申请专利 1 项。
3	2015.1~2015.6	完成 TT 蓝宝石单晶炉和国产单晶炉生长工艺的改进，使晶体中气泡进一步减少，消除晶体的开裂现象，使单晶成晶率提高到 90%，晶体可掏棒部分达到 80%。
4	2015.7~2015.12	使蓝宝石晶体生长工艺进一步成熟，掌握蓝宝石晶体产业化技术，可稳定生长 75 公斤以上 LED 级蓝宝石晶体。 申请专利 1 项。

· 垂直梯度凝固砷化镓

序号	时间	进度安排
1	2014.1~2014.6	设计建造 VGF-GaAs 单晶炉设备，设计 VGF-GaAs 单晶生长设备的关键运行参数和单晶生长的技术方案。
2	2014.7~2014.12	根据单晶研制工艺需要，改进单晶炉机械和加热部件的设计，进行设备定型，并确定试验的初步工艺参数。 申请专利 2 项。
3	2015.1~2015.6	进行接籽晶、放肩、等径收尾等工艺研究，确定基本的研究方法和工艺参数。 拉制出一根 $\Phi 4$ 英寸 VGF-GaAs 合格单晶。
4	2015.7~2015.12	4 英寸掺硅 VGF-GaAs 单晶关键技术获得突破，单晶技术指标满足要求，向外延厂商提供样片。

序号	时间	进度安排
		进行单晶工艺稳定性研究，并提供小批量样品。 进行晶片加工工艺研究，小批量提供晶片。 申请专利 1 项。

1.2.2 有研稀土

1.2.2.1 总体目标

通过大白光 LED 用新型高性能荧光粉及其产业化制备技术科技创新项目的实施，有研稀土将开发具有自主知识产权的白光 LED 用新型高性能荧光粉，具体产品涉及铝酸盐系列荧光粉、新型氮氧化物绿粉、氮化物红粉和封装器件方面，该项目计划投资 1000 千万元。

通过低碳低盐无氨氮萃取分离稀土新技术科技创新项目的实施，有研稀土将获得具有全套自主知识产权的低碳低盐无氨氮萃取分离稀土新技术，实现化工材料和绿色清洁生产，该项目计划投资 665 万元。

通过各向同性稀土粘结磁粉的产业化技术及装备科技创新项目的实施，有研稀土将开发出 3 个以上高性能钕铁氮磁粉牌号，建成 600 吨生产线，并建立钕铁氮磁粉耐热性、耐腐蚀性等关键服役性能指标的测试与控制技术，该项目计划投资 2800 万元。

通过离子型稀土矿高效清洁提取技术科技创新项目的实施，有研稀土将解决资源回收率低、产生大量氨氮废水、低品位稀土资源难回收等关键技术问题，针对性提高广西地区稀土的高效与绿色开采，以达到提高资源利用率并保护矿区生态环境的目的，该项目计划投资 380 万元。

通过热挤压磁环用片状磁粉技术科技创新项目的实施，有研稀土将制备出高性能快淬磁粉，该项目计划投资 1200 万元。

1.2.2.2 经济目标

白光 LED 用新型高性能荧光粉及其产业化制备技术科技创新项目完成后，形成年产 20 吨上述高性能荧光粉的工程化技术开发和测试平台，年销售 5 吨以上白光 LED 荧光粉，年产值超过 1000 万元。

低碳低盐无氨氮萃取分离稀土新技术科技创新项目完成后，将大大降低生产成本，预测每制备 1 吨稀土氧化物，可降低化工原材料消耗 3000 元以上，在行业推广后，按年产 10 万吨稀土氧化物计，可节约运行成本 3 亿元，经济优势显著。

各向同性稀土粘结磁粉的产业化技术及装备科技创新项目完成后，可形成年产 600 吨高性能钕铁氮粘结磁粉生产线，届时可实现销售收入 10000 万元。

低离子型稀土矿高效清洁提取技术开发科技创新项目完成后，可使南方离子型稀土资源的综合利用率提高 10% 以上，按今后广西地区规模化开采每年生产 2 万吨离子型稀土精矿计算，可减少离子型稀土资源储量消耗 2000 吨左右，增加企业销售收入 4 亿元、利润超过 1.2 亿元/年，增加税收 1.3 亿元左右。

热挤压磁环用片状磁粉科技创新项目完成后，使得原料成本比烧结钕铁硼磁体原料成本可望低 30-40% 左右。

1.2.2.3 技术、质量指标

· 白光LED用新型高性能荧光粉

(1) 开发 1-2 种高光效、近球形、小粒度铝酸黄/盐绿色荧光粉，亮度达到国内同期先进水平，实现铝酸盐荧光粉粒度在 3-20 微米范围可调可控。开发 3 款以上高光效、高结晶度含镓铝酸盐绿粉，满足显色指数 70 和 80 应用需求。

(2) 开发 2-3 种一次粒径 D50 为 10-15 μ m 氮氧化物绿粉，蓝光（440-460nm）激发下绿粉发射峰 525 \pm 5nm、光谱半高宽 70 \pm 2nm、

外量子效率>0.60。

(3) 开发出 2-3 款高耐候性氮化物红粉产品，其在温度 121℃，压力 2atm，湿度 100%的加速条件下，48 小时后的色漂移 $\Delta x < 0.0005$ ，亮度衰减低于 2%。

(4) 采用蓝光芯片配合本项目开发荧光粉的白光 LED 器件的色温范围为 2500-8000K 可调；当显色指数 ≥ 70 ，光效达到 150 lm/W；LED 器件工作 1000 小时的光衰小于 1%。

(5) 形成年产白光 LED 用 20 吨荧光粉的工程化开发和测试平台。

· 低碳低盐无氨氮萃取分离稀土新技术

(1) 优化低碳低盐无氨氮萃取分离稀土技术，碳酸氢镁转换率大于 95%，碳酸氢镁溶液中 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 、 SiO_2 等杂质含量分别小于 5ppm；有机负载稀土浓度 0.17-0.18mol/L，稀土萃取收率大于 99.5%，分离产品纯度大于 99.99%。

(2) 特殊物性稀土化合物中值粒径 $D_{50} = 0.5\mu\text{m} \sim 5\mu\text{m}$ 可调，粒度分布 $(D_{90} - D_{10}) / 2D_{50}$ 小于 1，比表面、形貌等物性可控，其中：

高纯及特种氧化镨：纯度 $> 4N$ ，粒度在 2-3 μm 之间，形貌短棒状。

(3) 镁回收利用率大于 95%，钙盐转化率大于 90%，水资源循环利用利用率大于 85%，萃取过程中 CO_2 回收利用率大于 90%，单品盐排放量小于 0.01（折 NaCl）t/t-REO。

(4) 建成 1 条 3000 吨/年规模低碳低盐无氨氮萃取分离稀土新技术示范线，材料成本较传统工艺降低 30%以上，废水中氨氮小于 10ppm，氯离子小于 500ppm，低于国家环保部颁布的《稀土工业污染物排放标准》限值。

· 各向同性稀土粘结磁粉的产业化技术及装备

(1) 制备的磁粉性能：剩磁达到 9.5kGs 及以上，矫顽力达到 9.2kOe 及以上，磁能积达到 16.5 MGOe 及以上。

(2) 建立钕铁氮磁粉耐热性（剩磁及矫顽力温度系数表征）、耐腐蚀性（85℃、85%湿度条件下退磁率表征）等关键服役性能指标控制技术。

(3) 通过磁体厂家样品评价，并完成产业化过程中快淬、晶化、氮化工艺的标准化制定

· 离子型稀土矿高效清洁提取技术开发

(1) 开发出一种或数种新型高效的无氨氮、环保、高选择性的稀土浸取剂及沉淀剂。

(2) 离子态稀土浸取收率达到 80% 以上，水循环利用率大于 95%，稀土精矿 TREO 大于 92%，生产成本较硫酸铵法下降 20% 以上。

(3) 申请国家发明专利 1~2 项，发表学术论文 3~5 篇，培养硕士及博士研究生 2~3 名。

· 热挤压磁环用片状磁粉的研发

(1) 磁粉的 $M_s \geq 8.5kGs$ ，矫顽力 $H_{cj} \geq 20kOe$ ；

(2) 磁粉的厚度均匀一致，保持在 20~25 μm 之间；

(3) 完成年产 300 吨规模磁粉生产线建设。

1.2.2.4 阶段目标

· 白光LED用新型高性能荧光粉及其产业化制备技术

序号	时间	进度安排
1	2014.1~2014.6	获得了小粒度近球形白光 LED 用铝酸盐系列黄色荧光粉制备技术；确立了氮化物红色荧光粉的老化过程中的衰减机理，获得了荧光粉抗氧化、抗潮解关键技术。已获得 3 款适宜白光 LED 用新型荧光粉，申请发明专利 2 项。
2	2014.7~2014.12	获得了小粒度近球形铝酸盐系列黄粉、高耐候性大粒径氮化物红粉产业化制备技术。铝酸盐和氮化物荧光粉粒度 (D50)

序号	时间	进度安排
		分别为 5-15 μm 和 8-10 μm 可调可控，蓝光激发下的初始亮度达到同期国外进口粉水平；已申请发明专利 2 项，发表 SCI 论文 2 篇。
3	2015.1~2015.6	优选出了黄色、红色和绿色荧光粉适宜的匹配性能参数。获得的高耐候性氮化物红粉产品在温度 121 $^{\circ}\text{C}$ ，压力 2atm，湿度 100%条件下，加速老化 48 小时，色漂移 $\Delta x < 0.0005$ ，亮度衰减低于 2%。已申请发明专利 3 项。
4	2015.7~2015.12	已形成年产 20 吨高性能 LED 荧光粉工程化技术开发平台。制得的荧光粉在高温储存（180 $^{\circ}\text{C}$ ）1000 小时后，外量子效率和激发光效的下降小于 1%。LED 器件的色温范围为 2500-8000K 可调；当显色指数为 70，光效达到 160 lm/W；LED 器件工作 1000 小时的光衰小于 1%。已申请发明专利 3 项，其中 PCT 专利 1 项，发表 SCI 论文 3 篇。

· 低碳低盐无氨氮萃取分离稀土新技术

序号	时间	进度安排
1	2014.1~2014.6	成功开发了具有原创性的低碳低盐无氨氮萃取分离提纯稀土新技术，突破了稀土分离提纯过程中酸、盐和 CO_2 等物料低成本回收利用关键技术，大幅度减少盐和温室气体排放，萃取分离过程稀土回收率达到 99.5% 以上，镁循环利用率大于 95%， CO_2 回收利用率大于 90%，水资源循环利用率大于 85%，材料成本降低 35% 以上，稀土平均回收率大于 94.5%。
2	2014.7~2014.12	成功开发了特殊物理性能高纯稀土制备技术，稀土化合物产品相对纯度达到 3N~5N，并规模化制备出大比表面（氢）氧化镧、超微细 YSZ 粉体、高性能抛光粉、大比表面氧化钪等特殊组成和形貌的稀土氧化物，中值粒径 D_{50} 为 0.5~5 μm ，粒度分布 $(D_{90}-D_{10})/(2D_{50})$ 为 0.5~1，比表面、形貌等物性指标实现可控，达到用户要求。
3	2015.1~2015.6	成功开发了钙盐废水的纯度控制和富集过程控制技术，及二氧化碳净化回收、存储装置以及配套自动控制系统。镁回收利用率大于 95%，钙盐转化率大于 90%，水资源循环利用率大于 85%，萃取过程中 CO_2 回收利用率大于 90%，单品盐排放量小于 0.01（折 NaCl）t/t-REO。

序号	时间	进度安排
4	2015.7~2015.12	建设完成 1 条 3000 吨/年规模低碳低盐无氨氮萃取分离稀土新技术示范线。

· 各向同性稀土粘结磁粉的产业化技术及装备

序号	时间	进度安排
1	2014.1~2014.6	完成了产业化过程中快淬、晶化、氮化工艺的标准化制定。
2	2014.7~2014.12	已对磁性能开展服役性能研究；已通过磁体厂家 10kg 级样品评价。
3	2015.1~2015.6	已实现单炉 100kg 级快淬中试线，并通过磁体厂家 100kg 级评价。
4	2015.7~2015.12	建成年产 600 吨规模的生产线。

· 离子型稀土矿高效清洁提取技术开发

序号	时间进度	进度安排
1	2014.1~2014.6	完成了镁铵、镁铁、镁钙二元复合及镁钙铵三元复合浸取进行了研究，开展了抑杂浸出研究，获得了浸矿后尾矿符合土壤养分比值要求的浸取剂。
2	2014.7~2014.12	完成了浸取剂在尾矿中的赋存状态以及镁肥在土壤中作用机制研究，开发出尾矿中浸取剂镁盐绿肥技术和浸取剂循环利用技术。
3	2015.1~2015.6	完成了低浓度稀土浸出液分段沉淀富集研究，获得了氧化钙、氧化镁等沉淀剂合适的分段加料比例，加料和反应、沉化时间，杂质的富集走向，使得到的稀土精矿达到行业标准。
4	2015.7~2015.12	采用 P507、P204 非皂化分步萃取的方式，在实现低浓度稀土浸取液高效浓缩富集的基础上，达到稀土元素预分组。通过 Fe、Al、Si、Ca、Mg 等杂质在萃取过程中的富集规律研究，实现稀土与非稀土杂质的有效分离。

· 热挤压磁环用片状磁粉的研发

序号	时间	进度安排
1	2014.1~2014.6	研究了连续快淬过程中的冷却速度、浇铸温度等工艺参数对磁粉的微结构、晶粒大小等的影响；开发的磁粉 $M_s \geq 7.8kGs$,

序号	时间	进度安排
		矫顽力 $H_{cj} \geq 18kOe$ 。
2	2014.7~2014.12	研究了各工艺参数对快淬薄带厚度均匀性的影响,带片厚度达到 15~35 μm ;研究了稀土含量以及过渡族元素 Ga、Al 等对界面相结构的影响。
3	2015.1~2015.6	研究了不同硼含量及中重稀土含量对磁粉的磁性能、微观结构的影响;获得的磁粉 $M_s \geq 8.5kGs$,矫顽力 $H_{cj} \geq 20kOe$;快淬薄带均匀一致达到 20~25 μm ;
4	2015.7~2015.12	完成年产 300 吨规模磁粉生产线建设。

1.2.3 有研亿金

1.2.3.1 总体目标

通过铂族金属电子信息功能材料产业化技术研发项目的实施,研究高致密度球形铂粉的制备技术;机械处理法改善超细铂粉形貌和结晶度的方法;高活性多孔催化铂电极的实现方法研究;各功能铂电极在复杂共烧基体上收缩匹配性研究。项目达到的目标:制造符合宽域汽车氧传感器用铂电极浆料,该项目计划投资 700 万元;通过集成电路 65 纳米制程用高纯铂合金靶材研发项目的实施,为高纯铂合金靶材高纯金属靶材技术开发,针对集成电路 65 纳米制程工艺需求,研究开发和完善高纯靶材制备技术和品质控制技术,解决集成电路 65 纳米制程用铂合金靶材的国产化供应问题,通过考核认证,实现批量稳定供货。实现国内市场占有率达到 70%以上,实现 200 块/年产能,项目完成后,申请专利 1 项,制定相关技术规范。该项目计划投资 2400 万元;通过圆片级先进封装用超高纯铜靶材研发项目的实施,为高纯金属靶材产品的技术开发,针对集成电路圆片级先进封装工艺需求,研究开发和完善高纯靶材制备技术和品质控制技术。解决封装技术领域用高纯铜靶材的国产化供应问题,实现高功率溅射条件下大尺寸、微观组织可控、高强度、高稳定性和长寿命的高效能溅射靶材

生产,通过考核认证,实现批量稳定供货,该项目计划投资 900 万元。

1.2.3.2 经济目标

铂族金属电子信息功能材料产业化技术研发项目建成后,形成铂浆料产业,满足汽车氧传感器用铂电极制造的需求;集成电路 65 纳米制程用高纯铂合金靶材研发项目建成后,形成集成电路 65 纳米制程用铂合金靶材的国产化供应,国内市场占有率达到 70%以上,实现 200 块/年产能;圆片级先进封装用超高纯铜靶材研发项目建成后,实现封装技术领域用高纯铜靶材的国产化供应、批量稳定供货,实现 1500 块/年的产能。

1.2.3.3 技术、质量指标

· 铂族金属电子信息功能材料产业化技术

(1) 技术指标

⊕浆料粘度范围为 100~300Pa.s, 满足 320 目丝网印刷,图形清晰、完整、无流挂;

⊕浆料与氧化锆流延片 1450±50℃共烧结,匹配良好无分层;

⊕烧结后催化铂电极具有层叠多孔结构;加热铂电极均匀致密;引线电极致密低电阻;通孔电极与氧化锆流延片冲孔填充紧密,与上下电极融合。

· 集成电路65纳米制程用高纯铂合金靶材

(1) 技术指标

⊕高纯 Pt 合金的铸锭

Pt 合金的铸锭: Ni-(10~27)wt%Pt 合金,成分波动范围±2%;

铸锭纯度: 99.995%;

铸锭铸造缺陷率≤0.2%。

⊕高纯 Pt 合金靶材

靶材最大直径 $\geq 440\text{mm}$;

晶粒细小均匀, 平均尺寸 $\leq 100\mu\text{m}$, 晶粒取向呈弱织构;

透磁率 $\geq 97\%$, 波动范围 $\leq 1\%$;

焊合率 $\geq 97\%$, 局部最大未焊合 $\leq 2\%$ 。

(2) 专利

申请专利 1 项, 制定相关技术规范。

· 圆片级先进封装用超高纯铜靶材

(1) 技术指标

⊙高纯铜锭材直径不小于 150mm, 锭材缺陷率小于 0.2%。

⊙铜靶材的纯度大于 5N, 铜靶材晶粒尺寸 $\leq 100\mu\text{m}$, 织构呈弱取向分布; 与背板焊接结合率 $\geq 98\%$, 局部最大缺陷尺寸 $\leq 2\%$ 。

1.2.3.4 阶段目标

· 铂族金属电子信息功能材料产业化技术

序号	时间	进度安排
1	2014 年 1-6 月	制定总体技术方案; 完成设备购置和安装调试; 高致密度超细球形铂粉和片状铂粉制备工艺研究, 确定片状铂粉的分级方法和工艺。
2	2014 年 7-12 月	完成催化铂电极浆料、加热铂电极浆料、引线铂电极浆料、触点铂电极浆料的制备工艺和配方研究; 完成各型号铂电极浆料物理性能、印刷性能、烧结性能、电化学性能测试研究。
3	2015 年 1-6 月	完成宽域汽车氧传感器相关配件的设计和制作, 完成宽域氧传感器的制备; 开展发动机台架测试和老化试验。
4	2015 年 7-12 月	开展铂电极浆料加工工艺研究, 形成系列铂电极浆料的批量生产技术规范。

· 集成电路65纳米制程用高纯铂合金靶材

序号	时间	进度安排
1	2014 年 1-6 月	靶材的真空熔炼, 变形加工, 控制高纯金属及合金的显微组织。
2	2014 年 7-12 月	选择合适机加工方式, 实现靶材与背板的焊接。
3	2015 年 1-6 月	完成靶材的精密成形加工、性能检测; 靶材的镀膜

序号	时间	进度安排
		性能评价。
4	2015年7-12月	建立贵金属靶材的产品规范和分析标准，实现靶材的批量化生产。

· 圆片级先进封装用超高纯铜靶材

序号	时间	进度安排
1	2014年1-6月	完成纯度大于5N超高纯铜真空熔铸制备工艺
2	2014年7-12月	完成靶材微观组织及织构控制
3	2015年1-6月	完成靶材与靶托的可靠焊接及靶材精密加工
4	2015年7-12月	完成圆片级先进封装用高纯铜靶材清洗及包装

2、申请单位情况

2.1 基本情况

有研新材前身是有研半导体材料股份有限公司，成立于 1999 年 3 月 12 日，是国资委直属大型科技企业北京有色金属研究总院（以下简称“有研总院”）独家发起，以募集方式设立的股份有限公司。公司于 1999 年 3 月 19 日在上海证券交易所挂牌上市，股票简称“有研新材”，股票代码：600206，截止目前公司注册资本为 83877.8332 万元。

有研新材经营范围：稀有、稀土、贵金属、有色金属及其合金，硅、锗和化合物单晶及其衍生产品，以及半导体材料、稀土材料、稀有材料、贵金属材料、光电材料的研究、开发、生产、销售；相关技术开发、转让和咨询服务；相关器件、零部件、仪器、设备的研制；实业投资；以及进出口业务。

作为国家高新技术企业，有研新材借助有研总院的强大技术优势，通过多年积极开展产学研合作，不断完成技术突破，在多个领域取得了突破性进展，公司及子公司共拥有数百项自主知识产权，形成了强有力的技术优势。通过多年的吸纳与培养，已拥有一支创新能力强、人才结构良好的技术创新团队，其中包括 1 名工程院院士、数十名教授级高级工程师，数十名具有博士学位及数百名具有硕士学位的专业人才，为公司的高效运行提供了重要保证。

经过长期培育，有研新材在各主营业务板块形成了成熟稳定的产品销售渠道，在客户中建立了良好的信誉，同国内外知名下游厂商达成长期合作或签订长期基本贸易合同，客户关系稳定并向深入发展。

有研光电是有研新材料的全资子公司，是河北省高新技术企业，是我国先进的半导体材料和红外光学材料的主要研发中心和生产基地。注册资本 221,626,633 元。

有研稀土是 2001 年 12 月，经国家经贸委《关于同意设立有研稀土新材料股份有限公司的批复》（经贸企改【2001】1270 号）批准，有研总院、北京科技风险、中国节能、上海科维思及甘肃稀土共同出资对“稀土材料国家工程研究中心”进行整体改制而设立的股份公司，注册地址为北京市西城区新街口外大街 2 号。截至目前公司注册资本为 101,128,448 元，股权结构为：有研新材料股份有限公司（85.1674%），中国稀有稀土有限公司（14.8326%）。

有研亿金是由有研总院（集团）以下属稀有及贵金属研究所之净资产，联合其他四家发起人共同发起设立，于 2000 年 10 月在国家工商总局注册成立，注册资本 3680 万元，注册地址为北京市昌平区超前路 33 号 1 幢 1 至 3 层 01。2014 年公司经过重大资产重组，成为上市公司有研新材料股份有限公司全资子公司，注册资本增至 172,816,253 元。

2.2 人员及开发能力

2.2.1 项目技术负责人的基本情况

(1) 大直径蓝宝石衬底材料

项目负责人：武壮文，男，硕士，半导体材料专业，有研光电正式聘任职工。

工作经历：1990 年-1999 年进入北京有色金属研究总院 402 研究室，从事水平砷化镓单晶的研制工作；1999 年-2015 年就职于有研光电新材料有限责任公司，历任砷化镓车间副主任、车间总工。

技术专长：水平砷化镓多晶和单晶生长设备和生长工艺的研发。

工作业绩：1993 年作为技术骨干，成功的制备出国内第一颗水平 3 英寸砷化镓单晶；1994 年作为主要研发人员，成功研发出具有自主知识产权的水平砷化镓单晶生长炉，各项技术指标达到国际水平；1999 年起，作为水平砷化镓单晶产业化的主要技术负责人，参与了廊坊厂区的建设，实现了水平砷化镓单晶的产业化生产，该产业化项目于 2005 年获得中国有色金属总公司的一等奖；作为水平砷化镓单晶技术的主要负责人之一，参与研发了适合批量化生产的单晶生长工艺，使单晶成品率由 30%提高到 60%以上，并根据市场的需要研发出 $\Phi 2$ 英寸、 $\Phi 2.5$ 英寸、 $\Phi 3$ 英寸掺硅和掺锌单晶；作为项目负责人，主持了掺铬水平砷化镓单晶制备和硅、铜双掺水平砷化镓单晶的制备两个项目研发，并获得通过。

(2) 垂直梯度凝固砷化镓

项目负责人：黎建明，男，博士，半导体物理器件专业，有研光电正式聘任职工。

工作经历：1991 年-2003 年 北京有色金属研究总院 402 室；2003 年-2011 年 国晶辉红外光学科技有限公司；2011 年-至今 有研光电新材料有限责任公司。

技术专长：（主要研究方向）红外光学材料及其生长新技术；锗、化合物半导体材料及生长技术；蓝宝石晶体材料及其生长技术。

工作业绩：一直从事锗、化合物半导体及红外光学材料研究。研究课题包括晶体材料生长过程中的传质、传热过程与晶体生长新技术，半导体材料与红外光学材料表面物理化学。参加或主持国家科技攻关、国家 863 计划、军品配套项目 20 余项。现有多项在研课题。在 *Materials Research Bulletin*、*半导体学报* 等国内外相关专业期刊上已发表论文近 30 篇，其中获部级科学技术优秀论文二等奖一篇。获部级科技进步

一等奖 1 项、二等奖 2 项、三等奖 3 项。

(3) 白光LED用新型高性能荧光粉及其产业化制备技术

刘荣辉，博士，有色金属冶金专业。自 2007 年 6 月博士毕业进入有研稀土以来，一直从事白光 LED、等离子显示、液晶显示冷阴极背光源等用新型稀土发光材料研制及其先进产业化制备技术开发。负责组织了发光材料领域的国家 973 计划、863 计划、国家自然科学基金等 10 余项目争项及实施，2011 年至 2014 年纵向科研经费平均每年超过 500 万元，并主持国家自然科学基金、国家工信部稀土产业调整升级专项、中关村产业化重大专项等多个重点项目，科研争项、实施和管理成绩显著，并多次参与国家各部委有关稀土发光材料的科技和发展规划，逐步成为本领域的学术/技术带头人。自 2010 年任发光事业部副主任、主任以来，重点致力于高效半导体照明和高品质显示用白光 LED 稀土荧光粉的开发和成果转化工作。负责开发出 50 余款具有国际先进水平的 LED 荧光粉产品，率先实现了铝酸盐、氮化物体系荧光粉的国产化，连续三年被评为 LED 荧光粉国产第一品牌，累计销售收入逾 1 亿元、利税超过 5000 万元，为有研稀土科技创新及产业发展做出重要贡献，同时为中国半导体照明产业的发展提供了核心材料基础。

