附件2：

“超高纯电子级硅烷气产业化实施关键技术与工艺”

项目公示内容

**一、项目名称**

超高纯电子级硅烷气产业化实施关键技术与工艺

**二、提名单位及意见**

**提名单位：**陕西有色金属控股集团有限责任公司

**提名意见：**该项目是陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司对改良西门子法能耗高、单产低、转化率低等瓶颈，依托中美合资企业研发平台，投资20亿元历时 8年攻关，创新设计并建设了三氯氢硅歧化法制备硅烷气生产线，产出的超高纯电子级硅烷气纯度>6N，达到超大规模集成电路国际技术规格。攻克了本领域挑战性难题，提升了我国多晶硅硅源生产水平，为破解本领域卡脖子问题提供了核心原料，引领我国多晶硅企业迈入电子级多晶硅市场。

项目取得了一下成果：

①建成了年产3万吨超高纯电子级硅烷气工业示范线；项目完成单位因该成果近三年新增销售额 3.05亿元，新增利润2.1亿元；产出的硅烷气除满足自产电子级粒状多晶硅外，还畅销东南亚及国内17家半导体元器件、柔性高清显示屏、太阳能光伏电池等产业龙头企业。

②授权发明专利23件，实用新型专利13件；获陕西省重点新产品认证3项；制订并获颁《电子级多晶硅》等国家标准10部；制订企业技术规程16项。推动了本领域科学理论和工程实践的进步与发展。

③陕西省技术转移中心组织、何季麟院士主持的成果评价认定：整体技术达到国际先进水平，实现了高纯硅烷气国产化。

综上，该项目符合国家产业政策导向，科技成果显著，经济、社会和生态效益良好。特推荐为陕西省科学技术二等奖项。

**三、项目简介**

超高纯硅烷气是制备电子级多晶硅的理想硅源，是半导体芯片、有机发光半导体显示屏等产业基础原料。我国虽是多晶硅生产大国，但硅源生产技术落后严重制约了电子级多晶硅产业发展。该项目针对改良西门子法能耗高、单产低、转化率低等瓶颈，依托中美合资企业研发平台，投资20亿元历时 8年攻关，创新设计并建设了三氯氢硅歧化法制备硅烷气生产线，产出的超高纯电子级硅烷气纯度>6N，达到超大规模集成电路国际技术规格。攻克了本领域挑战性难题，提升了我国多晶硅硅源生产水平，为破解本领域卡脖子问题提供了核心原料，引领我国多晶硅企业迈入电子级多晶硅市场。

关键技术与创新点

①揭示了氯硅烷在氢气氛围中与铁基装置及硅原料含杂金属反应的热力学和动力学机理。探明了四氯化硅中加入三氯氢硅的浓度参数，抑制了反应生成的氯化氢及其氯化物，实现了氯化物结垢最小化，保障了设备安全。

②发明的氢气和四氯化硅与硅反应高效制备氯硅烷的新方法和新装置，提升了氯硅烷转化率。流化床注入气相氢及四氯化硅，添加固相硅及氯化亚铜催化剂；反应器设置多峰帽小孔径气体分布器及双层破泡器，增大了气固两相接触面，转化率由传统工艺25%提升至34%。

③基于硅粉颗粒硬度、磨蚀性及氯硅烷浆料粘度特性发明的氯硅烷回收新方法和料浆分离新装置，提升了氯硅烷回收率。浆料处理能力由40m3/天提升至62m3/天，氯硅烷回收率由传统工艺80%提升至93%。

④创新设计并建造了三氯氢硅歧化法制备超高纯电子级硅烷气工艺路线及核心装备。以四氯化硅为初始氯源，氢化反应制备高纯三氯氢硅，并以高纯三氯氢硅为硅源，循环歧化反应制备超高纯硅烷。中间产物氯硅烷新添单耗由传统工艺0.1kg/kg降至0.048kg/kg。

⑤研发的硅烷气提纯新方法，获得超高纯电子级硅烷气。基于人工合成水合硅铝酸盐分子筛孔道重构和改性研究，开发了分子筛在线活化和再生流程，利用三维孔道效应对不同大小杂质分子筛选吸附，快速高效除杂。碳、氧、硼、磷、铝、锑、砷、镓等十多项含杂低于国家标准一个数量级。硅烷气纯度>6N，达到超大规模集成电路国际技术规格（VLSI）。

