



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114258342 A

(43) 申请公布日 2022.03.29

(21) 申请号 202080058672.1

(22) 申请日 2020.06.26

(30) 优先权数据

62/866,854 2019.06.26 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2022.02.15

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2020/039980 2020.06.26

(87) PCT国际申请的公布数据

W02020/264419 EN 2020.12.30

(71) 申请人 维纳米技术公司

地址 以色列锡安那

(72) 发明人 A·比莱特茨基

(74) 专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限公司 11287

代理人 范海云

(51) Int.Cl.

B29C 41/22 (2006.01)

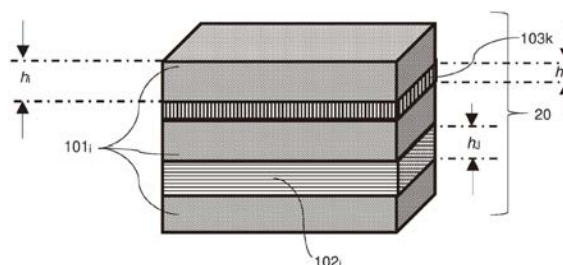
权利要求书3页 说明书20页 附图4页

(54) 发明名称

改进的热机械复合材料的增材制造

(57) 摘要

本公开涉及用于使用增材制造 (AM) 来制作复合组件的系统、方法和组合物。具体地,本公开涉及使用例如喷墨印刷来制作具有改进或调节的热机械性能以及衍生介电强度的复合组件的方法、系统和组合物。



1. 一种使用喷墨打印机来制作增材制造电子产品 (AME) 的增强三维 (3D) 介电型材的方法, 其包括:

a. 提供喷墨打印系统, 其包括:

i. 第一打印头, 其可经操作以分配第一介电油墨组合物;

ii. 第二打印头, 其可经操作以分配第二介电油墨组合物, 其中所述第二介电油墨组合物具有与所述第一介电油墨组合物不同的热机械特性参数;

iii. 传送器, 其耦接至所述第一和第二打印头, 并且可经操作以将衬底传送到所述第一和第二打印头中的每一者; 和

iv. 计算机辅助制造 (“CAM”) 模块, 所述CAM模块包含中央处理模块 (CPM) 且至少与所述传送器和所述第一和第二打印头中的每一者通信, 所述CPM还包括: 至少一个处理器, 其与其上存储有一组可执行指令的非暂时性处理器可读存储媒体通信, 所述指令在由所述至少一个处理器执行时使得所述CPM能够通过执行以下步骤来控制所述喷墨打印系统:

1. 接收表示所述AME的3D可视化文件; 以及

2. 生成包括多个文件和至少表示打印顺序的元文件的文件库, 每个文件均表示用于打印所述AME的所述增强三维 (3D) 介电型材的基本2D层;

b. 提供所述第一介电油墨组合物和所述第二介电油墨组合物;

c. 使用所述CAM模块, 从所述文件库中获得代表所述第一层的第一文件以用于打印所述AME的所述增强三维 (3D) 介电型材, 其中所述第一文件包括对应于所述第一介电油墨的图案的打印指令以及对应于所述第二介电油墨的图案的打印指令;

d. 使用所述第一打印头, 形成对应于所述第一介电油墨的所述图案;

e. 固化所述第一层中对应于所述第一介电油墨表示的所述图案;

f. 使用所述第二打印头, 形成对应于所述第二介电油墨的所述图案;

g. 固化所述第一层中对应于所述第二介电油墨表示的所述图案;

h. 使用所述CAM模块, 从所述文件库中获得代表后续层的后续文件以用于打印所述AME的所述增强三维 (3D) 介电型材, 所述后续文件包括在每个后续层中对应于所述第一介电油墨的图案的打印指令以及对应于所述第二介电油墨的图案的打印指令;

i. 重复以下步骤: 从使用所述第一打印头形成对应于所述第一介电油墨的所述图案的步骤, 到使用所述CAM模块从所述2D文件库中获得所述随后基本2D层, 然后固化所述最后一层中对应于所述第二油墨组合物的所述图案的步骤, 所述AME的所述增强三维 (3D) 介电型材包括以下至少一项: 所述第一介电油墨组合物的连续基体内的所述第二介电油墨组合物的多个增强成型件的阵列; 和所述第一介电油墨组合物和所述第二介电油墨组合物的交替层; 以及

j. 移除所述衬底。

2. 根据权利要求1所述的方法, 其中所述热机械特性参数为以下至少一项: 热膨胀系数 (α)、抗拉强度、杨氏模量 (E)、玻璃化转变温度 (T_g)、脆韧转变温度 (T_β) 和 $[T_\beta/T_g]$ 比率以及介电强度, 每一项均在所述固化层上测量。

3. 根据权利要求1所述的方法, 其中所述第一介电油墨组合物包括聚酯 (PES)、聚乙烯 (PE)、聚乙烯醇 (PVOH)、聚(乙酸乙烯酯) (PVA)、聚(甲基丙烯酸甲酯) (PMMA)、聚(乙烯基吡咯烷酮)、多官能丙烯酸酯或包括上述一种或多种的混合物、单体、低聚物和共聚物的组合。

4. 根据权利要求1所述的方法, 其中所述第二油墨组合物包括具有陶瓷成分的有机改性的硅酸盐基陶瓷 (ORMODS) 共聚单体。

5. 根据权利要求4所述的方法, 其中所述陶瓷成分包括以下组分的单体和/或低聚物: 原硅酸四乙酯、原硅酸四甲酯、钛酸四异丙酯、三甲氧基硅烷 (TMOS)、三乙氧基硅烷、三甲基乙氧基硅烷、苯基三乙氧基硅烷、苯基甲基二乙氧基硅烷、甲基二乙氧基硅烷、乙烯基甲基二乙氧基硅烷、聚二甲氧基硅烷、聚二乙氧基硅烷、乙烯基甲氧基硅氧烷、聚硅氮烷、异丙醇钛、异丙醇铝、丙醇锆、硼酸三乙酯、三甲氧基环硼氧烷二乙氧基硅氧烷-钛酸乙酯、二(乙酰丙酮基) 钛酸二异丙酯、硅醇笼型聚倍半硅氧烷、三仲丁醇铝、三异丁基铝、乙酰丙酮铝、1, 3, 5, 7, 9-五甲基环五硅氧烷、硅氧烷的聚(钛酸二丁酯) 低聚物、Al-O-Al低聚物、Ti-O-Ti低聚物、Zn-O-Zn低聚物或包括以上组分的组合物。