(4) 低碳低盐无氨氮萃取分离稀土全循环新技术

王猛，硕士，化工工程专业。2010年获得天津大学化工工程专业硕士学位，硕士学位论文入选“中国优秀硕士学位论文全文数据库”，同年7月进入北京有色金属研究总院稀土材料国家工程研究中心工作。一直从事稀土湿法冶炼与稀土化合物材料的研究开发及推广工作，负责承担和参加国家和省部级项目10余项。担任国家工信部稀土专项“半导体硅片用纳米氧化铈抛光材料关键制备技术”技术负责人，作为

课题骨干先后参与了国家水体污染控制与治理重大专项“稀土、电解锰和铬盐等冶金行业清洁生产水污染防治技术评估研究与示范”、国家科技支撑计划“稀土金属清洁生产与伴生资源综合利用技术开发”和“离子吸附型稀土资源高效提取及稀土材料绿色制备技术”、国家863计划重大项目“特殊物性和组成稀土氧化物高效清洁制备技术”等项目的研究和产业化实施；此外，主持北京市西城区优秀人才资助项目1项，有研总院基金项目1项。目前，申请发明专利8项，已授权3项；发表学术论文10篇，其中被SCI、EI检索论文6篇

(5) 各向同性稀土粘结磁粉的产业化技术及装备

李扩社，博士，有色金属冶金专业，高级工程师。2003年至今，从事稀土磁性功能材料应用基础研究及产业化开发，在急冷快淬装备、技术开发及产业化方面有丰富的临场经验。曾主持或参与完成国家863、国际合作、民口配套、科技公关、国家自然科学基金等省部级以上项目8项。获省部级一等奖1项、二等奖2项，申请国家发明专利30余项，发表论文40余篇。2009年获西城区优秀人才培养专项资助。

(6) 离子型稀土矿高效清洁提取技术开发

冯宗玉，硕士，材料科学与工程专业。2008年4月进入北京有色金属研究总院稀土材料国家工程研究中心（有研稀土）工作，一直从事稀土湿法冶炼与稀土化合物材料的研究开发及推广工作。2012年起师从黄小卫教授攻读有研总院博士学位。2013年破格晋升为高级工程师。2013年11月至今，任精细化工事业部副主任（主持工作）、主任。2014年当选中国有色金属学会第七届稀有金属冶金学术委员会委员，稀土冶金与应用材料专业委员会秘书。目前，申请发明专利30余项，发表学术论文20余篇。获“北京市西城区优秀人才”、“有研总院优秀员工”等称号。

(7) 热挤压磁环用片状磁粉的研发

罗阳，博士，有色金属冶金专业，高级工程师，特种合金及磁性材料事业部。自2009年7月进入有研稀土以来一直从事稀土磁性材料研究及其应用开发，研究方向包括钕铁硼粘结磁粉、SmCo永磁、SmFeN粘结磁粉、非晶软磁材料等，负责开发了年产能300吨高性能粘结稀土磁粉中试线。主持国家自然科学基金1项、工信部稀土专项1项、西城区科技计划项目1项，作为主要项目人员参与国家863、国家自然科学基金、国际合作、科技部稀土应用专项、北京市自然科学基金等科研任务，申请专利三十余项，其中PCT四项，发表论文三十余篇，获的西城区2009年度科技进步二等奖、2010年度科技进步一等奖。

(8) 铂族金属电子信息功能材料产业化技术

项目负责人：高岩，博士，材料加工工程专业，有研亿金正式聘任职工。

工作经历：1998.07-2002.07 任职于包头钢铁公司无缝钢管厂，2009.07 至今就职于有研亿金公司。

技术专长：（主要研究方向）高纯金属冶金提纯及微电子、光电子材料加工研究。

工作业绩：参加国家重大科研项目 10 余项，开发和产业化新产品 20 项，发表 SCI/EI 论文 24 篇，申请国家专利 16 项，制定国家/行业标准 3 项。

(9) 集成电路65纳米制程用高纯铂合金靶材

项目负责人：罗俊锋，男，博士，凝聚态物理专业，有研亿金正式聘任职工。

工作经历：2009 年 7 月就职于有研亿金新材料有限公司，2012 年 1 月晋升高级工程师。

技术专长：（主要研究方向）集成电路用高纯 Al 合金、Ti、Ta、Co，及 NiPt 合金溅射靶材的研发工作。

工作业绩：开发的产品如集成电路封装用超高纯铝合金，是大陆和台湾封装用靶材材料。目前制备出了高纯 Co、Ta、Ti、Ni 及合金等靶材通过中芯国际和杭州士兰进行验证并批量化生产。参与重要课题项目 5 项。到目前发表论文 20 余篇，专利 3 项。获得北京市产品评价中心产品质量创新贡献奖与第八届(2013 年度)中国半导体创新产品和技术二等奖，2 项。

（10）圆片级先进封装用超高纯铜靶材

项目负责人：贺昕，硕士，冶金物理化学专业，有研亿金正式聘任职工。

工作经历：2002 年 5 月就职于有研亿金新材料有限公司，现任研发管理部经理。

技术专长：（主要研究方向）高纯金属材料、贵金属化合物、超细粉体、电子浆料的研究、开发和生产。

工作业绩：先后主持和作为骨干参加国家 02 重大专项、国防军工、国际合作、发改委高技术产业化、北京市科委科技计划、科技部支撑等国家重点科研项目 14 余项，先后开发贵金属化合物、电子浆料新产品 16 个，主持完成 5N 高纯金、5N 高纯钴、6N 高纯银、6N 高纯铜的技术研发和产能 100 吨/年高纯金属产业化基地建设，技术成果应用于微电子、石油化工、生物医药等领域。发表学术论文 17 篇，申报国家专利 12 项，制定国家标准 4 项，获科学技术奖 2 项。

2.2.2 单位人员基本情况

2.2.2.1 有研光电

有研光电现有员工 189 人，大专以上学历人数共计 90 人。教授级高工 3 人，高级工程师 3 人，中级职称 9 人，助理工程师（会计师）8 人，高级技师 3 人，技师 7 人，高级技工 7 人，中级技工 10 人。29 岁以下 78 人，30 岁至 39 岁年龄段 75 人，40 至 49 岁年龄段 25 人，50 岁以上 11 人。其中技术开发人员占总数的 20%，生产人员占总数的 50%，销售人员占总数的 5%。

2.2.2.2 有研稀土

有研稀土现有员工 420 人，其中教授级高工 16 人，高级工程师 27 人，工程师 32 人，高级技师 4 人，技师 5 人；大专以上学历员工 135 人；45 岁以下员工 350 人，占职工总数的 83%；从事研究开发人员占 36%，生产人员占 55%；销售人员占 4%，其他占 5%。

2.2.2.3 有研亿金

有研亿金现有员工 318 人，其中大专以上学历人员共计 176 人。25 岁至 35 岁年龄段 197 人；35 岁至 45 岁年龄段 83 人；45 岁以上 38 人。初级职称 15 人；中级职称 26 人；副高级 24 人；正高级 10 人。技术开发人员 50 人；生产人员 173 人；销售人员 22 人。

2.2.3 技术创新能力

2.2.3.1 有研光电

有研光电从 2002 年开始进行蓝宝石晶体的研发工作，采用热交换法和泡生法进行晶体生长，结合热交换法和泡生法的特点，研发出改进的热交换法，生长晶体尺寸能够达到直径 150mm，长度 280mm，重量 20kg，已经掌握了蓝宝石晶体制备的核心技术，并有小量出售。2011 年，有研光电在蓝宝石发展势头迅猛时期瞄准蓝宝石发展的大尺寸，目标是建立大直径蓝宝石的晶体生长平台。通过大量调研后，引进大直径生长用蓝宝石单晶来实现这一目标。目前，项目已经具备良好的

技术基础，并拥有相应的设备。有研光电目前拥有进口TT蓝宝石单晶生长炉1台，国产蓝宝石单晶生长炉2台，蓝宝石单晶定向仪1台，蓝宝石晶体掏棒机1台。目前生长出蓝宝石晶体重量达90公斤，尺寸为 $\Phi 290\text{mm} \times 420\text{mm}$ 。

有研光电在砷化镓材料领域已有五十多年的研究历史，先后承担了该领域中的“六五”、“七五”、“八五”、“九五”、“863”、“908 工程”和“909 工程”。1958 年以来，在化合物半导体材料研发方面取得 40 多项重大成果，拥有多项砷化镓成果和专利，还拥有成熟的 HB 砷化镓生产线，技术达到世界最高水平，年产能达到 100 万片。有研光电具有单晶生长、切片、磨片、腐蚀、抛光、清洗及检测工艺；具有高精度的晶体生长、切、磨、抛设备和超净环境；具有整套置于超净环境中的测试、清洗、包装设备；具有相应的纯水、气体和化学试剂等辅助条件和设施。在 VGF 砷化镓研发方面，上世纪九十年代曾得到有研总院的高技术项目支持，分别研究了常压和高压 VGF GaAs 单晶的生长设备和工艺，并研究出 $\Phi 2$ 英寸的单晶样品。这些前期工作均为本项目的顺利进行打下了良好基础。

2.2.3.2 有研稀土

· 白光LED用新型高性能荧光粉及其产业化制备技术

本项目承担单位有研稀土在新型高性能荧光粉领域具有较强的创新能力，具体如下：

(1) 开发成功了具有自主知识产权的铝酸盐系列荧光粉及其高氢高温还原制备产业化技术，开发出 20 余款铝酸盐荧光粉产品（如下图所示），发射光谱的主峰位置覆盖了 510-570nm 范围内的发射，发光颜色涵盖了绿光、黄绿光、黄光、橙黄色光，形成了批量生产和市场供应能力，产品性能目前处于国际领先水平，该成果可为项目总

目标中新型高性能铝酸盐系列荧光粉的开发提供有效的技术服务。



铝酸盐系列荧光粉

(2) 通过原料晶格活化、特殊添加剂优选、合成装备设计改造，业界率先提出氮化物系列红粉高温常压氮化技术，初步形成了氮化物荧光粉的批量生产和市场供应能力，部分产品性能优于日本三菱化学，成为全球知名三大氮化物红粉供应商之一。有研稀土在氮化物红粉方面的研究基础及产品开发能力，可为项目总体目标中氮化物体系红粉老化能力差的行业内共性技术难题的解决以及连续氮化还原炉的试制提供技术支撑。



硅基氮化物系列荧光粉

3) 业界率先开发成功了具有自主知识产权的适于高熔点体系、小粒度荧光粉制备的超高温连续动态还原技术及装备，荧光粉制备过程的还原能力以及荧光粉产品一次性能得到显著改善。完成了高光效、近球形、小粒径铝酸盐体系黄粉的产业化技术开发的试验工作，是总目标的顺利完成的技术及理论基础。



小粒度、高光效铝酸盐体系黄粉 SEM

· 低碳低盐无氨氮萃取分离稀土新技术

本项目承担单位有研新材长期致力于稀土分离提纯技术的研究，近年来，在稀土非皂化萃取分离技术开发基础上，又提出了化工原材料循环利用、超低排放分离提纯稀土新技术，并开展了大量前期研究工作，以自然界丰富而廉价的白云石（或石灰石、菱镁矿等）为原料，经过轻烧消化得到氢氧化镁/钙，并将稀土萃取、沉淀及煅烧过程产生的 CO₂ 进行回收用于碳化制备高纯的碳酸氢镁溶液，直接应用于稀土萃取分离过程有机相预处理及稀土沉淀制备碳酸稀土等，解决了钙皂化、非皂化所需优质钙/镁原料供应和杂质对萃取过程的影响问题，以及碳酸氢铵沉淀稀土带来的氨氮废水污染问题，而且镁、二氧化碳等循环利用，大幅度减少盐和二氧化碳的排放，上述技术申请 13 项发明专利（其中 8 项国外发明专利），已经有 8 项发明专利获得授权（其中 5 项国外发明专利）。

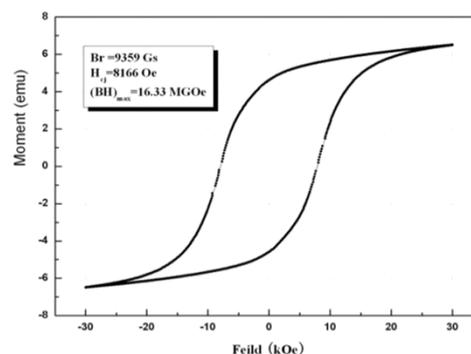
· 各向同性稀土粘结磁粉的产业化技术及装备

“十一五”以来，为了开发出具有我国自主知识产权的稀土粘结磁粉，打破我国稀土粘结永磁粉市场长期被美国麦格昆磁（MQI）公司所垄断的不利局面，在国家 863 稀土重大专项、国际科技合作项目支持下，有研稀土先后投入 2000 余万元对新型耐热 SmFeN 快淬稀土粘结磁粉进行了重点开发。国外开发的新型耐热 SmFeN 快淬磁粉最大

磁能积(BH)_{max} 可达 17MGOe, 不仅磁性能高于 MQI 公司成产的 MQ 磁粉, 而且热稳定性与成本明显优于后者。目前, 有研稀土已成功开发出具有自主知识产权的新型耐热 SmFeN 快淬磁粉, 其产品最大磁能积超过了 16MGOe, 并已开始工程化探索。下图为有研稀土开发的新型耐热 SmFeN 快淬磁粉照片 (a) 及磁性能 (b)。



(a)



(b)

新型耐热SmFeN快淬磁粉照片 (a) 及磁性能 (b)

本项目是对有研总院“十五”以来在稀土磁性材料领域研发成果的集中转化。项目前期分别已经过中试实验及小规模生产的验证, 产品各项技术经济指标均达到国际先进水平, 并拥有自主知识产权。目前, 项目相关的发明专利达到 13 项。

表 1 有研稀土磁性材料的相关专利

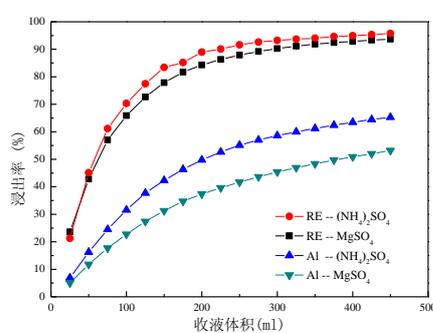
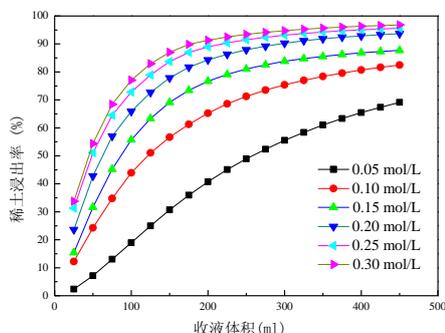
序号	专利名称	申请号	状态	类型
1	一种含氮稀土磁粉及其制备方法	ZL200810102732.6	授权	发明
2	一种稀土永磁粉及其制备方法	ZL 200810103331.2	授权	发明
3	一种含氮稀土磁粉及其制备方法	ZL 200810114579.9	授权	发明
4	一种各向异性粘结磁粉及其制备方法	ZL 200710161419.5	授权	发明
5	稀土永磁粉、粘结磁体及包括其的器件	PCT/CN2011/072228	公开	PCT 发明
6	一种制造快淬合金的方法及设备	PCT/CN2011/072229	公开	PCT 发明
7	一种片状稀土永磁粉及其制备方法	200910118986.1	公开	发明
8	一种各向异性稀土永磁粉制备工艺及设备制备的产品	200910244362.4	公开	发明

序号	专利名称	申请号	状态	类型
9	一种快淬合金的制造方法及设备	201010134360.2	公开	发明
10	一种稀土永磁粉及粘结磁体	201010134351.3	公开	发明
11	稀土含氮磁粉制备工艺及设备制备的产品	201110116325.2	公开	发明
12	一种稀土永磁粉、粘结磁体及器件	201110448098.3	公开	发明
13	稀土永磁粉、粘结磁体及包括其的器件	201180003225.7	公开	发明

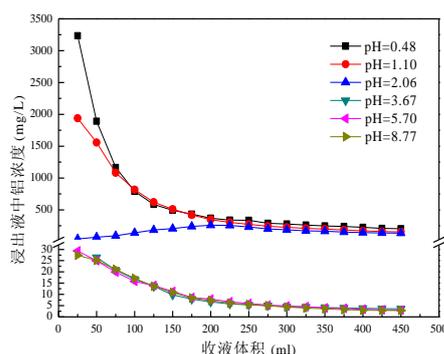
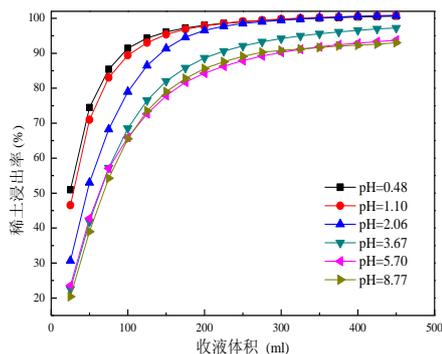
· 离子型稀土矿高效清洁提取技术开发

采用单一硫酸镁为浸取剂，对浸取剂浓度、浸取剂溶液 pH、浸取剂溶液流速、浸取温度、矿物粒度、矿物含水率等因素对稀土浸出率的影响进行了试验研究。

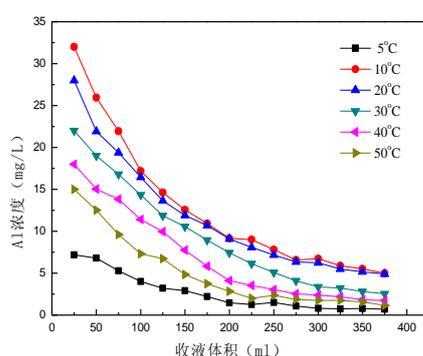
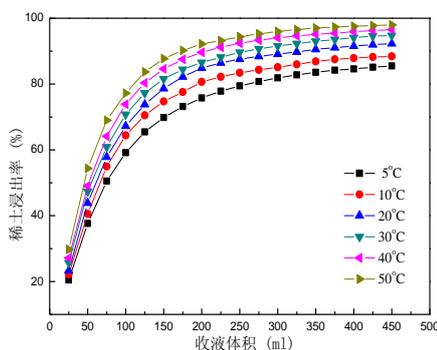
(1) 不同硫酸镁随着浸取剂浓度的增加、浸取剂溶液 pH 的降低、浸取剂溶液流速的降低、浸取温度的增加、矿物粒度的减小以及矿物含水率的减低，稀土浸出速率均增加，同收液体积下的稀土浸出率也增加。当硫酸镁浓度为 0.2mol/L、浸取剂溶液 pH 为 5.70、流速 0.6mL/min、浸取温度 25℃、矿物平均粒度为 1.0mm 时，稀土浸出率能达到 93%左右，相同条件下与硫酸铵浸取时稀土浸出率相当，但铝的浸出率仅 50%，较硫酸铵能降低 13%左右，对后续浸出液中稀土的提纯富集具有重要的作用。



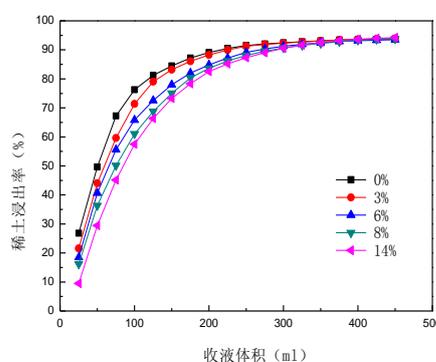
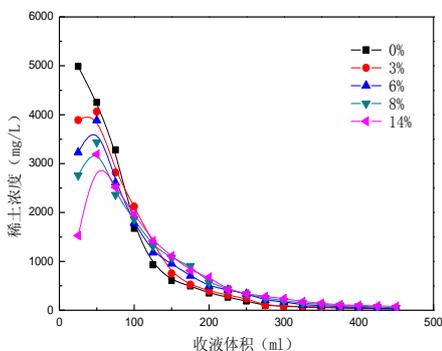
左：硫酸镁浓度对稀土浸出率的影响 右：硫酸镁和硫酸铵柱浸稀土矿对比



浸取剂溶液酸度对稀土和铝的浸出率的影响

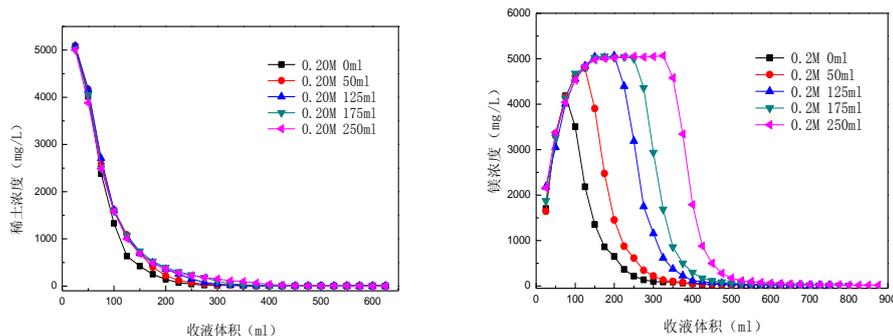


浸取温度对稀土和铝浸出浓度的影响



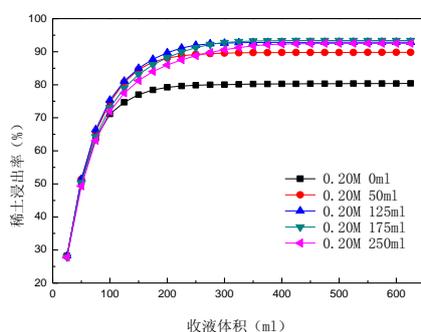
矿物含水率对稀土浸出浓度和浸出率的影响

(2) 对收液体积为 250mL 的浸出试验进行镁衡算，结果表明，浸取剂中加入的镁量在浸矿后主要分布为以下几个部分：母液中的镁量、水洗液中的镁量以及残留在矿物内的镁量（包括用于交换稀土、钙、铝元素的镁量以及高岭土吸附的镁量，其中交换铝元素的镁量很少，可以忽略不计）；其中母液及水洗液中的镁量占加入的浸取剂中镁量的 92.2%，而残留在矿体内的镁量达 560mg/kg。

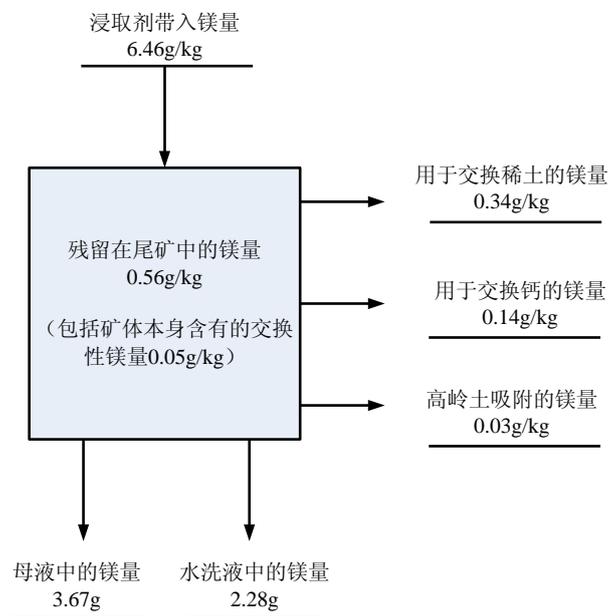


左：不同硫酸镁加入量下稀土的浸出曲线

右：不同硫酸镁加入量下镁的浸出曲线



不同硫酸镁溶液加入量情况下稀土的浸出率曲线



试验5#浸取过程镁的衡算（按1kg原矿计算）

· 热挤压磁环用片状磁粉的研发

申请人所在的课题组在稀土-过渡族合金及磁性材料方面有着丰富的经验积累，在急冷稀土磁性材料的制备和基础研究方面做了大量

的工作，承担了科技部国际合作项目、863 重大项目 2 项，发表 SCI 论文 5 篇，申请专利十余项，授权 5 项。“十一五”以来，在国家 863 稀土重大专项、国际科技合作项目支持下，有研稀土先后投入 2000 余万元对新型快淬稀土粘结磁粉进行了重点开发。目前，有研稀土已成功开发出具有自主知识产权的新型耐热 SmFeN 快淬磁粉，其产品最大磁能积超过了 16MGOe，并建成了一条年产 300 吨快淬稀土磁粉中试线，具有相关磁粉的研发及工程化研究能力。

2.2.3.3 有研亿金

多年来，有研亿金一直从事集成电路用高纯材料和靶材的研究和产品开发工作，已形成以高纯金属靶材为特色的国内系列高端靶材的技术和产业优势，是我国领先的集成电路用靶材专业制造商，也是目前国内唯一具备垂直一体化研发生产先进封装用高纯金属及合金靶材的单位。

在高端电子信息用薄膜材料研发方面，有研亿金一直致力于不同材料各种型号的靶材开发，研制的产品涵盖 4 英寸线以上主流溅射机台所用靶材，包括高纯 Al 及其合金、Ti、Cu、Co、Ta、Ni 及其合金 (NiV、NiPt)、Mo、Cr、WTi 及贵金属等各种高纯金属及合金靶材，型号多达近百种。目前各种靶材已经在国内外集成电路及分立器件制造企业中批量使用，靶材性能指标达到国内领先，国际先进水平。目前，有研亿金掌握的先进封装靶材制造技术是国内唯一、全球第二家并批量应用于先进封装的公司，产品已通过长电科技、苏州晶方、昆山西钛、台湾精材、日月光多家企业的验证，其中一款产品是 Apple iPhone 手机后端封装靶材的唯一材料供应商。高纯铜、高纯钛、高纯银、高纯钨钛、高纯铝合金、高纯镍铂合金、高纯镍钒合金、高纯金属蒸发膜材、铜阳极等系列靶材产品获得北京市自主创新产品、北京

市新技术新产品、中关村国家自主创新示范区新技术新产品认证。

在浆料领域，目前有研亿金已经形成有一支以教授级高级工程师带领、以中高级技术人员组成的贵金属电子浆料和超细粉体研发生产队伍，具有丰富的微电子用高性能电子浆料及超细粉体研制和开发经验。尤其在气体传感器气敏原理研究、贵金属敏感电极浆料的研究开发和生产方面有丰富的经验，并形成多项具有自主知识产权的产品。“汽车尾气排放控制用氧传感器高性能铂电极浆料”获得中关村国家自主创新示范区新技术新产品证书。

有研亿金是国内规模最大、材料种类最齐全的高端电子信息用材料研发制造基地，也是我国最早从事形状记忆合金材料和应用研究的单位，承担国家级科技项目三十余项，申报专利 158 件，授权 102 件，申报国家/行业标准 55 项，颁布 35 项，立项 20 项，荣获省部级科学技术奖 12 项。通过自主创新，技术开发能力居于国内领先、国际先进水平，产品在国内外市场发展前景广阔。