项目完成单位因本项目成果近三年新增销售额30.1亿元，新增利润2.1亿元，产出的硅烷气除满足本企业自身生产电子级粒状多晶硅外，还畅销东南亚，以及咸阳彩虹光电科技、京东方光电科技、樾达（上海）科技、隆基乐叶等国内17家半导体元器件、柔性高清显示屏、太阳能光伏电池龙头企业。为破解我国本领域卡脖子问题提供了关键原料，引领我国多晶硅企业迈入电子级多晶硅市场。

项目的实施与推广应用，既取得了显著的经济效益，更重要的是体现在社会效益与生态效益方面，是落实习近平总书记来陕讲话重要精神和生态文明建设重要指示的具体举措。

陕西省技术转移中心的鉴定意见：本研究成果整体达到国际先进水平。

**四、客观评价**

该项目取得的系统性科技创新成果获得中国工程院何季麟院士和国内同行专家，以及省级重点新产品认证机构、国家化学气体质量监督检验机构、国内电子级多晶硅龙头企业等单位充分肯定和高度评价。

陕西省技术转移中心组织召开科技成果评价会，邀请中国工程院何季麟院士及国内同行专家共 8 人，对该项目成果进行了评价。评价意见指出：本项目针对改良西门子法能耗高、 三氯氢硅转化率低、硅烷产能低等问题,自主设计开发了高纯级别硅烷气塔式闭路歧化循环反应工艺和装备,主要创新点包括:①歧化反应制备超纯硅烷；②氯硅烷回收系统；③分子筛在线活化和再生流程快速高效去杂。产出了优于超大规模集成电路国际技术规格(VLSI)的硅烷气，产品经国家化学工业气体质量监督检验中心检测，达到 VLSI 规格。产能除满足企业自身生产电子级粒状多晶硅外，还供应隆基乐叶、通威集团、京东方等多家硅烷气终端客户,市场反映良好。

评价结论：整体技术达到国际先进水平,实现了高纯硅烷气生产国产化,具有显著的经济和社会效益。

2021 及 2022 年，该项目 3 项产品“超纯电子级硅烷气”、“电子级多晶硅”、“粒状多晶硅”获陕西省工业和信息化厅颁发的陕西省重点新产品证书。

陕西省工信厅邀请行业内专家组织召开了新产品鉴定会，鉴定意见指出：项目生产的超高纯电子级硅烷气产品纯度超过 99.9999%, 优于超大规模集成电路国际技术规格(VLSI)，符合国家标准《电子工业用气体硅烷》GB/T 15909-2017；市场前景广阔，经济和社会效益良好；设备先进，检测手段完备，质量控制体系良好，满足批量生产要求。结论：一致同意通过新产品鉴定。

有色金属工业科技查新中心国际查新报告表明：硅烷品质优于超大规模集成电路国际技术规格（VLSi），国内外文献未见与其相同的技术工艺及产品等级。

国家化学工业气体质量监督检验机构大连光明气体质量检验中心报告表明：硅烷气纯度＞6N,总含杂＜ 0.53（体积/10-6），远优于国家标准《电子工业用气体·硅烷》，氢、氧、碳、硼、磷、铝、锑、砷、硼、镓等十多项杂质含量低于国家标准一个数量级。

京东方光电科技、咸阳彩虹光电科技、合肥正帆电子材料、隆基乐叶等半导体元器件、OLED柔性高清显示屏、太阳能光伏电池生产企业在用户报告中指出，该项目成果向我方供货的超高纯电子级硅烷气各项参数稳定可靠，硅烷纯度>6N；杂质总含量（体积分数）/10-8<0.53；硼含量（摩尔分数）/10-9<0.048；铬+铜+铁+镍+锌含量（摩尔分数）/10-9<0.81；铝、锑、砷、镓、磷等杂质未检出。产品达到超大规模集成电路国际技术规格（VLSI）标准，质量不但远优于国家标准《电子工业用气体·硅烷》，且远优于其他企业同类产品。超高纯电子级硅烷气原料提升了我公司产品品质，推动我公司实现了产业结构优化和产品升级换代，提高了我公司的市场竞争力。

