



**陶瓷增材
制造解决
方案**

公司地址

总 部：浙江省嘉兴市嘉善县归谷园区归谷二路111号C栋5层

上海办事处：上海市徐汇区漕宝路121号

联系我们

公司网址：www.ceramplus.com



嘉兴饶稷科技有限公司



公司简介

Company profile

嘉兴饶睿科技有限公司（简称“饶睿科技”）成立于2018年，位于浙江省嘉善县归谷科技园，是一家以先进陶瓷无模增材制造技术为核心的科技创新驱动型国家高新技术企业。饶睿科技专注于各类先进陶瓷增材制造装备、材料和产品智能设计的研发和应用，目前已掌握全种类先进陶瓷（包括氧化铝、氧化锆、氧化硅、羟基磷灰石、氮化硅、碳化硅等）的增材制造核心工艺和材料技术，致力于为用户提供包括陶瓷3D打印材料、陶瓷3D打印设备和陶瓷制品定制化打印服务等全方位的支撑，积极拓展陶瓷3D打印技术在医疗、航天、电子、工业和艺术等领域的应用。



核心团队

Core team

饶睿科技创始人兼首席科学家赵喆教授是瑞典皇家工学院(KTH)材料科学与工程系教授，清华大学无机非金属材料专业博士。赵喆教授不仅是国际陶瓷领域的权威，同时也是国际上关于3D打印陶瓷材料和应用技术研究的先行者。早在2002年就在Nature正刊发表研究论文，在纳米铁电陶瓷材料、细晶透明氧化铝陶瓷、致密型高强度羟基磷灰石复合生物陶瓷和3D打印陶瓷等多个领域均有大量成果产出。

饶睿科技核心技术团队于2013年开始先进陶瓷增材制造技术的研究，是国内率先自主突破该项技术瓶颈的团队之一。历经三年的潜心研究与经验积累，团队于2016年6月攻克技术难点，在陶瓷光固化3D打印材料上另辟蹊径，独创具有良好流动性的分散型光敏陶瓷浆料配方（区别于国外传统的陶瓷膏料技术路线），实现了多种陶瓷材料的高固含（>50vol.%）低粘度（<0.5Pa·s）光敏浆料的技术突破，形成了一套完全自主的材料配方体系和浆料制备技术。2016年7月上海饶睿陶瓷材料有限公司正式成立，开始进行光固化陶瓷3D打印技术的商业化探索。为了不受限于打印装备，2018年8月成立嘉兴饶睿科技有限公司，致力于根据自研陶瓷浆料的特点开发新一代的陶瓷3D打印装备，目前已完成了工业级下沉式DLP陶瓷打印机系列的自主研发与量产。

核心技术

Core technology

一、国际领先的3D打印陶瓷材料开发能力

饶睿科技是国际上唯一掌握超低粘度光敏陶瓷浆料核心技术的公司。拥有独特的材料设计理论和开发系统。关键得益于公司关于超细粉体表面处理和修饰的技术积累。饶睿公司也是国际上同时拥有完善的氧化物和非氧化物陶瓷打印材料的两家公司之一。相比国际竞争者，我们拥有更加成熟和完善的打印材料开发技术和系统。



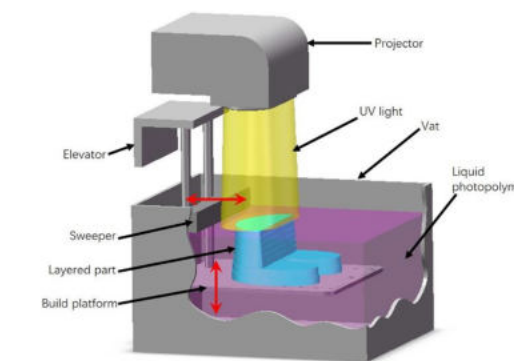
光敏陶瓷浆料



打印平台上的陶瓷浆料

二、独立自主的陶瓷3D打印装备

饶睿公司不仅开发新型的3D打印陶瓷材料，也致力于开发新一代的工业级陶瓷3D打印机，是国际上工业级下沉式DLP陶瓷打印装备的开拓者，拥有完整的硬件装备设计和应用软件的知识产权。

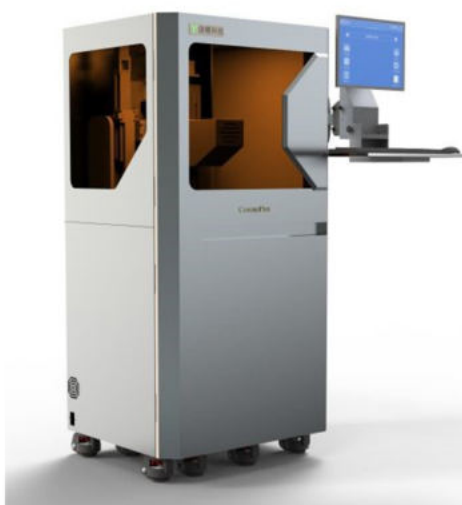


下沉式DLP 3D打印机原理

- ✓ 下沉式设计保证工业化24小时连续稳定生产
- ✓ 基于DMD芯片的DLP面投影保证打印效率和未来的光源模组迭代
- ✓ 曝光面为自由表面，固化过程可以保证更低的层间应力
- ✓ 更广泛的材料适配性，“稠”“稀”通吃
- ✓ 超快液面控制信号响应和高稳定刮刀系统设计，可实现5微米精确层厚控制

陶瓷3D打印装备

CeramPlus®先进陶瓷3D打印机DLP-Flex



产品特点

- 下沉式陶瓷3D打印机，适用于小尺寸陶瓷产品的原型研发和小批量生产；
- 搭载全高清1920*1080分辨率DLP光学引擎，保证高精度打印和高效成型；
- 开放的操作软件系统，免费升级更新；
- 双面刮刀设计，适配材料种类多：氧化铝、氧化锆、氧化硅、氮化硅等浆料。

Features

- Ceramic 3D printer with Top-down design.
- More competence in aspects of production efficiency and size precision.
- An open platform that provides full control of the printing process.