6. 根据权利要求5所述的方法, 其中所述多官能丙烯酸酯是以下组分的单体、低聚物、聚合物和共聚物中的至少一者: 1, 2-乙二醇二丙烯酸酯、1, 3-丙二醇二丙烯酸酯、1, 4-丁二醇二丙烯酸酯、1, 6-己二醇二丙烯酸酯、二丙二醇二丙烯酸酯、新戊二醇二丙烯酸酯、乙氧基化新戊二醇二丙烯酸酯、丙氧基化新戊二醇二丙烯酸酯、三丙二醇二丙烯酸酯、双酚-A-二缩水甘油醚二丙烯酸酯、羟基特戊酸新戊二醇二丙烯酸酯、乙氧基化双酚-A-二缩水甘油醚二丙烯酸酯、聚乙二醇二丙烯酸酯、三羟甲基丙烷三丙烯酸酯、乙氧基化三羟甲基丙烷三丙烯酸酯、丙氧基化三羟甲基丙烷三丙烯酸酯、丙氧基化甘油三丙烯酸酯、三(2-丙烯酰氧基乙基) 异氰脲酸酯、季戊四醇三丙烯酸酯、乙氧基化季戊四醇三丙烯酸酯、季戊四醇四丙烯酸酯、乙氧基化季戊四醇四丙烯酸酯、二(三羟甲基丙烷) 四丙烯酸酯、二季戊四醇五丙烯酸酯和二季戊四醇六丙烯酸酯或包括上述一种或多种组分的多官能丙烯酸酯组合物。

7. 根据权利要求1所述的方法, 其中在所述第一介电油墨组合物和所述第二介电油墨组合物的所述交替层中, 对应于所述第一介电油墨组合物的所述层被配置为厚度介于约2 μ m与50 μ m之间。

8. 根据权利要求7所述的方法, 其中在所述第一介电油墨组合物和所述第二介电油墨组合物的所述交替层中, 对应于所述第二介电油墨组合物的所述层被配置为厚度介于约7 μ m与约120 μ m之间。

9. 根据权利要求8所述的方法, 其中对应于所述第二介电油墨组合物的所述层与对应于所述第一介电油墨组合物的所述层之间的比例在1:2与1:5之间。

10. 根据权利要求1所述的方法, 其中所述第一介电油墨组合物的所述连续基体内的所述第二介电油墨组合物的所述多个增强成型对象的所述阵列中的所述成型对象是下列各项中的至少一者: 杆、钉、具有多边形横截面的细长构件以及包括上述形式的组合。

11. 根据权利要求10所述的方法, 其中所述增强成型对象是圆柱形杆。

12. 根据权利要求11所述的方法, 其中由所述第二介电油墨组合物形成的所述圆柱形杆的总体积占由所述第一介电油墨组合物形成的所述基体的约10% (v/v) 至约30% (v/v)。

13. 根据权利要求12所述的方法, 其中每个圆柱形杆的直径pf被配置为形成尺寸化为体积占由所述第一介电油墨组合物形成的总基体体积的约0.1% (v/v) 至约1.0% (v/v) 的杆。

14. 根据权利要求1所述的方法, 其中所述增强成型对象是由所述第二介电油墨组合物形成的多边形网络, 其形成填充有所述第一介电油墨组合物的闭孔基体, 从而形成蜂窝结

构。

15. 根据权利要求14所述的方法, 其中形成所述多边形闭孔的所述网络由包括有机改性的硅酸盐基陶瓷 (ORMODS) 共聚单体的组合物形成, 所述共聚单体具有陶瓷成分; 并且其中所述第一介电油墨组合物是聚酯 (PES)、聚乙烯 (PE)、聚乙烯醇 (PVOH)、聚(乙酸乙烯酯) (PVA)、聚(甲基丙烯酸甲酯) (PMMA)、聚(乙烯基吡咯烷酮)、多官能丙烯酸酯或包括上述一种或多种的混合物、单体、低聚物和共聚物的组合。

改进的热机械复合材料的增材制造

背景技术

[0001] 本公开涉及用于使用增材制造 (AM) 来制作复合部件的系统、方法和组合物。具体地,本公开涉及使用例如喷墨打印来制作具有改进的热机械性能的复合部件的方法、系统和组合物。

[0002] 增材制造 (AM),即所谓的“3D打印”,是一个通用术语,用于在自动控制情况下在整个3D工作包络中经由顺序层材料添加/连接来制造对象的过程。ISO/ASTM52900-15定义了七类增材制造工艺:粘合剂喷射、定向能量沉积、材料挤出、材料喷射、粉末床熔合、片材层压和光聚合(vat polymerization)。

[0003] 通过AM生产的复合材料通常由连续基体和作为不连续相的分散增强材料组成,有时还包括界面或粘合剂。通过正确选择组成材料和制作方法,可以控制复合材料的物理和机械性能以及微观结构。用于制作复合材料的材料挤出类别方法之一是熔融沉积建模(FDM)。FDM是指一种AM工艺,其中对象/组件是通过将热塑性长丝送入加热的挤出头来构建的。加热的挤出头将熔融的热塑性材料熔化并以例如一系列珠粒的形式沉积。每个珠粒的形状大致为球形或圆柱形,以逐层构建打印部件。为了丰富打印部件的种类,其中一个喷嘴可以用于支撑材料。支撑材料能够支撑最终结构中未直接由构建材料支撑的悬垂打印组件。尽管以与构建材料相同的方式打印(换言之,沉积支撑材料,但与构建材料不同的是,在打印过程后将支撑材料移除以获得最终的3D部件(在某些情况下可能包含空隙))。

[0004] 同样,粉末床熔合的实例通常涉及用粉末填充粉末床外壳衬底,以及通常使用如激光、电子束或焊接设备等热源将部分粉末以层的形式选择性地熔合到衬底上。一旦该层已在衬底上形成,则将衬底撤回到粉末床中,粉末床重新被装入另外的粉末,并且后续的层与先前添加到衬底上的层熔合。粉末通常包含金属、陶瓷或塑料材料,其质地细腻并且可以使用再涂布设备很容易地沉积到粉末中。再涂布设备通常是刀片式或辊式设备,其可操作为将粉末从粉末源(例如,粉末储存器)转移到粉末床上,在该粉末床上,当先前的层被添加到衬底上时,该粉末在输送时与先前输送到粉末床但未熔合到下面衬底上的残留粉末结合在一起。一旦已将最后一层添加到结构中,则将该结构从粉末床中移除以进行后续处理。

