



铝碳化硅 (AlSiC) 复合材料及产品介绍

铝碳化硅复合材料介绍

铝碳化硅复合材料 (AlSiC)，被称为金属化的陶瓷材料 (Metalized Ceramic)，是一种新型功能复合材料，全称铝基碳化硅陶瓷颗粒增强复合材料 (Aluminum Matrix SiC Particle Reinforced Material)。其展现出的优异性能，吸引了国内外无数的科研院所和科技公司对其生产制造技术投入资金、技术、人力进行研发。



铝碳化硅复合材料，尤其是高体积分数（陶瓷体积比超过 60%）铝碳化硅复合材料的净成形制造技术，一直是金属化陶瓷 (Metalized Ceramic) 领域的圣杯，目前全球只有一家半公司掌握。高体积分数铝碳化硅复合材料 (High Volume Fraction AlSiC) 是一种先进功能复合材料，为众多应用领域所追捧。

高体积分数铝碳化硅复合材料在很多方面，显示出超越传统材料的性能优势：

- 热导率是铁的 3 倍，铝合金的 1.6 倍，钨铜的 1.3 倍；热膨胀系数可比拟陶瓷，良好匹配硅芯片、砷化镓芯片、陶瓷衬底——理想的封装热管理材料！
- 陶瓷的刚性和硬度，铸铁的韧性——摔不碎的陶瓷！
- 强度如铸铁，密度如铝，轻盈而坚韧，比刚度是钛合金的三倍——优秀的航空结构材料、减重结构材料！
- 耐磨、散热快——优秀的刹车用材料！
- 加入陶瓷纤维，强度可媲美高强度钢材，同时保持如铝般的重量；
- 原材料成本低，容易获取，批量采购可大幅降低总拥有成本——易获取性优秀。

铝碳化硅材料因其质轻、强度高、热形变小，初面世，就得到航空、航天领域的重视，用于制作机载相阵控雷达座、飞机腹鳍、直升机配件等，卫星制造方面也很早就开始采用铝碳化硅复合材料。

铝碳化硅的生产工艺关键是净成形技术。铝碳化硅不宜采用机械加工方式去加工，其难度堪比陶瓷机加工，若非特殊高端精密应用，如此高昂的机加费用会使铝碳化硅被束之高阁。另外，非净成形技术生产出来的产品，表面会有厚铝，形成很大的内应力，无法用热处理方





式去除。因此，针对铝碳化硅复合材料而言，净成形技术是产业化生产的关键。

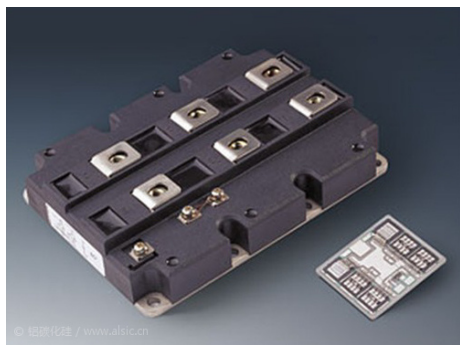
铝碳化硅复合材料最早由麻省理工学院在 60 年代发明。80 年代，美国能源局协同美国航空航天局，同时发起国内 60 余家科研单位和公司参与铝碳化硅材料的研究，并制定出详尽的发展计划。但很多年过去了，并没有成功将铝碳化硅复合材料产业化。1998 年，美国开始出现第一家能净成形工业化生产铝碳化硅复合材料产品的公司 CPS Technology，其优越的材料性能使其很快在航空、航天的很多领域替代了钨铜材料，并在民用领域大批量生产计算机 CPU 盖板，为高性能计算机和服务器提供保障。

日本 DENKA 是全球第二家能批量生产铝碳化硅产品的公司，但其产品只有基板之形状简单的产品，未见其有其它异形件工业产品。但是 DENKA 对高功率电子基板的专注，使其很快占领轨道交通用 IGBT 电子基板相关市场 70% 的份额。

西安法迪复合材料有限公司经过十年创业研发，有幸成为中国第一家全面掌握铝碳化硅复合材料产品净成形工业化生产技术的公司，各项材料指标均达到或超过美国产品，成品率超过 85%。

铝碳化硅复合材料的在电子封装热管理领域的应用

高铁稳定驱动力的保障



以高铁驱动为代表的高功率 IGBT 模块中，铝碳化硅基板是其刚性需求，目前尚无其它材料适合替代。同样的模块也应用在地铁、新能源汽车、风电、焊接等工作环境恶劣的领域。

