**2023年度陕西省科学技术奖提名公示内容**

注：三大项目奖“主要完成人情况”摘自“主要完成人情况表”中的部分内容，公示姓名、排名、行政职务、技术职称、工作单位、完成单位、对本项目贡献。

**项目公示信息（科技进步奖）**

1. 项目名称：高密度阵列式封装器件的高可靠组装技术
2. 提名者及提名意见

提名者：陕西省电子学会

提名意见：

该成果针对星载高速数传、相控阵天线产品高集成度、高可靠、高功率、异质集成的需求，突破了CCGA器件高精度植柱、大尺寸基板阵列式互连、高密度器件自动搪锡等瓶颈技术，本成果拥有多项核心技术、知识产权，全流程制造技术自主可控。该成果具有通用性，已在遥感三十五号、天问一号等卫星产品中得到应用，后续可推广应用于其他类型卫星有效载荷产品的研制，具有广阔的国防应用前景和显著的社会经济效益。

本成果针对航天领域有效载荷研制过程中电子产品对高密度栅阵列器件高可靠、零缺陷组装的技术要求，开展适用于宇航高可靠需求的BGA植球技术、CCGA植柱技术、PCB板双面装焊BGA器件技术、基于BGA焊球的三维叠层焊接技术研究，关键生产环节自动化设备研制，解决BGA器件在受限条件下快速植球组装，大尺寸高密度BGA、CCGA器件组装焊接气孔率高、引脚共面性控制难，板级组装小型化瓶颈突出、高密度器件组装关键工艺过程无自动化设备等问题。

本项目拥有多项核心技术、自主知识产权专利，全流程制造技术自主可控。该技术成果已成功应用于多个重点型号任务有效载荷产品的研制。该目成果具有通用性，可用于各型号、各类型卫星的数字类产品研制。

同意提名该项目为2023年度陕西省科技进步三等奖。

1. 项目简介

本项目针对高速数传、相控阵天线产品高集成度、高可靠、高功率小、异质集成的需求，开展高密度栅阵列器件组装、大尺寸阵列式互联、多类型基板叠层等工艺技术的研制工作，突破了PCB板上植高铅焊球技术、CCGA器件植柱技术、PCB板双面装焊BGA器件技术、基于BGA焊球的叠层焊接技术、大尺寸基板阵列式互连工艺技术、高密度器件自动搪锡设备开发等关键技术，成功制造出星载五代高速数传产品、首台国际先进的星载L频段和Ka频段相控阵天线产品项目。其主要技术进步点及创新点如下：

1、提出了一种面向宇航电子产品应用的球栅阵列封装在PCB板上装焊时植高铅球的方法，该方法只需一次回流焊接就可以实现BGA植球和组装过程，一次回流可减少器件侧金属间化合物的厚度，从而提高器件侧焊点的可靠性；

2、提出一种适用于高可靠柱栅阵列式器件的植柱工艺方法，能够保证器件植柱焊点外观效果、植柱后器件焊点空洞率、以及端面的平面度在稳定控制状态，有效提高了植柱效率，且具备精度高、适应性强的特点；

3、提出了一种适用于自动搪锡设备的锡锅结构和锡液面控制方法，可以为自动搪锡设备提供表面洁净、无波动的焊锡液面，可保证自动搪锡设备长期运行稳定性；

4、提出了一种适用于高密度器件应用的器件智能分拣方法，使用高清相机、激光测量装置等，通过测量元器件外形尺寸、引脚分布状态、读取表面字符等方式，实现对元器件规格的判断，实现自动分拣。

高密度阵列式封装器件的可靠组装技术已产生了3项授权国家发明专利，发表代表性科技论文5，涵盖本项目研究的BGA植球工艺、CCGA植柱工艺、高密度阵列式器件组装工艺设备、多梯度三维立体叠层工艺。

该项目所开发的CCGA器件真空再流焊接技术已经在BD-2-2、CE-5、GF-4等型号产品研制过程中得到普遍应用；该项目所开发PCB基板植球工艺技术已在XY-1、OVS-1等型号的数传类电子产品上应用。CCGA器件及大尺寸高密度BGA器件返修曲线应用于BD-2-2的数传产品中。组装技术的推广能大大提高空间数传类电子产品的组装合格率，返修曲线将在问题产品返修、落焊过程中的质量提供有力的保障。

1. 客观评价

2022年11月12日，中国航天科技集团有限公司研究发展部在西安组织召开了“高密度阵列式封装器件的可靠组装技术”科技成果鉴定会。鉴定委员会听取了研制技术总结报告、自主可控报告，并审查了任务书、测试报告、应用证明、知识产权报告和查新报告等相关文件，经讨论形成鉴定意见如下：

该成果针对星载高速数传、相控阵天线产品高集成度、高可靠、高功率、异质集成的需求，突破了CCGA器件高精度植柱、大尺寸基板阵列式互连、高密度器件自动搪锡等瓶颈技术，其主要技术进步点及创新点如下：