2.3 上年度单位财务状况

有研光电、有研稀土和有研亿金 2014 年财务情况分别如下表所示。

有研光电 2014 年财务情况

项目	指标状况	项目	指标状况
总资产	324,221,194.16	流动比率	1.84
总负债	79,822,893.26	速动比率	1.11
固定资产总额	238,164,516.30	总资产报酬率	-4.52%
总收入	177,403,995.03	净资产收益率	-10.20%
产品销售收入	173,554,588.33	应收账款周转率	5.38
净利润	-19,003,706.15	技术开发投入额	3,169,192.02
纳税额	9,433,308.17	技术开发占年销售收入比例	1.83%

有研稀土 2014 年财务情况

项目	指标状况	项目	指标状况
总资产	1,020,530,278	流动比率	9.51
总负债	103,453,146	速动比率	6.95
固定资产总额	50,104,195	总资产报酬率	9.14%
总收入	818,553,908	净资产收益率	8.26%
产品销售收入	816,349,069	应收账款周转率	19.77
净利润	72,341,248	技术开发投入额	41,386,640
纳税额	114,100,059	技术开发占年销售收入比例	5%

有研亿金 2014 年财务情况

项目	指标状况	项目	指标状况
总资产	362,243,323.83	流动比率	7.31
总负债	52,062,279.46	速动比率	4.86
固定资产总额	83,132,537.30	总资产报酬率	7.07%
总收入	1,088,740,980.89	净资产收益率	7.13%
产品销售收入	1,088,740,980.89	应收账款周转率	39.81 次
净利润	17,321,838.71	技术开发投入额	32,792,957.82
纳税额	10,776,007.38	技术开发占年销售收入比例	3.01%

2.4 质量管理情况

2.4.1 有研光电

有研光电按照有关国家标准和行业标准的要求进行产品质量控制，并已通过 ISO9001:2008 质量管理体系认证，生产过程采取 ISO9001 质量体系进行控制，针对砷化镓单晶及晶片、蓝宝石衬底材料等产品的特性和生产工艺，分别制定了产品标准、生产规范和检测标准，对质量进行全方面控制，严格保证产品质量，持续改进，不断提高客户满意度。

2.4.2 有研稀土

有研稀土严格执行《产品质量法》，产品质量符合现行国家标准

和行业标准。有研稀土于 2006 年和 2011 年分别获得 ISO9001:2000 和 ISO9001:2008 质量管理体系认证，按照 ISO19001-2008 质量管理体系标准制定了《采购控制程序》、《过程和产品的测量和监控程序》、《顾客满意度程度测量程序》等一系列质量控制制度，保证产品质量控制有章可循，并设立了分析检测室，配备了科研生产各岗位专职体系管理人员，保证体系管理的执行力度和效果。

2.4.3 有研亿金

有研亿金是国家火炬计划重点高新技术企业、国家技术创新示范企业、中关村国家自主创新示范区“十百千工程”重点培育企业。拥有北京市企业技术中心、北京市工程技术研究中心，通过 ISO9001、ISO13485 和 TS16949 质量体系认证、ISO14001 环境体系认证及欧盟 CE 认证。主要研发、生产、销售微电子光电子用薄膜新材料和生物医用新材料，均为国家重点产业发展方向。产品包括高纯金属靶材及蒸发料、医疗生物材料及医疗器械、贵金属功能材料等。

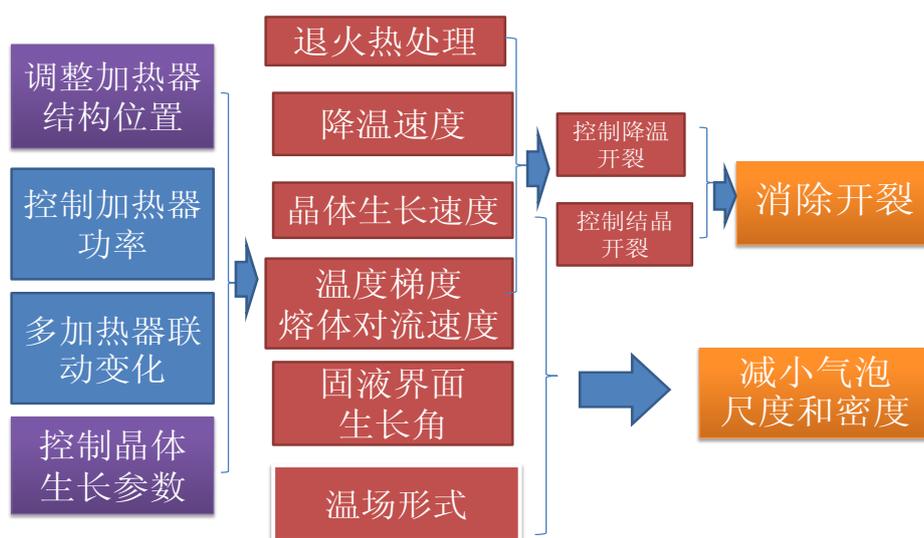
3、技术可行性和成熟性分析

3.1 技术创新性

3.1.1 大直径蓝宝石衬底材料

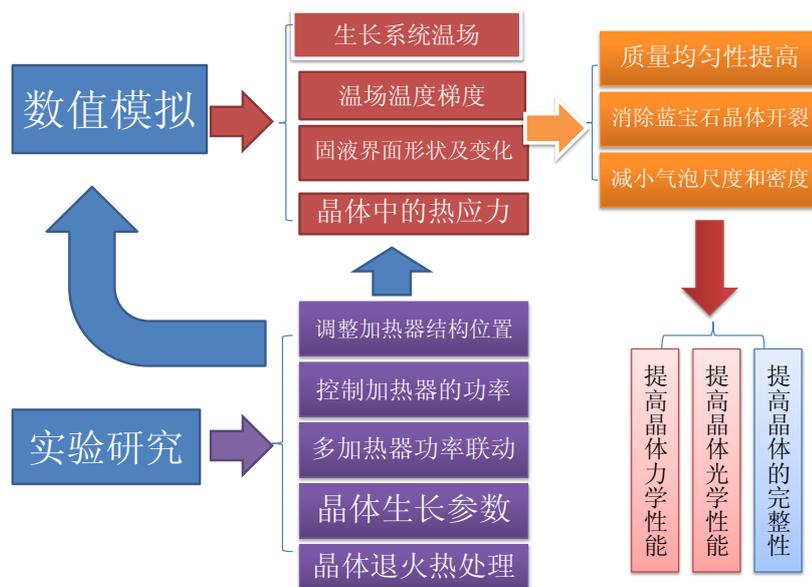
3.1.1.1 研究方法

通过设计适合大尺寸蓝宝石晶体生长的热场，优化蓝宝石晶体引晶过程的控制参数，包括引晶温度条件、头部的尺寸、长度。在解决关键的引晶技术后，通过精确控制蓝宝石晶体生长过程，避免蓝宝石晶体生长过快，并在晶体生长后期进行退火，最终减少气泡和开裂的产生。研究步骤如下图所示。



3.1.1.2 技术路线

采用具有自主知识产权的大直径蓝宝石晶体生长技术，该项目目的是消除开裂和降低气泡尺度和密度，得到合格的大尺寸蓝宝石晶体材料。蓝宝石晶体技术路线如下图所示。



3.1.1.3 创新点

①控制泡生法生长蓝宝石晶体开裂技术

通过数值模拟，结合实验研究，优化多加热器的结构，通过对晶体工艺参数的精确控制，实现晶体生长过程中（不论是结晶过程还是晶体生长完成后冷却过程），晶体内的温度梯度、生长过程中固液界面推进速度的控制；通过三加热器联动控制，使晶体内的温度梯度小于晶体开裂应变最大时对应值，从而抑制晶体生长过程晶体的开裂。这是该项目拟突破的技术创新点。

②控制泡生法生长蓝宝石晶体气泡技术

蓝宝石晶体生长的难点主要是晶体中的气泡问题，全球各大蓝宝石晶体厂商都不能完全解决这个问题。晶体生长过程中，环境中的气体（蓝宝石蒸气、亚氧化物、加热区的碳化物、钼氧化物等）都有可能 在凝固过程中结合到蓝宝石中，再有液态蓝宝石的比重比固态小，结晶过程中收缩剧烈，如果固液界面的移动速度与界面返料以补偿收缩过程不对等，气泡容易形成。从蓝宝石晶体中气泡形成过程看，起源无法消除，但可以控制晶体生长过程中固液界面形状成小生长角，

有利于气泡从生长界面逸出；其次控制晶体生长过程中固液界面的推进速度，即晶体的生长速度保证气泡有充足的时间从生长界面逸出。

3.1.1.4 项目的技术来源、合作单位情况；说明项目知识产权的归属情况。

大直径蓝宝石晶体生长技术源于自主创新，没有合作单位。项目知识产权归属有研光电。

3.1.1.5 简述国内外发展现状、存在的主要问题及近期发展趋势。

(1) 国外蓝宝石发展水平

目前，国际上以美国的 Rubicon Technology 公司、俄罗斯的 Monocrystal 公司代表着全球蓝宝石晶体生长技术的最高水平。Rubicon Technology 公司于 2009 年采用泡生法生长出世界上最大的蓝宝石晶体重 200kg，生长技术处于世界领先水平，可提供 4-6 英寸蓝宝石衬底片；Monocrystal 公司是俄罗斯的蓝宝石晶体提供商，是欧洲最大的蓝宝石供应商，主要提供 2-6 英寸衬底片，正在完善 8 英寸生产技术。2012 年全球八大蓝宝石晶棒厂商的产能如下表所示。从表中可以看出，美国、俄罗斯、韩国和日本的蓝宝石产量据世界前列，美国和俄罗斯主要提供 4~6 英寸蓝宝石晶片。目前，Rubicon、Monocrystal 及 STC 这三家蓝宝石晶棒厂产能占全球 6-7 成以上，加之日本京瓷、Namiki、kyocere 及台湾扩产的产能，2011 年全球的蓝宝石晶棒月产能将在 650 万毫米左右，扩产幅度超过 50%。

排名	企业名称	月产能（万毫米）
1	美国 Rubicon	100
2	韩国 STC	90
3	俄罗斯 Monocrystal	80
4	云南蓝晶	50
5	台湾越峰	45
6	日本京瓷	40

排名	企业名称	月产能（万毫米）
7	日本 Namiki	32
8	韩国 Astek	30

（2）国内蓝宝石发展水平及存在的问题

我国蓝宝石晶体生长起步较晚，目前，国内蓝宝石晶体生长的企业还处于初期建设阶段，以云南蓝晶科技股份有限公司和哈尔滨工大奥瑞德光电技术有限公司为代表。云南蓝晶科技股份有限公司成立于 2002 年，是专门从事晶体生长设备制造、晶体生长工艺研究、开发、生产，以及 LED 衬底片生产的现代高新技术企业。云南蓝晶科技股份有限公司已成为国内规模最大的光电子 LED 半导体照明衬底片生产及研发企业。但采用“坩埚下降法”，晶体的质量不高，只能用于低端客户，前景不乐观；哈尔滨工大奥瑞德光电技术有限公司拥有两条蓝宝石晶体生产线，晶体生长设备约 80 台，能够生长直径 200-250mm 的蓝宝石晶体，最大晶体尺寸 $\Phi 325 \times 260\text{mm}$ 、重 68.58 公斤，因晶体质量也未批量用作 LED 衬底；有研光电从 2012 年开始进行蓝宝石晶体的研发工作，采用热交换法和泡生法进行晶体生长，结合热交换法和泡生法的特点，研发出改进的热交换法，生长晶体尺寸能够达到直径 150mm，长度 280mm，重量 20kg。

2011 年，有研光电在蓝宝石发展势头迅猛时期瞄准大尺寸蓝宝石的发展，目标是建立大直径蓝宝石的晶体生长平台。经过大量市场调研后，在当时条件下，最终引进美国 TT 公司蓝宝石炉，TT 公司只承诺提供设备，没有成熟的蓝宝石晶体生长技术。虽然引进 TT 蓝宝石炉目前能生长出蓝宝石晶体重量达 90 公斤，但生长的蓝宝石晶体与 Rubicon Technology 公司和 Monocrystal 公司产品相比，晶体完

整性差，有气泡、开裂等问题存在，此外，目前生长的蓝宝石晶体利用率低，可供掏棒部分只有 50%左右，导致蓝宝石晶体生长成本高。

(3) 近期发展趋势

今后，蓝宝石晶体在研制生产方面的发展趋势是大尺寸、LED 衬底级蓝宝石晶体。目前世界上 2 英寸、4 英寸蓝宝石晶片龙头厂商将开始转向 6 英寸、8 英寸晶片的生产，国内外外延片公司蓝宝石衬底的最大尺寸用到 8 英寸。2012 年，6 英寸蓝宝石衬底攀升至世界 LED 蓝宝石衬底总量的 16%，预计 2015 年，6 英寸衬底会攀升至 55%。蓝宝石制备技术开发主要致力于提高蓝宝石晶体尺寸和晶体质量、降低成本，以应对日益严峻的市场竞争。

3.1.2 垂直梯度凝固砷化镓

3.1.2.1 关键技术

本项目主要进行 VGF 单晶炉研制和单晶生长工艺的研究。主要关键技术如下：

(1) 设备研制技术：主要是研究适合于生长 GaAs 单晶的加热体和保温体的详细结构，加热体移动系统、承载体移动系统和旋转系统。

(2) 籽晶溶接技术：由于 VGF 法是采用封闭技术，无法观测，籽晶很难溶接，全靠三个监测热偶的差别来控制。另外籽晶的长度和舟的形状也对籽晶溶接有很大影响。

(3) 放肩技术：要顺利放肩，首先是温度梯度的设置，研究直接降温放肩，或移动加热体及移动舟体。或几种技术的组合。

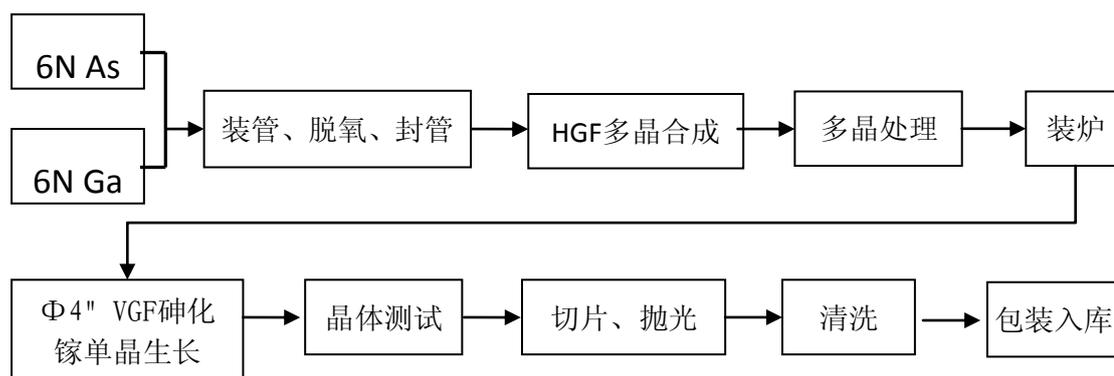
(4) 等径收尾技术：VGF 法研究降温曲线和几个温区的配合，VB 法研究温度曲线和加热体和舟体（下降舟体）的移动，使得单晶在收尾过程中位错不会增值。

设备研制上，主要是结合几十年对 HB 设备的研究制造，对设备厂家提出的技术方案进行改造。增加了加热体移动和加热体长度和承载体旋转等功能，使用伺服电机替代原步进电机，增加 2 套运动系统，使快慢移动用不同的电机系统实现。这使得在同 1 台单晶炉体上，既可以实现通过垂直移动加热体来生长单晶，也可以垂直移动石英坩埚来生长单晶，还可以通过逐区降温来生长单晶，也可以将以上三种方法结合起来应用，从而增加了工艺研究的可靠性。

工艺研究上，垂直移动加热体和垂直移动石英坩埚法可大量借鉴 HB 法的工艺，二者有同一性，都是热场与晶体间又相对位移，是晶体从熔体转为单晶，又有很大的区别，HB 法中，单晶水平生长，单晶周围热场上下不同，温度梯度是水平分布的，而立式法中，单晶垂直生长，单晶周围热场相同，温度梯度是垂直分布的。VGF 法（垂直温度梯度法，即逐区降温法工艺可借鉴 GaAs 多晶（同样采用温度梯度法，不同的是水平温度梯度法）的生长工艺。

3.1.2.2 技术路线

砷化镓项目采用具有自主知识产权的立式长晶法生长 $\Phi 4$ 英寸低阻砷化镓单晶，技术路线如下图所示。



Φ 4英寸VGF砷化镓技术路线

3.1.2.3 创新点

(1) 自行设计的立式长晶单晶生长系统，适合 4 英寸、6 英寸 VGF-GaAs 生长的单晶炉。

自行设计水平砷化镓单晶生长系统，设计加热体移动和和旋转等功能，增加加热体长度，使用伺服电机替代步进电机，在此单晶炉上既可以实现通过垂直移动加热体来生长单晶，也可以垂直移动石英坩埚来生长单晶，还可以通过逐区降温来生长单晶，提供了工艺研究的多种途径，便于对比试验。设备可靠性高，选用精密的欧陆温控仪表和机械传动系统，可保证在长达 7~10 天的单晶生长过程中温控精度 0.1℃，炉体移动速度达到精确控制。

(2) $\Phi 4$ 英寸 VGF GaAs 单晶生长技术

设定 5 点监控，通过中、高温热场的合理配置，提高晶片的纵向均匀性，有利于提高成品率。本项目设计的 VGF GaAs 单晶炉，只有热场配置合理，即温度梯度合适才有可能生长出合格的单晶，技术人员经过反复实验、比较、不断优化，设计出了合理热场，优化了温度分布，研究合适的掺杂工艺，为提高单晶生长成品率、实现该工艺的后续产业化奠定基础。

3.1.2.4 项目的技术来源、合作单位情况；项目知识产权的归属情况。

垂直梯度凝固砷化镓的技术源于有研光电自主创新，没有合作单位。项目知识产权归属有研光电。

3.1.2.5 国内外发展现状、存在的主要问题及近期发展趋势。

(1) 砷化镓国内外发展现状及存在的主要问题

国际上生产砷化镓单晶主要有四种工艺：水平布里奇曼法（HB 法）、垂直梯度凝固法（VGF 法）、垂直布里奇曼法（VB 法）、液封直拉法（LEC 法）。

水平砷化镓(HB)工艺是研究开发最早的 GaAs 单晶生长工艺,曾经是生产光电用砷化镓最主要的工艺。由于在晶体生长过程中可实时观察,因而单晶成品率高,且重复性好,其位错密度低且均匀,是红外发光二极管的唯一衬底材料。主要缺点是难以生长微电用砷化镓单晶,所生长的晶体界面为 D 形,在加工晶片过程中将造成较大的材料浪费。同时,由于高温下石英舟的承重力有限,难以生长大直径的晶体,目前最大只能生长 3 英寸的晶体。随着 VB 和 VGF 工艺的日渐成熟,在某些方面,HB 工艺有被逐渐取代的趋势。

VB 法是上世纪 80 年代末开始发展起来的一种晶体生长工艺,将合成好的砷化镓多晶、氧化硼以及籽晶装入 PBN 坩埚并密封在抽真空的石英瓶中,炉体垂直放置,采用电阻丝加热,石英瓶垂直放入炉体中间。高温下将砷化镓多晶熔化后与籽晶进行熔接,然后通过机械传动机构由支撑杆带动石英瓶与坩埚向下移动,在一定的温度梯度下,单晶从籽晶端开始缓慢向上生长。VB 法既可以生长低阻 GaAs 单晶,也可以生长半绝缘 GaAs 单晶。

VGF 工艺与 VB 工艺的原理和应用领域基本类似,其最大的区别在于 VGF 法取消了晶体下降走车机构和旋转机构,由计算机精确控制热场进行缓慢降温,生长界面熔体下端逐渐向上移动,完成晶体生长。这种工艺由于取消了机械传动机构,使晶体生长界面更加稳定,适合生长超低位错的砷化镓单晶。目前国际上商用水平已经可以批量生产 6 英寸的 VGF 砷化镓单晶,实验室还生长出 8 英寸的单晶。

近年,国内外 VGF 砷化镓生长技术发展很快,已经成为 GaAs 材料主流技术,但核心技术仍掌握在少数国际大公司手中,目前,日本的住友电工、日立电线、德国的费里伯格、美国的 AXT 代表了目前国际上商用 GaAs 晶片的最高水平,主要以生产 4 英寸、6 英寸 VGF

GaAs 为主。

目前，国内砷化镓材料生产企业主要以 LED 用低阻砷化镓晶片为代表的低端市场为主，利润率较高的微电子用 4~6 英寸半绝缘晶片还没有形成产业规模。现在国内最主要的竞争来自于在一家合资公司中科晶电，这家公司采用 VGF 技术，技术较成熟，规模较大，产品种类也较多，且整个切、磨、抛生产链完备。国内其它几个公司如广东先导、天津晶明、大庆佳昌等公司则规模较小，技术水平低。

(2) 砷化镓材料今后发展趋势

①增大晶体直径，目前发达国家 6 英寸的半绝缘砷化镓产品已经商用化，国内 4 英寸产品还没有实现商用，这方面差距还比较大；

②降低单晶的缺陷密度，特别是位错，提高材料的电学和光学微区均匀性；

③提高抛光片的表面质量，针对 MOCVD 和 MBE 外延需求，提供“开盒即用”（Epi-ready）产品；

④研发具有自主知识产权的新工艺，近年国内外 VGF 砷化镓生长技术发展很快，已经成为砷化镓材料主流技术，但核心技术仍掌握在少数国际大公司手中，应在 VGF 设备和工艺方面加大投入力度。

因此，有研光电有必要在 VGF 设备和工艺方面加大投入力度，在产品的技术突破后，质量和成品率将达到国内先进水平，成本将低于国外产品，届时产品将具有很大的市场竞争力，可以大量进入国内外市场。

3.1.3 白光 LED 用新型高性能荧光粉及其产业化制备技术

3.1.3.1 研究方法

1) 采用高温固相还原法制备高光效、近球形、小粒径铝酸盐荧光粉，通过引入助剂改的技术手段善荧光粉晶粒的结晶性能；通过使

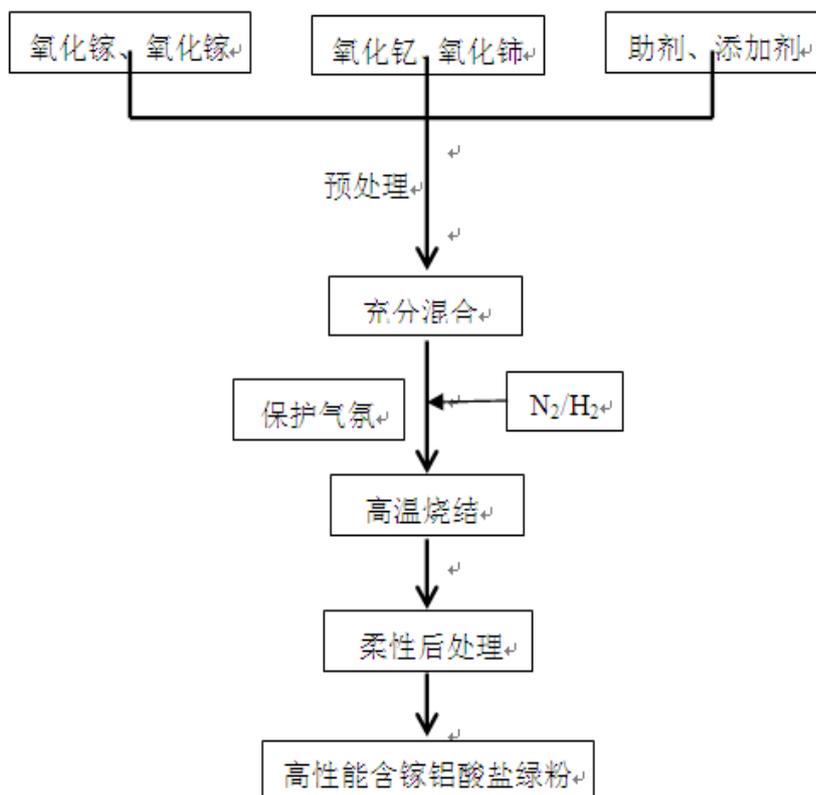
用特性添加剂和对晶化温度、保温时间、还原气氛等条件的精细化调控，确定最佳制备工艺。最后借助柔性解聚技术，对焙烧产物实施无破损解聚。

2) 通过差热—热重分析、量热分析、比热测定等，确定未知的氮化物材料的化学键和热力学数据；对 $(\text{Ca,Sr})\text{AlSiN}_3:\text{Eu}^{2+}$ 制备过程中涉及的氮化—合成—还原反应的多元多相平衡进行热力学分析；采用 O/N 分析仪等分析粉体中的氧/氮含量，研究反应过程中氧与氮的竞争以及氧分压对反应的影响；用常压高温氮化还原法和高压高温氮化还原法制备氮化物红粉和氮氧化物绿粉样品，改变焙烧气氛、温度和时间等参数，探索最佳制备工艺条件。

3) 采用 X 射线衍射 (XRD)、扫描电镜 (SEM) 及能谱分析仪 (EDS) 等对各系列、各阶段反应产物进行结构、形貌及元素分析；利用分光光度计、光谱分析系统以及光电测试系统测试上述荧光粉的激发/发射光谱、量子效率、荧光寿命、发光强度、发光亮度、色坐标、半峰宽、发射峰位等光色性能。