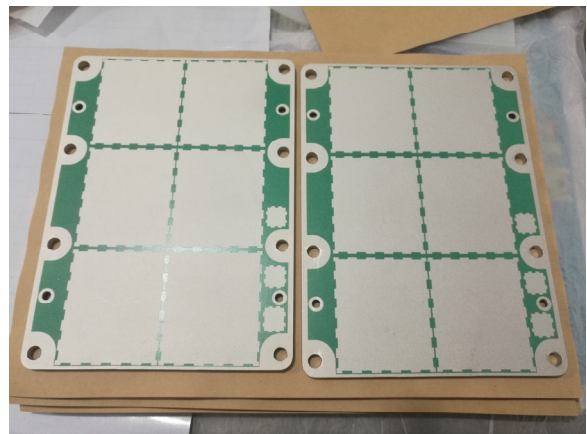
高铁的每一只轮子都是驱动轮，每只轮子都是单独驱动的，而驱动模块就是 IGBT 模块。

（IGBT 模块，黑色胶木壳下方压着的亮色的板子，就是镀了镍的 AlSiC 基板）

普通的 IGBT 模块，可在微波炉、电磁炉、变频空调、烧结炉等电器中找到。但适用于高铁的不同，功率要大很多。

高铁的 IGBT 模块在工作时，会发出大量的热，这个热量若不能及时散发出去，结温区温度超过 150℃，半导体就无法正常工作了。

如何给高温的半导体降温，使其工作在适宜的温度区间，是其封装的主要挑战，因而形成一



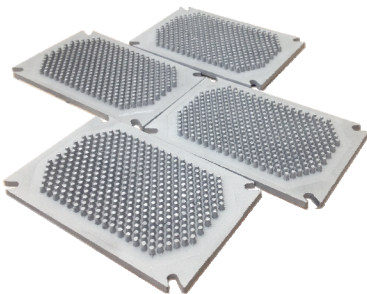


门专业的学科，称为“封装热管理（thermal management）”学科。

以往低功率模块，基板材料是铜。铜有良好的热导率，但铜材料基板的热膨胀系数是硅材料的芯片的热膨胀系数的 3 倍左右，用在高功率模块上，不到 1000 次热循环，焊接在基板上的芯片衬底周围就会出现焊层脱落，专业术语称之为热疲劳失效，主要原因是热膨胀系数不匹配。

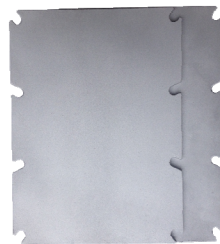
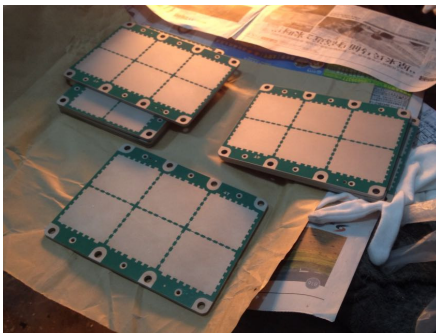


那么，高发热量电子器件的封装，需要的材料，其热膨胀系数要低、热导率要高，同时要有金属的韧性才能保护电子器件。



铝以及铁等材料还不如铜。于是出现了其它金属合金，这其中最有名的是可伐合金。可伐合金有和芯片匹配的热膨胀系数，至今还大量应用于军工电子封装。但可伐的热导能力低下如木材，无法把热量传导出去。陶瓷材料太脆，也无法制作成大面积的板材，不能实现基本的芯片保护功能。

热管理学科中，钨铜是二代封装材料的代表，有和芯片匹配的热膨胀系数，有高达 180W/mK 的热导率。因此，钨铜在军工和高端民品的电子封装中得到广泛应用。但钨铜做不成大形件，也很难做成异形件，外加材料成本高昂、重量大，限制了其应用范围。于是出现了第三代电子封装材料——铝碳化硅。