**五、推广应用情况**

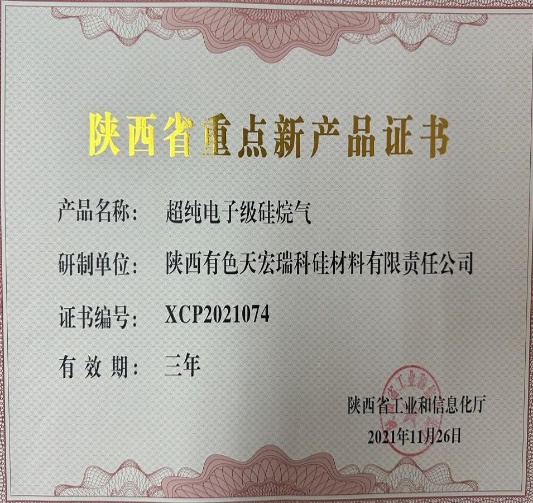
项目完成单位因本项目成果近三年新增销售额30.1亿元，新增利润2.1亿元，产出的硅烷气除满足本企业自身生产电子级粒状多晶硅外，还畅销东南亚，以及咸阳彩虹光电科技、京东方光电科技、樾达（上海）科技、隆基乐叶等国内17家半导体元器件、柔性高清显示屏、太阳能光伏电池龙头企业。为破解我国本领域卡脖子问题提供了关键原料，引领我国多晶硅企业迈入电子级多晶硅市场。

主要应用单位情况表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 应用单位名称 | 应用技术 | 应用的起止时间 | 应用单位联系人联系电话 | 经济效益（万） |
| 1.陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | 超高纯电子级硅烷气整体技术 | 2021年1月-今 | 联系人：张遵 电话：18992029125 | 电子级硅烷气近三年：新增销售额30.1亿元，新增利润2.1亿元。 |
| 2.咸阳彩虹光电科技有限公司 | 超高纯电子级硅烷气整体技术 | 2023年11月-今 | 联系人：胡琴 电话：15771807513 | 间接经济效益 |
| 3.合肥正帆电子材料有限公司 | 超高纯电子级硅烷气整体技术 | 2021年1月-今 | 联系人：沈现兵电话：13511634861 | 间接经济效益 |
| 4.全椒亚格泰电子新材料科技有限公司 | 超高纯电子级硅烷气整体技术 | 2021年1月-今 | 联系人：徐高萍电话：15958272645 | 间接经济效益 |
| 5.樾达科技 (上海)有限公司 | 超高纯电子级硅烷气整体技术 | 2022年10月-今 | 联系人：罗龙富电话： 15811053733 | 间接经济效益 |
| 6.江苏龙恒新能源有限公司 | 超高纯电子级硅烷气整体技术 | 2020年10月-今 | 联系人：董鑫 电话： 13732684407 | 间接经济效益 |
| 7.晶澳太阳能有限公司 | 超高纯电子级硅烷气整体技术 | 2023年7月-今 | 联系人：马艳玲电话：0319-5800752 | 间接经济效益 |
| 8.西安隆基乐叶光伏科技有限公司 | 超高纯电子级硅烷气整体技术 | 2021年2月-今 | 联系人：田景辉电话：15667408737 | 间接经济效益 |
| 9.成都京东方光电科技有限公司 | 超高纯电子级硅烷气整体技术 | 2022年1月-今 | 联系人：于伟成电话：15828587113 | 间接经济效益 |

项目产出的硅烷气产品达到超大规模集成电路国际技术规格（VLSI），与国际一流企业产品各项指标对比， 持平甚至高出， 显著优于国家标准《电子工业用气体· 硅烷》（GB/T15909-2017）及国内其他企业指标。国家化学工业气体质量监督检验机构大连光明气体质量检验中心报告表明，硅烷气纯度＞6N,总含杂＜0.53（体积/10-6），远优于国家标准《电子工业用气体·硅烷》，氢、氧、碳、硼、磷、铝、锑、砷、硼、镓等十多项杂质含量低于国家标准一个数量级。

产出的超高纯电子级硅烷气获3项陕西省重点新产品认证。陕西省工信厅邀请行业内专家组织召开了新产品鉴定会，鉴定意见指出：项目生产的超高纯电子级硅烷气产品纯度超过 99.9999%, 优于超大规模集成电路国际技术规格(VLSI)。填补了我国本领域技术空白。