3.1.3.2 技术路线

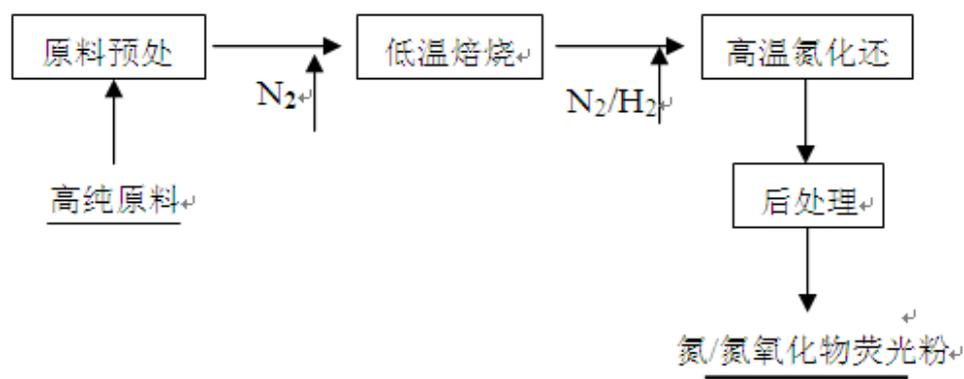
(1) 高光效、近球形、小粒径铝酸盐系列荧光粉制备工艺如下图所示。该工艺的重点在于：1) 添加特殊助剂，可以改善产品形貌，提高铝酸盐系列荧光粉的结晶性能；2) 引入特性添加剂，借助晶粒可控生长技术，通过调控荧光粉晶粒成核数目，调控其晶粒尺寸；3) 柔性解聚技术，可以无破损解聚荧光粉初产物，极大提高荧光粉颗粒的形貌完整性，及其发光性能。



高光效、近球形、小粒径铝酸盐系列荧光粉制备技术路线

(2) 白光 LED 用高性能氮/氧化物体系红色和绿色光粉制备技术路线如下图所示。采用有研稀土自行开发的常压高温氮化还原工艺。其中的关键在于：

- ① 必须有合适的高纯原料，以及对高纯原料进行合适的预处理；
- ② 适宜的氮化—还原工艺。“原料预处理”具体包括四个任务：一是原料的纯化，除去那些对发光有害的杂质离子；二是活化原料，提高原料的氮化反应活性；三是增大其与反应气体 N₂ 的有效接触面积；四是特种添加剂的引入，改善荧光粉的结晶性能，荧光粉的粒度、分散性和形貌均由其调控。“高温氮化还原”的关键参数包括焙烧气氛、气流速度、焙烧温度、焙烧时间等，这些参数均是影响氮化反应和氧化还原反应完全、快速进行的关键参数。



氮/氧化物化物体系红色和绿色荧光粉制备技术路线

3.1.3.3 创新点

(1) 针对固相法制备小粒径铝酸盐荧光粉的技术难题，本项目以具有自主知识产权的LED用荧光粉制备技术为依托，将晶粒可控生长技术和柔性解聚技术高效集成，率先开发固相法制备小粒径荧光粉的产业化技术；

(2) 针对目前液晶显示用的硅酸盐和 β -SiAlON:Eu²⁺存在的诸多问题，项目组率先开发了一款适合液晶显示LED背光源用的新结构氮氧化物片状绿色荧光粉，并申请了发明专利，填补了我国制备液晶显示用氮氧化物绿粉的专利与技术空白。

(3) 本项目试制或购置的连续气氛还原炉、连续氮化还原炉、高精度粉体分级系统则可以解决荧光粉产品批次稳定性差，荧光粉性能未达到最佳状态的行业共性技术难题。

3.1.3.4 项目的技术来源、合作单位情况；说明项目知识产权的归属情况。

白光 LED 用新型高性能荧光粉及其产业化制备技术源于自主创新，没有合作单位。项目知识产权归属有研稀土。

3.1.3.5 简述国内外发展现状、存在的主要问题及近期发展趋势。

节能是 LED 照明最大的优势，目前 LED 的光效大约是白炽灯的 8 倍。按照各国淘汰白炽灯的计划，白炽灯泡即将于 2020 年全部禁用，因此白炽灯泡后的照明市场给了 LED 照明厂商极大的商机。预计在 2010-2020 年半导体照明市场将以平均 6% 的速度增长。目前 LED 照明对通用照明领域的渗透率约 3%，预计 LED 照明占通用照明领域的比例在 2015 年将达到 50%，2020 年将达到 80%，LED 照明产品将全面进入传统照明领域，成为全球主要的照明方式。在背光源方面，由于尺寸、成本等因素，白光 LED 成为大尺寸液晶显示的首选背光源。荧光粉作为白光 LED 的关键组成部分，直接影响白光 LED 器件的光效和显色等性能，而我国系统开展白光 LED 高端荧光粉的研究起步较晚、突破性进展不大，绝大部分关键制备技术被国外企业和研发机构所掌握，因此开发白光 LED 封装用高性能荧光粉及其产业化制备技术迫在眉睫。

3.1.4 低碳低盐无氨氮萃取分离稀土新技术

3.1.4.1 研究方法

(1) 运用 X 射线衍射、X 射线荧光光谱分析、差热和热重分析等确定轻烧白云石的矿物工艺学性质、理化性能和热分解行为。

(2) 依据化学热力学和动力学，研究轻烧白云石制备碳酸氢镁溶液的反应机理，并通过气—液—固或水—有—气等多相反应动力学模型的构建，为产业化技术开发提供指导，从而强化制备反应过程和控制过程走向，提高轻烧白云石的有效利用水平。

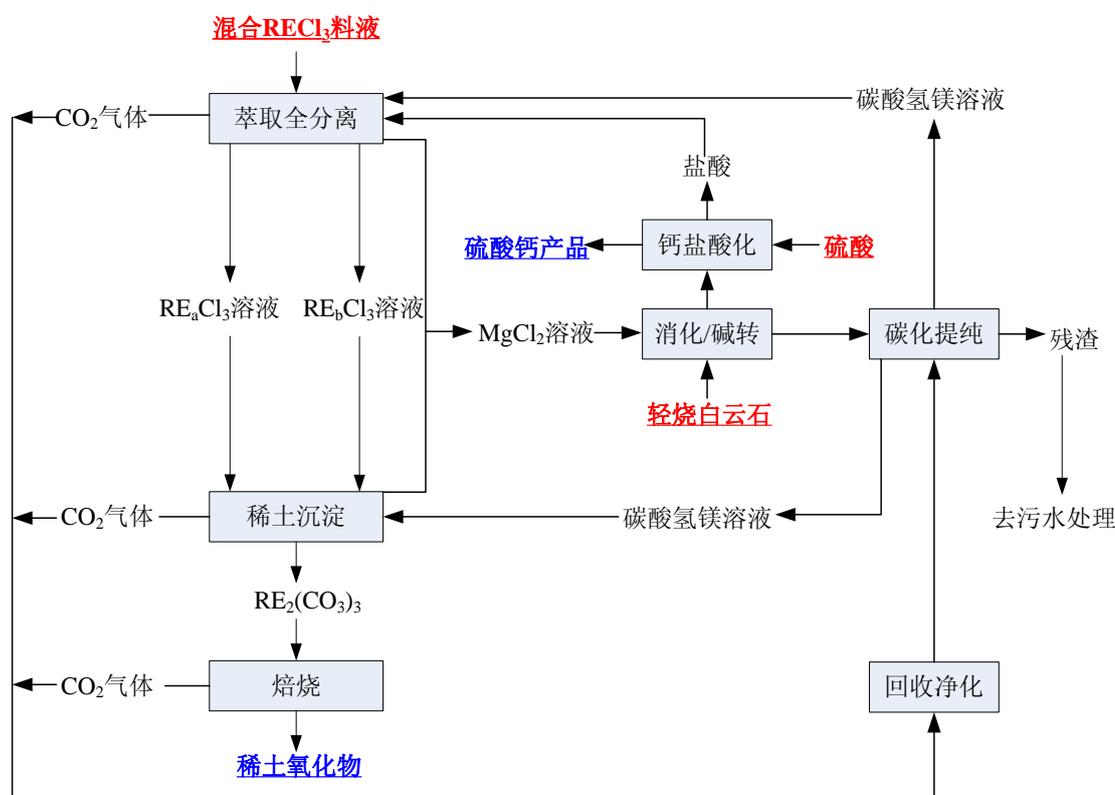
(3) 结合 ICP-MS 分析、分光光度计、二氧化碳气体分析仪以及 EDTA 容量法等化学分析手段，研究萃取机理，以及钙镁等碱土金属离子、CO₂ 气体在整个体系中的循环传递过程。

(4) 运用沉淀和结晶技术，研究新型廉价、纯净的碱土金属沉

淀剂纯化技术和稀土结晶沉淀工艺，通过溶解积差异对非稀土杂质的沉淀结晶行为进行控制。

(5) 借助粒度分析、比表面分析、扫描电镜分析等物理性能手段来表征稀土氧化物的粒度、比表面、形貌等物性指标，建立这些指标同沉淀合成工艺之间关联性，优化沉淀工艺。具体工艺技术路线见下图所示。

3.1.4.2 技术路线



低碳低盐无氨氮萃取分离稀土工艺路线

以廉价的轻烧白云石为原料，利用稀土提取过程回收的 CO₂ 进行高效碳化制备高纯碳酸氢镁溶液，分别应用于稀土萃取分离提纯和稀土沉淀过程。将稀土提取过程产生的 CO₂ 温室气体有效回收净化，应用于碳化过程，解决 CO₂ 循环利用问题，实现低碳排放。将萃取和沉淀过程回收的氯化镁废水，通过碱转有效转化为氢氧化镁，实现废水中镁的循环再利用；碱转过程产生的氯化钙废水经富集回收或硫

酸酸化，制备氯化钙产品或盐酸和硫酸钙产品，降低盐的排放。最终在上述研究的基础上，建立工业化应用示范生产线。

3.1.4.3 创新点

(1) 创新性提出碳酸氢镁溶液皂化萃取分离稀土新技术，即以自然界广泛存在的轻烧白云石为原料，稀土提取过程回收的 CO_2 为介质，通过碳化反应制备碳酸氢镁溶液，代替液氨或液碱用于稀土分离过程，实现稀土萃取分离过程无氨氮排放，成本进一步降低，技术更具有先进性和科学性，将为稀土行业达到新的排放标准提供更先进实用的技术。

(2) 将纯化的碳酸氢镁溶液用于稀土沉淀结晶，即自主开发了具有原创性的碱土金属沉淀剂和稀土沉淀结晶工艺，代替碳铵沉淀工艺，制备低成本稀土氧化物，从源头消除稀土沉淀过程的氨氮废水污染。

(3) 将稀土冶炼分离过程中的氯化镁和氯化钙废水，有效循环和综合利用，盐近零排放，无需对含盐废水进行高能耗的蒸发浓缩或高成本的膜分离，运行成本大幅降低；将稀土提取过程产生的 CO_2 回收，应用于碳酸氢镁溶液制备，实现低碳排放，符合当今社会低碳发展模式，形成化工材料的绿色清洁冶炼分离工艺。

3.1.4.4 项目的技术来源、合作单位情况；说明项目知识产权的归属情况。

低碳低盐无氨氮萃取分离稀土新技术源于自主创新，没有合作单位。项目知识产权归属有研稀土。

3.1.4.5 简述国内外发展现状、存在的主要问题及近期发展趋势。

我国稀土工作者针对稀土资源的特点，开发了一系列具有原创性的稀土分离提纯技术，其中 P507、P204、环烷酸等酸性萃取剂萃取

分离提纯稀土工艺广泛应用于稀土工业，可生产纯度为 2N~5N 的各种稀土产品，使我国稀土萃取分离水平居世界领先地位，被国际同行称为“中国冲击”。目前，我国稀土冶炼分离产品年产量约 13~15 万吨，占全球供应量的 90% 以上。但由于稀土资源品位低、成分复杂，而且共生在一起的 10 多个稀土元素性质非常相近，冶炼分离很困难，因此，在我国稀土产业快速发展的同时，冶炼分离过程仍存在化工材料消耗高、资源综合利用率低、三废污染严重等问题，主要表现在以下三个方面：

①氨氮废水排放问题有待彻底解决。在稀土生产过程中，因采用氨水（或液氨）皂化有机相进行稀土萃取分离提纯和碳铵沉淀稀土等工艺过程均产生氨氮废水，每分离提纯 1 吨稀土氧化物，要消耗 1 吨液氨和 1.6 吨碳铵，则每年产生氨氮 10 万吨以上，废水排放量达 1500 万吨/年以上。“十一五”以来，部分企业采用碳酸钠、草酸沉淀代替碳铵沉淀技术，采用液碱皂化和新开发的钙皂化、非皂化萃取，以及部分高浓度氨氮废水回收利用，使行业氨氮产排量大幅减少。

②高盐度废水排放问题日益突出。由于稀土提取过程中需消耗大量的酸、碱和盐类，造成大量 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 Ca^{2+} 、 Na^+ 、 Mg^{2+} 或 NH_4^+ 直接排入环境中。每处理 1 吨稀土氧化物，排入环境中的盐约 5 吨（以氯化物计等）。高盐度废水污染江河湖泊等水体，还造成土壤盐碱化加重，从“十二五”开始，我国稀土工业的总盐排放控制将是主要环境治理问题。

③ CO_2 温室气体排放问题未得到解决。稀土氧化物制备过程中，采用碳铵或草酸沉淀、煅烧，将会排放大量的 CO_2 气体，每制备 1 吨稀土氧化物，直接产生 1 吨 CO_2 ，间接产生 4 吨多 CO_2 。目前，本行业对 CO_2 温室气体减排尚未提出有效的解决方案。

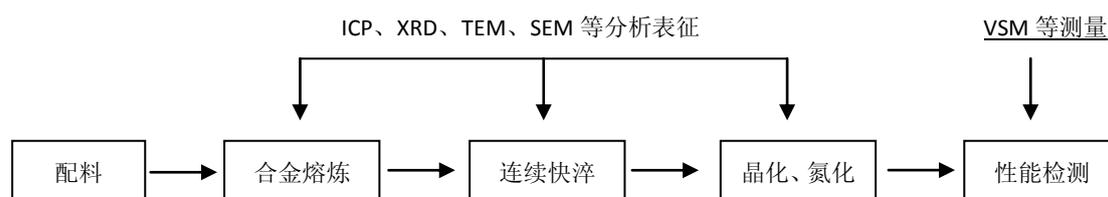
3.1.5 各向同性稀土粘结磁粉的产业化技术及装备

3.1.5.1 研究方法

本项目采用具有自主知识产权的超急冷连续快淬技术及装备，实现各向同性钕铁氮粘结磁粉的稳定成相、均匀氮化等关键技术的突破，从而实现相关产品的规模化生产。

3.1.5.2 技术路线

将稀土金属按照产品牌号进行成分配料，中频熔炼后得到稀土合金，粗破碎后进入快淬炉中进行真空快淬，快淬后的合金粉经过晶化、氮化后得到各向同性钕铁氮粘结磁粉，其中技术关键在于连续快淬与晶化（氮化）步骤。工艺流程如下：



快淬：

快淬合金相结构及其晶粒尺寸分布敏感地依赖于合金成分、快淬条件（温度和冷却速度），如何通过调整相关参数获得晶粒细小、各相晶粒尺寸和体积分数趋向最佳配合、两相均匀分布的微观组织结构是本项目的关键，通过控压熔炼及快淬技术、进行相关参数的精确协调控制，冷却辊表面线速度根据产品牌号在 30-70m/s 连续可调，保证获得稳定相结构的材料。

晶化、氮化：

快淬合金渗氮动力学较低，导致渗氮不均匀，效率低下，规模化气-固反应的渗氮过程中，如何保证批量磁粉渗氮的均匀性，及不同批次间的一致性，是制备高性能各向同性稀土磁粉的又一大关键技术问题，项目采用旋转式连续渗氮炉，均一化合金粉末接触气体分子的

机会，开发和优化氮化技术工艺，是解决该难点的有效途径。

3.1.5.3 创新点

(1) 国内首次对各向同性SmFeN粘结磁粉展开系统性工程化技术研究，重点解决钕铁合金稳定成相制备技术。

(2) 研制大型智能化连续化稀土合金快淬炉，其技术达到国际先进水平，将大幅提高我国粘结磁体行业技术水平。

3.1.5.4 项目的技术来源、合作单位情况；说明项目知识产权的归属情况。

各向同性稀土粘结磁粉的产业化技术源于自主创新，没有合作单位。项目知识产权归属有研稀土。

3.1.5.5 简述国内外发展现状、存在的主要问题及近期发展趋势。

近年来，随着各向同性稀土粘结磁粉工艺的不断完善，其应用领域的不断开拓，前景日益广阔，如在汽车工业方面包括启动电机、升降电机、风扇电机、制动器、天线自动收放电机、天窗自动开合电机、各种自动传感器等 30 种以上器件，在办公自动化方面包括计算机音圈电机、主轴电机、盘式驱动电机、步进电机等；家电类包括空调、音响、摄像机、照像机、洗衣机、吸尘器、VCD、DVD、石英钟等；此外还在体育产品保健品、通讯类（BP 机、手机）等方面得到广泛的应用，我国近年来粘结永磁平均年增长率超过了 35%，2010 年产量达到了 4000 吨，产量超过全球的 60%

磁粉是制备粘结永磁体的关键材料，分为各向同性磁粉和各向异性磁粉两种。各向异性磁粉受制于磁场成型技术，一直未实现规模生产，目前商业化规模应用的粘结稀土永磁粉绝大多数为各向同性NdFeB 粘结磁粉。由于受各向同性钕铁硼粘结磁粉专利所有者-美国MQ 公司专利限制，粘结稀土永磁体生产企业不得不购买 MQ 钕铁硼

粘结磁粉，MQ 独霸国际稀土粘结磁粉市场的 90% 以上，实施垄断性高价，磁体厂家利润率极低，运行困难，严重阻碍了我国粘结磁体产业的大规模发展。因此，研制开发出具有我国自主知识产权的粘结稀土永磁粉是我国稀土粘结磁体行业亟待解决的技术瓶颈。高性能各向同性钐铁氮 SmFeN 快淬磁粉与 MQ 粘结磁粉相比较，不仅磁性能高（目前，最高水平 SmFeN 磁粉的磁能积可达 17MGOe，比 MQ 磁粉高 20% 以上），耐热性能好、成本低等优点，而且可以消耗过剩的稀土金属钐，有助于我国稀土资源的平衡利用。

3.1.6 离子型稀土矿高效清洁提取技术开发

3.1.6.1 研究方法

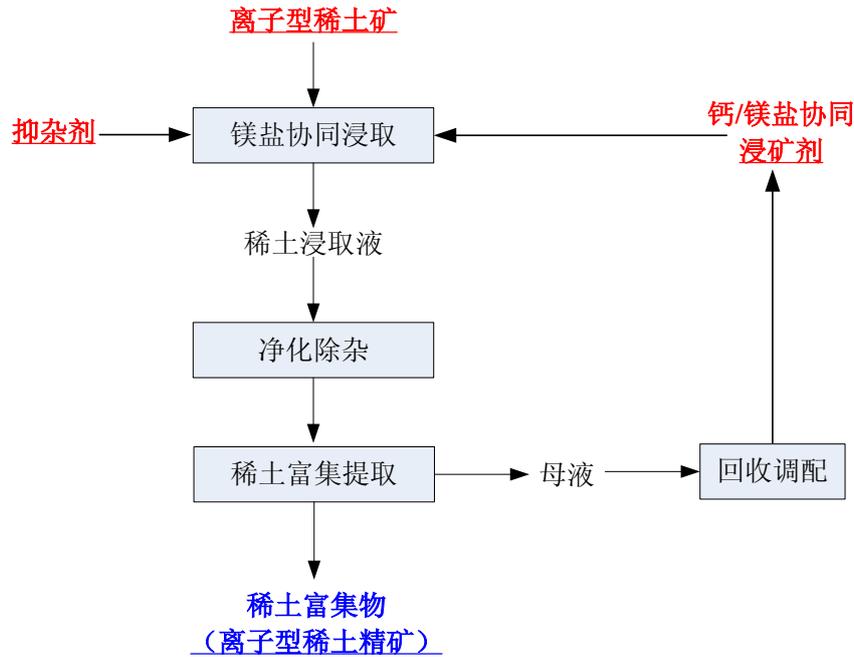
(1) 用 X 射线衍射、X 射线荧光光谱分析、差热和热重分析等确定离子型稀土矿的矿物工艺学性质、理化性能和热分解行为。

(2) 用 ICP-MS 分析、分光光度计、原子吸收仪以及 EDTA 容量法等化学分析手段，研究稀土和非稀土杂质浸出规律，以及钙镁等碱土金属离子整个体系中的循环传递过程。

(3) 依据化学动力学和热力学，采用红外光谱仪、拉曼光谱仪等研究非皂化萃取富集机理，从而强化反应过程和控制过程走向。

3.1.6.2 技术路线

针对六价离子吸附型稀土矿，以新型镁盐作为混合协同浸取剂，实现离子型稀土矿的高效浸取，获得稀土浓度高、杂质含量少的优质浸取液；无氨氮净化除杂后进行稀土浸取液分段沉淀富集提取，沉淀后产生的母液，通过回收调配重新用于浸矿，提高水的利用率并降低化工原料成本。同时开采后期，辅助添加不同比例的无机盐，使尾矿中钙镁等营养元素含量符合土壤养分比值要求。具体工艺技术路线见下图所示。



离子型稀土矿高效清洁提取工艺路线

3.1.6.3 创新点

(1)首次提出以镁盐新型复合浸取剂取代传统的硫酸铵浸取剂，减小或消除了传统离子吸附型稀土矿浸取过程的氨氮废水污染，同时能降低浸出液中铝杂质的含量。

(2)提出通过改变浸取剂中各无机盐的比例的方法调节浸取剂中阳离子在尾矿中的残留量，使尾矿中钙镁等营养元素含量符合土壤养分比值要求，以实现稀土矿的生态友好浸取。

(3)针对低浓度离子型稀土矿浸取液，提出新型分段沉淀富集稀土技术和新型分步萃取富集技术，减缓氨氮废水污染，降低生产成本。

3.1.6.4 项目的技术来源、合作单位情况；说明项目知识产权的归属情况。

离子型稀土矿高效清洁提取技术源于自主创新，没有合作单位。项目知识产权归属有研稀土。

3.1.6.5 简述国内外发展现状、存在的主要问题及近期发展趋势。

目前，中重稀土主要来源于我国离子型稀土矿，其中稀土和重稀

土储量之和占世界的 80% 以上，是我国宝贵的且独有的战略资源，它的开发和利用解决了主要内生稀土矿，诸如独居石、氟碳铈矿、混合型稀土矿等几乎只产轻稀土而中重稀土缺乏的问题。针对离子吸附型稀土矿的开采，目前工业上通常采用硫酸铵原地浸出工艺，而该工艺浸取周期长、浸取剂耗量相对较大，尾矿中残留大量的硫酸铵浸取剂，对水环境带来严重的氨氮污染问题。此外，离子型稀土矿中的铝、硅、钙、铅、铁等杂质元素不同程度地有离子相态存在，随稀土浸取时进入到浸取液中，其中铝、铁等杂质含量有时可高达 250mg/L，给后续富集带来问题。在稀土沉淀剂选择方面，最初选用草酸，但沉淀收率较低，沉淀剂草酸价格高，导致生产成本高；此外，草酸母液有毒，易造成环境污染，对人体和环境有不良影响，不符合绿色化学冶金发展趋势；后来开发的碳酸氢铵沉淀替代工艺，虽然可以彻底解决有毒的草酸沉淀剂问题，但是亦带来严重的氨氮污染。因此，离子型稀土矿的提取亟待开发绿色清洁化学工艺，以保护环境和实现可持续发展。

离子吸附型稀土矿的绿色清洁浸取技术的开发对于充分合理地利用我国离子吸附型稀土矿资源，保护生态环境有着非常重要的意义。通过对其浸取机理及矿物土壤特性的研究，开发选择性强、适应性广、浸取能力强、绿色无污染的新型无氨混合协同浸取剂，是离子吸附型稀土矿回收稀土的主要趋势。

3.1.7 热挤压磁环用片状磁粉的研发

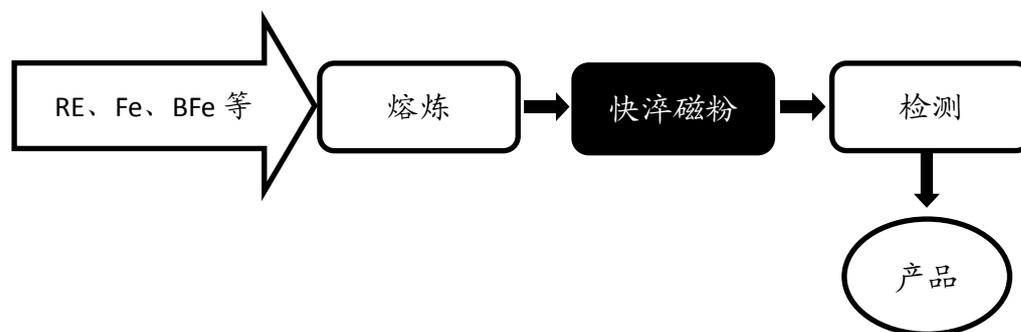
3.1.7.1 研究方法

本项目主要是无中重稀土磁粉关键技术，项目研究方法如下：

采用自主研发的感应熔炼快淬装备及相应的喷铸法，通过优化各主成分的含量并辅以各添加元素，进行相关成分的优化设计。通过优化工艺参数如喷嘴孔径、快淬速度，对成分进行匹配，从而获得高性

能快淬磁粉的稳定制备工艺。通过电感耦合等离子发射光谱仪(ICP)、X射线衍射(XRD)、扫描电镜(SEM)、振动样品磁强计(VSM)等设备进行磁粉结构与性能表征,研究材料磁性机理以及相关工艺、成分与性能之间对应关系。

3.1.7.2 技术路线



(1) 熔炼: 按照产品性能要求进行成分设计并进入熔炼炉中合金化, 过滤出原料中渣, 获得结晶的合金铸锭;

(2) 快淬磁粉: 通过调整成分与制备工艺, 采用快淬方式实现快淬磁粉的稳定批量化制备;

(3) 产品质量评价: 对获得的产品进行成分、磁性能检测。

3.1.7.3 创新点

在快淬阶段制备的磁粉晶粒只有几十个纳米, 同时热挤出温度相对烧结温度而言较低, 使得热挤出磁环晶粒可以得到较细的片状晶粒, 根据相关磁学理论, 晶粒越小, 矫顽力越高, 细小的晶粒使热挤出磁环可以在较少添加甚至不添加重稀土的情况下获得较高的矫顽力, 节省了价格昂贵的Dy、Tb使用, 降低了原料成本, 使得热压钕铁硼磁环相对烧结钕铁硼磁环具有一定的竞争优势, 特别是在重稀土价格较高的情况下, 该优势越发明显, 从而大大有利于重稀土的减量化。

