

附件 2

山东省自然科学基金氟硅材料联合基金项目指南

山东省自然科学基金氟硅材料联合基金（简称“氟硅材料联合基金”）由山东省科学技术厅与淄博市科学技术局、山东华夏神舟新材料有限公司（含氟功能膜材料国家重点实验室依托单位）共同设立。

氟硅材料联合基金项目指南围绕高端氟硅材料特种单体及中间体制备、电子通信及新能源关键氟硅材料、高性能氟硅功能膜材料等领域，开展基础科学问题及关键共性技术研究，设置 17 个研究方向，拟通过“重点支持项目”和“培育项目”予以支持。其中重点支持项目设置 7 个研究方向，经费支持额度不超过 100 万/项，资助期限为 3 年；培育项目设置 10 个研究方向，经费支持额度不超过 15 万/项，资助期限为 2 年。按照指南设置的研究方向组织项目申报，各研究方向拟支持课题数一般不超过 2 项，允许联合申报。

一、 高端氟硅材料特种单体及中间体制备

（一）重点支持项目

1.1 基于羟基-双键反应的有机硅合成方法研究

研究内容：选择典型含羟烷基或双键的有机硅化合物，通过羟基-双键反应制备各种新型有机硅化合物，设计筛选反应所需催化剂，研究取代基、不同级别的醇、反应条件等因素对反应的影响，探究反应机理，最终使得羟基-双键反

应成为一类与点击化学反应可比拟的有机硅合成新方法。将羟基-双键反应推广用于合成各种新型有机硅聚合物或材料，并探索所得新型有机硅材料的应用。

考核指标：开发一种利用羟基、新型高效的有机硅合成新方法；利用现有有机硅产品，通过新方法开发 12 种以上新型有机硅化合物或聚合物，形成稳定的制备技术。发表高水平论文 4 篇，申请发明专利 4 项。

1.2 低成本聚硅氮烷陶瓷前驱体的研制

研究内容：通过氯硅烷与氨反应制备聚硅氮烷，研究氯硅烷氨解时的基础共性问题，建立原料种类、反应条件与合成的硅氮烷前驱体的产率、结构、组成和性能之间的关系，重点研究反应条件（温度、压力）对前驱体的分子量、分子量分布以及前驱体的陶瓷产率的影响。

考核指标：建立工艺条件与硅氮烷前驱体的分子量和分子量分布以及陶瓷产率之间的关系，开发出高产率、低成本制备聚硅氮烷前驱体的技术。聚硅氮烷收率 $\geq 85\%$ ，成本 < 1000 元/kg(现阶段 1500-2000 元/kg)；室温粘度 100~500cP；分子量 600~1500，分子量分布 2~3 之间；陶瓷产率 $>55\%$ (1000℃，氮气)；固化温度 $<180^\circ\text{C}$ ；固化物陶瓷产率 $>70\%$ (1000℃，氮气)；硅氮烷热解产物的抗氧化性指标：1000℃，氮气热解产物在 1200℃，空气气氛下氧化 1 小时，重量变化率 $<2\%$ 。发表高水平论文 2 篇，申请发明专利 2 项。

1.3 系列新型有机硅原材料(硅烷)技术研究

研究内容：系列新型有机硅原材料（硅烷）分子设计及实验室制备技术研究，主要包括羟烷基、胺烷基、羧酸及其衍生物基等多种碳官能基硅烷的分子设计及实验室制备技术研究；系列碳官能基硅烷制备技术优化试验研究；系列碳官能基硅烷结构表征；部分碳官能基硅烷制备中试技术研究。

考核指标：获得 5~10 种新型碳官能基硅烷实验室制备技术；获得 3~5 种新型碳官能基硅烷中试制备技术；新型碳官能基硅烷制备收率 > 70%，纯度 > 95%。发表高水平论文 3 篇，申请发明专利 5 项。

(二) 培育项目

1.4 六氟异丁酸甲酯转化技术研究

研究内容：研究六氟异丁酸甲酯中 C-H 键在不同条件下的选择性反应，探索通过脱氟反应制备偕二氟烯烃或含氟杂环化合物的反应条件。重点研究不同结构的亲电试剂，如 α ， β -不饱和酮、 α ， β -不饱和酯和硝基烯烃等参与的反应，通过设计不同的底物结构，获得多样化的含氟精细化学品。

