附件1

中国电子科技集团公司第九研究所“揭榜挂帅”榜单（2022年）

| **序号** | **任务名称** | **研究目标** | **研究内容** | **牵引性指标** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 单晶YIG铁氧体厚膜加工技术研究 | 针对雷达等新一代装备发展对小型化的需求，开展单晶YIG铁氧体厚膜刻蚀技术研究，突破关键技术刻蚀工艺和技术，实现厚膜刻蚀，形成刻蚀工艺技术文件，突破关键通孔工艺，实现低应力通孔，满足小型化微波铁氧体器件装备发展的需求，在YIG单晶膜表面金属化后制备所需的金属图形，满足使用要求。 | 1、探索物理或化学方法对的YIG单晶厚膜的刻蚀方法和工艺，解决厚度为50微米以内YIG单晶厚膜的刻蚀难的问题，探索50微米以上厚膜的刻蚀方法；  2、采用物理或化学方法对YIG单晶厚膜（带基底）通孔技术研究，实现低应力通孔，满足后续填充工艺要求；  3、利用磁控溅射和微加工技术，研究单晶YIG厚膜表面金属化以及图形化加工技术研究，重点解决金属膜与YIG单晶结合力的问题，使其达到工程应用级别。 | 1、实现50微米厚度YIG薄膜线条刻蚀。其中最小线宽25微米（线宽偏差小于±10%）；  2、单晶YIG厚膜（带基底）通孔技术研究，孔径范围30-1000微米（孔径偏差小于±10%）；  3、开发出1套针对YIG单晶厚膜刻蚀的制备工艺；  4、开发出1套针对YIG单晶厚膜（带基底）通孔的制备工艺；  5、YIG单晶厚膜上金属薄膜结合力满足工程应用级别，3M胶带粘5次不脱落；  6、公开发表论文：1篇；  7、申请发明专利：1项。 |
| 2 | 非晶纳米晶软磁复合材料及一体成型电感关键技术 | 1、针对一体成型电感应用，开展磁粉绝缘包覆、粘结成形和低压成型等技术研究，突破低塑性非晶纳米晶磁粉成型关键技术，获得高致密、低应力和高强度磁粉芯；  2、开发工作温度-40℃~155℃的高性能非晶纳米晶一体成型电感，满足车载电子和5G通讯等领域应用要求；  3、理解磁粉芯低压成型和电感损耗机制等关键科学问题；  4、形成非晶纳米晶一体成型电感技术文件。 | 1、研究非晶纳米晶粉末的新型绝缘包覆工艺和粘结成型工艺，解决非晶粉末成形能力差的缺点；  2、开发低压成型技术，降低内应力，解决非晶磁粉芯致密度低、强度低、磁导率低的难题；  3、研究粉末特性对一体成型电感性能的影响，提高电感综合性能；  4、研究非晶纳米晶一体成型电感的高频损耗机制；  5、研究非晶纳米晶一体成型电感元件的应用特性，探索其在电子元件中的应用潜力。 | 1、开发Fe基非晶纳米晶一体成型电感，典型尺寸：7×6.7×3 mm，性能达到：电感量L≥1.5 μH @ 1 MHz，直流电阻≤15 mΩ，饱和电流≥15 A，温升电流≥10 A，品质因素Q≥40 @ 1 MHz，绝缘耐压≥250 Vac，破裂强度≥20 kg（压头法），工作温度-40℃~155℃；  2、成型压力≤600 MPa下制备的磁粉芯（φ20\*12\*5.6 mm磁环，不退火）性能达到：密度≥5.4 g/cm3，磁导率μ≥20 @ 1 MHz，损耗Pcv≤1300 mW/cm3 @ 100 kHz/100 mT，径向压溃强度≥20 kg；  3、开发出1套针对非晶纳米晶软磁复合材料磁粉芯和一体成型电感的制备工艺；  4、公开发表论文：2篇；  5、申请发明专利：1项。 |
