

尽管陶瓷材料面临着脆性这一“致命伤”，但它凭借高硬度、耐腐蚀、耐高温等优势在新能源、机械制造、平板显示等领域发挥独特的作用，逐步成为前沿先进技术领域发展的关键材料。

陶瓷材料：

正加速向多个应用领域“进军”

刘先兵

国家“千人计划”入选者
苏州珂玛材料技术有限公司董事长兼总经理



文/本刊记者 鲁婷婷

早 在“石器时代”，原始人用石头做成工具进行生产，可被认为是人类接触陶瓷材料的初体验。如今，陶瓷材料正以全新多用的形象渗透到实际生活中，大到军用装甲，小到手机电容、人工骨骼和火箭发动机隔热瓦。陶瓷材料正以前所未有的速度发展，引起越来越多的重视。借此，《千人》杂志专访国家“千人计划”入选者、苏州珂玛材料技术有限公司董事长刘先兵，阐述陶瓷材料的“过人之处”及应用领域，并为破解陶瓷材料产业化困局建言献策。

陶瓷材料的“致命伤”：脆

一般认知范围内的陶瓷材料及产品，都是采用天然原料如长石、粘土和石英等烧结而成，主要是日常生活中常见的瓷碗、瓷杯、花瓶等，业内称为“传统陶瓷”。刘先兵的公司生产的陶瓷部件主要用于工业制造，业内通常叫“先进陶瓷”。那么这二者有何区别呢？

刘先兵解释，主要有三大区别：第一，从原料上讲，先进陶瓷一般采用高纯、超细，并经过提纯或合成后的非天然原料，对于原料中组分含量、杂质元素指标、原粉颗粒尺寸

等指标有严格的要求；第二，从工艺上讲，传统陶瓷成型主要是浇注和干压，烧结温度一般在1300℃以下；而先进陶瓷的配方经过理论计算和严格的配比，成型方式包括等静压成型、流延成型、注射成型等多种成型方法，并且烧结温度一般在1400℃以上，有些达到2000℃左右；第三，从应用上讲，传统陶瓷一般用作生活日用品或工艺品等，而先进陶瓷产品一般在工业环境中使用。

“陶瓷材料普遍比金属、高分子材料要硬，这使得它在抵抗变形的应用中有着得天独厚的优势。凭借这个特点，陶瓷材料常被用来制造研磨件、耐损件等对硬度有较高要求的部件，最常见的是水龙头中的陶瓷阀。其次，陶瓷材料还具有良好的绝缘性能、耐腐蚀性能和介电性能，因此在集成电路制造、平板显示领域有较大规模的应用。”刘先兵详细介绍道。

此外，耐高温也是陶瓷材料非常关键的性能。耐高温一方面要求材料熔点要高，另一方面在温度升高后，材料的高温性能不会出现大幅劣化。刘先兵进一步解释道：“陶瓷材料在高温环境下的应用主要包括两种形式，一是以部件形式体现的，如直接采用氮化硅(Si₃N₄)、氧化铝(Al₂O₃)等陶瓷材料制造的纯结构部件；二是在金属或非金属基体表面制备陶瓷涂层，以涂层形式体现，这种高温陶瓷涂层在航空航天领域应用广泛，比如发动机叶片就采用过高温合金基体+陶瓷涂层的这种结构，以提高基体的使用温度和寿命。

虽说陶瓷材料有如上很多的“闪光点”，但它也有“致命伤”，主要体现在材料的脆性上，即受到冲击后易碎，它的脆性极大限制了应用场合。刘先兵介绍，陶瓷被破坏时没有任何预警特征，陶瓷受力发生破坏时一般是直接开裂或者碎裂。因此在工业上常见的陶瓷部件多数也是以不动件形式

要想实现陶瓷材料全面的产业化，一方面应用领域需要拓宽，研究
人员一定要深入挖掘先进陶瓷更多的应用领域，使它大众化；另一方面则
需要技术研发的深入和累积。

体现的，如支撑件，或者冲击较小、转速较低的一些应用场合，如研磨件。

在机械制造和集成电路领域备受“欢迎”

尽管陶瓷材料面临着脆性这一“致命伤”，但它凭借高硬度、耐腐蚀、耐高温等优势在新能源、机械制造、平板显示等领域发挥独特的作用，逐步成为前沿先进技术领域发展的关键材料。

目前刘先兵的公司研发的陶瓷材料及部件主要应用在集成电路、新能源、精密仪器、机械等领域。具体来说，氧化物陶瓷、氮化物陶瓷和碳化物陶瓷产品主要以陶瓷结构部件的形式呈现，氧化锆陶瓷，凭借其优秀的耐磨性，一般被用作耐磨部件，广泛应用于机械制造设备行业。高纯氧化铝陶瓷，凭借其优秀的耐等离子腐蚀和绝缘性，被用来制造集成电路、平板显示和新能源设备中的耐腐蚀件、绝缘件。氮化铝陶瓷，凭借其卓越的导热性，在集成电路中被用来制造散热件，以及加热器(Heater)等高端陶瓷集成模块。氧化