1. **主要知识产权**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 授权项目名称 | 知识产权类别 | 国（区）别 | 授权号 |
| 1 | 制造硅烷和氢卤硅烷的系统和方法 | 发明专利 | 中国 | ZL201280056572.0 |
| 2 | 多晶硅体系 | 发明专利 | 中国 | ZL201280003244.4 |
| 3 | 从反应残余物回收氢卤硅烷 | 发明专利 | 中国 | ZL201480000672.0 |
| 4 | 反应器系统及用其生产多晶硅的方法 | 发明专利 | 中国 | ZL201380003725. X |
| 5 | 减少氢氯硅烷生产中的腐蚀和结垢 | 发明专利 | 中国 | ZL201480000480. X |
| 6 | 减轻多晶硅的金属接触污染的容器和方法 | 发明专利 | 中国 | ZL201380003726.4 |
| 7 | 用于制备硅烷和氢卤硅烷的方法和装置 | 发明专利 | 中国 | ZL201480000474.4 |
| 8 | 用于形成用在流化床反应器中的碳化硅的高纯度硅 | 发明专利 | 中国 | ZL201410461379.6 |
| 9 | 分段碳化硅衬 | 发明专利 | 中国 | ZL201410461386.6 |
| 10 | 流化床反应器内分段碳化硅衬的接合部设计 | 发明专利 | 中国 | ZL201410460564.3 |
| 11 | 流化床反应器设备用的高温级钢 | 发明专利 | 中国 | ZL201380003721.1 |
| 12 | 用于流化床反应器的探头组件 | 发明专利 | 中国 | ZL201380003729.8 |
| 13 | 用于流化床反应器中的分段碳化硅衬的无污染粘合材料 | 发明专利 | 中国 | ZL201410460891.9 |
| 14 | 在流化床反应器中使用的分段衬和过渡支撑环 | 发明专利 | 中国 | ZL201410601759.5 |
| 15 | 一种多晶硅样芯的制备方法 | 发明专利 | 中国 | ZL202111637037.1 |
| 16 | 用于流化床反应器的阻挡元件 | 发明专利 | 中国 | ZL201410460636.4 |
| 17 | 一种检测区熔多晶硅表面损伤深度的方法 | 发明专利 | 中国 | ZL2021114061443 |
| 18 | 用于固结粒状硅并测量非金属含量的方法和装置 | 发明专利 | 中国 | ZL201480000479.7 |
| 19 | 一种检测区熔多晶硅生长缺陷的方法 | 发明专利 | 中国 | ZL2021114076519 |
| 20 | 用于硅粉末管理的设备和方法 | 发明专利 | 中国 | ZL201410853045.3 |
| 21 | 一种硅烷尾料回收系统 | 实用新型专利 | 中国 | ZL202121080429.8 |
| 22 | 一种硅烷卸载系统 | 实用新型专利 | 中国 | ZL202121081378.0 |
| 23 | 一种拉动装置 | 实用新型专利 | 中国 | ZL202021196675.5 |
| 24 | 一种流体逆流状态检测组件和渣料吸收装置 | 实用新型专利 | 中国 | ZL202021725656.7 |
| 25 | 一种制冷剂除水装置 | 实用新型专利 | 中国 | ZL202021765109.1 |
| 26 | 一种新型过滤器 | 实用新型专利 | 中国 | ZL202021906346.5 |
| 27 | 一种导热油净化设备 | 实用新型专利 | 中国 | ZL202021909483.4 |
| 28 | 一种用于离心机转鼓固相端的保护装置 | 实用新型专利 | 中国 | ZL202022133587.7 |
| 29 | 一种渣浆料的处理装置 | 实用新型专利 | 中国 | ZL202220383539. X |
| 30 | 一种换热器的清洁装置 | 实用新型专利 | 中国 | ZL202220419631.7 |
| 31 | 一种新型旋风分离器 | 实用新型专利 | 中国 | ZL202223165987.1 |
| 32 | 一种新型燃气热油系统 | 实用新型专利 | 中国 | ZL202223167513.0 |
| 33 | 一种新型燃气热油系统 | 实用新型专利 | 中国 | ZL202223167513.0 |
| 28 | 一种用于离心机转鼓固相端的保护装置 | 实用新型专利 | 中国 | ZL202022133587.7 |
| 29 | 一种渣浆料的处理装置 | 实用新型专利 | 中国 | ZL202220383539. X |
| 30 | 一种换热器的清洁装置 | 实用新型专利 | 中国 | ZL202220419631.7 |
| 31 | 一种新型旋风分离器 | 实用新型专利 | 中国 | ZL202223165987.1 |
| 32 | 一种新型燃气热油系统 | 实用新型专利 | 中国 | ZL202223167513.0 |
| 33 | 一种新型燃气热油系统 | 实用新型专利 | 中国 | ZL202223167513.0 |