| 3 | 块体石榴石旋磁铁氧体上诱导垂直取向永磁厚膜关键技术研究 | 针对阵列雷达等新一代装备发展对单片集成环行器的需求，开展块体石榴石旋磁铁氧体上诱导垂直取向永磁厚膜材料等研究，突破石榴石旋磁铁氧体块材自偏置关键技术，研制出自偏置石榴石块体旋磁铁氧体复合永磁膜样件，形成块体石榴石旋磁铁氧体上诱导垂直取向永磁厚膜材料技术文件，实现阵列雷达装备发展的需求。 | 1、高品质石榴石旋磁铁氧体块材的制备。石榴石旋磁铁氧体的微结构和晶体结构决定其磁特性和微波损耗，并影响环行器的插入损耗和隔离度等关键参数。因此，追求高品质石榴石旋磁铁氧体材料一直是国内外研究人员的目标，也是本项目的研究内容之一。  2、高矫顽力永磁厚膜材料的生长。高矫顽力一直是永磁厚膜材料的研究热点。目前第三代永磁材料（Nd-Fe-B）存在内禀矫顽力较低、温度稳定性较差等问题。稀土离子掺杂、厚膜制备工艺参数优化等是实现高矫顽力永磁厚膜材料的关键技术，也是本项目的重要研究内容之一。  3、永磁厚膜与石榴石旋磁铁氧体的界面问题研究。石榴石旋磁铁氧体与第三代永磁材料（Nd-Fe-B）存在较大的晶格失配、热失配等问题。通过解决两者之间的界面问题，不仅可以调控两者之间的晶格失配，热失配问题，同时还可以诱导永磁厚膜的垂直取向生长。因此，永磁厚膜与石榴石旋磁铁氧体的界面问题也是本项目的重要研究内容之一。 | 1、块材石榴石旋磁铁氧体铁磁共振线宽＜2.4 kA/m； 2、块材石榴石旋磁铁氧体饱和磁化强度＞150 kA/m；  3、永磁膜厚度＞10微米；  4、永磁膜内禀矫顽力＞1200 kA/m；  5、永磁膜与铁氧体附着力＞15 MPa;  6、复合材料剩磁比＞0.90；  7、环行器实物：1个； 8、公开发表论文：2篇； 9、申请发明专利：1项。 |
| 4 | 宽温金属软磁磁粉心用纳米颗粒改性环氧树脂包覆剂制备工艺研究 | 环氧树脂材料因其优良的绝缘性能、优异的粘结性能、良好的耐热性能及优异的机械性能广泛应用于材料科学领域。针对武器装备电子系统中电源模块在极端环境下的工作稳定性，实现电源模块中各类大电流功率电感及变换器的宽温域工作特性。针对上述应用背景，从绝缘包覆工艺及粘结工艺环节出发，开发出一种在-60至﹢200℃的高性能环氧树脂材料，在环氧树脂中原位引入无机纳米粒子，实现纳米颗粒改性环氧树脂的制备，提高材料的粘结性和耐高温性能，用于各类常规牌号金属软磁粉末及非晶、纳米粉末等新型金属软磁材料的绝缘包覆，以期满足包覆胶的耐热性，进而降低磁粉心制备过程中产生的内应力，降低矫顽力及磁滞损耗。适用于武器装备系统电源模块及电子系统，满足军用电子装备的宽温域环境。 | 1、开发出有机硅改性的脂肪胺固化剂，并通过调整方案合成不同硅氧烷长度的固化剂，研究有机硅改性脂肪胺固化剂固化环氧树脂的热性能及力学性能； 2、优化出硅烷偶联剂，使其分子结构中含有苯环的长链结构，提高改性基体与环氧树脂的相容性，提高填料的改性效果，增加环氧树脂的冲击强度； 3、研制出有机硅改性的环氧树脂，并通过调整分子链中芳环和脂肪环的类型、调整树脂中环氧的含量，实现环氧树脂粘度可控，力学性能优良； 4、在环氧树脂中原位引入无机纳米粒子，通过合适的方法控制纳米粒子粒径和含量，实现环氧有机纳米粒子树脂的制备，增加环氧树脂的力学性能和韧性； | 1、无机纳米粒子粒径≤100 nm； 2、无机纳米粒子含量≤50%； 3、环氧值：0.75±0.05； 4、粘度：5000-8500 mPa•s； 5、Tg：230℃； 6、剪切强度：200℃为12 MPa；250 ℃为5.0 MPa； |