技术 参数	
光源/Light Source	385 nm 波长紫外LED灯
水平XY平面分辨率/Lateral Resolution	50μm, 70μm, 100μm
单层厚度 (Z向分辨率) /Layer thickness	15μm~100μm连续可调
成型幅面/XY area	96.0×54.0mm (50μm), 134.4×75.6mm (70μm), 192.0×108.0mm (100μm)
最大成型高度/Z MAX.	120 mm
打印速度#/Forming Speed	>150层/小时
数据格式/Data Format	.stl, .slc, .cws
电气连接/Power Supply	220V, 180W
使用环境/Environment	25°C~40°C, 黄光环境
软件/Software	Windows 7 ,操控参数全开放
适用材料/Printing materials	光敏性陶瓷浆料或膏料
外形尺寸/Equipment Size	750mm(L)*600mm(W)*1420 mm(H)
重量/Weight	150kg

Available to use different materials, such as Al₂O₃, ZrO₂, SiO₂, Si₃N₄, etc
#参数与所使用打印材料有关，单层曝光时间会随打印参数改变。

CeramPlus®工业级陶瓷3D打印机DLP-4K



产品特点

- 工业级陶瓷3D打印机，适合大尺寸陶瓷产品以及规模化车间生产；
- 4K超高分辨率DLP数字光学引擎，支持大幅面，精度不受协；
- 开放的操作软件系统，免费升级更新；
- 适配材料种类多：氧化铝、氧化锆、氧化硅等浆料。

Features

- Ceramic 3D printer with larger printing size and higher production stability
- More competence in aspects of production efficiency and size precision.
- An open platform that provides full control of the printing process.
- Available to use different materials, such as Al₂O₃, ZrO₂, SiO₂, etc.

技术 参数	
光源/Light Source	385 nm 波长紫外LED灯
水平XY平面分辨率/Lateral Resolution	50μm , 65μm
单层厚度 (Z向分辨率) /Layer thickness	25μm~100μm连续可调
成型幅面/XY area	192mm×108mm (4K 50μm), 249.6mm×140.4mm (4K 65μm)
最大成型高度/Z MAX.	150mm
打印速度#/Forming Speed	>150层/小时
数据格式/Data Format	.stl, .slc, .cws
电气连接/Power Supply	220V, 300W
使用环境/Environment	25°C~40°C, 黄光环境
软件/Software	Windows 7 ,操控参数全开放
适用材料/Printing materials	光敏性陶瓷浆料或膏料
外形尺寸/Equipment Size	1100mm(L)*875mm(W)*1725 mm(H)
重量/Weight	450kg

CeramPlus®桌面陶瓷3D打印机DLP-desk



产品特点

- 桌面级陶瓷3D打印机，适合新材料开发与打印试验研究；
- 最少用料500ml可完成简单模型的打印测试；
- 开放的操作软件系统，免费升级更新；

Features

- Desktop Ceramic 3D printer
- R&D and printing experiment freedom
- Minimum 500ml ceramic slurry

技术 参数	
光源/Light Source	385 nm 波长紫外LED灯
水平XY平面分辨率/Lateral Resolution	50μm
单层厚度 (Z向分辨率) /Layer thickness	15μm~100μm连续可调
成型幅面/XY area	96.0×54.0mm
最大成型高度/Z MAX.	80 mm
打印速度#/Forming Speed	>150层/小时
数据格式/Data Format	.stl, .slc, .cws
电气连接/Power Supply	220V, 50W
使用环境/Environment	25°C~40°C, 黄光环境
软件/Software	Windows 7 ,操控参数全开放
适用材料/Printing materials	光敏性陶瓷浆料或膏料
外形尺寸/Equipment Size	500mm(L)*460mm(W)*760 mm(H)
重量/Weight	50kg

陶瓷3D打印材料

CeramPlus®高纯氧化铝材料 (High Purity Alumina)



纯度≥99.7%



纯度≥99.9%



纯度≥99.95%



纯度≥99.99%

氧化铝陶瓷是目前氧化物陶瓷中用途最广、产销量最大的精细陶瓷材料，具有机械强度高、硬度高、绝缘电阻大、化学稳定性好等特点。氧化陶瓷目前可分为高纯型和普通型，高纯型利用其透光性及耐碱金属腐蚀可用作钠灯管，在电子工业中可用作集成电路基板与高频绝缘材料。普通氧化铝陶瓷按Al₂O₃含量的不同分为99瓷、95瓷、90瓷和85瓷，其中99瓷一般用做高温坩埚、耐火炉管及特殊耐磨材料，如陶瓷轴承、陶瓷密封件及水阀门；95瓷主要用作耐腐蚀、耐磨部件；85瓷中常掺杂部分滑石，以提高电性能与机械强度，可与钼、钽等金属封接，用作真空装置器件。

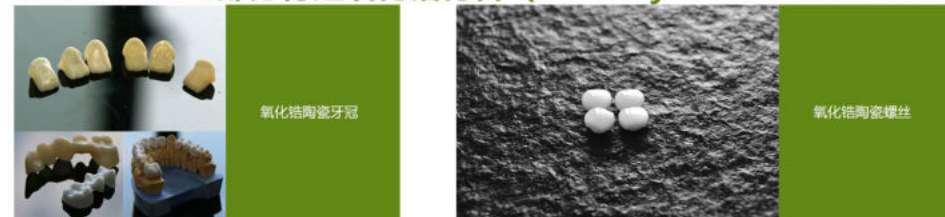
性能特征

高硬度 高强度 耐磨损 耐高温 耐腐蚀 高电绝缘性 真空气密性佳

应用

真空器件、厚膜和薄膜电路板、电路密封和多芯片器件的多层板结构、化工与生物陶瓷、坩埚

CeramiPlus®部分稳定氧化锆材料 (Partially Stabilized Zirconia)



部分稳定氧化锆 (PSZ) 是研究最早相变增韧陶瓷，利用氧化锆的相变特性可以获得具有非常高的断裂韧性和抗弯强度的陶瓷制品，因此被称为“陶瓷钢”。要实现氧化锆的相变增韧，必须添加一定的晶型稳定剂，使氧化锆晶型在高温烧成后仍保持在四方相体系下，方能施展氧化锆陶瓷的相变增韧“特效”，目前氧化锆陶瓷常用的稳定剂主要有Y₂O₃、CeO₂、MgO、CaO等氧化物，此外，氧化锆陶瓷还具有耐磨性好、摩擦系数低、耐腐蚀性好、表面光洁度高，极光滑，热导率低，热膨胀系数与金属相近等优点，在现代工业陶瓷体系中，氧化锆陶瓷已成为继氧化铝陶瓷后的第二大工业陶瓷体系。

性能特征

高温热稳定性好 韧性高 隔热性好 耐磨性优异 生物相容性好

应用

陶瓷涂层 耐磨制品 耐火高温制品 耐热冲击制品 牙科 艺术珠宝

光敏氧化铝浆料技术参数TECHNICAL DATA SHEET

光敏氧化铝浆料 Photosensitive Alumina Slurry		
粉体纯度Chemical Purity[%]	≥99.9	
固含量Solid Content[vol%]	55	
细度Fineness [μm]	< 5	
表观粘度*Viscosity[mPa·s]	1830	
生坯密度Green Density[g/cm ³]	2.61	
典型烧结性能Typical Fired Properties		
烧结温度Sintering Temperature [°C]	1650	
线收缩率Liner Shrinkage [%]X,Y,Z	14.5-18.6	
颜色Color	Light Ivory	
平均密度Average Bulk Density [g/cm ³]	3.87	
三点抗弯Three-point Bending Strength [MPa]	350~450	
Vickers Hardness (HV1) [GPa]	11.72	
自然表面粗糙度Surface Roughness Ra [μm]	0.37-1	
Thermal Conductivity at 25°C [W/(m·K)]	28	
Specific Heat at 25°C [J/(Kg·K)]	730	
Thermal Diffusion Coefficient at 25°C[mm ² /s]	9.91	
介电常数Relative Permittivity at 25°C	1KHz	9.9
	1MHz	9.6
介电损耗Dielectric Loss tanδ at 25°C	1KHz	2.6×10 ⁻¹
	1MHz	5.5×10 ⁻³

* Brookfield-DV2T, SC-64, 60RPM/min at 26°C.