[0005] 基体和增强材料的组合被配置为获得比传统材料更坚固、更轻和/或更便宜同时仍满足其预期应用的特定要求的最终组件。

[0006] 复合材料还用于生产印刷电路板(PCB)、柔性印刷电路(FPC)、高密度互连PCB(HDIP)和其他增材制造电子产品(AME)。例如,PCB可以通过涉及光刻法的多步骤工艺来生产。用于制作印刷电路板的最常见材料之一是FR-4,这是一种由其中嵌入有编织玻璃纤维的环氧树脂聚合物基体制成的复合材料。这种组合使得材料在一定程度上具有阻燃性,并提供良好的强度重量比和相当大的机械强度。

[0007] 增材制造工艺允许根据3D CAD数据直接(无需工具)创建高度复杂的几何形状,从而允许创建表面具有高分辨率的物品。虽然这些工艺对于详细说明所生产物品的各种表面特性很有用,但这些工艺难以以小于0.2mm的分辨率来生产复杂的物品。

[0008] 因此,需要能够有效且精确地制作复合组件的复杂制品的组合物、系统和方法,该

复合组件要能够承受各种热机械条件,而不会出现性能劣化。所公开的技术解决了一些上述缺陷。

发明内容

[0009] 在各种示例性实施方式中,公开了使用增材制造(例如,喷墨打印)来形成或制作3D复合组件的方法,以及形成具有改进的热机械性能的复合材料的方法的示例性实施方式。

[0010] 在本文提供的示例性实施方式中,提供了一种使用喷墨打印机来制作增材制造电子产品的增强三维(3D)介电型材的方法,所述方法包括:提供喷墨打印系统,所述喷墨打印系统包括:第一打印头,所述第一打印头可操作为分配第一介电油墨组合物;第二打印头,所述第二打印头可操作为分配第二介电油墨组合物,其中第二介电油墨组合物具有不同的热机械特性参数;传送器,所述传送器可操作地耦接至第一和第二打印头,并且配置为将衬底传送到第一和第二打印头中的每一个;和计算机辅助制造(“CAM”)模块,所述CAM模块包含与第一和第二打印头中的每一个通信的中央处理模块(CPM),CPM还包括:至少一个处理器,其与其上存储有一组可执行指令的非暂时性存储媒体通信,该指令在被执行时使得CPM能够执行如下过程:接收表示(3D)介电型材的3D可视化文件;以及生成表示第一基本2D层的文件,用于使用第一介电油墨来打印增强(3D)介电型材;并且生成表示第二基本2D层的文件,用于使用第一介电油墨来打印增强(3D)介电型材,其中CAM模块被配置为控制传送器、第一和第二打印头中的每一个;提供第一介电油墨组合物和第二介电油墨组合物;使用CAM模块,获得(3D)介电型材的第一基本2D层,第一2D层包括代表第一介电油墨的图案;使用第一打印头,形成对应于第一介电油墨的图案;固化对应于(3D)介电型材的2D层中的第一介电油墨表示的图案;获得(3D)介电型材的第二基本2D层,第二2D层包括代表第二介电油墨的图案;使用第二打印头,形成对应于第二介电油墨的图案;固化对应于第二介电油墨的图案;以及去除衬底。

[0011] 在另一种示例性实施方式中,一种使用喷墨打印机来制作增强三维(3D)介电型材的方法,所述方法包括:提供喷墨打印系统,所述喷墨打印系统包括:第一打印头,所述第一打印头可操作为分配第一介电油墨组合物;第二打印头,所述第二打印头可操作为分配第二介电油墨组合物,其中第二介电油墨组合物具有不同的热机械特性参数;传送器,所述传送器可操作地耦接至第一和第二打印头,并且配置为将衬底传送到第一和第二打印头中的每一个;和与第一和第二打印头中的每一个通信的计算机辅助制造(“CAM”)模块,CPM模块还包括:至少一个处理器,其与其上存储有一组可执行指令的非暂时性存储媒体通信,该指令在被执行时使得CPM能够执行如下过程:接收表示(3D)介电型材的3D可视化文件;以及生成表示第一基本2D层的文件,用于使用第一介电油墨来打印增强(3D)介电型材,文件包括对应于第一层中用于打印的第一油墨组合物的图案的文件;并且生成表示在同一第一基本2D层中用于打印第二油墨组合物的图案的文件,以进行打印,第一和第二图案被配置为在第一介电油墨组合物的基体内形成第二介电油墨组合物的圆柱形杆阵列,其中CAM模块被配置为控制传送器、第一和第二打印头中的每一个;提供第一介电油墨组合物和第二介电油墨组合物;使用CAM模块,获得(3D)介电型材的第一基本2D层,第一2D层包括代表第一介电油墨的图案;使用第一打印头,形成对应于第一介电油墨的图案;固化对应于(3D)介电型