考核指标：开发六氟异丁酸甲酯的转化和利用技术，完成偕二氟烯烃，包括杂环取代的偕二氟烯烃的合成。实现含氟噁唑烷类化合物的制备。确定反应的最优条件，获得一批含氟精细化学品。发表高水平论文 4 篇，申请发明专利 5 项。

1.5 苯基硅橡胶合成关键基础研究

研究内容：开展苯基硅橡胶合成研究，合成新型高活性催化剂，提高苯基单体聚合反应活性，降低单体活性差异导致的结构单元分布的不均匀性；采用柔性封端剂对聚合进行封端，实现对聚合物末端基团的有效控制；重点开展催化剂及聚合反应工艺对聚合物苯基链段的分布、分子量及分子量分布的影响，优化反应条件和制备工艺。

参考指标：研发出结构规整可控的苯基硅橡胶合成技术，产品性能达到国际先进水平。技术指标如下：外观：无色透明；苯基硅氧链节的摩尔含量： $10\sim 25\%$ ；重均分子量：室温胶 $3-10\times 10^4$ ，高温胶 $30-50\times 10^4$ ；分子量分布系数（PDI）： $1.2-1.8$ ；挥发分： $\leq 1\%$ ；硫化工艺：室温或高温硫化，室温胶：二氧化硅 30 份，氧化物 10 份，生胶 100 份；高温胶：生胶 100 份，二氧化硅 45 份，氧化物 10-20 份，过氧化物 0.5-1 份。热分解初始温度：空气气氛 $\geq 400^\circ\text{C}$ ；高活性催化剂：聚合温度 $\leq 100^\circ\text{C}$ 。发表高水平论文 4 篇，申请发明专利 3 项。

二、电子通信、新能源等领域关键氟硅材料

（一）重点支持项目

2.1 耐高温、高韧性硅树脂的研制及耐高温涂层研究※

研究内容：设计并合成多种甲基苯基硅树脂，通过组成和结构调整，获得具有较好的耐热性和柔韧性的系列硅树脂；设计并合成新型室温固化剂，对固化工艺进行优化，获得耐

350℃的耐温硅树脂；基于耐温硅树脂制备耐高温涂层，实现高温防护性能。

考核指标：硅树脂：固化温度 $\leq 120^{\circ}\text{C}$ ， $350^{\circ}\text{C} \times 24\text{h}$ 热失重 $\leq 15\%$ ，拉伸强度 $\geq 10\text{MPa}$ ，断裂伸长率 $\geq 10\%$ ；耐高温涂层：粘接强度（铝合金） $\geq 5.0\text{MPa}$ ，柔韧性 $\leq 2\text{mm}$ ，冲击强度 $\geq 50\text{cm}$ ，分别经 $350^{\circ}\text{C} \times 24\text{h}$ 、 $500^{\circ}\text{C} \times 2\text{h}$ 、 $700^{\circ}\text{C} \times 5\text{min}$ 后，涂层完好无开裂、无脱落；提供硅树脂样品2kg，耐高温涂层样板20块。发表高水平论文2篇，申请发明专利3项。

2.2 新型 5G 覆铜板用氟树脂的开发及加工技术研究※

研究内容：针对5G领域对介电常数及介电损耗更低的树脂材料的要求和国内现有氟碳树脂在尺寸稳定性、剥离强度等方面较差而难以满足覆铜板加工需求的现状，通过对氟碳树脂分子结构设计，引入粘性基团，提高其与铜箔的剥离强度；进一步调节氟碳树脂分子量及分子量分布，使所得氟碳树脂适合于覆铜板浸渍-热压成型工艺；与无机填料等复合，制备氟碳树脂/无机填料5G覆铜板，并研究其各项性能与各组分的关系。

考核指标：开发5G覆铜板专用氟碳树脂2-3种，氟碳树脂与铜箔剥离强度 $\geq 0.75\text{kg/cm}$ ，线性膨胀系数低于 $80\text{ppm}/^{\circ}\text{C}$ ，介电常数达到宽覆盖范围（介于 $2.9 \sim 6.2$ ）、介电

损耗低于 0.003 (10Hz)。发表高水平论文 2 篇，申请发明专利 3 项。

(二) 培育项目

2.3 高模量低介电绝缘硅树脂材料研制

研究内容：设计合成含有活性基团和大环、刚性或共轭结构的化合物，通过与 D 型、T 型聚硅氧烷共聚或固化交联等方式在硅树脂结构中引入大环、刚性或共轭结构，从而达到硅树脂综合性能提升的目的。系统研究新结构及其引入方式、工艺条件等因素对苯基硅树脂性能的影响，以满足不同的应用需要。