3.1.7.4 项目的技术来源、合作单位情况; 说明项目知识产权的归属情况。

热挤压磁环用片状磁粉技术源于自主创新，没有合作单位。项目知识产权归属有研稀土。

3.1.7.5 简述国内外发展现状、存在的主要问题及近期发展趋势。

整体磁环根据制备工艺不同可分为烧结磁环和热挤出磁环两种，烧结磁环采用粉末冶金工艺制备，需要同极对斥产生辐向磁场使磁粉取向，由于工艺所限，该方法得到的产品沿圆周的性能差异较大，另外由于烧结变形较难控制，通常需要留出相当大的余量给加工工序，对于小尺寸、高性能、高壁和薄壁的烧结磁环难以制备，目前价格较高。相比于烧结磁环，热挤出磁环由于在快淬阶段制备的磁粉晶粒只有几十个纳米，同时热挤出温度相对烧结温度而言较低，使得热挤出磁环晶粒可以得到较细的片状晶粒，根据相关磁学理论，晶粒越小，矫顽力越高，细小的晶粒使热挤出磁环可以在较少添加甚至不添加重稀土的情况下获得较高的矫顽力，节省了价格昂贵的 Dy、Tb 使用，降低了原料成本，使得热压钕铁硼磁环相对烧结钕铁硼磁环具有一定的竞争优势，特别是在重稀土价格较高的情况下，该优势越发明显，从而大大有利于重稀土的减量化。

2014 年以后，热挤出磁环用磁粉唯一供应商—麦格昆磁在热挤出磁体晶粒取向工艺专利以及所用磁粉晶型结构方面的专利全部过期，这对我国发展热挤出稀土磁环的生产应用，突破国外在相关领域的技术垄断提供了难得的机遇；同时该磁粉与磁体的研发对降低重稀土的使用，促进稀土资源的平衡利用，推动稀土永磁产业升级有十分重要的意义。

3.1.8 铂族金属电子信息功能材料产业化技术

3.1.8.1 研究方法

研制宽域汽车氧传感器用高性能铂电极浆料制备技术，其研究方

法包括：

(1) 大粒径、高振实密度超细铂粉制备技术：通过化学还原法制备具有不同粒度、形貌的铂粉，采用特殊制备工艺提高铂粉的振实密度，分别适用于氧传感器催化铂电极、加热电极、引线电极的需要。

(2) 高结晶度片状超细铂粉制备技术：通过机械球磨法和粉体分级方法获得具有较高结晶度、粒度分布窄的片状铂粉的制备工艺。

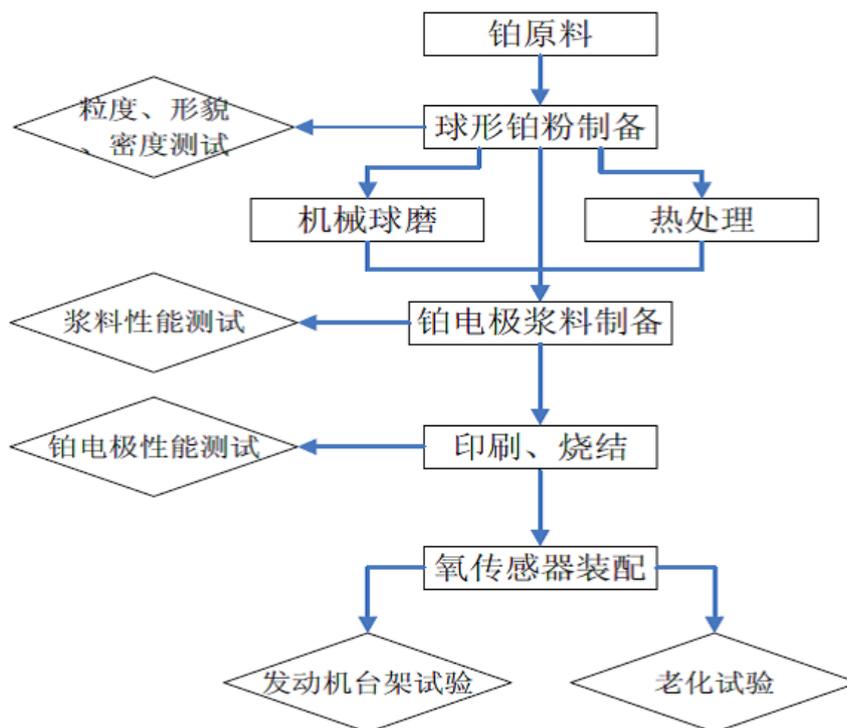
(3) 铂电极浆料与氧化锆流延片高温烧结匹配技术：通过研究不同性质铂粉搭配及添加烧结收缩抑制剂的影响，提高铂电极浆料的高温烧结性能，改善铂浆与氧化锆流延片在复杂结构下的烧结匹配性。

(4) 不同功能铂电极形貌的控制技术：通过不同性质铂粉搭配、添加造孔剂、添加剂等方法的研究，分别获得具有紧密多孔结构催化铂电极、具有均匀致密的加热铂电极；具有致密低电阻引线电极；通孔电极与氧化锆流延片冲孔填充紧密，与上下电极融合导通。

(5) 铂电极浆料加工工艺：开展系列铂电极浆料加工工艺研究，考察浆料的批次一致性，并进行宽域氧传感器的试制和性能考察，形成技术规范。

3.1.8.2 技术路线

宽域汽车氧传感器用高性能铂电极浆料制备技术工艺流程如下图所示。



宽域汽车氧传感器用高性能铂电极浆料制备技术工艺流程图

3.1.8.3 创新点

- (1) 大粒径、高振实密度超细铂粉制备技术；
- (2) 窄粒度分布片状铂粉机械球磨及分级技术；
- (3) 复杂结构下系列铂电极浆料与氧化锆流延片高温烧结匹配的配方设计；
- (4) 不同功能电极烧结后形貌控制技术。

3.1.8.4 项目的技术来源、合作单位情况；说明项目知识产权的归属情况。

本项目技术来源为有研亿金自主研发，无合作单位，项目知识产权由有研亿金完全所有。

3.1.8.5 简述国内外发展现状、存在的主要问题及近期发展趋势。

国外在汽车氧传感器用铂电极上的研究起步很早，经过多年的研究和实际应用，国外氧传感器用铂电极浆料的性能已接近物理气相沉积工艺制备的铂电极，其附着力、导电性能、氧敏性能、灵敏度、测

量范围、测量精度和使用寿命的等都得到很大提高,如德国 BOSCH、美国。由于使用铂浆法制备氧传感器的铂电极,采用“涂覆+焙烧”工序只进行一次就可以得到理想的电阻,因此被认为是一种低成本制备高活性铂电极的方法,得到了广泛应用。

国内由于起步较晚,在氧传感器用铂电极浆料上的研究较少,深度也不够,制备的铂电极浆料在使用上与国外产品有很大差距,主要表现在烧结温度低、烧结后的电极的接触电阻较大、催化活性小、氧敏性能不够、响应速度慢、附着力低、使用寿命短等。这些性能的欠缺主要是由于对超细铂粉颗粒形貌、尺寸、结晶度、无机粘结剂性质等因素对铂电极在烧结过程中的结构变化认识不足造成的。目前国外汽车氧传感器已逐步由 3 线制管式氧传感器、4 线制片式氧传感器升级换代为 5-6 线制的宽域氧传感器。由于宽域氧传感器对催化电极的敏感性、响应速度提出了更高要求,而且宽域氧传感器的功能结构也比传统 4 线制片式氧传感器复杂,这对制备氧传感器的铂电极浆料提出了更高的要求:其烧结温度更高 1450~1550℃;催化电极、加热电极与氧化锆基片共烧匹配性更苛刻;必须实现催化电极、加热电极、引线电极、触点电极功能指标更高。这些功能上的提升进一步加大了我国自主研发汽车氧传感器与世界先进水平的差距。

3.1.9 集成电路 65 纳米制程用高纯铂合金靶材

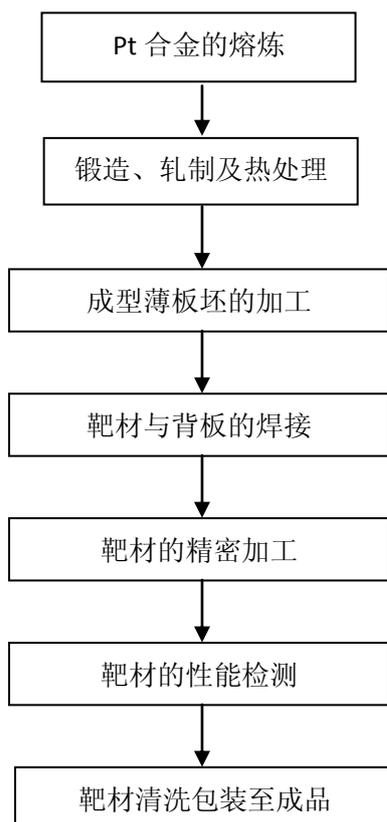
3.1.9.1 研究方法

本项目针对形状复杂的薄壁型靶材采用的研制方法是:通过控制靶材的微观组织,获取细小等轴的晶粒,在保证靶材溅射性能的同时,提高靶材的韧塑性,在此基础上,进行靶材机加工方式选择,保证靶材薄板坯的加工过程中变形小,回收率高。本技术方案能够严格控制靶材的微观组织和形状尺寸,其优势是铸件和旋压件无法比拟的;对

于靶材与背板的焊接，采用钎焊焊接，严格控制焊接工艺，避免焊接过程中的变形，本技术方案简单、可靠、成本低。

3.1.9.2 技术路线

制定的加工工艺主要包括熔炼铸造、锻造轧制及热处理、靶坯薄板加工、靶材与背板的焊接，以及精密加工等，其工艺流程图如下：



集成电路 65 纳米制程用高纯铂合金靶材研发工艺流程

3.1.9.3 创新点

项目研制 Pt 合金靶材，主要是根据溅射基台要求的靶材尺寸进行设计加工，其难点在于：

- (1) 溅射工艺要求铸锭纯度高，成分均匀，缺陷少；
- (2) 靶材直径尺寸大，厚度薄，机加工过程中容易变形，并且要求靶材加工过程中损耗小；
- (3) 含 Ni 靶材具有脆性相，难以变形加工，微观组织控制难度大；

(4) 靶材和背板采用钎焊焊接，要求焊接变形小，靶材成品厚度均匀；

(5) Pt 靶材具有磁性，溅射过程常常难以起弧，靶材需要高透磁率，且透磁率波动小；

(6) Pt 合金靶材由于其具有铁磁性，溅射过程中常形成深且窄的溅射环，因而降低溅射薄膜均匀性，为解决薄膜均匀性差的问题，需对靶材进行结构优化设计，其中关键技术及创新点包括以下几个方面：

①Pt 合金的熔炼

采用 4N5 高纯电子束熔炼镍与 4N 高纯铂，采用真空熔炼方法制备超高纯铂合金铸锭，严格控制熔炼工艺得到高纯度、低缺陷率的 Pt 合金铸锭，合金中金属痕量杂质元素的检测采用辉光放电质谱法 (GDMS)，非金属杂质元素采用 LECO 分析设备和技术，Pt 含量采用 ICP 设备进行分析。

②贵金属靶材的微观组织控制

制定合理的变形工艺，对超高纯金属及合金材料进行大变形量多向压力加工，克服合金材料的脆性，保证材料变形充分和均匀，同时配合轧制工艺和再结晶退火工艺，综合考虑各工艺参数对材料的组织性能的影响，保证热机械化处理后靶材的晶粒细化均匀，溅射面晶粒取向呈弱织构。

③贵金属靶材的薄板机加工工艺

通过实验选用合理的靶材机加工方法，减少靶材机加工中的变形，减少贵金属材料的加工率，并提高材料回收率。

④靶材与背板的焊接

研究贵金属靶材与背板的焊接工艺，实现靶材与背板紧密结合，

保证焊接的高结合率、高可靠性。采用合理的焊接控温机制，减少靶材焊接变形，保证靶材成品厚度的均匀性，同时不影响靶材的微观组织，

⑤靶材的 PTF 性能测量

采用 PTF 测量仪，检测靶材的 PTF 值，分析溅射过程中磁场分布与靶材的透磁率，保证产品溅射过程稳定，溅射薄膜厚度均匀性高。

⑥靶材结构设计

针对 Pt 合金靶材的铁磁性特征，通过对靶材进行结构设计，改善靶溅射面刻蚀相对集中的问题，提高溅射薄膜均匀性，同时提高靶材利用率。

3.1.9.4 项目的技术来源、合作单位情况；说明项目知识产权的归属情况。

本项目技术来源为有研亿金自主研发，无合作单位，项目知识产权由有研亿金完全所有。

3.1.9.5 简述国内外发展现状、存在的主要问题及近期发展趋势。

目前，国际芯片大厂在 65 纳米制程芯片方面已经全面展开，其工艺成熟、先进，良率高，产量大，设计平台成熟可靠。包括手机芯片大厂德仪(TI)及高通(Qualcomm)、网通芯片厂博通(Broadcom)，以及可编程逻辑 IC (FPGA) 大厂赛灵思(Xilinx)、Altera 纷推最高阶 65 纳米制程新产品线。2012 年 65nm 技术半导体在中国市场的销售量占到全球的了 50%，年销售额接近 200 亿美元。台积电的 65nm 市场份额可能占全球的 70%以上，占其总营收的 30%，联电占 20%及中芯国际约占 5-7%，而 GlobalFoundries 与三星也正努力追赶。

国内企业的 65nm 工艺已经开发的非常成熟，但是相比国外企业，在这个平台上也存在成本高的问题。65nm 制程的关键是需要新材料

支撑，主要使用高纯 Pt 合金靶材用于磁控溅射镀膜。其溅射靶材纯度要求高，靶材尺寸要求精度大，透磁率均匀性好。因此，靶材制备工艺难度增大，对整个靶材制备流程的工艺控制要求更加苛刻。这也使得靶材的技术门槛高，Pt 靶材也成为附加值最高靶材产品。目前，仅有国内有研亿金能够少量供应，大量需要依赖进口，存在受制于人、靶材价格昂贵、订货周期长等问题，对于整个产业降低生产成本和参与国际竞争都产生极为不利的影响。

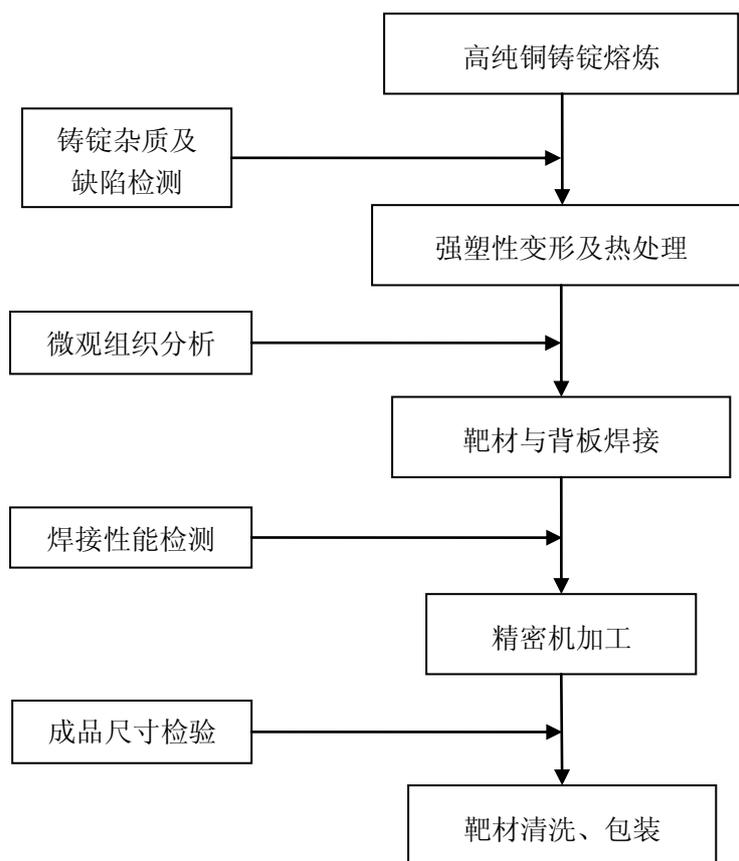
3.1.10 圆片级先进封装用超高纯铜靶材

3.1.10.1 研究方法

通过真空铸造获得高纯(5N 以上)大尺寸 Cu 锭坯，采用 GDMS、LECO 分析金属杂质元素及气体元素、超声扫描检查锭坯缺陷率；对铸锭进行强塑性变形及热处理，实现材料的大尺寸细晶均匀成形，对高纯铜的晶界进行优化，防止晶粒的异常长大；对焊接工艺进行优化，在实现大尺寸靶材的可靠焊接同时，避免焊接区域的靶材微观组织发生变化；对靶材进行结构优化设计，进一步提高靶材的使用寿命；对靶材进行精密加工，满足靶材表面高光洁度要求，同时避免产生应力层，缩短溅射烧靶时间；针对高纯铜靶材的特性建立特定的清洗包装工艺，避免靶材变质。从电解提纯至产品交付客户整个过程中，采用 SPC 方法进行管理及控制，保证产品的一致性与稳定性。

3.1.10.2 技术路线

制定的加工工艺主要包括熔炼铸造、强塑性变形及热处理、靶材与背板的焊接，靶材精密加工及清洗包装等，其工艺流程图如下：



圆片级先进封装用超高纯铜靶材研发工艺流程图

3.1.10.3 创新点

(1) 靶材微观组织及织构控制

由于铜具有面心立方结构的 α 相，其层错能 γ 值较低，约为 $0.04 \text{ (J/m}^2\text{)}$ ，完全再结晶后呈典型的退火孪晶组织。由于孪晶的点阵与基体点阵呈错位关系，该位置的原子在磁控溅射时极易被打出，造成靶材表面出现“尖端”，导致放电起弧。本项目中采用多向锻造、轧制和热处理工艺的有效合理结合，实现靶材晶粒细小均匀和有效抑制孪晶的形成，对高纯铜的晶界进行优化，防止晶粒的异常长大。

(2) 靶材与背板的可靠焊接

采用大型精密温控设备，对靶材和背板的温度进行准确控制，使得焊料能够充分浸润。采用辅助设施保证焊接面的平整对齐。达到高纯靶材与背板焊合率 $>98\%$ 的同时又保证焊接靶材平整性、消除焊接

过程中产生的应力变形。对焊接工艺进行优化，在实现大尺寸靶材的可靠焊接同时，避免焊接区域的晶粒的异常长大。同时采用超声无损探伤技术快速检测焊接质量，保证焊接可靠性。

(3) 大尺寸高纯铜靶材清洗技术

针对高纯铜靶材的特性建立特定的清洗包装工艺，避免靶材变质。

3.1.10.4 项目的技术来源、合作单位情况；说明项目知识产权的归属情况。

本项目技术来源为有研亿金自主研发，无合作单位，项目知识产权由有研亿金完全所有。

3.1.10.5 简述国内外发展现状、存在的主要问题及近期发展趋势。

目前，全世界集成电路制造用溅射靶材的生产企业主要集中在美国、日本等国家，这些国家的靶材生产企业从金属材料的高纯化制备到靶材制造生产具备了完备的技术垂直整合能力。国内优势企业在国家政策支持下，进行半导体溅射系列靶材开发与产业化攻关，已经初步实现了我国在中低端产业高纯铝、铜、钛、钽、镍等高纯金属及溅射靶材的国产化，在高端集成电路用靶材方面已经具备了一定的技术开发能力和产业基础。有研亿金是我国唯一、全世界第三家能够全面掌握集成电路制造用全系列高纯金属靶材制备的公司，形成了全国领先的技术和产业优势。由于建设投资投入不足、管理和资源配置的不到位，我国还没有出现能达到国际一流靶材制造业水平的综合性电子材料公司，高端靶材市场主要被国外公司占领。自 2014 年以来，国家对于集成电路产业扶植规划力度空前，整个产业将迎来最快的发展阶段。我国以及全球集成电路产业对高端材料和产品的持续、巨大需求为材料企业自主创新提供了宽广的舞台。

随着集成电路制造技术的发展，芯片 I/O 数量的增加对封装技术

提出了不断提高封装密度和封装效率的要求，同时，现代电子产品越来越复杂的功能、体积的轻、薄、短、小，也对封装技术提出了不断减小体积和重量的要求。封装行业呈现出向着高密度、多 I/O 数系统封装（SiP）、高频、大功率、薄型化、微型化、不对称化和低成本化、多芯片封装、三维立体封装和绿色环保化等方向发展。

目前，由于高纯金属及其合金靶材作为封装的配套材料，要求向高纯度、大面积、细晶粒的方向发展，其中超高纯 Cu 靶材是一种技术难度大、附加值高的高新技术产品，但由于国内研究及生产水平的限制，该类材料目前多依赖于进口，且价格十分昂贵。因此，针对集成电路圆片级先进封装工艺需求，研究开发和完善高纯靶材制备技术和品质控制技术，解决封装技术领域用高纯铜靶材的国产化供应问题，实现大尺寸、微观组织可控、高强度、高稳定性和长寿命的高效能溅射靶材生产。

3.2 成熟性和可靠性

3.2.1 有研光电

有研光电在产品的研发、生产环节具有突出的技术优势：有研光电是从有研总院半导体锗和红外材料材料研究室、化合物半导体研究实的基础上发展而来，承担多项国家重大课题和科技专项，在单晶生产技术、超纯制备技术、气相沉积技术、光学加工技术等关键领域拥有深厚的积累和突出的成就，主导和参与了多项行业标准，拥有百余项技术专利。经过多年的产业化和企业的发展，有研光电已成为国内相关领域的技术领军企业和主要厂商，在各主要产品领域拥有世界先进和国内领先的技术水平，是部分产品的全球主要厂商和国内独家厂商，拥有突出的技术和规模优势。项目均采用具有自主知识产权的技术。其中：

3.2.1.1大直径蓝宝石衬底材料

目前已经完成中试线基础设施建设，通过改进蓝宝石单晶炉冷却水循环系统，并安装备用发电机以确保供电和试运行。通过前期提升蓝宝石晶体质量的研究，对TT蓝宝石单晶生长方法进行消化吸收，生长得到75公斤以上完整的高质量蓝宝石晶体。进行10炉次单晶生长持续性改进实验，通过数值模拟技术，研究大尺寸、高质量蓝宝石晶体生长合理热场；掌握了大尺寸高质量蓝宝石晶体生长技术；节省实验次数和时间提升蓝宝石晶体的优良率，晶体可用长度（无气泡和裂纹）占整晶体长度的比例由原来约40%提升到约75%；研究蓝宝石晶体中气泡尺度、密度形成的机理，掌握控制蓝宝石晶体生长全过程的气泡尺度、密度控制方法；气泡的尺度由原来50%晶体长度以上有肉眼可见气泡到用激光照射不到20%的区域观察有气泡。目前技术成熟度达到5级，授权专利2项，申请专利1项。

3.2.1.2垂直梯度凝固砷化镓

目前建成了 VGF 砷化镓晶体生长、加工、测试厂房，用于垂直法 GaAs 单晶炉设备的科研生产运行。设计并改进单晶炉设备，通过设备调试，设计出 4 英寸 VGF-GaAs 单晶生长设备的关键运行参数和单晶生长的技术方案，并确定试验的初步工艺参数；同时，配备配电柜、排风设备，用于垂直法 GaAs 单晶炉的运转；建造 3 台适合生长 VGF 砷化镓单晶的生长设备和热场系统，进行单晶生长工艺调试，确定基本技术方案和工艺参数。目前技术成熟度达到 4-5 级，授权专利 1 项，申请专利 2 项。

3.2.2 有研稀土

有研稀土在产品的研发、生产环节具有突出的技术优势：有研稀土具备了国内领先的荧光材料工程化研究的硬件条件；在试验及检测

硬件方面：有研稀土拥有许多一流的实验设备和分析检测设备为本项目实施奠定了坚实基础；研发力量方面：稀土中心在发光材料领域拥有一支老中青相结合、业务基础扎实、实践经验丰富的研究开发队伍，为本项目顺利实施提供智力支持。项目均采用具有自主知识产权的技术。其中：

3.2.2.1白光LED用新型高性能荧光粉及其产业化制备技术

目前已完成了高光效、近球形、小粒径铝酸盐系列黄粉及其产业化制备技术，含镓铝酸盐绿粉低氢高效、洁净产业化制备技术和铝酸盐系列荧光粉柔性解聚先进后处理技术开发，开发出 2 种高光效、近球形、小粒度铝酸盐黄绿色荧光粉，亮度达到国内同期先进水平，实现铝酸盐荧光粉粒度在 3-20 微米范围可调可控。开发出 5 款高光效、高结晶度含镓铝酸盐绿粉，满足显色指数 70 和 80 应用需求。开发出具有核心知识产权的新型氮氧化物绿色荧光粉，荧光粉发射 $525 \pm 5\text{nm}$ ，光谱半高宽 $70 \pm 2\text{nm}$ ，外量子效率 >0.60 。开发出高耐候性氮化物红粉制备技术，获得了 5 款高耐候性氮化物红粉产品，全面提升了 LED 荧光粉及其制备的 LED 器件的稳定性。通过铝酸盐绿粉和氮化物红粉的有效匹配，获得了多款高效 LED 荧光粉产品组合，与蓝光芯片匹配实现了 LED 器件的色温范围为 2500-8000K 可调可控，当显色指数为 70 时，光效达到 160 lm/W 。目前已形成年产 20 吨上述高性能荧光粉的工程化技术开发和测试平台。上述研究成果已申请国内发明专利 10 项，PCT 发明专利 1 项，发表 SCI 论文 6 篇。该技术成果成熟度高，2014 年中国有色金属工业协会组织对相关技术进行了鉴定，鉴定意见认为：该项目提升了我国 LED 荧光粉的整体技术水平，满足了 LED 器件产业的应用需求，推动了半导体照明产业化的国产化进程，提高了稀土资源的高附加值利用。项目的整体技术水平达到国