| 5 | 六角铁氧体晶体与器件研制 | 针对高性能毫米波雷达装备发展对基于六角铁氧体晶体器件的需求，开展BaFe12O19六角铁氧体晶体生长与器件制备研究，突破大尺寸BaFe12O19晶体生长、本征缺陷控制与材料性能调控等关键技术，研制出毫米波雷达用六角单晶铁氧体材料。通过与参研单位合作研发，共同发展覆盖BaFe12O19晶体可控生长、关键磁性质参数可控，满足高性能雷达探测装备发展的需求。 | 1、采用高温助熔剂法制备BaFe12O19等六角铁氧体晶体，并表征其磁化强度随温度变化（GBT-24270-2009）、室温磁化强度随磁场变化（CNS-7636-1981）、电导率随温度变化(GBT-351-2019)、FMR等测试，揭示其宏观磁性质间的内在关联机理；2、研究BaFe12O19晶体中位错、孪晶等缺陷形成机制，结合晶体生长理论，掌握大尺寸、高性能BaFe12O19晶体制备及加工工艺和技术；  3、系统生长具有不同磁晶各向异性常数的BaFe12O19晶体，揭示磁晶各向异性场对饱和磁化强度、饱和磁化场、铁磁共振线宽等关键性能指标的调控规律，研制性能可控的BaFe12O19晶体材料，并研究极端条件下磁性能演变行为。 | 1、晶体尺寸：≥ 4×5×1.5毫米；  2、居里温度（*TC*）：≥ 500 ℃；  3、饱和磁化强度（4πMs）：≥ 4500 G；  4、铁磁共振线宽（ΔH）：≦60 Oe @ 60 GHz；  5、共振频率：35 ~65 GHz；  6、器件工作频率：≥ 60 GHz；  7、带宽：≥100 MHz；  8、公开发表学术论文： 1篇。 |
| 6 | 铁镍软磁合金材料的结构调控与磁性温度稳定性研究 | 针对YIG带通滤波器、YIG带阻滤波器、YIG振荡器等新一代装备发展对磁路铁镍合金材料的高软磁性能以及高磁性温度稳定性的需求，开展铁镍合金材料的结构调控、材料软磁性能和磁温度稳定性等研究，突破具有高温度稳定性的铁镍合金材料制备的关键技术，研制出高性能的铁镍软磁合金样品，形成铁镍合金材料制备的工艺规范等，满足新型的高灵敏度、温度稳定性好的滤波器、振荡器等装备发展的需求。 | 1、材料结构解析。首先利用多尺度的结构测试方法逆向解析俄罗斯、美国、国产的铁镍基软磁合金材料的宏观晶体结构的变化规律，观察合金材料内部的晶粒、晶界、位错、织构取向等微介观结构的转变过程，全面获得材料的微观形貌结构。结合材料的元素组分分析揭示铁镍合金中碳氧含量对其结构和软磁性能的影响规律。 2、真空熔炼工艺研究。为了解决我国产铁镍合金软磁性能较低、磁性热稳定性较差的问题，在实验上利用真空熔炼法，通过调控材料的掺杂配方、熔炼工艺参数、金属轧制等工艺深入研究对软磁铁镍合金的结构影响，获得软磁铁镍合金结构调控的优化工艺，揭示其磁性能随温度的变化规律，并从理论上分析温度导致其磁性温度稳定性变化的原因，为软磁铁镍合金的结构设计和性能的提升提供可行性方案。 3、真空热压烧结工艺研究。真空热压烧结为传统的加压烧结方法，对装入模具中的粉末加热、加压，通过粉末的塑性流动来完成烧结。通过不同烧结参数下的热压烧结实验，制备合金材料，研究烧结工艺对烧结材料的相组成、密度、显微组织和力学性能的影响，确定最佳的热压烧结参数，为制备高性能的铁镍软磁合金样品提供辅助方案。  4、真空退火工艺研究。