材的2D层中的第一介电油墨表示的图案;使用第二打印头,形成对应于第二介电油墨的图案;固化对应于第二介电油墨的图案;以及去除衬底。

[0012] 在又一个示例性实施方式中,本文提供了一种使用喷墨打印机来制作增材制造电子产品(AME)的增强三维(3D)介电型材的计算机化方法,所述方法包括:提供喷墨打印系统,所述喷墨打印系统包括:第一打印头,所述第一打印头可操作为分配第一介电油墨组合物;第二打印头,所述第二打印头可操作为分配第二介电油墨组合物,其中第二介电油墨组合物具有与第一介电油墨组合物不同的热机械特性参数;传送器,所述传送器耦接至第一和第二打印头,并且可操作为将衬底传送到第一和第二打印头中的每一个;和计算机辅助制造(“CAM”)模块,所述CAM模块包含中央处理模块(CPM)并且至少与传送器和第一和第二打印头中的每一个通信,CPM还包括:至少一个处理器,其与其上存储有一组可执行指令的非暂时性处理器可读存储媒体通信,当该指令由至少一个处理器执行时使得CPM能够通过执行以下步骤来控制喷墨打印系统:接收表示AME的3D可视化文件;以及生成包括多个文件和至少表示打印顺序的元文件的文件库,每个文件均表示用于打印AME的增强三维(3D)介电型材的基本2D层;提供第一介电油墨组合物和第二介电油墨组合物;使用CAM模块,从文件库中获得代表第一层的第一文件,用于打印AME的增强三维(3D)介电型材,其中第一文件包括对应于第一介电油墨的图案的打印指令,以及对应于第二介电油墨的图案的打印指令;使用第一打印头,形成对应于第一介电油墨的图案;固化第一层中对应于第一介电油墨表示的图案;使用第二打印头,形成对应于第二介电油墨的图案;固化第一层中对应于第二介电油墨表示的图案;使用CAM模块,从文件库中获得代表后续层的后续文件,用于打印AME的增强三维(3D)介电型材,后续文件包括在每个后续层中对应于第一介电油墨的图案的打印指令,以及对应于第二介电油墨的图案的打印指令;重复以下步骤:从使用第一打印头,形成对应于第一介电油墨的图案的步骤,到使用CAM模块,从2D文件库中获得随后的基本2D层,然后固化最后一层中对应于第二油墨组合物的图案的步骤,AME的增强三维(3D)介电型材包括以下至少一项:第一介电油墨组合物的连续基体内的第二介电油墨组合物的多个增强成型件的阵列;和第一介电油墨组合物和第二介电油墨组合物的交替层;以及移除衬底。

[0013] 当结合示例性而非限制性的附图和实例阅读以下详细描述时,用于制作增强复合组件和/或制品的方法和组合物的这些和其他特征将变得显而易见。

附图说明

[0014] 为了更好地理解具有改进的热机械性能的复合组件的系统、制作方法和组合物,关于其示例性实施方式,参考所附实例和附图,在附图中:

[0015] 图1A示出了使用具有不同热机械特性的介电材料的交替层来制作复合材料的3D组件;图1B示出了具有均匀热机械层的交替基本介电层和杆阵列基体层的组合;图1C示出了图1A的TMA分析结果;

[0016] 图2A示出了嵌入基体中的杆阵列的示例性实施方式,其中杆阵列配置示意图示于图2B中;以及

[0017] 图3示出了使用所公开的系统、方法和组合物制作的蜂窝结构的示例性实施方式。

具体实施方式

[0018] 本文提供了用于制作具有改进的热机械性能的复合组件的系统、方法和组合物的示例性实施方式。

[0019] 三维 (3D) 聚合物喷射打印机适用于使用通过其打印头的喷嘴阵列中的孔口喷射 (排出) 的液体油墨。通常, 市售 3D 打印机使用基于聚合物的油墨、基于陶瓷的油墨或基于金属纳米颗粒的油墨。使用聚合物喷射打印系统能够克服 FDM 打印机的精度和分辨率问题。在采用聚合物喷射法进行 3D 打印时, 通过打印头喷嘴喷射的油墨必须处于液态。

[0020] 因此, 并且在若干示例性实施方式中, 本文提供了用于打印由两种或更多种材料制作的 3D 组件的方法, 其中一种材料作为主要 (构建) 基体, 而另一种作为增强材料。在本公开的上下文中, 最终打印组件被称为复合材料。在所公开的方法中, 所有喷射的油墨在喷射之前都是液体并且在喷射之后经历固化和凝固。该方法被配置为改善最终打印组件的机械和/或热性能, 诸如拉伸强度、热膨胀系数 (CTE) 等。在示例性实施方式中, 通过打印主基体和增强材料的交替层来实现改进的特性。在另一个示例性实施方式中, 通过打印嵌入主基体 (构建) 材料中的圆柱状增强材料来实现改进。

[0021] 在另一个示例性实施方式中, 本文提供了一种使用喷墨打印机来制作增材制造电子产品的增强三维 (3D) 介电型材的计算机化方法, 所述方法包括: 提供喷墨打印系统, 所述喷墨打印系统包括: 第一打印头, 所述第一打印头可操作为分配第一介电油墨组合物; 第二打印头, 所述第二打印头可操作为分配第二介电油墨组合物, 其中第二介电油墨组合物具有不同的热机械特性参数; 传送器, 所述传送器可操作地耦接至第一和第二打印头, 并且配置为将衬底传送到第一和第二打印头中的每一个; 和计算机辅助制造 (“CAM”) 模块, 所述 CAM 模块包含中央处理模块 (CPM) 并且与第一和第二打印头中的每一个通信, CPM 还包括: 至少一个处理器, 其与其上存储有一组可执行指令的非暂时性存储媒体通信, 该指令在被执行时使得 CPM 能够执行如下过程: 接收表示 (3D) 介电型材的 3D 可视化文件; 以及生成表示第一基本 2D 层的文件, 用于使用第一介电油墨来打印增强 (3D) 介电型材; 并且生成表示第二基本 2D 层的文件, 用于使用第二介电油墨来打印增强 (3D) 介电型材, 其中 CAM 模块被配置为控制传送器、第一和第二打印头中的每一个; 提供第一介电油墨组合物和第二介电油墨组合物; 使用 CAM 模块, 获得 (3D) 介电型材的第一基本 2D 层, 第一 2D 层包括代表第一介电油墨的图案; 使用第一打印头, 形成对应于第一介电油墨的图案; 固化对应于 (3D) 介电型材的 2D 层中的第一介电油墨表示的图案; 获得 (3D) 介电型材的第二基本 2D 层, 第二 2D 层包括代表第二介电油墨的图案; 使用第二打印头, 形成对应于第二介电油墨对应的图案; 固化对应于第二介电油墨的图案; 以及去除衬底。

[0022] 在又一个示例性实施方式中, 本文提供了一种使用喷墨打印机来制作增材制造电子产品 (AME) 的增强三维 (3D) 介电型材的计算机化方法, 所述方法包括: 提供喷墨打印系统, 所述喷墨打印系统包括: 第一打印头, 所述第一打印头可操作为分配第一介电油墨组合物; 第二打印头, 所述第二打印头可操作为分配第二介电油墨组合物, 其中第二介电油墨组合物具有与第一介电油墨组合物不同的热机械特性参数; 传送器, 所述传送器耦接至第一和第二打印头, 并且可操作为将衬底传送到第一和第二打印头中的每一个; 和计算机辅助制造 (“CAM”) 模块, 所述 CAM 模块包含中央处理模块 (CPM) 并且至少与传送器和第一和第二打印头中的每一个通信, CPM 还包括: 至少一个处理器, 其与其上存储有一组可执行指令的