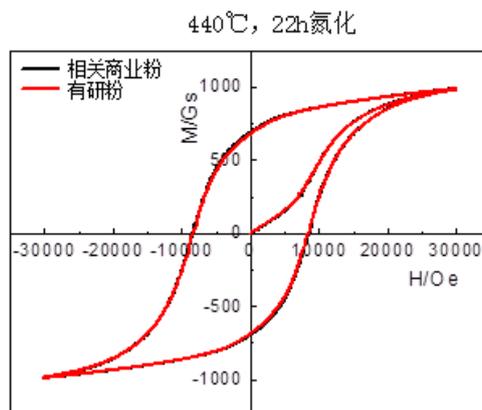
际先进水平

3.2.2.2 低碳低盐无氨氮萃取分离稀土新技术

目前本项目开发成功具有原创性的低碳低盐无氨氮萃取分离提纯稀土新技术，突破了稀土分离提纯过程中酸、盐和 CO₂ 等物料低成本回收利用关键技术，大幅度减少盐和温室气体排放，萃取分离过程稀土回收率达到 99.5% 以上，镁循环利用率大于 95%，CO₂ 回收利用率大于 90%，水资源循环利用率大于 85%，材料成本降低 35% 以上，稀土平均回收率大于 94.5%。开发成功特殊物理性能高纯稀土制备技术，稀土化合物产品相对纯度达到 3N~5N，并规模化制备出大比表面（氢）氧化镧、超微细 YSZ 粉体、高性能抛光粉、大比表面氧化钇等特殊组成和形貌的稀土氧化物，中值粒径 D₅₀ 为 0.5~5 μ m，粒度分布(D₉₀-D₁₀)/(2D₅₀)为 0.5~1，比表面、形貌等物性指标实现可控，达到用户要求。该技术成熟度高，2014 年入选国家工信部《稀土行业清洁生产技术推广方案》加快推广技术；2015 年入选国家发展改革委《国家重点推广的低碳技术目录（第二批）》；2015 年入选国家科技部《节能减排与低碳技术成果转化推广清单（第二批）》。

3.2.2.3 各向同性稀土粘结磁粉的产业化技术及装备技术

目前项目按计划进行，截止目前为止已经建成年产 400 吨规模生产，本项目采用具有自主知识产权的超急冷连续快淬技术及装备，稳定实现各向同性钕铁氮粘结磁粉的稳定成相、均匀氮化等关键技术。



种类	氮化后氧含量/ppm	氮化后氮含量/ppm	Hc/Oe	Br/Gs	(BH)
自产样品	1200	30200	8.5	8.6	12.54
	1115	30544	8.4	8.6	12.7
	1302	29682	8.3	8.6	12.34
商业粉	1005	30251	8.3	8.8	12.63

SmFeN 粘结稀土永磁粉属于高新技术产品、附加值高，用该产品制备磁体，不仅可以提高磁体磁性能，而且能够大幅度提高磁体的热稳定性，拓宽磁体的应用领域。此外，本项目的实施对稀土资源平衡利用，消耗过剩的金属钐，节约金属钕及宝贵的重稀土元素镱，提升我国粘结稀土永磁行业技术水平及国际竞争力，促进我国稀土行业可持续发展具有重要的现实意义，具有较好的社会及经济效益，风险可控。

3.2.2.4 离子型稀土矿高效清洁提取技术开发就技术

目前，本项目已在广西崇左进行浸取-沉淀富集回收稀土扩大试验。扩大试验结果表明循环过程对稀土的浸出率基本没有影响，不算顶水的稀土在内时，硫酸镁浸出，稀土浸出率能够达到 95%，镁铁复合达到 98%，采用氧化镁和氧化钙，稀土损失都能控制在 5%以内。分段沉淀试验中，稀土纯度可达 85%以上，稀土沉淀率均在 99%以上，影响纯度的主要因素是硫酸根的夹带造成的，而采用分步离心萃取，轻稀土和中重稀土分别富集到 240g/L 以上。因此，本项目具有

较高的技术成熟度。

有研稀土对包头混合型稀土矿、氟碳铈矿和离子吸型稀土矿、磷钇矿和独居石等各类稀土资源采选开展了大量的基础研究，申请了多项原创性专利。近期又提出了离子型稀土矿无氨氮浸取新工艺和稀土元素无氨氮沉淀新工艺，并开展了大量前期研究工作，目前已申请发明专利《一种从离子型稀土原矿回收稀土的新方法》和《一种金属离子的沉淀方法》。同时，针对低浓度稀土浸取液的其他处理方法亦展开了研究工作，提出非皂化—离心萃取分离技术，实现了轻中重稀土元素初步分组效果，并正在申请发明专利；此外，开展磷矿微量稀土元素富集技术已申请发明专利《一种采用离心萃取设备从磷酸中富集微量稀土的工艺》。

近年来，针对稀土生产的环保问题，国家出台了若干政策法规进行严格整治。国务院鼓励企业利用原地浸矿、无氨氮冶炼分离、联动萃取分离等先进技术进行技术改造。通过对离子型稀土矿的高效绿色开采和环境保护研究项目，所形成的成果的应用与推广，可使南方离子型稀土资源的综合利用率提高 10% 以上，按今后广西地区规模化开采每年生产 2 万吨离子型稀土精矿计算，可减少离子型稀土资源储量消耗 2000 吨左右，增加企业销售收入 4 亿元、利润超过 1.2 亿元/年，增加税收 1.3 亿元左右。研究和实施的技术成果还可同时推广到我国南方离子型稀土的主产地进行实施，经济社会效益非常巨大。

我国离子型稀土资源丰富，广泛分布在江西、广东、广西等南方七省。本项目开发的离子型稀土资源高清洁技术对离子型中重稀土资源的冶炼分离具有普适性，因此市场空间广阔。

3.2.2.5热挤压磁环用片状磁粉技术

目前，有研稀土已经具备粘结磁粉产业化能力，在装备及产品开

发方面取得了优异的成绩，具体如下：

①开发出的 100kg 级智能连续快淬装备，具备连续加料、在线取样等功能，设备具有高自动化水平，实际运行过程中最高快淬轮速达 55 m/s，已用于生产高性能 NdFeB 快淬磁粉，最高磁能积达 16MGOe；

②自主开发 SmFe 合金控压熔炼技术及装备，有效解决由于 Sm 蒸汽压高、易挥发导致 SmFe 合金成相不稳定的难题，有效抑制非磁性或其它软磁性杂相生成。

③开发出适合于热压磁体用的无中重稀土快淬永磁粉末，初步实现磁粉在高性能伺服电机中的使用，在粉末与磁体的匹配性等方面展开了探索。

上述取得的成绩为热压磁环用磁粉的开发奠定了基础，目前该项目在市场需求分析、技术方案、人员队伍、设备等方面已较为成熟，按九级技术成熟度标准划分，该项目的技术成熟度可达四级。

鉴于有研稀土已经基于连续快淬技术建立了一条高性能快淬磁粉中试生产线，装备水平、产品磁性能、耐高温等各项指标均达国际先进水平，在真空感应熔炼、连续快淬、连续晶化氮化等环节积累了丰富的经验，为热压磁环用磁粉的大规模产业化奠定了较为坚实的基础，该项目的实施具有较大的技术优势，风险可控。

3.2.3 有研亿金

有研亿金拥有多年专业从事稀有和贵金属材料研究、开发、生产和销售的经验。稀贵金属产业及高端电子信息用薄膜材料研发一直是公司的重点发展方向，目前靶材领域已申请专利 86 项，获得授权 44 项，主持和参与制定标准共计 31 项，其中国家标准 10 项，行业标准 21 项。金属浆料领域已申请专利 7 项，获得授权 1 项。

3.2.3.1 铂族金属电子信息功能材料产业化技术

有研亿金在电子浆料的研究开发方面有着丰富的工作经验，实力雄厚，自主研制了微电子技术用系列超细贵金属粉体（Au、Ag、Pt、Pd）、银系导体浆料、银钯系列浆料、粘接型低温固化银导电胶、传感器用贵金属电极浆料等，具有开发高性能厚膜电子浆料、先进贵金属超细粉体的工艺和技术。

有研亿金拥有较齐全的用于贵金属超细粉体及电子浆料研制的设备和检测仪器，包括化学成分检测（ICP-MS、ICP-OES）、物相检测（XRD）、微观形貌检测（SEM）、热力学检测（DSC）、力学性能检测、电性能检测等手段，为新产品的开发提供了技术保障。公司拥有一支以教授级高级工程师带领、以中高级技术人员组成的贵金属电子浆料和超细粉体研发生产队伍，有丰富的微电子用高性能电子浆料及超细粉体研制和开发经验。

有研亿金长期从事贵金属电子浆料的研究开发，在电极浆料的研究开发和生产方面有丰富的经验，并形成多项具有自主知识产权的产品。通过十二五期间科技支撑计划的支持，已对普通四线制片式汽车氧传感器用铂电极浆料制备工艺进行了初步试制，可以从技术上对本项目研究内容的实现形成支撑。

3.2.3.2 集成电路65纳米制程用高纯铂合金靶材

有研亿金在金属提纯及加工技术方面的实力雄厚，已形成以高纯金属靶材为特色的国内系列高端靶材的技术和产业优势。

在高纯铂合金材料的研制方面已经积累了丰富的理论和实践经验，通过十二五期间科技支撑计划的支持，已建立了纯度大于 5N 的高纯铂提纯的中试线，完成 5N 超高纯铂电解工艺的研究，目前具有稳定年产 0.5 吨 5N 超高纯铂的生产能力。已具有靶材锻压加工中试装备、靶材热处理中试装备、靶材精密切削加工生产设备、靶材内部

缺陷 C 扫描探伤设备等在内的近 50 台关键实验设备及相应的化学超净间。通过科技支撑计划项目的支持，有研亿金已实现了 4-10 寸铂合金靶材的中试线建立，在铂合金靶材的加工制备及性能检验方面积累了较丰富经验。同时，在课题期间对 65nm 制程用高纯铂合金靶材进行了初步试制，可以从技术上顺利实施此项目内容。

本项目将在已有研究的基础上，集中力量针对 65nm 高端半导体集成电路制造的需求展开工作，攻克靶材制造加工难关，形成高纯 Pt 合金靶材产业，以满足降低国内半导体市场的成本，同时促进国内电子信息产业的技术进步与产业升级。

3.2.3.3 圆片级先进封装用超高纯铜靶材

有研亿金在金属提纯及加工技术方面已形成以高纯金属靶材为特色的系列高端靶材的技术和产业优势。在高纯铜材料的研制方面积累了丰富的理论和实践经验，通过 2009 年的 02 专项的支持，已建立了纯度大于 5N 高纯电解铜的中试线，完成 5N 超高纯铜电解工艺的研究，目前具有月产 1.5 吨 5N 超高纯电解铜的生产能力。通过前期试验表明，强塑性变形方式结合正确的热处理工艺，能够显著细化高纯铜的晶粒尺寸和改善孪晶，可实现靶材晶粒细小均匀、取向可控。利用高精度大型数控机加工设备加工靶材，通过三坐标测量仪测量靶材尺寸，表面粗糙度仪测量粗糙度，可确保靶材尺寸精度、表面粗糙度达标。通过设计开发新型的焊接技术可以实现高纯铜靶材与背板的可靠连接。已具有靶材锻压加工中试装备、靶材热处理中试装备、靶材精密切削加工生产设备、靶材内部缺陷 C 扫描探伤设备等在内的近 50 台关键实验设备及相应的化学超净间，从技术上为本项目奠定基础。

4、市场调查与竞争能力分析

4.1 产品的主要用途，主要应用领域的需求、未来市场预测。

4.1.1 大直径蓝宝石衬底材料

蓝宝石晶体具有优良的光学、机械、化学和电学性能，被广泛用作红外军事装置、卫星空间技术、高强度激光的窗口材料，同时也是目前大多数光电子器件外延衬底的首选材料之一，其最大的应用是作为 GaN 基 LED 外延片的衬底材料，是高端 LED 芯片产业上游技术产品。LED 具有亮度高、体积小、耗电量低、使用寿命长、响应速度快等特点而广泛应用于显示屏、背光源、汽车车灯、室内装饰灯、交通灯、景观照明、通用照明等。LED 照明用蓝宝石衬底占蓝宝石衬底应用比例达 90% 以上。因此，LED 对蓝宝石衬底需求影响最为直接，也最为重要。

随着能源紧缺问题越来越突出，LED 重要性和市场空间更加显著。半导体照明产品 LED 节能环保，是下一代光源的发展方向，有着巨大的发展空间。保守估计，全球蓝宝石衬底的需求（以 2 英寸计）2012 年 12000 万片，近五年内全球蓝宝石基片用量正以每年 20% 的速度增长，具有广阔的市场前景。

4.1.2 垂直梯度凝固砷化镓

砷化镓（GaAs）材料与传统的硅半导体材料相比，它具有电子迁移率高、禁带宽度大、直接带隙、消耗功率低等特性，电子迁移率约为硅材料的 5.7 倍。因此，广泛应用于高频及无线通讯中制做 IC 器件。所制出的这种高频、高速、防辐射的高温器件，通常应用于无线通信、光纤通信、移动通信、GPS 全球导航等领域。除在 IC 产品应用以外，砷化镓材料也可加入其它元素改变其能带结构使其产生光电效应，制成半导体发光器件，还可以制做砷化镓太阳能电池。

垂直梯度凝固砷化镓产品既可用于微电又可用于光电高亮 LED，是市场主流产品。VGF-GaAs 单晶既可作为光电用高亮度红、橙、黄色 LED 的衬底材料，又可制作微电用超高频、微波器件和电路。随着科技进步，半导体行业的发展，GaAs 材料在微电子和光电子领域近十几年持续快速增长。VGF-GaAs 单晶占据 GaAs 单晶材料的大半江山，在微电子领域，主要用 4 英寸、6 英寸 VGF-GaAs，而在高亮 LED 领域，VGF-GaAs 单晶的用量也是最大的。

目前，高亮度 LED 用 4 英寸 VGF-GaAs 单晶全球需求 15-20 万片/每月，占光电用 GaAs 单晶用量 1/2（按面积换算）。微电子用 4 英寸 VGF-GaAs 单晶每月全球需求 20 万片，占微电用 GaAs 单晶用量 1/2 以上。客户主要集中在美国、日本、欧洲、中国大陆及台湾。

砷化镓（GaAs）材料是目前生产量最大、应用最广泛，因而也是最重要的化合物半导体材料，是仅次于硅的最重要的半导体材料。由于其优越的性能和能带结构，使砷化镓材料在微波器件和发光器件等方面具有很大发展潜力。目前砷化镓材料的先进生产技术仍掌握在日本、德国以及美国等国际大公司手中，与国外公司相比国内企业在砷化镓材料生产技术方面还有较大差距。

4.1.3 白光 LED 用新型高性能荧光粉及其产业化制备技术

本项目产品主要应用于白光 LED 照明和显示。在照明领域，2014 年，我国半导体照明产业整体规模达到 3507 亿元人民币，较 2013 年的 2576 亿元增长 36%，继续保持高速增长态势，我国稀土发光材料年用量超过 100 吨。在显示领域，2014 年智能手机、平板电脑及大尺寸电视的出货量持续扩大，LED 背光应用增幅趋缓，年增长率约 20%，产值达到 468 亿元。预计未来几年 LED 照明和显示市场仍将保持高速增长态势。

本项目铝酸盐、氮化物系列荧光粉产品在光色性能方面与国外产品差异不明显，有一定的市场竞争力。目前 LED 荧光粉国外市场售价相对较高，售价约为国内市场的 2-3 倍。

4.1.4 低碳低盐无氨氮萃取分离稀土新技术

在经济效益方面，低碳低盐无氨氮分离提纯稀土化合物新技术推向工业化生产，可将稀土回收率提高 1~2 个百分点，达到 99.5% 以上，化工材料消耗成本降低 35% 以上，从而实现稀土氧化物高效清洁生产。每制备 1 吨稀土氧化物，可降低化工原材料消耗 2000 元以上，按照目前 15 万吨/年分离能力计算，在行业推广后，可节约运行成本 3 亿元，经济优势显著。

在社会效益方面，低碳低盐无氨氮分离提纯稀土化合物新技术将稀土萃取分离、低盐排放、低碳排放、材料制备等技术有机结合，革除了氨氮废水污染，大幅度降低了高盐度废水和 CO₂ 温室气体排放量，减少环境污染，不但对稀土清洁生产发展机制具有宝贵的借鉴意义，而且为稀土行业全面达到国家稀土工业污染物排放标准提供有力的技术支撑。

4.1.5 各向同性稀土粘结磁粉的产业化技术及装备

粘结磁体特别适合现代电子信息器件短小轻薄的市场需求，近些年工艺的不断完善，应用领域的不断开拓，其前景日益广阔，如在汽车工业方面包括启动电机、升降电机、风扇电机、制动器、天线自动收放电机、天窗自动开合电机、各种自动传感器等器件，我国近年来粘结永磁平均年增长率超过了 35%，2010 年产量达到了 4000 吨，产量超过全球的 60%，SmFeN 比 NdFeB 具有很好的优势，不仅打破了 MQ 粘结磁粉的垄断，同时可以消耗过剩的稀土金属钆，有助于我国稀土资源的平衡利用。

4.1.6 离子型稀土矿高效清洁提取技术开发

本项目是针对南方离子型稀土矿原地浸矿开采过程中存在的资源回收率低、产生大量氨氮废水、低品位稀土资源难回收等关键技术问题，开发离子型稀土矿高效清洁提取技术。近年来，针对稀土生产的环保问题，国家出台了若干政策法规进行严格整治。《中国制造 2025》和《国民经济和社会发展第十三个五年规划》均将绿色制造作为主要发展方向，支持绿色清洁生产，推进传统制造业绿色改造。目前，该技术为本企业首创，且已经开始实施扩大试验。因此，该项目具有较强的市场竞争力。

4.1.7 热挤压磁环用片状磁粉的研发

热压磁环主要应用于 EPS 电机、伺服电机等。热压钕铁硼不使用重稀土,但可实现与烧结媲美的磁性能。据测算,随着汽车 EPS 市场爆发,热压钕铁硼市场规模有望由 2012 年的 1500 吨快速增至 2017 年的 5000 吨,相当于近半个粘结钕铁硼市场规模。

4.1.8 铂族金属电子信息功能材料产业化技术

铂电极浆料主要用于汽车氧传感器中各种功能电极的制造。预测我国每年对汽车氧传感器的需求量至少在 2-2.5 亿只,用于生产氧传感器的铂浆年用量达到 10000kg,价值约 40 亿元。

4.1.9 集成电路 65 纳米制程用高纯铂合金靶材

高纯铂合金靶材是制造高性能的 65nm 甚至更小特征尺寸的 IC 器件的必需材料。随着半导体集成电路集成度的提高和电路规模的增大,电路中单元器件尺寸不断缩小,图形特征尺寸成为每一代集成电路技术的特有表征。而特征尺寸的减小,原广泛用于特征尺寸为 130nm 和 90nm 的钴基、钛基硅化物的触头已经不再适用,而应用在 65nm 及以下特征尺寸的硅化物主要为 Pt-硅化物触头。利用铂合金在

应变晶格半导体衬底上形成 65nm 间隙的晶体管，这样制成的金属-半导体器件具有低功耗、大电流、超高速等特点。

目前，国际主流生产工艺技术已经由 90 纳米工艺技术过渡到 65 纳米技术，而特征尺寸的减小促使用于晶体管形成和加工的半导体材料得到发展。

4.1.10 圆片级先进封装用超高纯铜靶材

圆片级超高纯铜靶材主要用于电子封装技术。作为封装的配套材料，是一种技术难度大、附加值高的高新技术产品，但由于国内研究及生产水平的限制，该类材料目前多依赖于进口，且价格十分昂贵。目前，该产品向着高纯度、大面积、细晶粒的方向发展。

随着集成电路制造技术的发展，芯片 I/O 数量的增加对封装技术提出了不断提高封装密度和封装效率的要求，同时，现代电子产品越来越复杂的功能、体积的轻、薄、短、小，也对封装技术提出了不断减小体积和重量的要求。封装行业呈现出向着高密度、多 I/O 数系统封装（SiP）、高频、大功率、薄型化、微型化、不对称化和低成本化、多芯片封装、三维立体封装和绿色环保化等方向发展。

4.2 国内同类产品主要研发机构和生产厂家开发、生产情况

4.2.1 大直径蓝宝石衬底材料

国内蓝宝石晶体生长的企业还处于初期建设阶段，以云南蓝晶科技股份有限公司哈尔滨工大奥瑞德光电技术有限公司公司为代表。

云南蓝晶科技股份有限公司成立于 2002 年，是专门从事晶体生产设备制造、晶体生长工艺研究、开发、生产，以及 LED 衬底片生产的现代高新技术企业。云南蓝晶科技股份有限公司已成为国内规模最大的光电子 LED 半导体照明衬底片生产及研发企业。但采用“坩埚下降法”，晶体的质量不高，只能用于低端客户，前景不乐观；哈尔滨

工大奥瑞德光电技术有限公司拥有两条蓝宝石晶体生产线，晶体生长设备约 80 台，能够生长直径 200-250mm 的蓝宝石晶体，最大晶体尺寸 $\Phi 325 \times 260$ mm、重 68.58 公斤，因晶体质量也未批量用作 LED 衬底；有研光电新材料公司从 2012 年开始进行蓝宝石晶体的研发工作，采用热交换法和泡生法进行晶体生长，结合热交换法和泡生法的特点，研发出改进的热交换法，生长晶体尺寸能够达到直径 150mm，长度 280mm，重量 20kg。2011 年有研光电在蓝宝石发展势头迅猛时期瞄准蓝宝石发展的大尺寸，目标是建立大直径蓝宝石的晶体生长平台。大量调研后，在当时条件下，最终引进美国 TT 公司蓝宝石炉，TT 公司只承诺提供设备，没有成熟的蓝宝石晶体生长技术。虽然引进 TT 蓝宝石炉目前生长出蓝宝石晶体重量达 90 公斤，但生长的蓝宝石晶体与 Rubicon、Monocrystal 相比，晶体完整性差，有气泡、开裂等，还存在较大的差距，因此，蓝宝石晶体生长技术需要进一步的研究和提升。

4.2.2 垂直梯度凝固砷化镓

国内外生产 GaAs 的规模企业一共十家左右，基本集中在日本和中国。现在日本依然是 GaAs 材料最大的生产国，然而中国在材料、人员成本占优的情况下，竞争优势将越来越大。

目前，微电子用砷化镓晶片市场主要掌握在日本住友电工（Sumitomo Electric）、费里伯格（Freiberger Compound Materials）、日立电线（Hitachi Cable）和美国 AXT 等四家大公司手中，主要以生产 4 英寸和 6 英寸砷化镓材料为主。目前，中国的砷化镓材料生产企业主要以 LED 用低阻砷化镓晶片为代表的低端市场为主，利润率较高的微电子用 4~6 英寸半绝缘晶片还没有形成产业规模。中国大陆从事砷化镓材料研发与生产的公司主要有：中科晶电信息材料（北京）

有限公司、北京通美晶体技术有限公司（AXT）、天津晶明电子材料有限责任公司（中电集团 46 研究所）、北京中科镓英半导体有限公司、北京国瑞电子材料有限责任公司、扬州中显机械有限公司、山东远东高科技材料有限公司、大庆佳昌科技有限公司、新乡神舟晶体科技发展有限公司（原国营 542 厂）等九家。国内最主要的竞争来自于在一家合资公司中科晶电。这家公司采用 VGF 技术，技术较成熟，规模较大，产品种类也较多，且整个切、磨、抛生产链完备。国内其它几个公司规模较小，且技术水平较低，跟国外还有较大差距。因此，有研光电的 VGF GaAs 产业必将有广阔的前途。

4.2.3 白光 LED 用新型高性能荧光粉及其产业化制备技术

国内同类产品主要生产企业有：烟台希尔德新材料有限公司（重点生产氮化物系列红色荧光粉）、北京中村宇极科技有限公司（重点生产氮化物、氮氧化物系列荧光粉）、江苏博睿光电有限公司（重点生产铝酸盐系列、氮化物系列荧光粉）。

4.2.4 低碳低盐无氨氮萃取分离稀土新技术

国内同类产品主要生产企业有：江苏国盛稀土公司、保定稀土资料查验厂、广东珠江稀土公司等。江苏国盛主要从事稀土分离提纯，生产各种稀土氧化物及盐类；公司现有北方稀土矿分离生产线两条，南方稀土矿分离生产线一条，生产规模按处理稀土矿计算：南方离子矿 3000 吨 / 年，北方矿 6000 吨 / 年。公司是通过国家环保部核查合格和国家工信部稀土生产准入通过的企业，通过质量、环境、健康三大体系认证，拥有“国盛稀土”注册商标及自营进出口权；河北省保定市稀土材料试验厂主要生产销售稀土抛光粉、玻璃澄清脱色用氧化铈、各种粒径稀土氧化物、稀土精矿、碳酸铈等；广东珠江稀土公司主要生产和经营各种稀土氧化物。

4.2.5 各向同性稀土粘结磁粉的产业化技术及装备

目前国内没有同类产品的开发和生产。国外的同类产品主要是日本大同电子等，其中大同电子的与本项目的产品比较接近，其年产量不大，因此本项目的产品在国内外竞争压力小，可以销售到国内外。

4.2.6 离子型稀土矿高效清洁提取技术开发

国内同类产品主要生产企业有：呼和浩特市科元胜力稀土有限公司、包钢稀土高科股份有限公司、甘肃稀土公司、包头华美稀土高科公司、中国稀土控股公司、溧阳方正罗地亚稀土有限公司和江阴加华公司等。

4.2.7 热挤压磁环用片状磁粉的研发

目前，只有日本大同（Daido）一家公司能够批量生产热压钕铁硼磁体，国内成都银河筹建了 300 吨热压磁体生产线，在前期产品的市场开发中与上述两单位建立了良好的关系，若能稳定开发出该磁粉，有望形成批量供应。

4.2.8 铂族金属电子信息功能材料产业化技术

目前，国内主要有两家专业从事汽车氧传感器用铂浆的研发和生产的企业，有研亿金新材料有限公司和贵研铂业公司。有研亿金的铂电极浆料的国内市场占有率达到 80% 以上，产品性能已达到国外同类产品水平，在国产汽车氧传感器领域已全面替代国外产品。目前有研亿金的铂电极浆料产品市场售价比进口产品平均低 20%，具有较强的市场竞争力。

4.2.9 集成电路 65 纳米制程用高纯铂合金靶材

产品主要应用于 65nm 高端半导体集成电路制造工艺，有研亿金现有研究领先于国内同行业其它厂商，是国内唯一通过验证的生产厂家。价格低于国外同类产品，具有相当的市场竞争力，对于国内半导

体制造企业摆脱长期依赖进口靶材的局面有着重要意义。

4.2.10 圆片级先进封装用超高纯铜靶材

产品主要应用于集成电路圆片级先进封装，有研亿金现有研究领先于国内同行业其它厂商，是国内唯一通过验证的生产厂家。价格低于国外同类产品，具有相当的市场竞争力，对于国内集成电路封装制造企业摆脱长期依赖进口靶材的局面有着重要意义。