考核指标：研制力学性能、耐热性能、介电性能、吸水性、气密性等综合性能优异、性价比高的改性硅树脂材料，并形成完整的工艺技术，产品性能指标达到国际先进水平。杨氏模量 $\geq 2\text{GPa}$ ，弯曲强度 $\geq 30\text{MPa}$ ，拉伸强度 $\geq 15\text{MPa}$ ，热分解温度 ($T_{d5\%}$ ， N_2) $\geq 500^\circ\text{C}$ ，介电常数 (10KHz~30MHz) ≤ 2.5 ，体积电阻率 ($\Omega \cdot \text{cm}$) $\geq 10^{15}$ ，吸水率 (沸水，48h) $\leq 0.1\%$ ， O_2 透过率 ($\text{cm}^3 / (\text{m}^2 \cdot 24\text{h} \cdot 0.1\text{MPa})$) ≤ 200 。发表高水平论文 4 篇，申请发明专利 3 项。

2.4 动力电池热管理系统用填充相变材料关键技术研究

研究内容：以乙烯基硅橡胶为基料，与一维导热填充剂、二维导热填充剂复合，制备动力电池热管理系统用填充相变材料：有机无机杂化硅橡胶复合材料。研究乙烯基硅橡胶基

料组分、一维导热填充剂改性方法、二维导热填充剂改性方法、硫化剂种类、催化体系及硫化复合条件等因素对制备目标材料的导热性能、密度、相变性能、耐热性能及阻燃性能等的影响，开发出高性能动力电池热管理系统用导热硅橡胶填充相变材料。

考核指标：研制导热性能、相变性能、耐热性能和阻燃性能优异、硫化条件温和、轻质的动力电池热管理系统用导热硅橡胶填充相变材料，形成完整制备工艺，产品指标达到国际先进水平。具体指标：导热系数 $\geq 5 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ；极限氧指数 $\geq 34\%$ ；热分解温度 $\geq 350 \text{ }^\circ\text{C}$ ， $800 \text{ }^\circ\text{C}$ 有氧残炭率不低于 75%；密度 $\leq 1.2 \text{ g}/\text{cm}^3$ ；固化温度 $\leq 40 \text{ }^\circ\text{C}$ ；相变温度 $\leq 75 \text{ }^\circ\text{C}$ ，相变潜热 $285 \pm 10 \text{ J}/\text{g}$ 。发表高水平论文 4 篇，申请发明专利 4 项。

2.5 高性能低介电常数有机氟硅材料研究

研究内容：合成不同官能度的三氟乙烯基醚基有机硅单体，探讨最优的三氟乙烯基醚环化工艺，重点研究关键工艺条件对产物分子量、分子量分布以及共聚物组成的影响规律，建立分子结构、制备工艺与材料性能间的构效关系，开发适用于高频应用的低介电常数全氟环丁基芳基醚有机硅弹性体制备技术。

参考指标：拉伸强度 $\geq 8.0\text{MPa}$ ，介电常数 ≤ 1.8 ，5%的热失重时的温度 $\geq 450^\circ\text{C}$ ，透光性 $\geq 90\%$ ，吸水率 $\leq 0.1\%$ 。发表高水平论文4篇，申请发明专利4项。

2.6 高性能氟硅橡胶泡沫材料研制

研究内容：研发简易、室温反应发泡氟硅橡胶的绿色制备技术，分析和掌握不同成分和反应条件对发泡固化工艺及材料结构与性能影响规律，阐明绿色发泡剂等与氟硅橡胶基体化学交联/发泡反应的特点与作用机理；探明氟硅橡胶泡沫结构与力学/阻燃等性能的调控规律，建立材料组成成分-多级结构-性能间关联性，开发轻质、高强、耐油氟硅橡胶泡沫复合材料及其关键技术。