部分稳定氧化锆 (PSZ) 是研究最早相变增韧陶瓷，利用氧化锆的相变特性可以获得具有非常高的断裂韧性和抗弯强度的陶瓷制品，因此被称为“陶瓷钢”。要实现氧化锆的相变增韧，必须添加一定的晶型稳定剂，使氧化锆晶型在高温烧成后仍保持在四方相体系下，方能施展氧化锆陶瓷的相变增韧“特效”，目前氧化锆陶瓷常用的稳定剂主要有Y₂O₃、CeO₂、MgO、CaO等氧化物，此外，氧化锆陶瓷还具有耐磨性好、摩擦系数低、耐腐蚀性好、表面光洁度高，极光滑，热导率低，热膨胀系数与金属相近等优点，在现代工业陶瓷体系中，氧化锆陶瓷已成为继氧化铝陶瓷后的第二大工业陶瓷体系。

性能特征

高温热稳定性好 韧性高 隔热性好 耐磨性优异 生物相容性好

应用

陶瓷涂层 耐磨制品 耐火高温制品 耐热冲击制品 牙科 艺术珠宝

光敏氧化锆浆料技术参数TECHNICAL DATA SHEET

光敏氧化锆浆料 Photosensitive 3Y-TZP Slurry		
粉体纯度Chemical Purity[%]	≥99.9	
固含量Solid Content[vol%]	50	
细度Fineness [μm]	< 5	
表观粘度*Viscosity[mPa·s]	4100	
生坯密度Green Density[g/cm ³]	3.50	
典型烧结性能Typical Fired Properties		
烧结温度 Sintering Temperature [°C]	1550	
线收缩率Liner Shrinkage [%]X,Y,Z	18-19.5	
颜色	White	
平均密度Average Bulk Density [g/cm ³]	6.01	
三点抗弯Three-point Bending Strength [MPa]	800	
Vickers Hardness (HV1) [GPa]	12.93	
自然表面粗糙度Surface Roughness Ra [μm]	0.19-0.65	
Thermal Conductivity at 25°C [W/(m·K)]	2	
Specific Heat at 25°C [J/(Kg·K)]	450	
Thermal Diffusion Coefficient at 25°C[mm ² /s]	0.73	
介电常数Relative Permittivity	1KHz	31.2
	1MHz	30.1
介电损耗Dielectric Loss tanδ	1KHz	1.06×10 ⁻²
	1MHz	4.66×10 ⁻³
光敏氧化锆浆料 Photosensitive 8YSZ Slurry (固体氧化物燃料电池电解质材料)		
粉体纯度Chemical Purity[%]	≥99.9	
固含量Solid Content[vol%]	45	
细度Fineness [μm]	< 5	
表观粘度*Viscosity[mPa·s]	4500	
生坯密度Green Density[g/cm ³]	3.16	
典型烧结性能Typical Fired Properties		
烧结温度 Sintering Temperature[°C]	1450	
平均密度Average Bulk Density [g/cm ³]	5.95	
离子电导率Ionic conductivity at 800°C [S·cm ⁻¹]	2.18×10 ⁻²	

* Brookfield-DV2T, SC-64, 60RPM/min at 26°C

CeramiPlus氧化硅陶瓷型芯材料 (Silicon Oxide for Casting Core)

随着航空发动机涡轮叶片冷却技术的发展，空心叶片的内腔通道日益复杂，叶片的浇注温度不断提高**氧化硅**基陶瓷型芯是熔模铸造工艺形成内腔通道的关键。传统的陶瓷型芯采用热压法制备，金属模具限制了陶瓷型芯的复杂程度，陶瓷增材制造技术进一步提高了陶瓷型芯的形状复杂度、结构精细度。目前应用最为广泛的氧化硅基陶瓷型芯主要成分为二氧化硅和硅酸锆，其耐火度高、热膨胀率低、尺寸稳定、足够的常温强度、容易脱除，可满足1550 °C单晶空心叶片浇注。

光敏氧化硅浆料技术参数TECHNICAL DATA SHEET

光敏氧化硅浆料 Photosensitive Silicon Oxide Slurry	
粉体纯度Chemical Purity[%]	≥90
固含量Solid Content[vol%]	63
细度Fineness [μm]	< 10
表观粘度*Viscosity[mPa·s]	1080
生坯密度Green Density[g/cm ³]	1.84
典型烧结性能Typical Fired Properties	
烧结温度Sintering Temperature [°C]	1250
线收缩率Liner Shrinkage [%]X,Y,Z	5-7
颜色Color	White
平均密度Average Bulk Density [g/cm ³]	1.72
三点抗弯Three-point Bending Strength [MPa]	13
显气孔率 Porosity[%]	25
自然表面粗糙度Surface Roughness Ra [μm]	2.5
热膨胀@1500°C Dilatation[%]	< 0.5

* Brookfield-DV2T, SC-64, 60RPM/min at 26°C.

性能特征

热膨胀系数小、抗热震性能优良、退让性和溶出性好



氧化硅基型芯

CeramiPlus®高强度羟基磷灰石(Hydroxyapatite)

众所周知，自然骨和牙齿是由无机材料和有机材料巧妙地结合在一起的复合材料，而无机相的大部分就是羟基磷灰石结晶。在自然骨中，**羟基磷灰石**大约占60~70%，齿骨中含量可达97%磷灰石陶瓷含有许多孔隙，便于骨胶纤维附着在其表面生长，在体液的作用下磷灰石的微弱可溶性使其缓慢释放，在骨组织端面上形成骨小梁。羟基磷灰石陶瓷材料凭借其其与骨组织有良好的亲和性，广泛应用于临床骨缺损修复的支架材料，3D打印使其成型为形状复杂的定制化人工骨植入物。