铝碳化硅复合材料是良好的电子封装材料，**高热导率、低热膨胀系数、高比刚度、易成形、低成本**，使其从出现伊始，就得到封

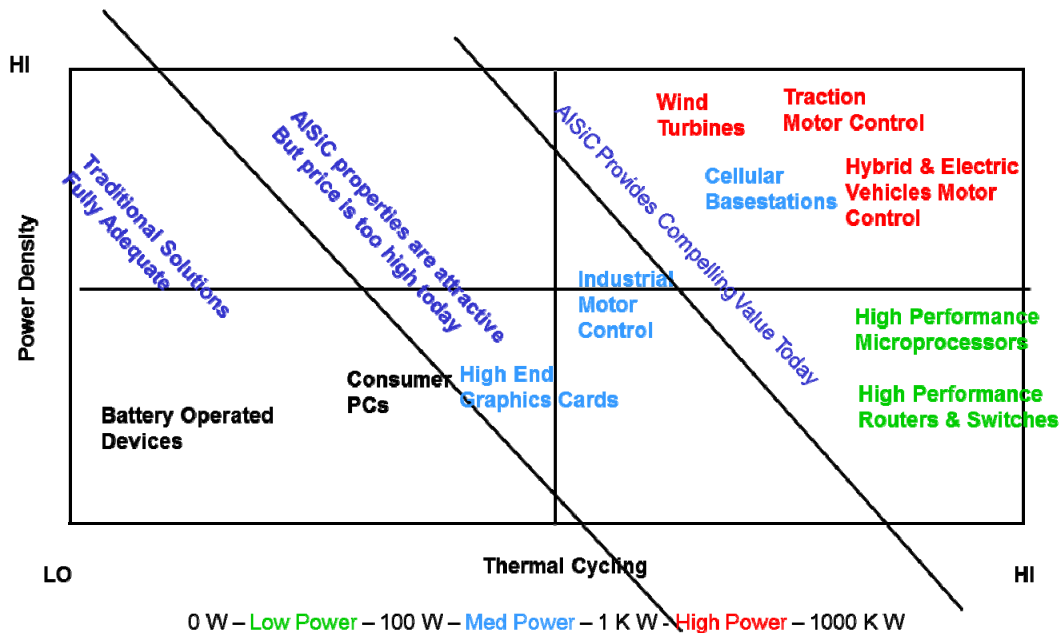
装热管理行业的青睐，也是目前高功率 IGBT 模块封装最佳的选择。铝碳化硅有着和芯片匹配的热膨胀系数，热导率更高，达到 240W/mK。德国英飞凌公司测试显示，铝碳化硅基板封装的模块经过上万次的热循环，焊接层完好如初，芯片温度控制良好。铝碳化硅具有比铜材料更好的比刚度、1/3 的重量，这使得铝碳化硅基板的使用大幅降低了高铁工作时震动带来的对结构的破坏，模块的工作稳定性得到进一步提高。铝碳化硅复合材料基板的优异特征，使其在近十年来，成为轨道交通用 IGBT 模块封装的不二选择，在高功率模块生产集中地欧洲、日本，每年要使用上百万块的铝碳化硅基板。国际知名 IGBT 生产商有 ABB、英飞凌、丹尼克斯、三菱、富士等。





中国最早介入高功率 IGBT 生产、封装并使用铝碳化硅基板的公司有原南车集团下属的株洲南车时代电器股份有限公司、原北车集团下属的西安永济新时速电机有限公司。比亚迪则在其秦、唐等新能源汽车上装备了铝碳化硅基板的 IGBT 模块。

从封装热管理角度看，行业先锋 CPS 公司对用户市场划分如下：

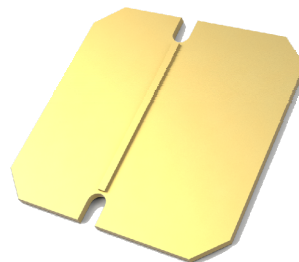


图中第二根斜线往外（右），是铝碳化硅材料优异性能转化成为竞争优势的领域。其中红色字部分，是功率密度高、热循环频率高的应用，铝碳化硅复合材料在这部分成为市场成为刚性需求，没有其它材料可以竞争。这部分市场包括：轨道交通牵引、风电、混合动力汽车以及电力汽车。天蓝色的部分，是铝碳化硅有竞争优势，但有竞争材料的市场，其中进入竞争优势的市场是同样功率密度高、热循环频率高的手机基站电子封装。绿色的部分是低功率密度但热循环频率高的电子领域，包括高性能微处理器、高性能路由器和交换机产品，铝碳化硅材料在这部分领域同样具备竞争优势。