**七、主要完成人情况**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓名 | 徐岩 | | | 排名 | | 1 |
| 行政职务 | 董事长 | | | 技术职称 | | 正高级工程师 |
| 工作单位 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | | | 完成单位 | | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 项目负责人，全面负责并全程参与了该项目研发工作。  在“三、主要科技创新”中，对关键技术与创新点3.1、3.2、3.3、3.4、3.5均有贡献。主持并全程参与了：氯硅烷在氢气氛围中与铁反应形成化合物机理的研究工作；氢气和四氯化硅与硅反应高效制备氯硅烷新方法和新装置研发工作；氯硅烷回收新方法和料浆分离新装置研发工作；三氯氢硅歧化法制备超高纯硅烷气工艺路线及核心装备研发工作。 | | | | | |
| 姓名 | 张遵 | | | 排名 | | 2 |
| 行政职务 | 科技部经理 | | | 技术职称 | | 高级工程师 |
| 工作单位 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | | | 完成单位 | | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 项目主要完成人，全程参与了该项目研发工作。在“三、主要科技创新”中，对关键技术与创新点3.1、3.2、3.3、3.4、3.5均有贡献。为主参与了：氯硅烷在氢气氛围中与铁反应形成化合物机理的研究工作；氢气和四氯化硅与硅反应高效制备氯硅烷新方法和新装置研发工作；氯硅烷回收新方法和料浆分离新装置研发工作；三氯氢硅歧化法制备超高纯硅烷气工艺路线及核心装备研发工作。 | | | | | |
| 姓名 | 尚明达 | | | 排名 | | 3 |
| 行政职务 | 科技部副经理 | | | 技术职称 | | 工程师 |
| 工作单位 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | | | 完成单位 | | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 项目主要完成人，全程参与了该项目研发工作。  在“三、主要科技创新”中，对关键技术与创新点3.1、3.2、3.3、3.4、3.5均有贡献。为主参与了：氯硅烷在氢气氛围中与铁反应形成化合物机理的研究工作；氢气和四氯化硅与硅反应高效制备氯硅烷新方法和新装置研发工作；氯硅烷回收新方法和料浆分离新装置研发工作；三氯氢硅歧化法制备超高纯硅烷气工艺路线及核心装备研发工作。 | | | | | |
| 姓名 | 郑斌 | | | 排名 | | 4 |
| 行政职务 | 副总经理 | | | 技术职称 | | 高级工程师 |
| 工作单位 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | | | 完成单位 | | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 项目主要完成人，全程参与了该项目研发工作。  在“三、主要科技创新”中，对关键技术与创新点3.1、3.2、3.3、3.4、3.5均有贡献。为主参与了：氯硅烷在氢气氛围中与铁反应形成化合物机理的研究工作；氢气和四氯化硅与硅反应高效制备氯硅烷新方法和新装置研发工作；氯硅烷回收新方法和料浆分离新装置研发工作；三氯氢硅歧化法制备超高纯硅烷气工艺路线及核心装备研发工作。 | | | | | |
| 姓名 | 陈晓冬 | | | 排名 | | 5 |
| 行政职务 | 副总经理 | | | 技术职称 | | 工程师 |
| 工作单位 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | | | 完成单位 | | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 项目主要完成人，全程参与了该项目研发工作。  在“三、主要科技创新”中，对关键技术与创新点3.1、3.2、3.3、3.4、3.5均有贡献。为主参与了：氯硅烷在氢气氛围中与铁反应形成化合物机理的研究工作；氢气和四氯化硅与硅反应高效制备氯硅烷新方法和新装置研发工作；氯硅烷回收新方法和料浆分离新装置研发工作；三氯氢硅歧化法制备超高纯硅烷气工艺路线及核心装备研发工作。 | | | | | |
| 姓名 | 常璟春 | | | 排名 | | 6 |
| 行政职务 | 硅烷生产部经理 | | | 技术职称 | | 工程师 |