光敏羟基磷灰石浆料技术参数TECHNICAL DATA SHEET

光敏羟基磷灰石浆料 Photosensitive HPA Slurry	
粉体纯度Chemical Purity[%]	≥99.9
固含量Solid Content[vol%]	40
细度Fineness [μm]	< 10
表观粘度*Viscosity[mPa·s]	< 4000
生坯密度Green Density[g/cm ³]	1.86
典型烧结性能Typical Fired Properties	
烧结温度Sintering Temperature [°C]	1350
线收缩率Liner Shrinkage [%]X,Y,Z	30-35
平均密度Average Bulk Density [g/cm ³]	3.07
三点抗弯Three-point Bending Strength [MPa]	92.4

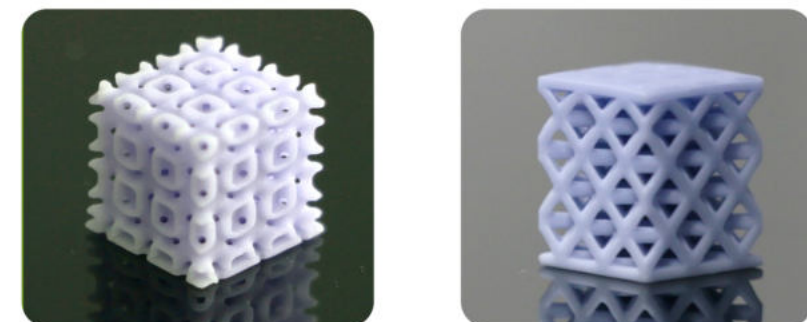
* Brookfield-DV2T, SC-64, 60RPM/min at 26°C.

性能特征

与自然骨相似的化学结构 生物相容性 高强度

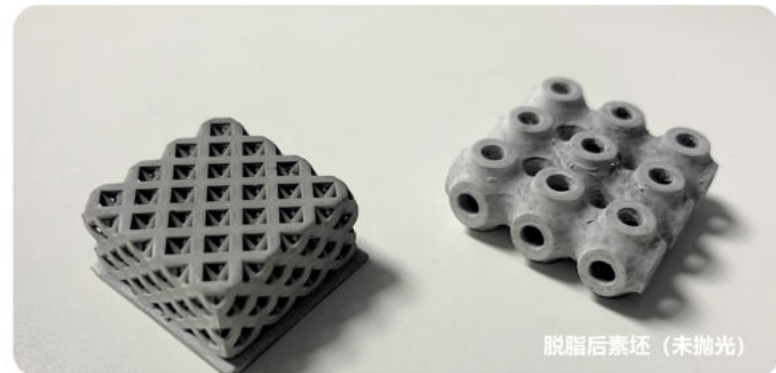
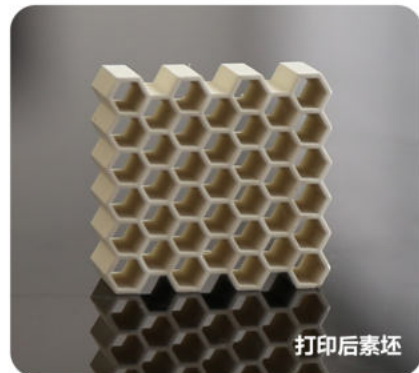
应用

个性化人工骨植入物

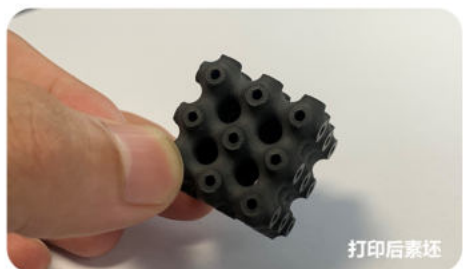


CeramiPlus®氮化硅陶瓷材料

氮化硅陶瓷具有良好的耐磨性及自润滑性，高硬度、依靠直通孔道来降低结构密度，在保证轻量化的前提下维持相当的强度，可实现热交换、介电性能调控（降低介电常数和损耗）等多功能一体化。



CeramPlus®碳化硅陶瓷材料



作为一种先进的结构陶瓷材料，碳化硅凭借其具有高温强度大、抗氧化性强、耐磨损性好、热稳定性佳、热膨胀系数小、热导率大、硬度高以及抗热震和耐化学腐蚀等优良特性已经成为在工业、航空航天、半导体和核工业领域不可替代的陶瓷材料，不仅可用于制造高温窑具、燃烧喷嘴、热交换器、密封环、滑动轴承等，还可作为防弹装甲材料，空间反射镜、半导体晶圆制备中夹具材料及核燃料包壳材料。但是，由于硬度大、脆性高的特点，碳化硅陶瓷的传统成型与加工工艺存在工序复杂、周期长、难以满足高精度、复杂形状零件的设计要求等问题。饶睿科技采用典型无压烧结碳化硅材料设计配方，在打印成型后采取排胶加高温烧结的方法能够实现3.0g/cm³以上的致密度，抗弯强度可超过300MPa。点阵结构实现轻量化的同时可以实现其他的功能协同实现，例如反应气路分离等。相比目前学术界的有机物先驱体实现碳化硅打印件的技术路线有明显优势，体现在制造成本、力学性能和烧结收缩等具体应用性能上。

性能特征

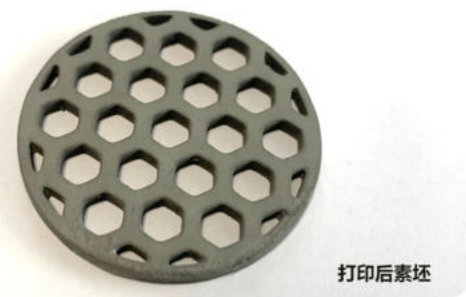
硬度高、强度高、耐腐蚀、耐磨损、耐辐照、抗氧化性能好、热膨胀系数小、热导率高；

应用

发动机燃烧室部件、涡轮叶片、高温喷嘴、轴承、热交换器、热电偶套管等；

CeramPlus®不锈钢材料

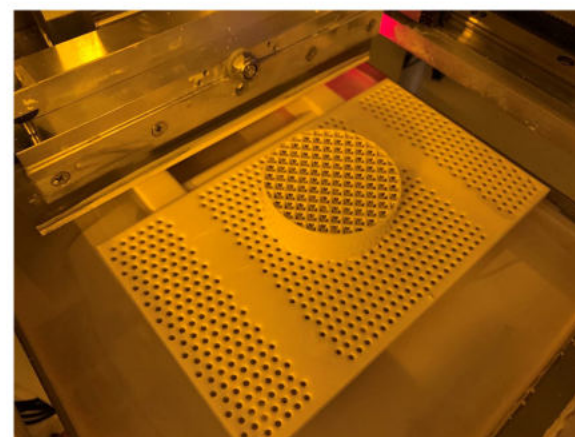
304 奥氏体不锈钢是一种很常见的不锈钢，也叫做 18/8 不锈钢。它的实质是在奥氏体不锈钢的基础上增加 Cr、Ni 的含量并加入 Mo、Cu、Si、Nb、Ti 等元素的高 Cr-Ni 系列钢。304 奥氏体不锈钢常见的形状为钢板状由于这种材料具有极强的防锈、耐腐蚀性能，又有极佳的可塑性和韧性，故方便冲压成型。其密度为 7.93g/cm³ 金属制品较为美观，且加工后的金属制品综合性能较好，因此广泛应用于多种行业。