1、提出了一种基于石墨材料、网板结构工装和端面切割工艺的柱栅阵列器件植柱方法，将植柱共面性提升至0.032mm，植柱位置精度提升至0.068mm，显著提高了植柱成品率和可靠性。

2、提出了一种BGA焊球和铜块匹配焊接的基板垂直叠层互联方法，将基板叠层尺寸增大至70mm\*65mm，实现了80g重量基板的高可靠、高散热面阵列垂直互联。

3、提出了一种适用于高密度栅阵列器件的搪锡结构和锡液面控制方法，研制了具有自动分拣、适用于多品种生产的全自动智能搪锡设备，锡液面控制精度达0.1mm。

该成果具有通用性，已在遥感三十五号、天问一号等卫星产品中得到应用，后续可推广应用于其他类型卫星有效载荷产品的研制，具有广阔的国防应用前景和显著的社会经济效益。

1. 应用情况

多梯度叠层工艺研究主要针对我国未来瓦式相控阵天线产品中板级叠层工艺研究，属于共性基础工艺技术，解决了传统平面组装难以进一步提升组装密度、超高密度集成时大功率散热等难题，该技术在星网Ka相控阵天线R组件、T组件中得到应用，体积和重量只有传统设计的1/20，破解了星载多波束相控阵天线的超高密度集成的大功率散热难题和低剖面轻小型化难题，以产品为载体通过实际应用，具备批量稳定生产能力和质量保证能力，综合技术指标达到国际先进水平。

高可靠数字单板的BGA植球技术自动搪锡技术均在星载产品中得到广泛应用，为数字类产品高密度集成、高密度小型化元器件的集成组装的奠定了基础，能更好地推动产品更新换代、生产效率的迅速提升，相关成果已经在北斗、嫦娥、星网、抗强、宽带等型号中得到应用。

基于自动搪锡用锡锅结构和锡液面控制方法开发的智能搪锡设备，已经在生产过程得到成熟应用，应用设想得到成功实施，具备使用保障能力，已在宇航产品制造过程中稳定应用2年时间。

上述器件组装技术、板级面阵列叠层焊接技术和工艺设备应用已经形成了一整套工艺技术标准，用以指导产品设计、工艺设计和生产制造过程。2016年10月至今，项目已累计生产各类高密度印制板组装件3000块以上。本项目成果已在我国“遥感35”卫星、探月工程、火星探测项目、“北斗三号”导航卫星等多颗卫星上成功应用，极大地提高了我国卫星的通信、导航、遥感等能力，具有广阔的发展前景和显著的军事和社会效益。

1. 主要知识产权和标准规范等目录（限10条）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 知识产权类别 | 知识产权  具体名称 | 国家  （地区） | 授权号 | 授权日期 | 证书编号 | 权利人 | 发明人 |
| 1 | 标准规范 | 航天器电子电气产品表面安装技术要求 | 中国 | Q/W 1262A-2017 | 2017-06-30 | / | / | 任联锋、王宏、周澄、吴言沛、董军荣、朱欣、杨林 |
| 2 | 标准规范 | 航天器电子电气产品波峰焊接技术要求 | 中国 | Q/W 1263A-2017 | 2017-06-30 | / | / | 任联锋、刘菁、杨淑娟、李佳宾、朱欣 |
| 3 | 标准规范 | 航天器阵列式封装器件表面安装技术要求 | 中国 | Q/W 1820－2021 | 2021-12-03 | / | / | 吴言沛、王宏、周澄、任联锋、郭鹏、李文建 |
| 4 | 发明专利 | 一种一次回流同时实现BGA植球和组装的方法 | 中国 | ZL201710771986.6 | 2019/05/24 | / | 西安空间无线电技术研究所 | 吴言沛、董军荣、王宏、韩良、马贞、韩婷、梁亚萍、王辉、王慧 |
| 5 | 发明专利 | 基于LTCC的CGA一体化封装结构及其实现方法 | 中国 | ZL201710331041.2 | 2019/11/29 | / | 西安空间无线电技术研究所 | 石伟、张婷、张保、王宏、王升、赵雅 |
| 6 | 发明专利 | 一种栅阵列器件平面度检测工装及检测方法 | 中国 | ZL201911341040.1 | 2021/04/13 | / | 西安空间无线电技术研究所 | 刘忠丽、姜莉琴、梁亚萍、田雍容、李炳东、赵静、曹征、李强、杨怡欣、刘旺、郭瑞霞 |
| 7 | 期刊论文 | 塑封BGA封装器件双面装焊工艺研究 | 中国 | 1674-7135（2021）06-0099-07 | 2021-11-013 | / | / | 李文建、刘潇、王晓博、郭瑞霞、翟海艳、贾亮、吴言沛、王宏 |