航空、航天电子封装应用

在航空航天等对重量敏感领域方面，铝碳化硅材料作为封装热管理领域的应用竞争优势更为明显。

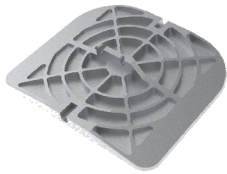
铝碳化硅材料早期，因为其重量只有钨铜的 1/5 不到，而被美国军方用于机载相控阵雷达，替代以往的钨铜做微波衬底，而使雷达减重超过 10 公斤。



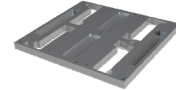
铝碳化硅材料相比较钨铜，不只是轻。铝碳化硅还拥有更好的热导率，并且，很关键的一点是，铝碳化硅产品具有复杂形状的异形件的成形能力，这使其在微波封装方面的有很强的竞争力。



轻量化结构件领域的应用



铝碳化硅复合材料质坚而身轻，在达到铸铁强度的同时，重量却同铝差不多。若加入陶瓷纤维，其强度可媲美高强度钢材！这使其在航空航天机器人、新能源汽车等对重量敏感的领域受到青睐，早期应用如战斗机腹鳍、直升机配件、塞车引擎、拉杆、机器人结构件等。



另外，铝碳化硅超高的比刚度，使其在振动环境下的高精度保障能力方面要大大超过铝材。

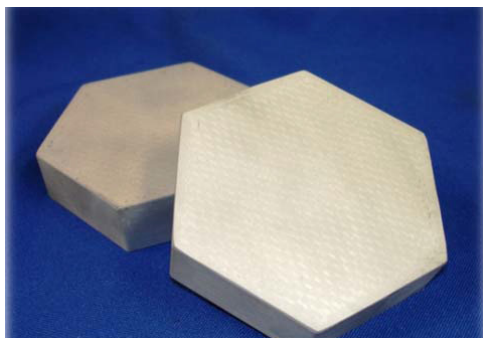
铝碳化硅材料在耐磨结构件领域的应用

铝碳化硅材料具有耐磨、热导率高的特点，是良好的刹车片材料，也大量应用于砂带机支撑块、高性能气缸密封环、气缸阀座等方面。耐磨、强度高、质轻，使其在耐磨构件领域的表现超越许多传统材料。



防弹材料应用

铝碳化硅是金属化的陶瓷材料。美国 CPS 公司研发的三明治夹心材料，应用于装甲车、坦克防护等领域，代替以往使用的陶瓷砖或厚钢板，性能优异。



（坦克、装甲车防弹材料---美国 CPS 公司）

法迪铝碳化硅复合材料指标

铝碳化硅 (AlSiC) 材料性能指标

铝合金	ZL101A
陶瓷	碳化硅, 体积分数 63%-65%
热导率 (W/mK) @25° C	≥240
比热 (J/gK) @ 25° C	0.803 (平均值)
线热膨胀系数 (CTE) ppm/° C	(30°C-100°C) 7.42
	(30°C-150°C) 7.93
	(30°C-200°C) 8.35
杨氏模量 (GPa)	200
剪切模量 (GPa)	75
抗弯强度 (MPa)	≥300
断裂伸长率 (%)	0.28
断裂韧度	12
电阻率 (μOhm-cm)	20
气密性 (atm-cm ³ /sHe)	< 10 ⁻⁹

注：材料指标可根据用户需要进行调整，上述材料指标的调整方向是高功率电子热管理应用，主要特征是高热导率。



西安法迪复合材料有限公司介绍

西安法迪复合材料有限公司 2014 年成立于陕西西安高新技术产业开发区，从事金属基复合材料研发生产和推广。公司注册以前，来自国内三所大学、国外一所大学和国内两家大型国企的研发人员组成的 10 人研发团队经历了 6 年基础研发和 4 年中试生产，期间得到部分应用领域客户的大力支持，这使公司产品从研发开始就密切贴合到市场的核心需求。



法迪复合材料有限公司是中国最先掌握铝碳化硅材料净成形技术的公司，因此也是中国第一家能批量正式生产铝碳化硅工业制品的公司。与中国研发同行普遍青睐但是已经证实无效的低压铸造、差压铸造或真空吸注技术不同，公司在技术方面高屋建瓴，开发并调试出一套自有知识产权的专业技术生产线，率先实现了均匀、稳定、高效、净成形的产品生产，并且使产品各项品质指标均达到世界先进水平，质量稳定性及成品率在国内稳居第一。