4.3 产品的国内外市场竞争力，替代进口或出口的可能性

有研光电的产品由于其技术含量高、生产难度大、单位价值高，下游客户一般对光电材料厂商的认证要求较高，形成一定的市场进入门槛。有研光电作为国内最早进行光电材料研发和生产的厂商之一，在国内市场深耕多年，已经取得许多国内优质客户的认证，并与其建立了长期合作关系，同时，有研光电作为光学级锗晶体等产品在国际市场的主要供应商，与国外大客户建立了较稳定的供货关系，占据较大的国际市场份额。由于有研光电的产品具有良好的发展前景，其在产品的研发、生产和销售领域具有突出的优势。在产品技术得到突破后，质量和成品率将达到国内先进水平，成本将低于国外产品，届时产品将具有很大的市场竞争力，可以大量进入国内外市场，完全有可能替代进口产品。目前，蓝宝石以 2 英寸单晶片为例，每片约 10 美元；4 英寸 VGF-砷化镓抛光片价格为 240 元/片。

有研稀土是我国最早从事稀土研究的单位之一，随着近几年地快速发展，在产品质量以及技术的成熟度上都得到了国外市场的认可，与台湾亿光、台湾隆达、美国 FULIGHT、国星光电、鸿利光电、瑞丰光电等 200 余家国内外知名企业取得了长期的稳定供货关系。通过这次白光 LED 用新型高性能荧光粉、低碳低盐无氨氮萃取分离稀土新技术、各向同性稀土粘结磁粉的产业化技术及装备、离子型稀土矿

高效清洁提取技术开发以及热挤压磁环用片状磁粉等五大科技创新技术的研发，通过重点突破产品技术使得质量和成品率将达到国内先进水平，成本将低于国外产品，届时产品将具有很大的市场竞争力，可以大量进入国内外市场，完全有可能替代进口产品。

有研亿金本项目涉及的铂族金属电子信息功能材料、集成电路 65 纳米制程用高纯铂合金靶材和圆片级先进封装用超高纯铜靶材技术含量高，市场准入门槛高。铂电极浆料产品已获得国产汽车氧传感器领域制造商的广泛认可和接受，产品性能已达到国外同类产品水平，在国产汽车氧传感器领域已全面替代国外产品，产品市场售价比进口产品平均低 20%，具有较强的市场竞争力；高纯铂合金靶材要求高，制备难度大。同类产品只有日本的日矿和美国的霍尼韦尔可以制备，市场竞争对手较少。有研亿金在材料纯度、靶材微观组织控制、焊接及加工方面都有着丰富的经验。国内半导体集成电路厂商和台湾厂商为主要潜在的客户。未来可以实现替代进口，并可以出口海外集成电路厂商；圆片级先进封装用超高纯铜靶材只有日本的日矿、东曹、爱发科，美国的霍尼韦尔、普莱克斯等厂家可以提供。国内江丰电子靶材通过引进国外生产线，可制备部分生产圆片封装类铜靶材，由于是外购国外高纯铜原料产品成本比较高，无价格优势。有研亿金掌握了高纯铜的电解提纯，铸锭熔炼和高纯铜靶材的制备等一系列核心技术，高纯铜靶材的成本较国外同类产品价格低 30-50%，具有明显的竞争优势，产品通过认证后，能够完全替代国外同类产品。

5、实施方案

5.1 开发计划

针对本项目各子项目需要开展的研发工作，初步确定项目执行期为 2 年，针对研发内容，分别制定各子项目工作计划如下：

5.1.1 大直径蓝宝石衬底材料

第一阶段，完成 TT 蓝宝石单晶生长方法的消化吸收工作，确定单晶生长关键运行参数和技术方案。

第二阶段，采用 TT 的生长工艺进行晶体生长，得到 75 公斤以上蓝宝石晶体，单晶成晶率达到 70%。申请专利 1 项。

第三阶段，完成 TT 蓝宝石单晶炉和国产单晶炉生长工艺的改进，使晶体中气泡进一步减少，消除晶体的开裂现象，使单晶成晶率提高到 90%，晶体可掏棒部分达到 80%。

第四阶段，使蓝宝石晶体生长工艺进一步成熟，掌握蓝宝石晶体产业化技术，可稳定生长 75 公斤以上 LED 级蓝宝石晶体。申请专利 1 项。

5.1.2 垂直梯度凝固砷化镓

第一阶段，设计建造 VGF-GaAs 单晶炉设备，设计 VGF-GaAs 单晶生长设备的关键运行参数和单晶生长的技术方案。

第二阶段，根据单晶研制工艺需要，改进单晶炉机械和加热部件的设计，进行设备定型，并确定试验的初步工艺参数。申请专利 2 项。

第三阶段，进行接籽晶、放肩、等径收尾等工艺研究，确定基本的研究方法和工艺参数。拉制出一根 $\Phi 4$ 英寸 VGF-GaAs 合格单晶。

第四阶段，4 英寸掺硅 VGF-GaAs 单晶关键技术获得突破，单晶技术指标满足要求，向外延厂商提供样片。进行单晶工艺稳定性研究，并提供小批量样品；进行晶片加工工艺研究，小批量提供晶片。申请

专利 1 项。

5.1.3 白光 LED 用新型高性能荧光粉及其产业化制备技术

第一阶段，深入考察该系列荧光粉的晶粒生长动力学及热力学过程，探索小粒度近球形白光 LED 用铝酸盐系列黄色荧光粉制备技术；探索荧光粉抗氧化、抗潮解关键技术。申请专利 1-2 项。

第二阶段，开发小粒度近球形白光 LED 用铝酸盐系列黄色荧光粉以及大粒径氮化物红色荧光粉的关键规模化制备技术，以及具有自主知识产权的新型氮化物/氮氧化物荧光粉，探索提升白光 LED 荧光粉老化能力的关键技术，实现高耐候性白光 LED 荧光粉小规模制备。申请专利 1-2 项，发表 SCI 论文 1-2 篇。

第三阶段，设计及开发氮化物系列红粉的连续化动态氮化技术，以及黄色、红色和绿色荧光粉光色匹配及应用物性匹配的 LED 封装试验，优选适宜的匹配性能参数及其条件，为高性能白光 LED 器件制作提供材料和理论基础。申请专利 2-3 项。

第四阶段，突破小粒度、近球形远程激发用铝酸盐系列黄粉及常压低成本制备氮化物荧光粉的产业化关键技术和装备，形成年产 20 吨生产上述荧光粉的工程化技术开发平台。申请专利 2-3 项，其中 PCT 专利 1 项，发表 SCI 论文 2-3 篇。

5.1.4 低碳低盐无氨氮萃取分离稀土新技术

第一阶段，研究开发低碳低盐无氨氮萃取分离提纯稀土新技术。

第二阶段，研究开发特殊物理性能高纯稀土制备技术。

第三阶段，设研究开发酸、盐及二氧化碳循环利用技术。

第四阶段，技术集成、工艺优化、工业装备及自动控制系统的开发。

第五阶段，建设完成 1 条 3000 吨/年规模低碳低盐无氨氮萃取分

离稀土新技术示范线。

5.1.5 各向同性稀土粘结磁粉的产业化技术及装备

第一阶段，完成产业化过程中快淬、晶化、氮化工艺的标准化制定。

第二阶段，对磁性能开展服役性能研究；通过磁体厂家 10kg 级样品评价。

第三阶段，通过磁体厂家 100kg 级评价，并实现单炉 100kg 级快淬。

第四阶段，建成年产 600 吨规模的生产线。

5.1.6 离子型稀土矿高效清洁提取技术开发

第一阶段，离子型稀土矿高效绿色协同浸取技术研究。

第二阶段，浸取剂无毒无害化处理技术研究。

第三阶段，离子型稀土矿分段沉淀富集技术研究。

第四阶段，离子型稀土矿萃取富集技术研究。

5.1.7 热挤压磁环用片状磁粉的研发

第一阶段，研究连续快淬过程中的冷却速度、浇铸温度等工艺参数对磁粉的微结构、晶粒大小等的影响。

第二阶段，研究各工艺参数对快淬薄带厚度均匀性的影响。

第三阶段，研究不同硼含量及中重稀土含量对磁粉的磁性能、微观结构的影响。

第四阶段，各指标完全达到项目要求，完成年产 300 吨规模磁粉生产线建设。

针对铂族金属电子信息功能材料产业化技术、集成电路 65 纳米制程用高纯铂合金靶材和圆片级先进封装用超高纯铜靶材项目需要开展的各项研发工作，有研亿金初步确定项目执行期为 2 年，并分别

制定工作计划如下：

5.1.8 铂族金属电子信息功能材料产业化技术

第一阶段：制定总体技术方案；完成设备购置和安装调试；高致密度超细球形铂粉和片状铂粉制备工艺研究，确定片状铂粉的分级方法和工艺。

第二阶段：完成催化铂电极浆料、加热铂电极浆料、引线铂电极浆料、触点铂电极浆料的制备工艺和配方研究；完成各型号铂电极浆料物理性能、印刷性能、烧结性能、电化学性能的测试研究。

第三阶段：完成宽域汽车氧传感器相关配件的设计和制作，完成宽域氧传感器的制备；开展发动机台架测试和老化试验。

第四阶段：开展铂电极浆料加工工艺研究，形成系列铂电极浆料的批量生产技术规范。

5.1.9 集成电路 65 纳米制程用高纯铂合金靶材

第一阶段：靶材的真空熔炼，变形加工，控制高纯金属及合金的显微组织。

第二阶段：选择合适机加工方式，实现靶材与背板的焊接。

第三阶段：完成靶材的精密成形加工、性能检测；靶材的镀膜性能评价。

第四阶段：建立贵金属靶材的产品规范和分析标准，实现靶材的批量化生产。

5.1.10 圆片级先进封装用超高纯铜靶材

第一阶段：完成纯度大于 5N 超高纯铜真空熔铸制备工艺。

第二阶段：完成靶材微观组织及织构控制。

第三阶段：完成靶材与靶托的可靠焊接及靶材精密加工。

第四阶段：完成圆片级先进封装用高纯铜靶材清洗及包装。

5.2 技术方案

5.2.1 大直径蓝宝石衬底材料

(1) 大直径蓝宝石晶体生长热场的设计

温度梯度是从熔体中生长单晶最重要的因素，温度梯度大，则热应力大，晶格易发生畸变，形成大量位错，甚至产生裂纹破裂，严重影响晶体质量；温度梯度小，则不容易控制，合适的温度梯度是大直径蓝宝石晶体生长的前提。蓝宝石晶体生长的热系统包括：三组钨丝加热器、钨钼隔热屏、坩埚。通过数值模拟，结合实验研究，给出目前条件下适合 90kg 级蓝宝石生长的各部件结构、形状设计要求、晶体生长过程控制参数及多加热器联动关系，通过调整影响热场各部件结构和晶体生长过程工艺控制参数，严格控制晶体引晶、结晶、降温全过程中加热器的功率变化及联动规律，实现晶体生长过程中固液界面形状和推进速度的控制，生长出大直径、高质量、高完整性蓝宝石晶体。

(2) 消除晶体开裂的研究

蓝宝石晶体是脆性晶体。晶体生长过程中脆性晶体的应变与其热膨胀系数、晶体的直径、轴向温度梯度有密切关系，其中最大轴向温度梯度与热膨胀系数反比。在晶体生长过程中，不论是结晶过程还是晶体生长完成后冷却过程，晶体内均存在温度梯度，研究晶体生长过程中固液界面形状及温度梯度随加热器的功率变化规律，通过三加热器联动控制就能达到抑制晶体生长过程晶体的开裂。

(3) 气泡等散射中心浓度的控制研究

由于液态蓝宝石的比重比固态小，固化过程中收缩剧烈，如果固液界面的移动速度与界面返料以补偿收缩过程不对等，空位容易形成，因此，必须严格控制晶体的生长速率。同时，晶体生长过程中，环境

中的气体（蓝宝石蒸气、亚氧化物、加热区的碳化物、钼氧化物等）都能在凝固过程中结合到蓝宝石中，表现出散射中心的性质，且气体的种类和数量随温度的升高而增加，因此有必要研究散射中心浓度随温度、真空度变化关系，降低散射中心浓度。研究晶体生长过程中固液界面形状的稳定性和推进速率对气泡等缺陷尺度和浓度的影响规律，从而找到相对应的三加热器联动变化参数，最终实现对蓝宝石晶体中气泡尺度和浓度的控制，提高蓝宝石晶体的光学、力学性能。

（4）降低热应力研究

晶体生长过程中，结晶过程和晶体生长完成后冷却过程，晶体内部均存在温度梯度（包括径向和轴向温度梯度）和热应力。在结晶生长中，晶体中存在温度梯度是能够生长的必要条件，实验表明，晶体中的固液界面形状在晶体生长过程中不可能总保持平面，只要等温面不是平面，就存在温度梯度，晶体内部存在热应力。在冷却过程中，晶体中的热应力是不可忽视的，不适当的降温速率会损坏晶体。优化设计适合大尺寸蓝宝石单晶生长热场和拉晶工艺条件，和晶体生长后的蓝宝石晶体进行原位退火研究，消除晶体中的残余应力同等重要。

5.2.2 垂直梯度凝固砷化镓

本项目主要进行 VGF 单晶炉和单晶生长工艺的研究。研究步骤如下所示：

（1）设备研究：研制并改进既能用于 VGF 法，也能用于 VB 法的单晶生长设备——单晶炉。

（2）工艺研究：进行接籽晶、放肩、等径收尾等工艺研究。

（3）单晶研制：在上述基础上研制 $\Phi 4$ 英寸 GaAs 单晶。

（4）研究立式长晶法 $\Phi 4$ 英寸 GaAs 单晶批量化生产关键技术，稳定单晶生长工艺，单晶成品率最终达到 30% 以上。

5.2.3 白光 LED 用新型高性能荧光粉及其产业化制备技术

(1) 采用高温固相还原法制备高光效、近球形、小粒径铝酸盐荧光粉，通过引入助剂改的技术手段善荧光粉晶粒的结晶性能；通过使用特性添加剂和对晶化温度、保温时间、还原气氛等条件的精细化调控，确定最佳制备工艺。最后借助柔性解聚技术，对焙烧产物实施无破损解聚。

(2) 通过差热—热重分析、量热分析、比热测定等，确定未知的氮化物材料的化学键和热力学数据；对 $(\text{Ca,Sr})\text{AlSiN}_3:\text{Eu}^{2+}$ 制备过程中涉及的氮化—合成—还原反应的多元多相平衡进行热力学分析；采用 O/N 分析仪等分析粉体中的氧/氮含量，研究反应过程中氧与氮的竞争以及氧分压对反应的影响；用常压高温氮化还原法和高压高温氮化还原法制备氮化物红粉和氮氧化物绿粉样品，改变焙烧气氛、温度和时间等参数，探索最佳制备工艺条件。

(3) 采用 X 射线衍射 (XRD)、扫描电镜 (SEM) 及能谱分析仪 (EDS) 等对各系列、各阶段反应产物进行结构、形貌及元素分析；利用分光光度计、光谱分析系统以及光电测试系统测试上述荧光粉的激发/发射光谱、量子效率、荧光寿命、发光强度、发光亮度、色坐标、半峰宽、发射峰位等光色性能。

5.2.4 低碳低盐无氨氮萃取分离稀土新技术

(1) 运用 X 射线衍射、X 射线荧光光谱分析、差热和热重分析等确定轻烧白云石的矿物工艺学性质、理化性能和热分解行为。

(2) 依据化学热力学和动力学，研究轻烧白云石制备碳酸氢镁溶液的反应机理，并通过气—液—固或水—有—气等多相反应动力学模型的构建，为产业化技术开发提供指导，从而强化制备反应过程和控制过程走向，提高轻烧白云石的有效利用水平。

(3) 结合 ICP-MS 分析、分光光度计、二氧化碳气体分析仪以及 EDTA 容量法等化学分析手段，研究萃取机理，以及钙镁等碱土金属离子、CO₂ 气体在整个体系中的循环传递过程。

(4) 运用沉淀和结晶技术，研究新型廉价、纯净的碱土金属沉淀剂纯化技术和稀土结晶沉淀工艺，通过溶解积差异对非稀土杂质的沉淀结晶行为进行控制。

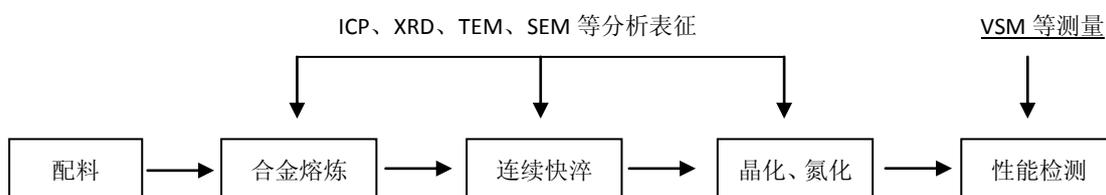
(5) 借助粒度分析、比表面分析、扫描电镜分析等物理性能手段来表征稀土氧化物的粒度、比表面、形貌等物性指标，建立这些指标同沉淀合成工艺之间关联性，优化沉淀工艺。

5.2.5 各向同性稀土粘结磁粉的产业化技术及装备

本项目采用具有自主知识产权的超急冷连续快淬技术及装备，实现各向同性钕铁氮粘结磁粉的稳定成相、均匀氮化等关键技术的突破，从而实现相关产品的规模化生产。

目前需要继续完善的内容是稳定快淬工艺和产能提升，保证连续快淬稳定生产，解决此问题需要严格监控整个快淬过程，完善在线取样与性能控制方式。

制备工艺如下：



5.2.6 离子型稀土矿高效清洁提取技术开发

(1) 用 X 射线衍射、X 射线荧光光谱分析、差热和热重分析等确定离子型稀土矿的矿物工艺学性质、理化性能和热分解行为。

(2) 用 ICP-MS 分析、分光光度计、原子吸收仪以及 EDTA 容

量法等化学分析手段，研究稀土和非稀土杂质浸出规律，以及钙镁等碱土金属离子整个体系中的循环传递过程。

(3) 依据化学动力学和热力学，采用红外光谱仪、拉曼光谱仪等研究非皂化萃取富集机理，从而强化反应过程和控制过程走向。

5.2.7 热挤压磁环用片状磁粉的研发

(1) 热挤出磁环用磁粉的成分设计

研究不同稀土含量，不同硼含量对磁粉的磁性能、微观结构的影响；研究过渡族元素 Ga、Al 等对界面相结构的影响，研究界面相的成分对热挤出磁环的热流变过程影响。

(2) 热挤出磁环用磁粉的稳定制备工艺研究

研究连续快淬过程中的冷却速度、浇铸温度等工艺参数对磁粉的微结构、晶粒大小等的影响，实现批量化稳定制备。

(3) 高性能无中重稀土热挤出磁粉的研究

研究无中重稀土磁粉的成分设计，研究快淬工艺对磁粉性能的影响规律以及热挤出磁粉矫顽力提高机制。

5.2.8 铂族金属电子信息功能材料产业化技术

针对宽域汽车氧传感器用的系列高性能铂电极浆料的研究和开发，采取的技术路线为：球形铂粉制备-机械球磨及热处理-铂电极浆料制备-印刷、烧结-氧传感器装配-使用性能评价。

通过化学还原法制备具有不同粒度、形貌的铂粉；通过机械球磨法和粉体分级方法获得具有较高结晶度、粒度分布窄的状铂粉的制备工艺；研究不同性质铂粉搭配及添加烧结收缩抑制剂的影响，从而提高铂电极浆料的高温烧结性能，改善铂浆与氧化锆流延片在复杂结构下的烧结匹配性；采用不同性质铂粉搭配、添加造孔剂、添加剂等方法，获得不同规格电极浆料。

5.2.9 集成电路 65 纳米制程用高纯铂合金靶材

针对集成电路 65 纳米制程工艺需求，研究开发和完善高纯靶材制备技术和品质控制技术，采取的技术路线为：熔炼铸造-锻造轧制及热处理-靶坯薄板加工-靶材与背板的焊接-精密加工。

通过控制靶材的微观组织，获取细小等轴的晶粒，在保证靶材溅射性能的同时，提高靶材的韧塑性，在此基础上，进行靶材机加工方式选择，保证靶材薄板坯的加工过程中变形小，回收率高。本技术方案能够严格控制靶材的微观组织和形状尺寸，其优势是铸件和旋压件无法比拟的；对于靶材与背板的焊接，采用钎焊焊接，严格控制焊接工艺，避免焊接过程中的变形，本技术方案简单、可靠、成本低。

5.2.10 圆片级先进封装用超高纯铜靶材

针对高纯铜靶材产品的技术开发与生产线建设，采取的技术路线为：熔炼铸造-强塑性变形及热处理-靶材与背板的焊接-靶材精密加工-清洗包装。

通过真空铸造获得高纯(5N 以上)大尺寸 Cu 锭坯，采用 GDMS、LECO 分析金属杂质元素及气体元素、超声扫描检查锭坯缺陷率；对铸锭进行强塑性变形及热处理，实现材料的大尺寸细晶均匀成形，对高纯铜的晶界进行优化，防止晶粒的异常长大；对焊接工艺进行优化，在实现大尺寸靶材的可靠焊接同时，避免焊接区域的靶材微观组织发生变化；对靶材进行结构优化设计，进一步提高靶材的使用寿命；对靶材进行精密加工，满足靶材表面高光洁度要求，同时避免产生应力层，缩短溅射烧靶时间；针对高纯铜靶材的特性建立特定的清洗包装工艺，避免靶材变质。

5.3 生产方案

5.3.1 有研光电

5.3.1.1 原材料供应

有研光电项目所需的原辅材料主要为三氧化二铝、镓、砷、石墨、石英等主辅材料，均可在国内采购，供应渠道畅通，供货质量稳定。根据科研生产工作的实际需要确定用量。根据科研生产工作的实际需要确定用量。

5.3.1.2 配套条件落实

有研光电所在的廊坊开发区已建有锗晶体楼、半导体楼、高纯化学楼、综合楼、附属用房等 8 处房屋，总建筑面积 23,680.97 平方米，及账面净值 3,813.37 万元的生产设备。园区内全部实现通路、通讯、通暖、给水、排水、工业蒸汽、燃气、宽带网和土地平整的“九通一平”工业配套标准。并建有标准化污水处理厂、垃圾处理厂等先进设施，享有双回路供电保障。

园区水源为市政给水管网直接供给，进厂水管干管直径 DN150mm、厂内支管直径分别为 DN150mm、DN90mm、DN75mm、DN63mm、DN40mm，供水压力为 0.25MPa，布置方式为枝状。园区现有循环水池 200m³，兼具消防水池功能，设室内消火栓。项目不新增人员，生活用水维持不变。工艺用水利用原有：

蓝宝石晶体和砷化镓制备中，清洗、加工、高纯区均需要用工艺超纯水，其电阻率达到 18MΩ，纯水需求量约为 2t/d。现有生产线纯水系统能够满足要求；单晶炉有冷却循环水要求，园区内现有循环水系统，供水能力为 500 吨/小时，能够满足项目要求。

园区进厂电源为 10 千伏双回路供给，园区内变电所设有变压器，型号为 SCD 10-1000/10。园区用电总容量为 3500 千瓦，目前用电负荷为 30%，本项目新增设备用电量有限，用电有保障。

5.3.1.3 生产设备来源

有研光电本次承担的蓝宝石和砷化镓项目将利用廊坊开发区现有的半导体楼、高纯化学楼，以及现有的生产设备，同时新增少量研发设备进行项目的实施，新增设备用途及选型说明如下：

(1) 大直径蓝宝石衬底材料

大直径蓝宝石衬底材料项目在原有生产线的基础上，新增 3 套晶体生长控制系统、3 台小型球面铣磨机、1 台立式铣磨机，为蓝宝石晶片加工技术研究提供支撑，新增设备如下表所示。

序号	新增设备	技术参数	数量 (台)	备注
1	晶体生长控制系统	加热功率控制：0.01kw/min 信号采集：6 秒 1 个节点 屏幕：15 寸触摸屏， WINDOWS 视窗形式 扫描系统：CCD 图像扫描	3	控制蓝宝石晶体生长过程
2	球面铣磨机	加工范围：Φ3-Φ120mm 加工角度：0-45° 前后移动距离：120mm 左右移动距离：101mm 总功率：<2kw 气压：0.5Mpa	3	蓝宝石单晶及小窗口加工
3	立式铣磨机	加工范围：Φ150-Φ350mm 加工角度：-2°-48° 工件轴移动行程：240mm 工件轴转速：20-120r/min X 轴移动行程：-80-100mm 工件轴转速： 500-50000r/min 最小分辨率：0.005mm 刀具：砂轮	1	蓝宝石单晶及大窗口加工

(2) 垂直梯度凝固砷化镓

垂直梯度凝固砷化镓项目在原有生产线的基础上，新增 1 台磨片机和 1 台单线切割机，为晶片加工技术研究提供支撑。新增设备用途及选型如下所述，新增设备如下表所示。

序号	新增设备	技术参数	数量 (台)	备注
1	自动磨片机	速度: 0.75pics/min 要求: 去掉加工痕迹	1	单晶片磨片
2	单线外圆切割机	工作台行程: 400×500 最大切割厚度: 400mm 最大承重: 400kg 控制: 电脑编程控制系统, 可加工绘图同时进行 砂线宽度: 0.65-0.8mm	1	单晶外圆加工

5.3.2 有研稀土

5.3.2.1 原材料来源

有研稀土项目所需的原辅材料主要为高纯稀土氮化物、氧化物、碳酸盐、轻烧白云石、萃取剂、盐酸、草酸、稀土金属钆、金属钴、金属锆、纯铁、氮化硼喷嘴 (BN)、稀土精矿、煤油、硫酸、氧化镁、氧化钙、硫酸镁、稀土镨、金属钕、硼铁合金等主辅材料, 均可在国内采购, 供应渠道畅通, 供货质量稳定。根据科研生产工作的实际需要确定用量。

5.3.2.2 配套条件落实

有研稀土基地位于北京市通州区东北的潮白河北岸, 占地 187 亩, 水面 225 亩。已建有还原-蒸馏车间、中间合金生产车间、熔盐电解车间、速凝铸片 (SC) 车间荧光粉车间及碘化物车间、新品研发车间 (粘结磁粉) 和稀土金属超纯化中试车间等 7 个车间, 主要负责稀土金属、稀土合金、稀土荧光粉及稀土化合物等各类科研生产及产业化开发任务, 共占地 6880 平方米。建有研发实验室、库房、分析检测和办公等辅助设施, 确保科研工作的顺利进行。

