

中材人工晶体院： “金刚钻”是如何炼成的

时至今日，晶体院继续以微纳晶、红外光窗、光电功能及超硬材料等人工晶体的研究、开发、中试、生产为主要方向，持续为中国的机械、电气、电子、仪表以及航空航天、国防工业提供重要材料。

■文 / 张恒

中国第一块人工合成水晶诞生在哪里？第一块人工合成云母又诞生在哪里？第一颗锆宝石诞生在哪里？

它们都诞生于同一个地方——中国建材集团有限公司（下称“中国建材”）旗下企业中材人工晶体研究院有限公司（下称“晶体院”）。

扩大来说，中国的人工晶体事业就诞生于晶体院。晶体院不仅独力制造了上述三个第一，还参与研制中国第一颗人造金刚石，后又在非线性光学晶体研究领域取得了具有国际领先水平的开拓性成果，获得国家科技进步一等奖两项、二等奖一项，为“中国牌晶体”在世界人工晶体领域占有一席之地做出了应有贡献，同时奠定了晶体院在人工晶体行业的领先地位，并引领中国人工晶体行业的发展。

人工晶体是中国建材新材料投资的重要领域。晶体院建院至今，一直专注于人工晶体材料与器件的研究与开发，在几代人的共同努力下，保持了人工晶体研发领先地位，始终引领着行业的发展方向，目前是涵盖人工晶体种类最为齐全的单位。

时至今日，晶体院继续以微纳晶、红外光窗、光电功能及超硬材料等人工晶体的研究、开发、中试、生产为主要方向，持续为中国的机械、电气、电子、仪表以及航空航天、国防工业提供重要材料。中国建材集团党委书记、董事长周育先调研时指出，晶体院要坚持服务国家战略，发挥科技引领作用，为国家重大需求提供强力支撑，也要在适合国民经济主战场的产业发展中取得突破。

三大成果

人工晶体被誉为“新材料领域的璀璨明珠”，在材料学分类上，它属于光电信息功能材料，是声、光、电、热、力、磁等多种能量形式转换的媒介，在许多国家重大工程和战略性新兴产业发展中起到了关键“核心”作用。

1963 年 2 月，为解决新中国在关键原材料方面的“卡脖子”问题，遵照刘少奇指示，国家建工部成立了非金属矿研究所，即晶体院的前身。



晶体院南门

自成立以来，晶体院为突破人工晶体领域关键“卡脖子”技术限制、为国家重点装备配套关键材料，为提高中国关键核心技术的自主可控能力而攻坚克难。

以 CVDZnS 为例。作为红外成像探测系统中重要的窗口材料，CVDZnS 红外透过率高，光学性能稳定，抗断裂强度和硬度强，耐腐蚀能力好，被誉为红外光学探测系统的“眼角膜”，是不可或缺的国防建设关键材料。

可在当年，仅有极少数国家掌握了大尺寸 ZnS 的制备技术，并无一例外地对他国实行封锁禁运，这一技术直到现在仍是许多国家国防建设领域的“卡脖子”难题。

面对制备 CVDZnS 的国防需求，晶体院创新性地提出了独特的固体单质化学气相沉积技术路线，最终研制出的元素级 CVDZnS 具备优异的高温成像性能，成功应用于高速飞行器中。该装备于 2019 年国庆阅兵时亮相，惊艳了海内外。

围绕国防建设中红外系统对于大尺寸 CVDZnS 的需求，晶体院组建了高技术团队，依靠自主研发投入，生产出大尺寸 CVDZnS 产品，且用时不到一年。自此彻底打破了国际封锁，其各项指标皆能比肩国际先进水平。

2021 年，大尺寸多光谱 ZnS 已在红外光学系统中获得应用。晶体院由此成为全球仅有的几家具备热压、单质 CVD 法、气体 CVD 法 3 种 ZnS 制备技术、全部 5 种 ZnS 窗口材料的单位，是国内元素级 ZnS 镀膜窗口材料的为数不多供应单位，具有 CVDZnS 单炉产能高、产品尺寸大等优势，材料品种全、覆盖波段宽、制备方法多、技术水平高等特色。