真空退火处理一方面可以消除或减小材料中应力，消除组织缺陷，另一方面由于采取一定热处理工艺，有助于晶粒长大，提高材料的磁性能。退火工艺参数主要有加热温度、加热速度、保温时间、冷却速度、退火气氛压力等。 | 按条目列出 1、材料技术指标  （1）μm≥100 mH/m；  （2）Hc≤5 A/m；  （3）Br≤0.9 T  （4）Bs≥1.55 T  （5）μm温度稳定性（-65℃~125℃）：≤5×10-3/℃  2、磁调谐器件温度稳定性验证：  ≤8MHz@15GHz; 3、公开发表论文：2篇； 4、申请发明专利：1项； |
| 7 | 新型氟化物磁光晶体与器件研制 | 针对高功率固态激光器、中红外激光等新一代装备发展对大口径光隔离器件的需求，开展CeF3等稀土氟化物磁光晶体生长与器件制备研究，突破大口径氟化物磁光晶体生长、缺陷控制、大口径光隔离器研制等关键技术，研制出大口径CeF3光隔离器样件。通过参研单位中国科学院上海硅酸盐研究所和中国电子科技集团第九研究所的合作研发，共同发展涵盖CeF3晶体生长和光隔离器制备等方面的工艺技术体系，满足强激光、中红外激光等装备发展的需求。 | 1、采用坩埚下降法制备CeF3等稀土氟化物磁光晶体，并表征其Verdet常数、磁化率等性能，探究其宏观磁光性能的内在机制；2、研究CeF3晶体中的晶界、位错等缺陷形成机制，结合晶体生长理论分析，发展大尺寸、高光学质量CeF3晶体制备工艺和技术；  3、系统表征CeF3折射率、折射率温度系数等光学性能，分析这类具有中等对称性的材料的各向异性的光学性能对其磁光性能的影响，研制大口径磁光隔离器件，并验证其具备更高的激光耐受功率和环境适应性，实现在kW级乃至10kW级激光系统的应用。 | 1、CeF3晶体的毛坯直径≥80mm，法拉第旋光器通光口径≥Φ30mm；  2、磁光器件的隔离度优于25dB；  3、Verdet常数≈0.12min/Oe•cm@1064nm或者@1053nm；  4、研制的法拉第旋光器原型件的插入损耗≤1.5dB；  5、公开发表论文篇：3篇；  6、申请发明专利：3项。 |
| 8 | 大尺寸基片上电镀金厚度均匀性研究 | 针对键合工艺对硅晶圆表面电镀金均匀性质量的要求，需要设计出一套合理的大尺寸基片电镀夹具，使电镀金时电流表面分布均匀，实现在6吋硅晶圆上电镀金的厚度均匀性≤5%。 | 1、6吋晶圆电镀夹具的结构设计，改善大尺寸电镀金均匀性；  2、镀液配方设计与电镀工艺参数的精准控制研究。包括：（1）镀液配方的设计与优化，（2）基片表面电流分布均匀性研究，建模分析电流的表面分布，（3）电镀沉积速度及阴极效率恒定控制与优化研究,研究阴极电流效率随PH、温度、镀液比重、金含量、金属性光亮剂含量、有机物共沉积含量等变化规律,提升电镀抗蚀剂和掩蔽胶带粘合剂的工艺稳定性；研究镀液浓度、PH的检测与补偿控制系统，及时对镀液进行补充和PH补偿控制；  3、大尺寸电镀金可靠性及均匀性测试研究，明确大尺寸镀金的微观结构、缺陷与杂质含量、晶圆衬底结合力、应力分布规律，优化6吋硅晶圆上电镀金的厚度均匀性≤5%。 | 1、150mm（6吋）晶圆表面电镀金厚度不小于5μm，均匀性≤5%；  2、电镀金层的纯度≥96%；  3、电镀金层的孔隙率小，表面平整，在显微镜下无明显的沙眼或针孔；  4、电镀金层的结合强度好，可承受1.5 kg/cm线宽的胶带拉力测试；  5、公开发表科技专利1~2篇。 |