专业的陶瓷3D打印服务

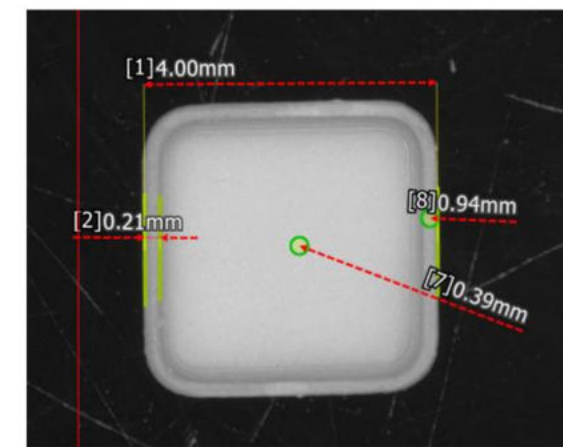
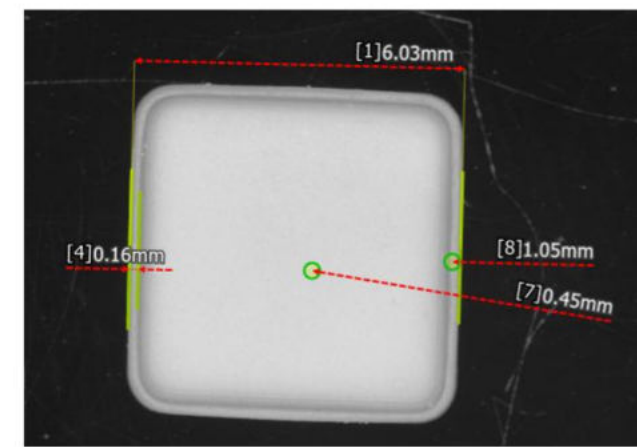
相比较传统陶瓷工艺来说，陶瓷3D打印可快速小批量制造，省时省力；且可构造多孔、异形、薄壁等复杂内腔结构，很好的弥补了传统陶瓷制造的不足，随着材料、设备和工艺的进步，打印成品的质量和性能也将不断提高，陶瓷3D打印制造与传统主流制造业的融合度将越来越高，目前已在电子工业、航天航空、医疗和艺术文创等领域逐渐开始应用。

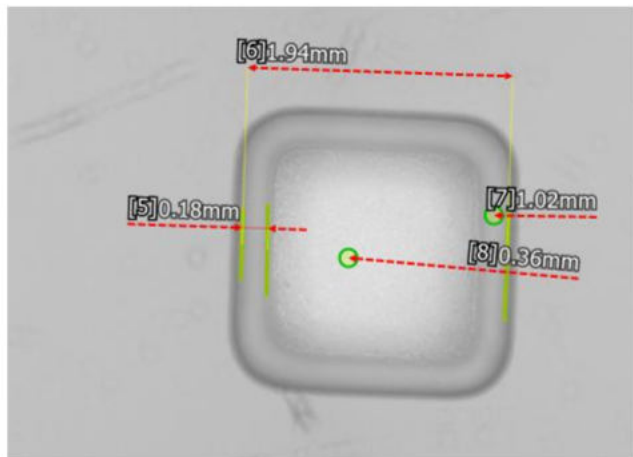
为了保证技术的稳定可靠，在过去两年里，我们通过为不同客户提供3D打印服务来对打印材料和打印设备进行了长达10000个小时的生产测试，同时不断细化我们的工艺控制环节从而获得了非常丰富的陶瓷3D打印经验，这些经验也经常为我们带来更多的创新，比如新材料配方开发、实现无支撑打印工艺和大尺寸高速打印设备的开发等。针对客户的打印需求，饶睿科技在嘉兴总部配置了7台DLP-Flex和4台DLP-4K打印机以应对各类陶瓷材料的打印服务。客户仅需提供三维数据文档即可快速的收到服务响应。目前该服务越来越受到诸多企业研发部门的欢迎，如CORING等，在新产品预研过程中节省了研发成本和时间，满足客户对复杂形状陶瓷产品制造需求，公司目前已经顺利通过了ISO9001和GJB 9001C质量体系认证，规范工作流程，确保产品质量。



陶瓷3D打印服务部分案例

工业电子领域

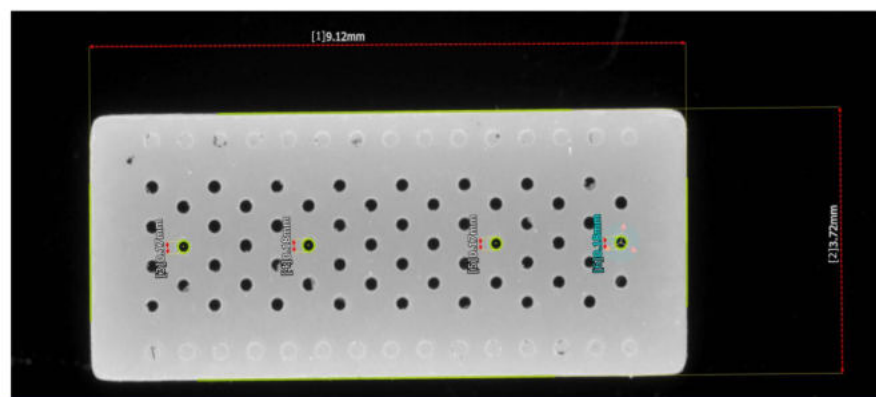
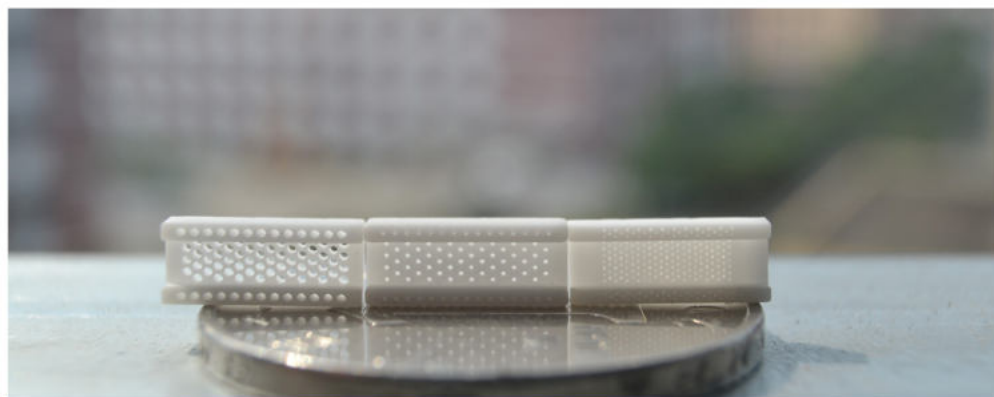
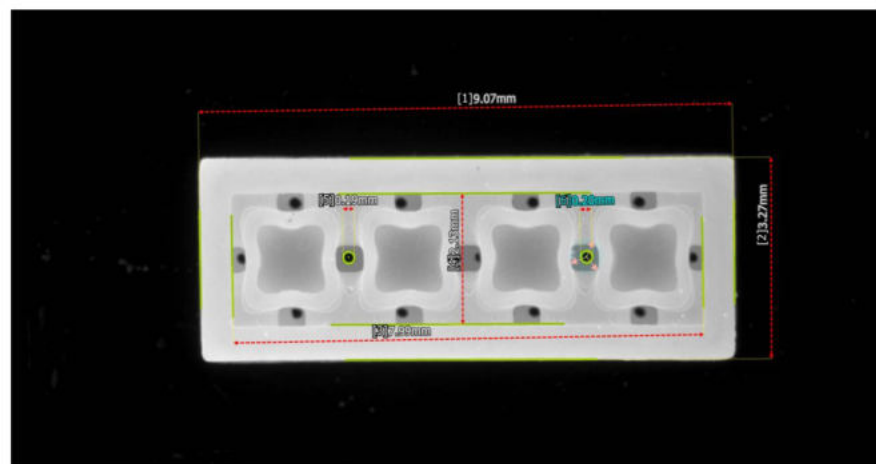