非暂时性处理器可读存储媒体通信,当该指令由至少一个处理器执行时使得CPM能够通过执行以下步骤来控制喷墨打印系统:接收表示AME的3D可视化文件;以及生成包括多个文件和至少表示打印顺序的元文件的文件库,每个文件均表示用于打印AME的增强三维(3D)介电型材的基本2D层;提供第一介电油墨组合物和第二介电油墨组合物;使用CAM模块,从文件库中获得代表第一层的第一文件,用于打印AME的增强三维(3D)介电型材,其中第一文件包括对应于第一介电油墨的图案的打印指令,以及对应于第二介电油墨的图案的打印指令;使用第一打印头,形成对应于第一介电油墨的图案;固化第一层中对应于第一介电油墨表示的图案;使用第二打印头,形成对应于第二介电油墨的图案;固化第一层中对应于第二介电油墨表示的图案;使用CAM模块,从文件库中获得代表后续层的后续文件,用于打印AME的增强三维(3D)介电型材,后续文件包括在每个后续层中对应于第一介电油墨的图案的打印指令,以及对应于第二介电油墨的图案的打印指令;重复以下步骤:从使用第一打印头,形成对应于第一介电油墨的图案的步骤,到使用CAM模块,从2D文件库中获得随后的基本2D层,然后固化最后一层中对应于第二油墨组合物的图案的步骤,AME的增强三维(3D)介电型材包括以下至少一项:第一介电油墨组合物的连续基体内的第二介电油墨组合物的多个增强成型件的阵列;和第一介电油墨组合物和第二介电油墨组合物的交替层;以及移除衬底。

[0023] 在该方法中,AME的增强三维(3D)介电型材可以由设定厚度的两种不同材料的“交替层”构成,而不是传统的“基体+杆/线增强材料”(例如,FR-4)。各层的形状被配置为根据所打印组件或其部分的最终3D形状(从3D文件中获得,被解析为2D位图或光栅图以进行打印)来打印。两种材料的层之间的层厚度和比率(例如,增强材料和构建基体之间)应根据所打印组件的3D形状进行尺寸化和配置。例如,如果使用复合材料的主要目的是降低所打印组件的CTE,则应加入具有较低热膨胀系数(固化后)的材料的较薄层,如图1A至1B所示。

[0024] 为了实现全3D组件的打印,该组可执行指令进一步被配置为:当被执行以使得CPM(和/或与CPM通信的至少一个处理器)生成具有后续层的文件的文件库,则每层包括代表第一介电油墨和第二介电油墨中至少一个的图案,从而形成配置为在第一和第二介电油墨之间以交替顺序(可以由文件库中每个层文件的元文件确定的顺序)打印的各层。此外,每种介电油墨组合物的图案可以相同或不同,并且两种图案(在交替层配置中)可以被视为用于打印AME的增强(3D)介电型材的单层文件。

[0025] 在本公开的上下文中,术语“文件库”是指从3D可视化文件导出的2D层文件的集合,包含用第一和第二介电油墨打印的每个层的图案所需的信息,上述信息可以由CPM访问和使用,CPM又可以通过计算机可读媒体中包含的可执行指令执行。CAM包含CPM,上述CPM还包括:与文件库通信的处理器;存储一组操作指令以供(至少一个)处理器执行的非暂时性存储设备;与处理器和文件库通信的一个或多个微机械喷墨打印头;与2D文件库、非暂时性存储设备和一个或多个微机械喷墨打印头通信的打印头(或打印头’)接口电路,2D文件库被配置为提供用于打印特定层(例如,交替基体层或增强层)的打印机操作参数,和/或具有不同热机械特性的图案。

[0026] 因此,使用AM来制作具有改进或调节的热机械性能的复合材料的方法还包括:使用CAM模块,从文件库中获得生成文件,生成文件表示AME的增强3D介电型材的后续层(例如,使用第一介电(DI)油墨组合物的基体层,或使用第二介电(DI)组合物的增强层,或以单层文件形式存在且按打印顺序打印的基体层和增强层),即后续基本2D层,以用于打印;以

及重复如下步骤：从获得包含代表第一介电油墨组合物的图案的后续层（在每个基体层和增强层的初始至少两层之后）的步骤到固化包括代表第二介电油墨组合物的图案的后续层的步骤。

[0027] 在使用本文公开的方法固化交替层或构建基体中的嵌入成型阵列（例如，杆、六边形等）的一个或多个步骤之后（同样，固化后，也可能是在相同或不同的条件下），寻求改进或调节的热机械特性参数是以下各项中的至少一种：热膨胀系数(α) [指每单位温升的长度或体积增加的分数的]、抗拉强度[换言之，固化组件的比例极限，或应力和应变保持成比例的最大应力，超过该最大应力，任何施加的应变都不会导致弹性响应]、杨氏模量(E)、玻璃化转变温度(T_g) [指一旦间隙自由体积因温度升高而大到足以容纳平移链长时，临界聚合物链长的协同平移运动的起始温度]、脆韧转变温度(T_b) [指固化的3D复合组件的温度相关断裂行为]、以及 $[T_b/T_g]$ 比和泊松比（指横向收缩（或压缩）和纵向延伸或收缩的比率），以上各项均在的增材制造电子产品的固化层和/或增强3D介电型材上测量。

[0028] 在另一个示例性实施方式中，使用本文公开的方法、系统和组合物寻求改进或调节的热机械特性参数是介电击穿强度。术语“介电击穿”（DEB）在示例性实施方式中是指电压感应绝缘体——导体在由电流流过电绝缘材料引起的这种电绝缘材料中的转变，它通常作为跨越电极而导致电阻显著降低的电弧被观察到。对这种现象的一种解释是假设绝缘材料中的原子具有结合非常紧密的电子，可以很好地抵抗自由电子流动。然而，绝缘体不能抵抗无限量的电压。此外，与涉及电流与施加电压成线性比例的导体的情况不同，流过绝缘体的电流主要是非线性的：对于低于某个阈值水平的电压而言，几乎没有电荷流过，但如果电压超过该阈值，就会出现电流冲击。一旦电流被迫通过绝缘材料，就会明显地发生该材料分子结构的破坏。有两种已知的电击穿：即热击穿和电击穿。