再以超低膨胀微纳晶材料为例。超低膨胀微纳晶材料是以 β -石英固溶体晶粒和玻璃相组成的一种多晶复合材料，具备极低的热膨胀系数，是目前非均匀温场下尺寸稳定性最好的材料，因此被应用于国家重大

科学装置、航空航天、深空探测、激光通信等领域。

在国防建设领域，超低膨胀微纳晶材料主要被用于反射镜和激光陀螺；在民用领域，该材料主要应用于可视化微晶炊具，手机面板及背板等。

而这一材料的制备技术也曾一度被外国垄断并施以技术封锁。

晶体院再次发扬攻坚克难的精神，迅速打破了技术封锁僵局，解决了米级系列超低膨胀微晶材料的“卡脖子”难题。

晶体院是目前国内少数能批产直径 1200mm 系列超低膨胀微晶材料且材料性能达到国际先进水平的单位。在激光陀螺方面，超低膨胀微晶材料全面达到考核指标，成功应用于惯性导航基准系统核心部件，实现了该材料的国产化替代。

RbTiOPO4 这一化学式指的是磷酸氧钛铷（简称“RTP”）晶体。该晶体以高电光系数、高抗激光损伤阈值、宽透过波段、不潮解、低插入损耗、高重频等综合优异性能成为新一代电光器件用材料，在机载 / 舰载 / 车载装备的火控系统及光电对抗系统中获得了较为广泛的应用，且在空间通信、激光加工、激光打标、高速激光脉冲应用等民用领域也有着巨大市场需求。

为将这一“卡脖子”材料握在手中，晶体院开启了 RTP 晶体开关工程化技术研究，最终完全掌握了突破高光学均匀性、抗致电损伤电光 RTP 晶体生长及电光开关制备技术，并已开始批量交付，用于无人机、直升机的激光测距和指示系统，逐步实现了国产化替代。

攻坚克难

借助国家各部委和中国建材集团的大力支持，晶体院将 CVDZnS 材料、微纳晶材料、RTP 等材料的短板锻造为长板，满足了国家重大战略需求，实现了关键核心技术的自主可控。

创造出这样的骄人成绩，离不开三件法宝：一是树立科技自立自强的意识，发挥国有企业在构建关键核心

技术攻关行动中的顶梁柱作用。二是大力弘扬“敢闯敢创、善作善成”的新时代闯关东精神和攻坚克难拼搏精神，尊重团队专家人才的核心作用，建立首席专家、学科带头人制度，保障技术负责人的收入可以高于领导班子成员。三是结合实际情况，深刻认识和理解晶体行业特点，加速晶体材料的“卡脖子”技术攻关和创新。并在精耕材料的同时，以“晶体-元件-器件-模组”一体化发展路径不断向下延伸提升竞争力。

在高速飞行器用红外光学窗口制备技术方面始终存有一个难题，那就是在高速飞行中，温度超过 500℃ 时，窗口易出现不稳定及受损情况。

面对这一问题，晶体院迎难而上，经多角度分析，确定解决问题的两大难点：高温条件下材料和膜层的低辐射性能弱；窗口膜层的抗高热冲击性能差。

确定难点后，晶体院采用独有的固体单质化学气相沉积技术，制备出发射率低于 0.05 的元素级 ZnS 窗口材料，满足了高温下低辐射的性能。至于表面膜层，通过特殊的强离子源辅助镀膜技术，大幅提升膜层与基底结合的牢固度，从而保证高速飞行中强热气流冲击时膜层的完好。自此，晶体院圆满地解决了高速飞行器上红外导引头保护的关键性问题，填补了国内空白。

在激光陀螺用微晶材料制备技术方面，晶体院准确锁定技术难点——如何保证批产高品质微晶材料性能的稳定、一致性及低成本制造。

问题倒推，晶体院先确定生产工艺等因素对微晶材料性能指标影响的边界范围，随之改进设备使其具备工艺边界范围的调控能力，提高设备的自动化能力，尽可能减少人的参与，优化并固化温度、时间、速度、尺寸等参数。在提高微晶材料优品率的同时，保证批产高品质微晶材料性能的稳定和一

致性，并降低了人工成本。

下转》16 版



元素级 CVD 硫化锌

金刚石便携消仪