供水: 基地建有 2 口 120m 深水井, 其中生产用井供水量为 80m³/h, 车间外建有地下循环水池, 生产设备均使用循环水, 冷却水经冷却塔

冷却后循环使用，因此现有供水条件能够满足项目要求。基地具有完善的排水系统，并建有污水处理站。项目无生产废水，生活污水由职工宿舍和车间排出的生活污水，经化粪池进行处理后排入污水处理站，由污水处理站处理后排入潮白河下段。

供电：项目基地内现有供电变压器有 3 台 1250kVA，1 台 500kVA，且电力配置从原来的 1260 千伏安增至 2700 千伏安，实现北京和三河双路供电，满足实验和生产的需要。

5.3.2.3 生产设备来源

本项目利用基地现有的设备，同时新增部分设备，完成有研稀土本次承担的五个子项目，新增主要设备情况简单介绍如下：

(1) 白光 LED 用新型高性能荧光粉及其产业化制备技术

白光 LED 用新型高性能荧光粉及其产业化制备技术项目在原有线的基础上，新增 3 台烧结炉和 6 台荧光粉原料预处理及后处理设备，为白光 LED 用新型高性能荧光粉技术研究提供支撑。

(2) 低碳低盐无氨氮萃取分离稀土新技术

低碳低盐无氨氮萃取分离稀土新技术项目在原有研制线的基础上，新增搅拌器、恒温水浴装置、抽滤装置、反应釜、烘箱及马弗炉等设备。

(3) 各向同性稀土粘结磁粉的产业化技术及装备

各向同性稀土粘结磁粉的产业化技术及装备项目在原有研制线的基础上，新增快淬炉连续晶化炉、气固反应炉、磁粉破碎机、高压氮化炉、老化试验箱、旋管式动态真空连续晶化炉等设备，新增设备如下表所示。

序号	设备名称	数量 (台/套)	备注
1	快淬炉	1	磁粉快淬
2	连续晶化炉	2	
3	气固反应炉	1	常压下钕铁合金粉末的氮化
4	磁粉破碎机	1	
5	高压氮化炉	1	高压下合金粉末的氮化
6	老化试验箱	1	
7	旋管式动态真空连续晶化炉	1	
8	真空合金精炼炉	2	熔炼法制备钕铁和钕铁硼的母合金

(4) 离子型稀土矿高效清洁提取技术开发

离子型稀土矿高效清洁提取技术开发项目利用原有设备，不新增设备。

(5) 热挤压磁环用片状磁粉的研发

热挤压磁环用片状磁粉研发项目在利用原有设备的基础上，新增 1 台连续快淬炉。

5.3.3 有研亿金

5.3.3.1 原材料来源

有研亿金项目所需的原辅材料主要为 Pt、镍、无氧铜、硫酸铜、铟等主辅材料，均可在国内采购，供应渠道畅通，供货质量稳定。根据科研生产工作的实际需要确定具体用量。

5.3.3.2 配套条件落实

有研亿金所在的北京中关村科技园区昌平园，总占地面积 26680 平方米，其西侧是昌盛路，隔路与百奥药业科技公司相望，南为超前路，北为利亚德电子公司。京昌高速公路在园区西部通过，距园区约 1km，交通运输方便，有利于项目的实施和与国内用户的联系。

园区供电由科技园区东南方向的昌平科技园区 3 号开闭站供应，

距离园区约 500 米，可满足项目的用电需求。

园区给水接自科技园区给水管网，水压 0.3MPa，接入厂区干管直径 DN150，支管直径 DN100。园区内设有 300m³蓄水池和给水泵房，可保证项目生活、生产用水和消防用水的需要。

5.3.3.3 生产设备来源

有研亿金本次将利用昌平园区现有的厂房，以及现有的生产设备如高频熔炼炉、中频熔炼炉、热压炉、冷轧机等设备等进行项目的实施，本项目不新增设备。

在铂族金属电子信息功能材料产业化技术研发项目中，通过 GDMS 测试、台架试验、老化试验等，对研制的铂粉等进行纯度、老化试验等各种测试化验；通过对氧化锆流延片加工、丝网制作、氧传感器壳体加工、氧传感器保护层加工，以确保浆料的加工及过程稳定可控。

在宽域汽车氧传感器用的系列高性能铂电极浆料项目中，为了评价课题研究成果，必须对研制的高纯原材料、靶材等进行纯度、微观组织、物理性能等各种测试化验，需进行 GDMS 测试、ICP-MS 测试、LECO 测试、SEM 分析、织构分析、PTF 透磁测试，以达到项目指标要求。为满足靶材焊接强度等要求，通过模具加工、刀架加工、焊接、锻压、背板加工费、焊接前处理（电镀）等，对靶材及背板进行焊接前处理等加工。

在圆片级先进封装用超高纯铜靶材项目中，为了评价课题研究成果，通过 GDMS 测试、ICP-MS 测试、LECO 测试、织构分析、金相分析对研制的高纯原材料、靶材等进行纯度、微观组织等各种测试化验，以达到项目指标要求。在加工过程中，通过模具加工、电解槽加工、焊接前处理（电镀）、背板加工费、锻压、焊接，对靶材及背板

进行焊接前处理等加工。

5.4 营销方案

有研光电采取直销和代理结合的销售模式：国内销售采取直销渠道；国外销售采取代理模式。客户群体主要面向光纤行业和光电器件制造业。

有研稀土的国内销售以直销模式为主，占国内销售额约 90% 的稀土金属及合金产品采用直销模式，占国内销售额 10% 左右的荧光粉产品主要采用代理销售模式；国外销售以代理销售为主。有研稀土的主要销售对象是下游磁性材料、催化材料等，以及相关器件企业。客户类型主要为钕铁硼永磁材料生产企业、白光 LED 生产企业等。

有研亿金根据不同产品和不同客户的具体情况，采取直销和代理相结合的销售方式。国内一般采用直销，国际市场一般采用代理模式，通过代理商开拓市场。近年来，有研亿金已经拥有稳定的客户群体和代理体系，在行业内建立较好的声誉。客户类型主要为集成电路制造厂商、白光 LED 芯片制造厂商等。

5.5 其它问题的解决方案

5.5.1 生产过程中“三废”排放情况及处理措施

有研新材高度重视环境保护工作，贯彻落实国家和地方关于环境保护的相关政策和法规，严格控制生产排放物对环境的影响，制定了环境保护相关制度。根据不同产品的生产工艺，分别设计了冷却水循环、腐蚀液和废料综合回收利用、废气处理排放等系统，减少工业三废排放，避免环境污染。

有研光电：

项目的污染源主要为废水、噪声和固体废弃物。生产废水主要包括机加的地面冲洗水、清洗工段的废酸水等，废水经现有生产线的含

砷废水处理装置处理后，排入园区内污水管网。设备冷却水采用循环冷却水，循环使用，不外排；设备选用低噪声设备，并通过合理布置及基础减振措施，以减轻对厂界噪声的影响。通过对高噪声设备采取减噪措施，预计厂界噪声可满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2类标准要求；项目产生的主要固体废弃物包括生产废渣及生活垃圾。废渣主要为三氧化二铝碎料、GaAs碎料、沉淀池中的三氧化二铝废渣、砷化镓及氧化砷废渣、石英废渣。含镓、砷的各种碎料、废渣集中收集送镓厂回收利用，其余废渣集中收集后进行统一处置。

有研光电所在的廊坊经济技术开发区环境保护局于2013年4月出具《关于有研光电新材料有限责任公司环保核查意见》，确认有研光电没有发生污染事故，也不存在因违反环保法规而受到处罚的情形。

有研稀土：

项目污染源主要为废水及粉尘。萃取车间碳酸氢镁皂化废水可直接回用于碳酸氢镁制备车间氢氧化镁调浆；高镁萃余废水通过去除油类、重金属和放射性可直接回用于碳酸氢镁制备车间碳酸氢镁碱转工序；高钠萃余废水，含氯化钠盐分浓度较高，通过去除油类、重金属和放射性，再进入三效蒸发系统回收氯化钠结晶；沉淀车间碳沉母液，含氯化钠浓度较高，pH值为中性，直接进入三效蒸发系统回收氯化钠结晶。各向同性稀土粘结磁粉设备运行过程中使用循环水冷却，无废水产生。在清理熔炼炉和快淬炉炉膛会产生部分粉尘，经风机抽出后通过湿法收尘处理后经20米高排气筒排空；按年产600吨磁粉计算，在熔炼和快淬工序约产钕铁废渣及粉尘2吨，送稀土分离厂回收。职业危害可能是粉尘引起的，工作期间佩戴专业防尘口罩。热挤压磁环用片状磁粉项目采用国际先进的生产工艺及设备，制备的热压磁环

用磁粉，符合国家产业政策和环保政策，基本不产生大气污染物及工业废水，合金废渣实现集中回收循环再利用。因此，项目对周边环境影响较小，不会改变周围地区现有的环境质量等级。

2013年5月，北京市通州区环境保护局出具《关于有研光稀土新材料股份有限公司环保核查意见》，确认有研光电在生产经营过程中没有发生污染事故，也不存在因违反环保法规而受到处罚的情形。

有研亿金：

根据《危险化学品管理规定》，有研亿金在生产过程产生的废酸、废切削液与废机油，采取收集方式定期转移给有废弃物处理资质的北京金隅红树林环保公司进行无害化消纳，生活废水排入市政污水管网经昌平污水处理厂处理。固体废弃物有毒有害类沾油手套抹布转移给金隅红树林无害化消纳，生活废物收集后交市政环卫集中处理。

根据北京市昌平区环境保护局出具的证明，有研亿金在近三年生产经营过程中没有发生污染事故，也不存在因违反环保法规而受到处罚的情形。

5.5.2 职业危害因素及保护措施

根据国家和地方的相关法规，有研新材制定了安全生产责任制度、安全生产管理规定、安全生产奖惩制度，以及安全检查、隐患整改、事故调查处理规定和从业人员安全教育、培训、考核管理制度等一系列规章制度。在生产过程中，有研新材向员工提供了安全可靠的劳动保护，每年对所有员工进行一次职业健康安全体检。同时，有研新材根据各主要产品的特点，完善了“三废”回收和循环工艺，改善安全生产环境。

有研光电：

本项目可能产生的主要职业病危害因素有机械伤害、物体打击、

触电、起重伤害和火灾危险等。园区内布置保证物料运输和人员通行安全的道路，厂房内设备与设备之间留有安全操作距离；用电设备均采用装设漏电保护开关、安全联锁装置及保护接零等措施；园区内各建筑物内已装设有烟感探测器和自动火灾报警系统。

廊坊经济技术开发区安全生产监督管理局于 2013 年 4 月出具《关于有研光电新材料有限责任公司安全生产事宜的确认函》，确认有研光电近三年在生产经营活动中遵守国家安全生产相关法律、法规及规范性文件的规定和要求，依法采取合理的安全措施，没有发生过安全事故。

有研稀土：

本项目可能产生的职业病危害因素主要有粉尘等。在清理熔炼炉和快淬炉炉膛会产生部分粉尘，经风机抽出后通过湿法收尘处理后经 20 米高排气筒排空；按年产 600 吨磁粉计算，在熔炼和快淬工序约产钕铁废渣及粉尘 2 吨，送稀土分离厂回收。职业危害可能是粉尘引起的，工作期间佩戴专业防尘口罩。制备的热压磁环用磁粉，符合国家产业政策和环保政策，基本不产生大气污染物及工业废水，合金废渣实现集中回收循环再利用。因此，项目对周边环境影响较小，不会改变周围地区现有的环境质量等级。车间不存在特殊职业危害，通过安全防护预防及日常劳保防护即可。

北京市通州区安全生产监督管理局于 2013 年 4 月出具《关于有研稀土新材料有限责任公司安全生产事宜的确认函》，确认有研稀土近三年在生产经营活动中遵守国家安全生产相关法律、法规及规范性文件的规定和要求，依法采取合理的安全措施，没有发生过安全事故。

有研亿金：

根据《职业危害防治管理制度》，有研亿金进行职业危害年度检

测与现状评价，根据现状评价报告，针对噪声部位进行了部分隔离，为员工配发了耳塞耳罩等防护用品，并为所有接触岗位进行职业健康体检。

根据北京市昌平区环境保护局出具的证明，有研稀土近三年在生产经营活动中遵守国家安全生产相关法律、法规及规范性文件的规定和要求，依法采取合理的安全措施，没有发生过安全事故。

5.5.3 资质许可

有研光电已经取得的许可和批复情况如下：

项目	文件	文号
水平砷化镓晶体片产业化示范工程	立项文件	计高技[2001]1215号
	环境影响报告表的审查意见	廊开环管[2001]10号
有研光电产业基地项目	河北省固定资产投资项目备案	廊开管招备字[2011]27号
	环境影响报告书的批复	廊开环管[2012]110号
资质证书	河北省技术贸易证书	廊科技贸字第J399号
	高新技术企业证书	GF201113000097
	对外贸易经营者备案登记表	进出口企业代码 1300721611012
	海关进出口货物收发货人报关注册登记证书	1310961080

有研稀土取得相关资质许可情况如下：

项目	文件	文号
稀土行业准入	工信部《符合（稀土行业准入条件）的企业名单（第三批）》	公告2012年第65号
稀土专项环保核查	环保部《关于发布符合环保要求的稀土企业名单的公告（第一批）》	公告2011年第83号
稀土出口配额许可证	商务部《关于公布2013年第二批稀土出口配额的通知》	商贸函[2013]340号
	商务部《关于公布2013年稀土出口企业名单并下达第一批出口配额的通知》	商贸函[2012]1158号
	商务部《关于下达2012年第二批稀土出口配额的通知》	商贸函[2012]627号
	商务部《关于公布2012年稀土出口企业名单并下达第一批稀土出口配额的通知》	商贸函[2011]1133号

项目	文件	文号
	商务部《关于下达 2011 年第二批一般贸易稀土出口配额的通知》	商贸函[2011]518 号
	商务部《关于下达 2011 年第一批稀土出口配额的通知》	
铁合金出口许可证	商务部《关于公布符合 2013 年铁合金出口许可条件企业名单的公告》	公告 2012 年 99 号
	商务部《关于公布符合 2012 年铁合金出口许可条件企业名单的公告》	公告 2011 年 94 号
	商务部《关于公布符合 2011 年铁合金出口许可条件企业名单的公告》	公告 2010 年 100 号

除上述各项开展相关业务的资质许可外，有研稀土及其子公司取得的其他相关项目许可及资质情况如下表所示：

项目	文件	文号
有研稀土的资质证书	高新技术企业证书	GF201111000520
	中关村高新技术企业证书	2012 206 08042 01
	对外贸易经营者备案登记表	备案登记表编号：00348409
	海关进出口货物收发货人报关注册登记证书	注册登记编号：1102919237
高纯稀土金属产业化项目	项目批复	技高技[1999]1493 号
	环评批复	京环保开审字[1999]314 号
	环评验收	京环验[2015]123 号
稀土材料国家工程研究中心	项目批复	计科技[1995]330 号
	环评批复	[1999]京环监督字第 71 号
	环评验收	2001 年 7 月经北京市环保局 验收
稀土材料国家工程研究中心 创新能力建设项目	立项批复	发改办高技[2010]1398 号
	环评批复	京环审[2008]889 号
	环评验收	京环验[2012]399 号

有研亿金已经取得的相关资质许可如下表所示：

项目	文件	文号
半导体用超高纯金属靶材项目	立项批复	京发改[2009]503 号

	环保批复	昌环保审字[2009]0401 号
分立器件及封装镀膜用超高纯金属及合金材料项目	立项批复	京经信委[2010]196 号
	环保批复	昌环保审字[2010]0327 号
高代线大尺寸平板显示器用高纯金属靶材项目	立项批复	京昌平经信委备案[2011]121 号 京发改投资（投资）便字第（71）号
	环保批复	昌环保审字[2011]0331 号
上海黄金交易所会员资格证书（综合类会员资格）	资质证书	编号：0120 号
海关进出口货物收发货人报关注册登记证书	资质证书	注册登记编号：1112919002
对外贸易经营者备案登记表	资质证书	备案登记表编号：00568556
高新技术企业证书	资质证书	GF201111000624
中关村高新技术企业证书	资质证书	20122030001703
环境管理体系认证证书	资质证书	0411E10276R1M

6、投资估算与资金筹措

6.1 投资估算

本项目是有研新材所属的三家全资子公司的科技创新项目，项目主要针对产品研发，经费估算主要涉及材料费、燃料动力费、测试化验加工费、人员费、差旅费，以及固定资产使用费、维修费及少量的研发设备购置费。各项目费用说明如下：

材料费：包含主辅材及其他耗材费；

燃料动力费：包括水、电、供暖费；

测试化验加工费：包括产品、备件、主辅材等测试加工费；

人员费：在职研发人员的工资、津贴、福利等以及外聘研发人员的劳务费；

固定资产使用费：包括房屋和设备等固定资产的租赁及折旧费；

维修费：包括基础设施、设备、仪器仪表等维修及保养费；

设备购置费：研发期间购置的少量加工设备及辅助设备。

6.1.1 有研光电

有研光电大直径蓝宝石衬底材料和垂直梯度凝固砷化镓项目经费估算如下表所示。

序号	费用种类	项目名称		合计 (万元)
		大直径蓝宝石 衬底材料	垂直梯度凝固 砷化镓	
1	材料费	60	150	210
2	燃料动力费	50	50	100
3	测试化验加工费	60	60	120
4	人员费	60	92	152
5	差旅费	5	5	10
6	出国服务费	5		5
7	知识产权及文献出版费		3	3
8	专家咨询费			
9	固定资产使用费	160	60	220

序号	费用种类	项目名称		合计 (万元)
		大直径蓝宝石 衬底材料	垂直梯度凝固 砷化镓	
10	维修费	10	10	20
11	其他费用	10	10	20
12	设备购置费	80	60	140
	合计	500	500	1000

6.1.2 有研稀土

有研稀土本次承担的五个项目的经费估算如下表所示。

序号	费用种类	项目名称					合计 (万元)
		白光 LED 用 新型高性能 荧光粉及其 产业化制备 技术	低碳低盐无 氨氮萃取分 离稀土全循 环新技术	各向同性 稀土粘结 磁粉的产 业化技术 及装备	离子型稀 土矿高效 清洁提取 技术开发	热挤压 磁环用 片状磁 粉的研 发	
1	材料费	340	180	580	100	350	1550
2	燃料动力费	55	30	150	40	100	375
3	测试化验加 工费	10	20	30	15	30	105
4	人员费	230	230	550	120	238	1368
5	差旅费	25	25	60	20	15	145
6	出国服务费	15	10	10	10	10	55
7	知识产权及 文献出版费	35	40	60	30	10	175
8	专家咨询费	2	5		5		12
9	固定资产使 用费	50	60	100	40	35	285
10	维修费	15		40		10	65
11	其他费用	3	5	20		2	30
12	设备购置费	220	60	1200		400	1880
	合计	1000	665	2800	380	1200	6045

6.1.3 有研亿金

有研亿金本次承担的三个项目的经费估算如下表所示。

序号	费用种类	项目名称			合计 (万元)
		铂族金属电子信息功能材料产业化技术	集成电路 65 纳米制程用高纯铂合金靶材	圆片级先进封装用超高纯铜靶材	
1	材料费	485	1523	450	2458
2	燃料动力费		54	30	84
3	测试化验加工费	45	153	45	243
4	人员费	50	400	340	790
5	差旅费	5	10	12	27
6	出国服务费				
7	知识产权及文献出版费		8	0	8
8	专家咨询费		7	8	15
9	固定资产使用费		240		240
10	维修费				
11	其他费用	115	5	15	135
合计		700	2400	900	4000

6.2 资金筹措方案

本项目总投资 11045 万元，全部为企业自筹，其中有研光电自筹 1000 万元，有研稀土自筹 6045 万元，有研亿金自筹 4000 万元。

资金筹措方案如下表所示：

项目总经费 11045 万元	企业名称	自筹金额 (万元)	筹措渠道
	有研光电	1000	企业自筹
	有研稀土	6045	企业自筹
	有研亿金	4000	企业自筹

6.3 资金使用计划

本项目总投资 11045 万元，分二年投入。第一年投入 5005 万元，

第二年投入 6040 万元。项目资金具体使用计划如下表所示。

年度	资金使用		备注
	公司	投资额（万元）	
第一年	有研光电	400	2 个项目各 200 万元
	有研稀土	2500	5 个项目分别为：770 万元、395 万元、100 万元、475 万元、760 万元
	有研亿金	2105	3 个项目分别为：305 万元、1650 万元、150 万元。
第二年	有研光电	600	2 个项目各 300 万元
	有研稀土	3545	5 个项目分别为：230 万元、270 万元、280 万元、2325 万元、440 万元
	有研亿金	1895	3 个项目分别为：595 万元、750 万元、550 万元。
小计	有研光电	1000	
	有研稀土	6045	
	有研亿金	4000	
合计		11045	

7、经济、社会效益初步分析

有研新材系列产品在制造上具有较强的技术优势，在技术上是先进、可靠、实用的。研究认为，本项目符合国家产业化政策，符合企业发展战略，本项目产品定位恰当、产量适宜、投资规模合理，有研新材以其拥有的技术水平和经济实力，具备承担本项目建设的条件和条件，项目在技术上是可行的。

经预测，本项目实施后具有较好经济效益，同时，项目也具有一定的社会效益。

预计通过后期蓝宝石单晶生产线的建设，可年产蓝宝石晶体 5 吨，可加工蓝宝石晶片 15 万片，每片晶片按 8 美元计算，年经济效益预测如下：销售额 120 万美元（约合人民币 756 万元）；利润 18.6 万美元（约合人民币 117.18 万元）；利润率 15.5%。

预计垂直梯度凝固砷化镓项目后期将再新增 VGF 砷化镓单晶炉 30 台进行产业化升级，可年产 $\Phi 4$ 英寸 GaAs 单晶片 8 万片。按每片晶片 240 元计算，年经济效益预测如下：销售额 1920 万元；利润 200 万元；利润率 10.4%。

通过对白光 LED 产业化技术进行攻关，建成白光 LED 工程化技术开发平台，加速推动我国稀土荧光粉技术水平和生产能力的提升，推动我国新型照明及显示产业的发展，为我国节能减排目标的实现做出贡献。

低碳低盐无氨氮萃取分离稀土新技术推向工业化生产，不仅可消除氨氮废水产生，大幅度减少盐和 CO₂ 温室气体排放量，降低环境污染；而且将大大降低生产成本，预测每制备 1 吨稀土氧化物，可降低化工原材料消耗 3000 元以上，在行业推广后，按年产 10 万吨稀土氧化物计，可节约运行成本 3 亿元，经济优势显著。

各向同性稀土粘结磁粉的产业化技术及装备项目的实施，可形成年产 600 吨高性能钕铁氮粘结磁粉生产线，届时可实现销售收入 10000 万元。

通过离子型稀土矿的高效清洁提取技术开发所形成的成果进行应用与推广，可使南方离子型稀土资源的综合利用率提高 10% 以上，按今后广西地区规模化开采每年生产 2 万吨离子型稀土精矿计算，可减少离子型稀土资源储量消耗 2000 吨左右，增加企业销售收入 4 亿元、利润超过 1.2 亿元/年，增加税收 1.3 亿元左右。

通过热挤压磁环用片状磁粉的研发，在原料成本上比烧结钕铁硼磁体可望降低 30-40% 左右，这将会使原先使用烧结钕铁磁体的下游行业大量改为使用热挤出钕铁硼磁体，预计将大大节约宝贵的重稀土资源，产生巨大的经济和社会效益。

铂族金属电子信息功能材料产业化技术研发的汽车氧传感器用高性能铂电极浆料在市场中占据主导地位。通过本项目实施开发的新产品，可利用其行业地位快速推广应用，并带动下游行业发展，促进成果的工程化与产业化。

通过集成电路 65 纳米制程用高纯铂合金靶材工艺的研发，使得 65nm 制程工艺日臻成熟，且国内及海外市场规模都非常巨大。通过 65nm 制程用高纯 Pt 合金靶材项目的产业化实施，能够为我国功率器件产业的发展提供重要的配套基础材料，以满足高端市场的需求，形成完整产业链。

通过圆片级先进封装用超高纯铜靶材项目的研发，将设计与制造大尺寸、微观组织可控、高强度、高稳定性和长寿命的超高纯铜靶材，建立封装用高纯铜靶材完整的生产线，预计高纯铜靶材的产能达到 1500 块/年。

本项目产品的市场前景较好，经过努力，有研新材可以取得较好的市场销售业绩。因此，本项目不仅对企业自身的发展壮大具有重要的意义，也有利于促进国民经济的持续发展。

8、风险分析

8.1 风险因素

本项目主要风险有：市场风险、资源风险、技术风险、资金风险、外部协作条件风险。

8.1.1 市场风险

本项目涉及有研新材的一系列产品，类似的产品国内生产厂家众多，产品水平接近，市场竞争激烈。有研新材在多年激烈的市场竞争中，深耕多年，不断前进，其产品质量不断提升，产品规格不断上升，产品品种不断增加，也使企业及其产品知名度越来越高，并且其产品还拥有良好的出口市场。

分析认为，由于当前国内国际经济形势处于动荡调整时期，产品市场存在一定的不稳定性，需要在企业管理、产品研发、产品改进、降低成本、市场营销等各方面进行不懈努力，在市场风险中信步，以保证企业的持续发展。市场风险存在较大风险。

8.1.2 技术风险

本项目涉及的产品技术先进、可靠、适用，并且新产品在不断研发中，产品水平处于国内前列，产品质量稳定。技术风险为一般风险。

8.1.3 资金风险

项目建设所需资金为股东资金，资金有保障，能够满足产品研发的需要。资金风险为一般风险。

8.1.4 外部协作条件风险

研发厂区交通运输、水电供应有保证。生产中外协件不多，而且协作单位关系稳定，不会发生重大变化。外部协作条件风险为一般风险。

8.2 规避风险的主要措施

由以上分析可见，本项目的风险主要来自于产品市场。因此，有研新材务必加强市场调查，了解国内外相关行业的需求，及时掌握市场脉搏，不断提高产品竞争力，同时加强营销策略的研究，真正做到在产品研发成功以后有良好的市场，使得企业在竞争中更上一层楼。