考核指标：开发出具有核心知识产权的轻质、高强、耐油氟硅橡胶泡沫复合材料及关键技术。技术指标要求：密度： $0.05\text{--}0.35\text{ g/cm}^3$ ；使用温度范围： $-60\text{--}240^\circ\text{C}$ ；阻燃等级：无毒/UL94-V0，且阻燃剂含量： $\leq 1.0\text{wt}\%$ ；抗张强度： $0.5\text{--}1.0\text{MPa}$ ；断裂伸长率： $\geq 60\%$ ；压缩永久变形（ 240°C ，22h）： $\leq 5\%$ ；耐油性能（汽油/柴油浸泡10天）：体积变化率 $\leq 10\%$ ，抗张强度变化率 $\leq 40\%$ 。发表高水平论文1篇，申请发明专利2项。

2.7 (巯基-烯) 点击化学快速制备具有多级孔结构的硬质含氟聚氨酯材料基础研究

研究内容：研究具有多级孔结构的含氟聚氨酯材料制备过程中的基础共性问题；建立反应工艺条件与材料结构、表面性能的关系；重点研究表面活性剂种类、用量等关键工艺条件对材料结构与性能的影响。

参考指标：研发出光引发高内相乳液制备具有多级孔结构的含氟聚氨酯材料的合成技术。产品主要性能指标：孔结构平均粒径 2-30 μm ，开孔或闭孔结构；比表面积 $\text{SSA} \geq 13 \text{ m}^2/\text{g}$ ；表面接触角 $\geq 130^\circ$ ；密度 0.1-0.4 g/cm^3 ；1 mol/L 的 H_2SO_4 、 HCl 或 NaOH 溶液中浸泡 3 天，材料孔结构及表面性能无变化。发表高水平论文 4 篇，申请发明专利 3 项。

2.8 含氟制冷剂用 PVE 冷冻机油的制备及其构效关系研究

研究内容：在开发不同催化剂的基础上，通过阳离子聚合方式和不同的封端技术开展聚乙烯基醚（PVE）的制备，探索研究不同的工艺参数对 PVE 冷冻机油理化性能的影响；开展 PVE 冷冻机油的适应性研究，主要包括不同分子结构的 PVE 与不同含氟制冷剂的相容性规律、分子结构的不同对摩擦学行为的影响规律、不同分子结构的 PVE 与不同聚合物材料之间的相容性规律、以及 PVE 分子结构的变化对氧化稳定性的影响规律。

考核指标：外观：清澈透明；密度（15 $^\circ\text{C}$ ）：0.91~0.96 g/cm^3 ；色度： ≤ 0.5 ；运动粘度：（40 $^\circ\text{C}$ ）59~

73mm²/s, (100° C) 7.2~8.8mm²/s; 闪点 (COC) : >180° C; 倾点: <-20 ° C; 总酸度: <0.02mgKOH/g; 水分: <200ppm; 铜板腐蚀 (100° C, 3h) : <1b; 热稳定性 (170° C, 24h) : 无析出物; 绝缘破坏电压 (25° C) : ≥30kv; 形成 50 公斤/批次制备技术。发表高水平论文 2 篇, 申请发明专利 2 项。

三、高性能氟硅功能膜材料

(一) 重点支持项目

3.1 高端领域用有机硅薄膜材料的应用基础研究

研究内容: 研究催化剂结构对甲基及苯基硅氧烷单体或线性寡聚物的共聚合反应速率、转化率、聚合产物分子量和结构的影响, 建立催化剂结构与苯基聚硅氧烷共聚物性能的关系, 研究苯基有机硅薄膜制备的共性问题, 重点研究苯基含量及薄膜制备过程的关键工艺条件对有机硅薄膜的力学性能、适用温度范围及耐老化等性能的影响。

参考指标: 建立苯基含量及关键工艺条件与有机硅薄膜的力学性能、适用温度范围及耐老化性能的关系。开发出高端电子领域用高性能有机硅薄膜的制备技术, 产品性能指标达到国际先进水平, 产品无金属残留, 介电强度为 80~100 V/ μ m, 苯基含量为 5%~50%, 固化温度低于 60°C, 拉伸强度 3~6 MPa, 断裂伸长率 >500%, 薄膜厚度 20~400 μ m, 厚度精度为 ±5%, 透光率 >98%, 适用温度为 -70~250°C。发表高水平论文 4 篇, 申请发明专利 3 项。

3.2 聚(偏氟乙烯-三氟乙烯)树脂及压电膜制备技术研究

研究内容：探索利用 P(VDF-CTFE) 合成 P(VDF-TrFE) 的新工艺，以实现产业化规模制备 P(VDF-TrFE) 树脂；研究制膜工艺条件以及极化方式等对压电膜介电常数、击穿场强、压电系数等介电性能的影响。