[0029] “热击穿”可能是由电流对DI组件的过度加热引起的，在一定电压下，该电流会导致聚合物熔化或燃烧，而“电击穿”通常是由碰撞电离引起的，但也可能是电荷载流子从电极和从价带隧穿到导带的结果。隧穿效应主要发生在薄层（p-n结）中。使用本文所公开的系统、方法和组合物，可以增加复合材料对通过复合3D组件的高频电流波动的耐受性。

[0030] 例如，通过使用包括例如介电常数(ϵ)为2.8（在1MHz下）的聚（甲基丙烯酸甲酯）作为构建材料的第一DI组合物和交替层和/或通过包括介电常数为2.0的聚（四氟乙烯）（PTFE）的第二DI组合物来形成多个嵌入对象的阵列，介电强度（即，DEB阈值）从约100kV/cm至约300kV/cm之间增至约400kV/cm至约650kV/cm（即，提高或调节）。

[0031] 用第二DI组合物制作的增强层的厚度可以在约7 μ m至约120 μ m之间、例如在约15 μ m至约100 μ m之间或在约25 μ m至约75 μ m之间变化。同样地，基体（构建）材料的厚度可以被尺寸化和配置为在2-50 mm之间或在约5 μ m至约40 μ m之间变化，例如在约10 μ m至约35 μ m之间或者在约15 μ m至约25 μ m之间变化。此外，增强材料层和基体（构建）材料之间的厚度比可以被尺寸化和配置为在1:2至1:5之间变化。

[0032] 在示例性实施方式中，复合3D组件可以由分布有各种类型的强化层（例如，在一个分布层中使用第二DI组合物制作的由预定层厚度构成的支撑层）的基体（构建）层构成，而在另一个强化层中，强化层由第一DI组合物和第二DI组合物两者构成（例如参见图1B中的标号20）。因此，所述组可执行指令进一步被配置为在执行时使得CPM能够执行如下操作：生成表示第一基本2D嵌入对象形式（例如，杆、钉、球体、细长多边形杆、蜂窝壁等）层的文件以

使用第一介电油墨来打印增强三维 (3D) 介电型材, 所述文件包括对应于第一油墨组合物的图案以在第一层中进行打印; 以及对应于第二油墨组合物的图案以在同一基本2D杆状基体层中进行打印; 第一和第二图案被配置为形成第二介电油墨组合物的多个对象形式的阵列, 第二介电油墨组合物嵌入第一 (构建) 介电油墨组合物的基本连续基体中 (例如参见图 2A、2B)。之后, 利用第一打印头, 形成对应于第一介电油墨的图案; 固化在3D介电型材的层中对应于第一介电油墨表示的图案; 然后, 依次或同时获得代表并对应于第二介电油墨的图案的文件; 使用第二打印头, 形成代表并对应于第二介电油墨的 (阵列) 图案; 以及固化第二介电油墨的图案, 从而形成由嵌入由第一介电组合物制作的基体中的第二DI组合物 (具有不同的热机械特性) 制作的多个对象形式的阵列的至少一部分。

[0033] 与交替层实例类似, 此处同样, 该组可执行指令进一步被配置为: 当被执行时, 使得CPM或与CPM通信的至少一个处理器能够生成具有后续层的文件库, 每个层包括代表并对应于第一介电油墨组合物的图案, 以及代表并对应于第二介电油墨组合物的图案; 一旦所有库文件打印并固化完毕, 这些层在第一介电油墨组合物的基体内形成第二介电油墨组合物的多个对象形式的阵列, 这样, 当打印所有层时, 嵌入 (构建) 基体中的复合对象形式的强化型材会被打印到预定厚度, 该厚度适合于为增材制造电子产品的增强3D介电型材提供所需的改进和/或调节的热-机械性能。因此, 在另一个示例性实施方式中, 一旦文件库被编译 (换言之, 被引入了由CPM直接执行的格式), 则使用CAM模块, 获得表示AME的增强3D介电型材的后续基本2D层的生成文件, 用于进行打印; 重复执行打印后续双层和/或对象形式的步骤: 从形成对应于 (构建) 基体的第一DI组合物的图案的步骤, 到固化代表并对应于第二介电组合物的图案的步骤, 第二DI组合物对应于交替层和/或该同一后续层中的对象形式的阵列, 以及完成所需厚度或完成AME产品的增强3D介电型材之后的任何层。

[0034] 在示例性实施方式中, 可以通过将由第二DI组合物组成的杆阵列嵌入使用第一DI组合物制作的构建基体中, 或者另外或替代地, 将第二DI组合物的图案如图3所述分布在第一DI组合物中, 来制作整个3D复合组件。因此, 在一个示例性实施方式中, 本文提供了一种使用喷墨打印机来制作增材制造电子产品 (AME) 的增强三维 (3D) 介电型材的方法, 所述方法包括: 提供喷墨打印系统, 所述喷墨打印系统包括: 第一打印头, 所述第一打印头可操作为分配第一介电油墨组合物; 第二打印头, 所述第二打印头可操作为分配第二介电油墨组合物, 其中第二介电油墨组合物具有与第一介电油墨组合物不同的热机械特性参数; 传送器, 所述传送器耦接至第一和第二打印头, 并且可操作为将衬底传送到第一和第二打印头中的每一个; 和计算机辅助制造 (“CAM”) 模块, 所述CAM模块包含中央处理模块 (CPM) 并且至少与传送器和第一和第二打印头中的每一个通信, CPM还包括: 至少一个处理器, 其与其上存储有一组可执行指令的非暂时性处理器可读存储媒体通信, 该指令在由至少一个处理器执行时使得CPM能够通过执行以下步骤来控制喷墨打印系统: 接收表示AME的3D可视化文件; 以及生成包括多个文件和至少表示打印顺序的元文件的文件库, 每个文件均表示用于打印AME的增强三维 (3D) 介电型材的基本2D层; 提供第一介电油墨组合物和第二介电油墨组合物; 使用CAM, 从文件库中获得代表第一层的第一文件, 用于打印AME的增强三维 (3D) 介电型材, 其中第一文件包括对应于第一介电油墨的图案的打印指令, 以及对应于第二介电油墨的图案的打印指令; 使用第一打印头, 形成对应于第一介电油墨的图案; 固化第一层中对应于第一介电油墨表示的图案; 使用第二打印头, 形成对应于第二介电油墨的图案; 固化

