

项目榜单

榜单名称	芯片级串并联高压大容量IGBT智能功率模块研发及工业应用		
行业领域	高端装备	专业方向	轨道交通装备
(计划)启动 时间	2025年1月1日	计划完成时间	2027年12月31日
榜单提出目的	<p>高压大容量IGBT模块作为智能电网、电动汽车、高速铁路和风力发电等领域的数字化执行机构，其开关性能和可靠应用深刻影响着系统的安全稳定运行。</p> <p>目前中高压大容量变频器多用高压IGBT模块及驱动单元，外接采样和保护电路实现器件状态监测和故障保护，电路复杂、抗干扰能力较差。高压IGBT芯片对比中压IGBT，其技术壁垒和量产工艺难度更高，长期以来高压IGBT芯片自给率不足15%。复杂的外围电路也加大了功率回路和驱动回路的寄生参数，导致器件开关应力变大，对外干扰增强。紧凑型的IGBT智能功率模块因集成了逻辑、驱动和保护功能，可靠性和抗扰性有所增强，但目前只有1.2V以下的低压小功率智能模块，无法满足中高压大容量应用。</p> <p>通过本项目主要攻克以下技术及产业化难题：</p> <p>（1）依托串并联扩容技术、主动栅极数字驱动技术和均压、均流等关键技术，研制芯片级串并联 高压大容量IGBT智能功率模块，实现对进口高压模块的替代。</p> <p>（2）集成更全面的故障保护和状态检测功能，大大降低回路寄生参数，有效提升了可靠性和抗扰能力。</p> <p>（3）基于该模块完成系列化轨道交通用变流器及中高压变频器产品应用，推动国产化替代。</p>		

<p>榜单任务内容</p>	<p>项目采用国产IGBT芯片及自研电路，研制芯片级高压大容量IGBT智能功率模块，并完成其在轨道交通变流器及中高压变频器中的产业化应用。</p> <p>一、基于国产IGBT芯片的高压大容量IGBT模块的芯片布局设计</p> <p>针对不同电压、电流等级和开关频率、续流要求，筛选平面栅或精细沟槽栅横向结构及NPT或FS型、逆阻或逆导纵向结构的同晶圆IGBT芯片，依据电热阻抗匹配原则完成系列化高压大容量IGBT模块技术定义及芯片布局。</p> <p>二、高压大容量IGBT模块封装材料及工艺的数字化设计及实现</p> <p>构建芯片级串并联高压大容量功率模块的多物理场联合仿真模型，电气上实现芯片准物理建模、寄生参数参数提取、等效电路瞬态响应仿真以及耐压等级验证分析；热力学上打通热阻网络提取、损耗分布仿真、瞬态结温与电热耦合仿真；机械力学上构建各层封装材料的剪力、应力分布，模拟不同工况下绑定线和焊料层的疲劳曲线，拟合模块循环次数，给出寿命预测模型。依据上述仿真手段对比分析不同绑定线、DBC基板、焊料和焊接工艺对高压大容量模块的性能和寿命影响，给出材料选型和厚度设计依据。</p> <p>三、数字型主动栅极驱动及均压均流电路设计</p> <p>开关瞬态下的均压、均流问题是IGBT串并联应用的技术难点，采用主动栅极驱动技术能有效抑制单芯片在开关瞬态或拖尾阶段的过压、过流现象。一方面，通过多级混合箝位均压电路，在功率侧和有源侧实现过压抑制，并监测各串联IGBT芯片的过压和有源箝位状态。另一方面，通过有源区的栅压对集电极-发射极电压电流上升的转移传递函数，构建Vce、Vce变化率的主动栅极闭环网络，在数字驱动芯片中实时闭环控制，实现均压均流至于优化总开关损耗。</p> <p>四、高压大容量IGBT模块全面保护功能开发与集成</p> <p>智能功率模块中集成NTC热敏电阻和低值采样电阻，通过主动栅极驱动电路收集串联芯片的过压、压降、箝位时间、过流、温度和驱动欠压状态，通过封锁脉冲、软关断等方法，实现IGBT模块的驱动欠压保护、过温保护、过压保护、过流保护、短路保护。</p> <p>五、高压大容量IGBT模块在中高压变频器上的产业化应用</p> <p>中高压变频器多采用多电平拓扑，应用研制的高压大容量IGBT智能功率模块时，对现有的控制架构和供电方式需要兼容适配，以满足产业化应用要求。因此还需要对多电平发波和保护时序控制、母线电压波动和负载突变切换、串联器件数动态调整方面开展研究，实现变频器的可靠运行。</p>
<p>榜单效益目标</p>	<p>一、技术指标：</p> <p>(1) 电压范围：5.1kV（4个1.7kV串联）~10kV（4个3.3kV串联）</p> <p>(2) 电流范围：400A~2000A（6芯片并联）</p> <p>(3) 功率模块开关频率：400Hz~6kHz</p> <p>(4) 集成保护功能：过压、过流、短路、过温、驱动欠压</p> <p>(5) 集成输出电流采样功能</p> <p>二、经济指标：量产应用，产品销售总额不低于2000万元，利润不低于600万元，纳税不低于200万元。</p> <p>三、学术指标：申请相关专利≥10项，其中发明专利≥4项，实用新型≥6项。</p> <p>四、实施期限：3年。</p>