考核指标：开发出高性能的 P(VDF-TrFE) 压电膜，产品性能指标达到国际先进水平，树脂分子量 (M_w) >20 万，分子量分布 (PDI) <2.5；TrFE 含量 20-40mol%；熔点 >140℃；居里温度 >100℃；压电膜规格 10 μm -100 μm ；介电常数 >10；击穿场强 >200MV/m；压电系数 d_{33} >20pC/N；拉伸强度 >50MPa，断裂伸长率 >50%；实现 P(VDF-TrFE) 单釜 10 公斤级规模制备。发表高水平论文 3 篇，申请发明专利 3 项。

(二) 培育项目

3.3 可标识高性能电缆用 PTFE 薄膜制备关键技术研发

研究内容：筛选合适的激光标识填料，研究分散机理，并解决其在 PTFE 树脂中的分散均匀性问题；充分考虑和优化激光标识与薄膜本体间的对比度，探索填料掺杂条件下的 PTFE 薄膜带的制备工艺参数；建立制备工艺参数与含填料薄膜带的电学、力学和热稳定性的关系，最终形成一种可标识的 PTFE 薄膜带材料的制备方法。同时开展 PTFE 基体材料结

构及不同牌号 PTFE 与填料相容性的研究，探索其对可标识薄膜带性能的影响。

考核指标：开发一种可标识、高性能电缆用 PTFE 薄膜带，并形成稳定的制备技术，实现产品性能指标达到国际先进水平：产品密度 $1.60 \pm 0.05 \text{g/cm}^2$ ，厚度 $0.05\text{--}0.20 \text{mm}$ ，长度 $\geq 400 \text{m}$ ，UV 标识对比度 $\geq 60\%$ ，分切宽度公差 $\pm 0.1 \text{mm}$ ，纵向抗拉强度 $\geq 10 \text{MPa}$ ，断裂伸长率 $\geq 150\%$ 。发表高水平论文 2 篇，申请发明专利 3 项。

3.4 医药包装膜用聚三氟氯乙烯树脂研究

研究内容：研究 PCTFE 聚合机理、聚合转化率影响因素、热稳定性影响因素、端基稳定化处理技术、造粒技术；进一步建立 PCTFE 树脂医药包装膜应用加工评价体系，研究 PCTFE 断裂伸长率影响因素与晶点数量控制方法。

考核指标：PCTFE 树脂：熔点 $210\text{--}215^\circ\text{C}$ ，热分解温度（失重 1%） $\geq 350^\circ\text{C}$ ，拉伸强度 $\geq 37 \text{MPa}$ ，断裂伸长率 $\geq 35\%$ ，PFOA 含量未检出（或 10ppm 以下）。医药包装膜：无 0.5mm 以上大晶点，在 38°C 、 $90\% \text{RH}$ 条件下水汽透过率 $\leq 0.15 \text{g/m}^2/24 \text{hrs}$ ，横向拉伸强度 $\geq 25 \text{MPa}$ ，纵向拉伸强度 $\geq 30 \text{MPa}$ ，横向断裂伸长率 $\geq 100\%$ ，纵向断裂伸长率 $\geq 100\%$ ，热收缩率（ 140°C . 30min ） $\leq 10\%$ ，雾度 $\leq 3\%$ 。发表高水平论文 4 篇，申请发明专利 4 项。

二、申报要求及注意事项

1. 本联合基金**面向全国发布**，欢迎符合条件的科研人员按照本指南范围和要求提出申请。对于合作申请的研究项目，应在申请书中明确合作各方的合作内容、主要分工、任务目标等。

2. 课题的组织实施应整合与集成全国相关领域的优势创新团队，鼓励省内外单位开展协同创新。

3. 申请人应当严格按照《山东省自然科学基金项目资助经费管理办法》的要求，科学合理编报项目资金预算。

4. 资助项目在执行期间取得的研究成果，包括发表论文、专著、专利、奖励等，必须标注“山东省自然科学基金氟硅材料联合基金”资助、论文需将含氟膜材料国家重点实验室列为联合完成单位。

三、联系方式

山东省自然科学基金委办公室

联系电话：0531-66777204

淄博市科技局规划与资源配置处

联系电话：0533-3184674

山东华夏神舟新材料有限公司

联系电话：0533-8520486