第一层中对应于第二介电油墨表示的图案;使用CAM模块,从文件库中获得代表后续层的后续文件,用于打印AME的增强三维(3D)介电型材,后续文件包括在每个后续层中对应于第一介电油墨的图案的打印指令,以及对应于第二介电油墨的图案的打印指令;重复以下步骤:从使用第一打印头,形成对应于第一介电油墨的图案的步骤,到使用CAM模块,从2D文件库中获得随后的基本2D层,然后固化最后一层中对应于第二油墨组合物的图案的步骤,AME的增强三维(3D)介电型材包括以下至少一项:第一介电油墨组合物的连续基体内的第二介电油墨组合物的多个增强成型件的阵列;和第一介电油墨组合物和第二介电油墨组合物的交替层;以及移除衬底。

[0035] 与所公开的交替层增强方法的示例性实施方式类似,该组可执行指令还被配置为:当被执行时,使得CPM或与CPM通信的至少一个处理器能够生成具有后续层的文件库(其可以存储在本地或远程存储),每个层均包括代表并对应于第一介电油墨和第二介电油墨的图案,后续层被配置为在第一介电油墨组合物的基体内形成第二介电油墨组合物的圆柱形杆(参见,例如图2B)和/或多边形(参见,例如图3)的阵列。同样在此处,该方法还包括使用CAM模块,获得生成文件,该生成文件表示增强3D介电型材的后续基本2D层,以用于打印;重复该方法步骤以完成增强层(例如层103_k(图1B))中的至少一个,以及整个3D组件或其部分(参见例如图2A中的标号30)。

[0036] 在示例性实施方式中,圆柱形杆的阵列和/或由第二介电油墨组合物形成的多边形图案在由第一介电油墨组合物形成的(构建)基体中的总体积介于整个3D介电组件或其型材(例如,部分)的约10% (v/v) 和约30% (v/v) 之间,例如,介于12% (v/v) 和约28% (v/v) 之间,或介于约15% (v/v) 和约24% (v/v) 之间。当在本文公开的方法中使用第二DI组合物制作的增强图案是杆阵列时,则每个圆柱形杆的直径被配置为形成被尺寸化为体积介于由第一介电油墨组合物形成的总基体体积的约0.1% (v/v) 和约1.0% (v/v) 之间的杆。相反,当在本文公开的方法中使用第二DI组合物制作的增强图案是多边形网络时(参见例如图3的标号203),则相对于整个3D DI复合组件、型材或其部分的总体积被配置为介于约10% (v/v) 和约30% (v/v) 之间,例如,介于12% (v/v) 和约28% (v/v) 之间,或介于约15% (v/v) 和约24% (v/v) 之间。

[0037] 此外,除了由具有不同热机械特性参数的第二DI组合物形成的杆阵列或多边形网络之外,本文也可以将第二DI组合物的交替层并入3D DI组件、型材或其部分中,从而该组可执行指令还可以被配置为,当被执行时,使得CPM或与CPM通信的至少一个处理器能够:使第一和第二喷墨头相对于衬底移动,以生成表示第一基本2D交替层的文件,以用于使用第一介电油墨来打印增强三维(3D)介电型材;以及使第一和第二喷墨头相对于衬底移动,以生成表示第二基本2D交替层的文件,以用于使用第一介电油墨来打印增强三维(3D)介电型材。之后,获得表示第一DI组合物的图案的后续层的文件,并使用第一打印头,形成对应于第一介电油墨的图案;固化对应于2D杆状基体层中的第一介电油墨表示的图案,和/或三维(3D)介电型材的多边形网络;获得代表并对应于第二介电油墨的层的文件;使用第二打印头,形成对应于第二介电油墨的层;以及固化对应于第二介电油墨的图案。

[0038] 在示例性实施方式中,基体(构建)材料或第一DI组合物可以是任何可固化的有机、陶瓷、有机-陶瓷材料,而增强材料也可以是任何可固化的能够降低CTE(或具有可以改善主要材料的热和/或机械性能的特性)的有机、陶瓷或有机-陶瓷材料。与具有相同形状但

未添加增强材料的打印部件相比,最终产品是具有较低CTE的打印复合部件。

[0039] 例如,第一DI组合物可以是支化树脂,由此可以通过支化度、支链之间的主链长度、交联密度等来控制热机械性能。例如,第一介电油墨组合物可包括聚酯(PES)、聚乙烯(PE)、聚乙烯醇(PVOH)、聚(乙酸乙烯酯)(PVA)、聚(甲基丙烯酸甲酯)(PMMA)、聚(乙烯基吡咯烷酮)、多官能丙烯酸酯、或包括上述一种或多种组分的混合物、单体、低聚物和共聚物的组合。

[0040] 因此,用于形成本文公开的方法中使用的第一和/或第二DI组合物的多官能丙烯酸酯可以是下列组分的单体、低聚物、聚合物和共聚物中的至少一种:1,2-乙二醇二丙烯酸酯、1,3-丙二醇二丙烯酸酯、1,4-丁二醇二丙烯酸酯、1,6-己二醇二丙烯酸酯、二丙二醇二丙烯酸酯、新戊二醇二丙烯酸酯、乙氧基化新戊二醇二丙烯酸酯、丙氧基化新戊二醇二丙烯酸酯、三丙二醇二丙烯酸酯、双酚-A-二缩水甘油醚二丙烯酸酯、羟基特戊酸新戊二醇二丙烯酸酯、乙氧基化双酚-A-二缩水甘油醚二丙烯酸酯、聚乙二醇二丙烯酸酯、三羟甲基丙烷三丙烯酸酯、乙氧基化三羟甲基丙烷三丙烯酸酯、丙氧基化三羟甲基丙烷三丙烯酸酯、丙氧基化甘油三丙烯酸酯,三(2-丙烯酰氧基乙基)异氰脲酸酯、季戊四醇三丙烯酸酯、乙氧基化季戊四醇三丙烯酸酯、季戊四醇四丙烯酸酯、乙氧基化季戊四醇四丙烯酸酯、二(三羟甲基丙烷)四丙烯酸酯、二季戊四醇五丙烯酸酯和二季戊四醇六丙烯酸酯,或包括上述一种或多种组分的多官能丙烯酸酯组合物。