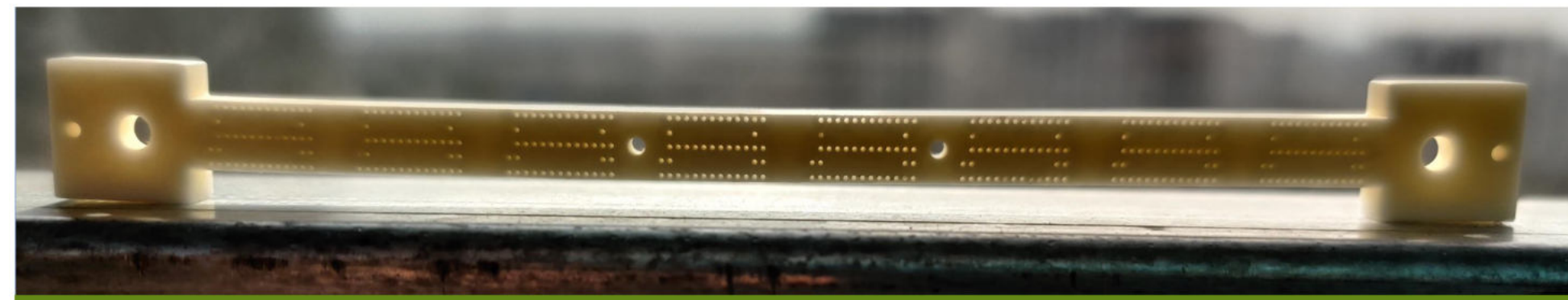
电极支撑
The electrode support

G05电极矫正尺寸数据记录表

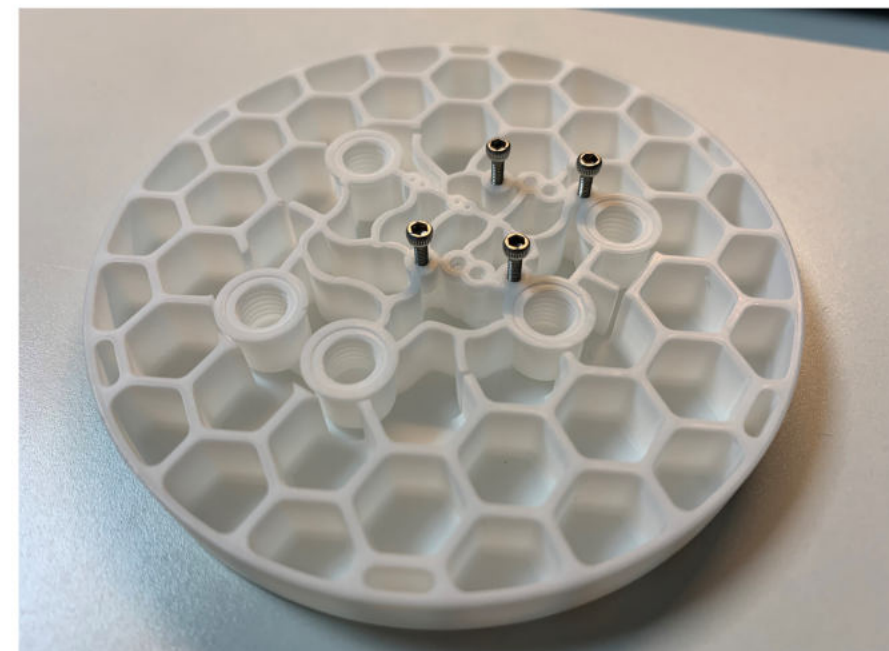
序号	矫正后关键尺寸							备注	G05理想尺寸图
	小直径/mm	误差/mm	外直径/mm	误差/mm	高度/mm	误差/mm	异形小孔平均孔径/mm		
01	2.95	+0.05	3.12	+0.02	5.01	+0.01	遗漏		
02	2.94	+0.04	3.12	+0.02	5.01	+0.01	0.39	+0.04	
03	2.96	+0.06	3.13	+0.03	5.01	+0.01	0.4	+0.05	
04	2.96	+0.06	3.14	+0.04	5.03	+0.03	0.39	+0.04	
05	2.96	+0.06	3.13	+0.03	4.99	-0.01	0.39	+0.04	
06	2.96	+0.06	3.16	+0.06	5.02	+0.02	0.38	+0.03	
07	2.95	+0.05	3.14	+0.03	5.02	+0.01	0.39	+0.04	
平均	2.95	+0.05	3.13	+0.03	5.01	+0.01	0.39	+0.04	