钇、氟化钇等材料，主要以陶瓷涂层或膜的形式存在于上述的陶瓷部件或其它金属基材中。

由于集成电路制造产业链长，宏观上分为前道和后道工艺，陶瓷材料凭借它高强度、耐腐蚀、耐高温以及良好的介电性能，在集成电路领域备受“欢迎”。据刘先兵介绍，在集成电路领域前道工艺的许多制造环节中，先进陶瓷发挥耐腐蚀的作用，实际上是一种耗材。只要机器一直运转，里面的陶瓷部件就要定期更换，否则容易出现颗粒导致设备停机。因此不仅要求陶瓷材料部件具有耐腐蚀、耐高温等特性，还要求材料及部件的性能，不能随材料批次、生产工艺出现较大的波动，必须具有稳定性，部件的尺寸公差具有高精性，表面状态具有高度的一致性。另外，集成电路制造设备中静电卡盘(ESC)、加热器(Heater)等高精尖的核心部件，实现了结构功能一体化和模块化，这些是先进陶瓷材料应用更为高端的部分。

除前端外，后端工艺中先进陶瓷的应用也非常广，后端主要是以封装、测试为主，不过在后端用的先进陶瓷部件不



再是一些大型结构件，而是集成了电学、通信等功能的功能性元件。集成电路领域的发展将先进陶瓷材料的应用推到一个更高端的境地，使先进陶瓷材料的应用更为精准、细致。先进陶瓷材料的发展在集成电路领域发挥了功不可没的推动作用。

未来，刘先兵看好陶瓷材料在电学领域的发展。虽然当前陶瓷材料在电学领域的应用还不是十分广泛，但这并不意味着陶瓷材料不适合在电学领域中应用，恰恰相反，钙钛矿、钡钛矿晶体构型的陶瓷材料具有压电、铁电效应，在压电和铁电功能陶瓷制造方面具有很大应用潜力。

同时他也比较看好陶瓷材料在陶瓷的模块化（结构功能一体化）方面的发展。比如：陶瓷加热器（Heater），它的外观材料是氮化铝陶瓷，但是部件中包含加热丝材料、电极材料等金属材料，通过各类的焊接和热压等复杂的工艺实现氮化铝陶瓷和金属材料的完美结合，在半导体设备中，起到支撑晶圆和精确加热晶圆的双重目标。刘先兵认为未来10—30年，将是陶瓷拓展电学领域和陶瓷的模块化应用极为关键的阶段，并且将成为一个非常庞大的市场。

陶瓷材料产业化需跨过三道“坎”

先进陶瓷材料的应用起步较晚，真正起步实际上是在二战后，相较之下，国内的先进陶瓷材料起步就更晚。目前国内高校中陶瓷材料学科所隶属的“无机非金属材料”，在很多学校还未开设该学科。同时，陶瓷材料行业偏小众，关注度低，投入的资金、精力都偏少，所以陶瓷材料在产业化过程中有很多暂时难以逾越的“沟”和“坎”。

刘先兵表示，国内与国外先进陶瓷产业的主要差距表现在三方面：第一、在粉体的制备技术方面，日本遥遥领

先，其中住友、日本轻金属、东曹、德山等企业均是业内的技术标杆，其次是法国、德国。目前刘先兵的公司使用的氧化铝粉体全部来自于进口，国产粉末在粉末特性、批次稳定性和材料性能方面，与国外仍有非常大的差距，无法满足基本使用要求。如何改进，缩短差距？刘先兵认为一方面在于制造工艺技术，另一方面在于生产设备，需齐头并进。

第二、缺乏产业化的人才。虽然我国培养的学术人才和拥有的高校科研院所并不比其他国家少，但产业化人才很匮乏，导致一些学术成果并不能很好的应用于实际生产过程，实现产业化。

第三、产业链上中下游应该加强合作。有时并不是不想合作，而是缺乏有耐心、有恒心、有雄心并且坦诚合作的伙伴，由于受大环境影响，目前行业心态普遍比较浮躁。要想改变现状，需上下游共同努力。日本之所以在陶瓷材料领域独领风骚，最主要的原因是其专注的工匠精神，及它的上下游产业链的紧密合作。

刘先兵以自己创办的公司（苏州珂玛材料技术有限公司）为例，详细阐述陶瓷产业发展的概况。他的公司2009年注册，2012年开始正式投产，目前北京、上海为公司产品的主要销往地，以深圳为主的珠三角销量最多。受国家政策导向，未来会向成都和重庆等西南地区和海外“进军”。

近两三年来，刘先兵的公司产值和销售量基本保持高速增长，今年的产值就可以达到1亿。除产值之外，公司同上游供应商、下游客户也保持着良性沟通合作，比如今年上半年他的公司就被国内知名半导体设备制造商——北方华创评为其“核心供应商”，被授予“协同创新奖”。企业方面，刘先兵坦言：“潮州三环做得非常不错，拥有较为优秀的科研团队。”

总体而言，产业化是一个长期积累的过程，需要国家、高校、企业持之以恒的促进。刘先兵说：“要想实现陶瓷材料全面的产业化，一方面应用领域需要拓宽，研究人员一定要深入挖掘先进陶瓷更多的应用领域，使它大众化；另一方面则需要技术研发的深入和累积。”（编辑/李艳琴）