1. 主要完成人情况

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓名 | 排名 | 行政  职务 | 技术  职称 | 工作  单位 | 完成  单位 | 对本项目贡献 |
| 任联锋 | 1 | 副主任 | 高级工程师 | 西安空间无线电技术研究所 | 西安空间无线电技术研究所 | 完成了课题的项目总体方案制定与技术总结工作 |
| 王宏 | 2 | / | 高级工程师 | 西安空间无线电技术研究所 | 西安空间无线电技术研究所 | 完成了CGA器件植柱技术、高密度器件智能分拣方法等两项关键技术的实施及攻关工作 |
| 吴言沛 | 3 | 副主任 | 高级工程师 | 西安空间无线电技术研究所 | 西安空间无线电技术研究所 | 完成了PCB板上植高铅焊球技术、PCB双面装焊BGA器件技术等两项关键技术的具体实施及攻关工作 |
| 周澄 | 4 | 副总工艺师 | 研究员 | 西安空间无线电技术研究所 | 西安空间无线电技术研究所 | 完成了课题的项目论证、方案设计、关键技术攻关指导工作 |
| 杨林 | 5 | 副主任 | 工程师 | 西安空间无线电技术研究所 | 西安空间无线电技术研究所 | 完成了课题的项目论证指导工作，完成了PCB板上植高铅焊球技术、CGA器件植柱技术、PCB板双面装焊BGA器件技术研制工作 |
| 李文建 | 6 | / | 工程师 | 西安空间无线电技术研究所 | 西安空间无线电技术研究所 | 完成了大尺寸基板垂直互连结构、高密度器件自动搪锡设备开发等两项关键技术的研制工作 |
| 刘忠丽 | 7 | / | 技师 | 西安空间无线电技术研究所 | 西安空间无线电技术研究所 | 完成了课题中PCB板上植高铅焊球技术、CGA器件植柱技术等多项关键技术研制过程 |

1. 主要完成单位及创新推广贡献

西安空间无线电技术研究所为独立完成单位，是我国专门设计、研制各类空间飞行器的有效载荷、测控系统以及相应地面设备的专业科研机构，在卫星通信、遥感及测控技术、微波、天线及高速数传技术等方面处于国内领先地位。

西安空间无线电技术研究所在本项目取得的成果，在我国 “遥感35”卫星、探月工程、火星探测项目、“北斗三号”导航卫星等多颗卫星上成功应用，有效支撑了我国航天型号研制目标的顺利实施。本项目及相关技术已为我国宇航各型号有效载荷累计生产3000余台套，有力支撑了我国宇航能力建设，具有广阔的应用前景和显著的经济、社会、军事效益。

1. 完成人合作关系说明

项目第一完成人与第二完成人联合申请并完成了多项研究课题，共同提出了快速植柱的工艺方法，并在高密度阵列式封装器件组装技术创新方面深入开展了合作研究，形成了多项标准规范。

项目第一完成人与第三完成人联合申请并完成了多项研究课题，共同完成了大尺寸BGA器件装焊工艺的研制，主要完成BGA器件板上植球、回流焊接工艺的研制的工作。

项目第一完成人与第四完成人联合申请并完成了多项研究课题，共同完成了项目整体方案的可行性设计的工作。

项目第一完成人与第五完成人联合申请并完成了多项研究课题，共同完成了项目技术讨论与方案论证的工作。

项目第一完成人与第六完成人联合申请并完成了多项研究课题，共同完成了大尺寸基板垂直互连结构、高密度器件自动搪锡设备开发等两项关键技术的研制工作。

项目第一完成人与第七完成人共同完成了BGA植球工艺研制及样件制作方案的工作。

**完成人合作关系情况汇总表**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 合作方式 | 合作者/项目排名 | 合作起始时间 | 合作完成时间 | 合作成果 |
| 1 | 标准规范 | 任联锋、王宏、周澄、吴言沛、董军荣、朱欣、杨林 | 2015.08 | 2017.06 | 航天器电子电气产品表面安装技术要求 |
| 2 | 标准规范 | 任联锋、刘菁、杨淑娟、李佳宾、朱欣 | 2015.08 | 2017.06 | 航天器电子电气产品波峰焊接技术要求 |
| 3 | 标准规范 | 吴言沛、王宏、周澄、任联锋、郭鹏、李文建 | 2019.07 | 2021.12 | 航天器阵列式封装器件表面安装技术要求 |
| 4 | 共同知识产权 | 吴言沛、董军荣、王宏、韩良、马贞、韩婷、梁亚萍、王辉、王慧 | 2017.03 | 2019.05 | 一种一次回流同时实现BGA植球和组装的方法 |
| 5 | 共同知识产权 | 石伟、张婷、张保、王宏、王升、赵雅 | 2017.06 | 2019.12 | 基于LTCC的CGA一体化封装结构及其实现方法 |
| 6 | 共同知识产权 | 刘忠丽、姜莉琴、梁亚萍、田雍容、李炳东、赵静、曹征、李强、杨怡欣、刘旺、郭瑞霞 | 2019.04 | 2021.04 | 一种栅阵列器件平面度检测工装及检测方法 |
| 7 | 论文合著 | 李文建、刘潇、王晓博、郭瑞霞、翟海艳、贾亮、吴言沛、王宏 | 2019.12 | 2021.11 | 塑封BGA封装器件双面装焊工艺研究 |

**承诺：**本人作为项目第一完成人，对本项目完成人合作关系及上述内容的真实性负责，特此声明。