7*8组共56个0.18mm 贯穿孔



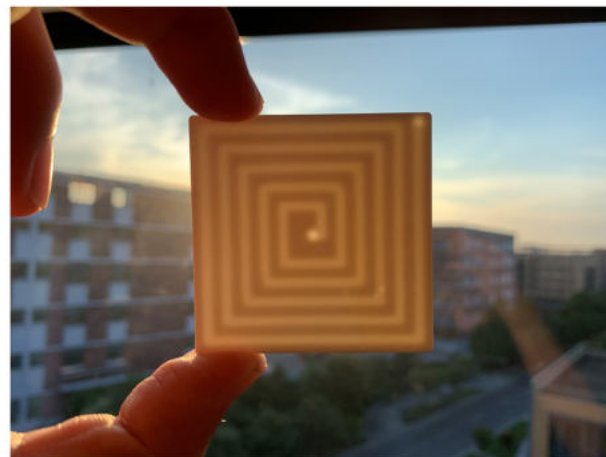
4*8组 共352个0.4mm 贯穿孔



深海传感器密封件
Sensor Seals for Deep-water Exploration



陶瓷螺丝螺母
Ceramic Screws and Nuts



陶瓷散热基板 (通道宽度0.3~2mm)
Heat Dissipation Structure Ceramic Substrates



曲线流道

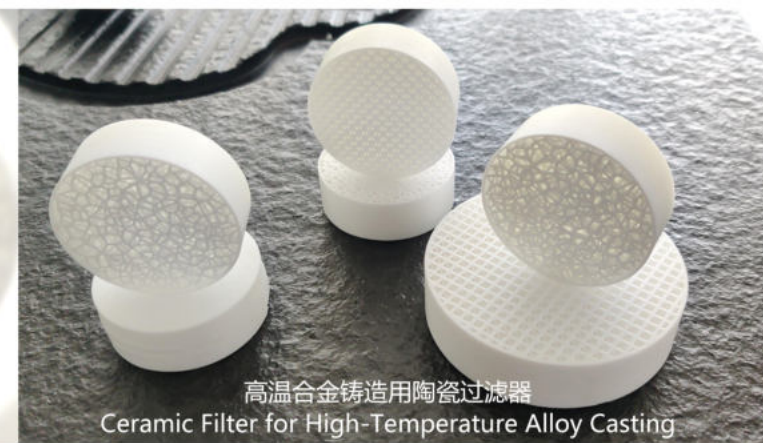
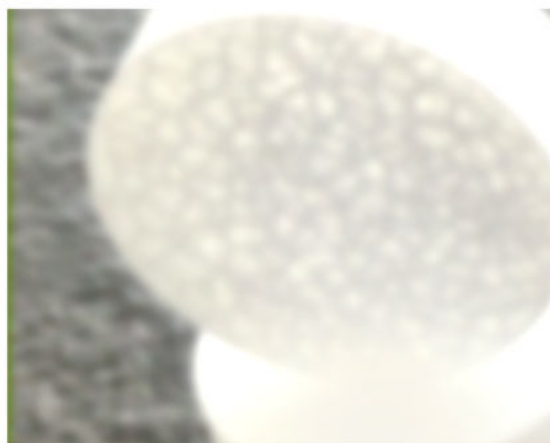


螺旋流道

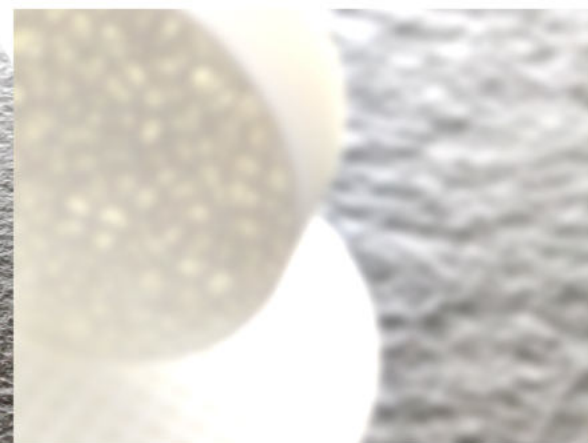


仿生流道

航空航天领域



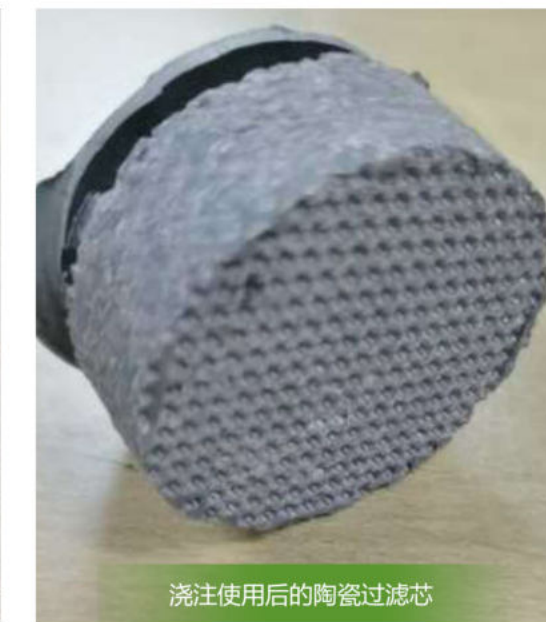
高温合金铸造用陶瓷过滤器
Ceramic Filter for High-Temperature Alloy Casting



随机结构填充形成梯度孔道



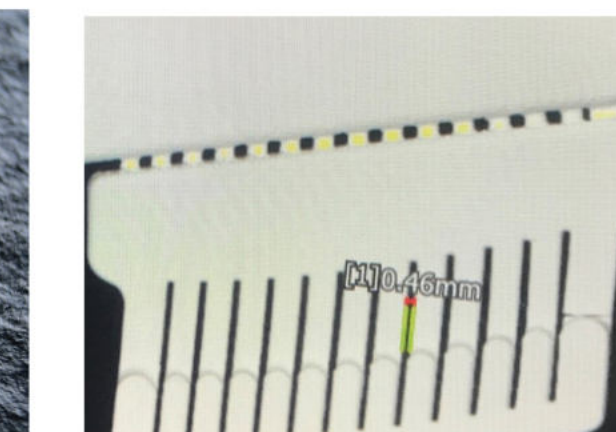
八隅体结构填充



浇注使用后的陶瓷过滤芯

氧化锆陶瓷过滤器主要应用于具有高附加值的高端铸钢与高温 (> 1500°C) 合金铸件的铸造生产中, 它能使钢液更均匀地充满型腔, 浇注时熔融金属有较高的紊流倾向, 经过氧化锆陶瓷过滤器的三维立体孔结构紊流终被转换成非常稳定的层流, 层流对型腔的填充性更好, 从而降低了金属溶液对铸造型腔的冲击腐蚀, 并显著降低废品率。受到原始模板结构随机性的影响, 传统陶瓷过滤器只能改变孔的目数来调节过滤性能, 而采用增材制造技术制造的可编辑陶瓷滤芯可实现孔结构的参数化人为设计, 可根据应用需求在流体力学行为、颗粒过滤效率和材料种类等多个层面进行设计和优化, 可保证滤芯在使用过程的一致性, 可实现宽幅PPI调节和更多的材料选择 (氧化锆和氧化铝)。