| 工作单位 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | | | 完成单位 | | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 项目主要完成人，全程参与了该项目研发工作。  在“三、主要科技创新”中，对关键技术与创新点3.1、3.2、3.3、3.4、3.5均有贡献。参与了氯硅烷在氢气氛围中与铁反应形成化合物机理的研究工作；氢气和四氯化硅与硅反应高效制备氯硅烷新方法和新装置研发工作；氯硅烷回收新方法和料浆分离新装置研发工作；三氯氢硅歧化法制备超高纯硅烷气工艺路线及核心装备研发工作。 | | | | | |
| 姓名 | 李朋飞 | | | 排名 | | 7 |
| 行政职务 | 超纯硅生产部副经理 | | | 技术职称 | | 工程师 |
| 工作单位 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | | | 完成单位 | | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 项目主要完成人，全程参与了该项目研发工作。  在“三、主要科技创新”中，对关键技术与创新点3.1、3.2、3.3、3.4、3.5均有贡献。参与了氯硅烷在氢气氛围中与铁反应形成化合物机理的研究工作；氢气和四氯化硅与硅反应高效制备氯硅烷新方法和新装置研发工作；氯硅烷回收新方法和料浆分离新装置研发工作；三氯氢硅歧化法制备超高纯硅烷气工艺路线及核心装备研发工作。 | | | | | |
| 姓名 | 韦武杰 | | 排名 | | 8 | |
| 行政职务 | 质量部经理 | | 技术职称 | | 工程师 | |
| 工作单位 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | | 完成单位 | | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 在“三、主要科技创新”中，对关键技术与创新点3.1、3.2、3.3、3.4、3.5均有贡献。参与了氯硅烷在氢气氛围中与铁反应形成化合物机理的研究工作；氢气和四氯化硅与硅反应高效制备氯硅烷新方法和新装置研发工作；氯硅烷回收新方法和料浆分离新装置研发工作；三氯氢硅歧化法制备超高纯硅烷气工艺路线及核心装备研发工作。 | | | | | |
| 姓名 | 周宏涛 | 排名 | | | 9 | |
| 行政职务 | 生产计划部经理 | 技术职称 | | | 工程师 | |
| 工作单位 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | 完成单位 | | | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 在“三、主要科技创新”中，对关键技术与创新点3.1、3.2、3.3、3.4、3.5均有贡献。参与了氯硅烷在氢气氛围中与铁反应形成化合物机理的研究工作；氢气和四氯化硅与硅反应高效制备氯硅烷新方法和新装置研发工作；氯硅烷回收新方法和料浆分离新装置研发工作；三氯氢硅歧化法制备超高纯硅烷气工艺路线及核心装备研发工作。 | | | | | |
| 姓名 | 杨振中 | | 排名 | | 10 | |
| 行政职务 | 科技部副经理 | | 技术职称 | | 工程师 | |
| 工作单位 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | | 完成单位 | | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | |
| 对本项目主要学术和技术创造性贡献 | 在“三、主要科技创新”中，对关键技术与创新点3.1、3.2、3.3、3.4、3.5均有贡献。参与了氯硅烷在氢气氛围中与铁反应形成化合物机理的研究工作；氢气和四氯化硅与硅反应高效制备氯硅烷新方法和新装置研发工作；氯硅烷回收新方法和料浆分离新装置研发工作；三氯氢硅歧化法制备超高纯硅烷气工艺路线及核心装备研发工作。 | | | | | |

**八、主要完成单位排序及贡献**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目排名 | 完成单位 | 对项目的贡献 |
| 1 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司 | 陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司作为第一完成单位单位，研究了氯硅烷在氢气氛围中与铁反应形成化合物机理；开发氢气和四氯化硅与硅反应高效制备氯硅烷新方法和新装置；研制了氯硅烷回收新方法和料浆分离新装置；优化设计并建造了三氯氢硅歧化法制备超高纯硅烷气工艺路线及核心装备；研发了硅烷气提纯新方法，获得了超高纯电子级硅烷气。建成了年产3万吨超高纯电子级硅烷气工业示范线。 |

**九、完成人合作关系说明**

项目主要完成人员有徐岩、张遵、尚明达、郑斌、陈晓冬、常璟春、李朋飞、韦武杰、周宏涛、杨振中10人，这些人员以多种方式参与了项目实施，包括共同立项、设计、实施、申请专利、合著论文及报告撰写等，集体成果为超高纯电子级硅烷气产业化实施关键技术与工艺提供了科学依据。

**十、完成单位合作关系说明**

本项目由陕西有色天宏瑞科硅材料有限责任公司单独完成。