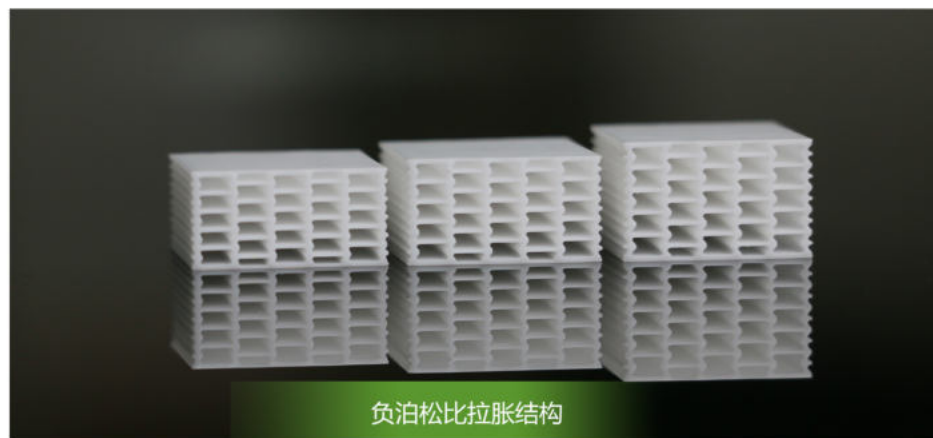
注: ppi 为 1 英寸长度上孔的个数(1 英寸=2.54 厘米)



空腔叶片用氧化硅基陶瓷型芯 Ceramic Core

摒弃传统的理念, 选用超细氧化硅粉体来保证型芯材料应用性能和表面光洁度。

超材料结构设计实现陶瓷材料的增强增韧



负泊松比拉胀结构



抗压强度测试剧烈爆炸瞬间

- 性能完胜传统的蜂窝陶瓷
- 显示出优异的可承载特性，拉胀结构在减重50%的条件下可实现每平方米2.6吨的承载重量。
- 实现了真正的结构增韧，在每平方米2吨载荷条件下可以实现11%弹性形变而不会发生破坏。
- 比能量吸收（韧性的本质定义）超过钛合金和其他高分子材料的减震结构。

超材料结构设计实现微波通讯电磁性能调控



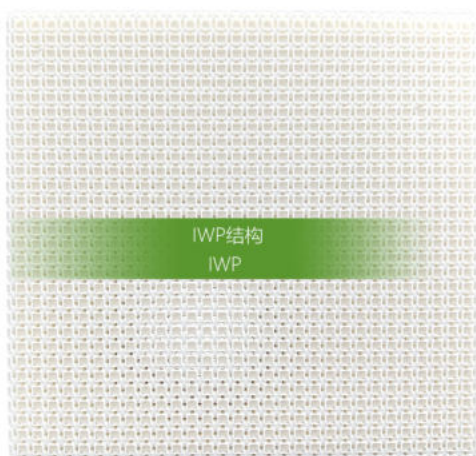
p-cell结构
SCHWARZ P



桁架结构
OCTET TRUSS

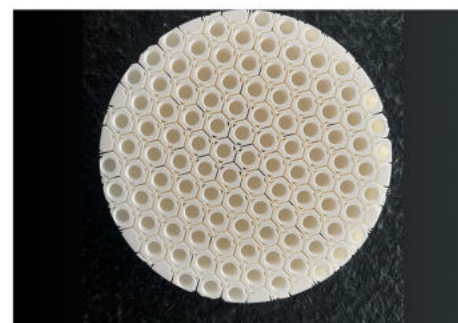


螺旋结构
GYROID



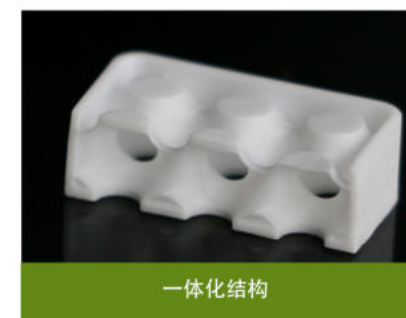
IWP结构
IWP

不同应用温度条件下低介电常数(<3)和介电损耗(<0.001)是军民用毫米波通信的基本材料诉求，传统材料基本无法满足。我们采用特定晶格的超材料设计，成功将氧化锆材料的介电常数和介电损耗从35和0.5降低到3.5和0.005以下，电磁超材料设计为未来毫米波宽频透波应用带来底层理论和技术突破。

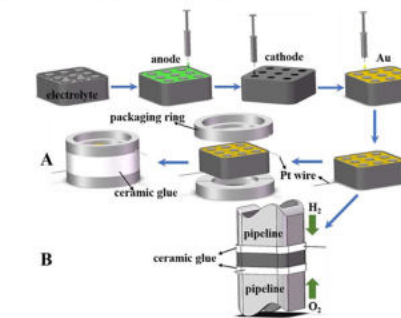


近零膨胀结构高纯氧化铝陶瓷盘
Ceramic Disc with Near-Zero Thermal Expansion Structure

结构受热变形会带来工程结构稳定性的问题以及会对精密设备测量精度产生影响，而可调控热膨胀结构由于其具有良好的形状稳定性以及热膨胀系数可调的特点，可解决结构受热变形带来的有关问题。在半导体硅片表面处理工艺中，使用具有可调控热膨胀结构的高纯氧化铝陶瓷承载盘，可减少硅片背面划伤，晶格位错，金属污染和颗粒问题，提升良率。三角形单胞组成的拉伸型点阵结构是典型的热膨胀可调控结构，通过对单胞设计和单胞连接、结构与基底连接的调整可以缓和结构的热应力不匹配，满足实际需要。



一体化结构



固体氧化物燃料电池（Solid Oxide Fuel Cells, SOFCs）可将化学物质的化学能直接转换成电能，具有效率高、环境友好和燃料灵活性等优点，被认为是下一代发电系统。完整的SOFCs电池堆的制备过程往往需要超过100个步骤。这些步骤不光耗时且花费巨大，同时还可造成SOFCs耐久性和可靠差的劣势，严重阻碍了SOFCs的商业化。

我们利用陶瓷3D打印技术制造了基于TPMS中p-cell结构的三维拓扑SOFC电池，此结构所具有的两个相互独立孔道空间，这两个独立的空间刚好可以用于SOFCs的阴、阳两极材料的填充，这种电池真正意义上的减少了转接部件的使用，显示出陶瓷3D打印制备电池组的可能性和优势，且望进一步大幅提高燃料电池体积功率密度。

艺术文创领域