[0041] 还可以使用其他基体(构建材料),包括例如乙烯基苄基复合树脂、聚烯烃化合物、马来酰亚胺树脂、氨基甲酸酯树脂、氨基甲酸酯改性的聚酯树脂或它们的组合。例如,乙烯基苄基复合树脂为乙烯基苄基醚化-双环戊二烯酚醛树脂;聚烯烃化合物为苯乙烯-丁二烯-二乙烯基苯共聚物、氢化苯乙烯-丁二烯-二乙烯基苯共聚物、苯乙烯-丁二烯-马来酸酐共聚物、聚丁二烯-氨基甲酸酯-甲基丙烯酸甲酯共聚物、氨基甲酸酯-甲基丙烯酸甲酯共聚物、苯乙烯-丁二烯共聚物、聚丁二烯均聚物、苯乙烯-异戊二烯-苯乙烯共聚物、马来化苯乙烯-丁二烯共聚物、甲基苯乙烯共聚物、石油树脂和环状烯烃共聚物中的至少一种;并且马来酰亚胺树脂为4,4'-双马来酰亚胺二苯甲烷、苯甲烷马来酰亚胺低聚物、N,N'-间苯撑双马来酰亚胺、双酚A二苯醚双马来酰亚胺、3,3'-二甲基-5,5'-二乙基-4,4'-二苯基甲烷双马来酰亚胺、N,N'-(4-甲基-1,3-亚苯基)双马来酰亚胺、1,6-双马来酰亚胺-(2,2,4-三甲基)己烷、2,3-二甲基苯基马来酰亚胺、2,6-二甲基苯基马来酰亚胺、N-苯基马来酰亚胺中的至少一种,以及上述化合物的预聚物。

[0042] 同样,可以在第一和第二DI组合物之间通过控制多个参数来调整热机械特性,其中热机械性能例如为下列各项之一:热膨胀系数(α)、抗拉强度、杨氏模量(E)、玻璃化转变温度(T_g)和脆韧转变温度(T_b)和 $[T_b/T_g]$ 比,各项均在固化层上测量;所述多个参数为下列各项之一:所用单体的类型、聚合度、交联密度、单体、低聚物和/或聚合物的分数浓度以及它们在组合物中的组合等。

[0043] 类似地,具有不同热机械性质的第二DI组合物是特征参数,可以是包括例如有机改性的硅酸盐基陶瓷(ORMOS)共聚单体之一的组合物,其具有陶瓷成分。当使用这些成分时,陶瓷成分包括下列组分的单体和/或低聚物:聚(四氟乙烯)、原硅酸四乙酯、原硅酸四甲酯、钛酸四异丙酯、三甲氧基硅烷(TMOS)、三乙氧基硅烷、三甲基乙氧基硅烷、苯基三乙氧基硅烷、苯基甲基二乙氧基硅烷、甲基二乙氧基硅烷、乙烯基甲基二乙氧基硅烷、聚二甲氧基

硅烷、聚二乙氧基硅烷、乙烯基甲氧基硅氧烷、聚硅氮烷、异丙醇钛、异丙醇铝、丙醇锆、硼酸三乙酯、三甲氧基环硼氧烷二乙氧基硅氧烷-钛酸乙酯、二(乙酰丙酮基)钛酸二异丙酯、硅醇笼型聚倍半硅氧烷、三仲丁醇铝、三异丁基铝、乙酰丙酮铝、1,3,5,7,9-五甲基环五硅氧烷、硅氧烷的聚(钛酸二丁酯)低聚物、Al-O-Al的低聚物、Ti-O-Ti的低聚物、Zn-O-Zn的低聚物,或包括以上组分的组合物。

[0044] 光引发剂(PI)可与本文所述的丙烯酸酯一起使用并掺入本文公开的第一和第二介电组合物中的至少一个中,并且可以是例如自由基PI。例如,这些自由基PI可以是以下之一:来自汽巴精化有限公司(CIBA SPECIALTY CHEMICAL)的Irgacure® 500,和Darocur® 1173、Irgacure® 819、Irgacure® 184、TP0-L(乙基(2,4,6,三甲基苯甲酰)苯基次膦酸盐)二苯甲酮和苯乙酮化合物等。例如,自由基光引发剂可以是阳离子光引发剂,诸如混合三芳基六氟锑酸盐。所用的自由基光引发剂的另一个实例是下列各项中的至少一种:2-异丙基噻吨酮(ITX)、2,4-二乙基噻吨酮(DETX)、二苯甲酮、4-甲基二苯甲酮、4-二甲基氨基苯甲酸乙酯(EDAB)和2,2-二甲氧基-2-苯基苯乙酮。在一个示例性实施方式中,使用两种或更多种PI,例如,ITX和EDAB,或者在另一个实例中,使用EDAB、ITX和DETX。

[0045] 此外,本文所述的形成3D增强复合组件、它们的型材和/或部分的方法还可以包括在使用第一打印头和/或第二打印头的步骤之前提供可剥离或可移除衬底的步骤。术语“可剥离”在示例性实施方式中是指可移除地施加和粘附到表面并且随后可以通过力从该表面移除的材料,该表面例如可以通过本文所述的用于形成3D增强复合组件、它们的型材和/或部分的方法、组合物和系统创建的表面。根据本发明的组合物和方法的可剥离薄膜能够以粘合且可移除的方式施加到设置在打印机传送带上的卡盘上,并且由于被强制移除,从而暴露出一层3D增强复合组件、它们的型材和/或部分。

[0046] 如上所述,形成3D增强复合组件、它们的型材和/或部分的方法可以包括提供衬底(例如,可剥离膜)的步骤。沉积树脂和/或第二介电油墨的打印头(及其衍生物;应理解为指以受控方式在表面上沉积、转移或产生材料的任何设备或技术)可以配置为根据需要,换言之,根据各种预选工艺参数,诸如传送器速度、所需导电层厚度、层类型、层颜色等提供墨滴。可去除或可剥离衬底也可以是相对刚性的材料,例如,玻璃或水晶(例如,蓝宝石)。另外或替代地,可剥离衬底可以是使其能够很容易地从3D增强复合组件、它们的型材和/或部分中剥离的柔性(例如,可卷曲)衬底(或薄膜),例如聚萘二甲酸乙二醇酯(PEN)、聚酰亚胺(例如杜邦公司(DuPont)的KAPTON®)、硅聚合物、聚(对苯二甲酸乙二醇酯)(PET)、聚(四氟乙烯)(PTFE)薄膜等。此外,衬底还可以例如是陶瓷粉末。

[0047] 用于本文所公开的第一和/或第二介电油墨组合物的合适的表面活性剂为:例如,诸如C₈-C₁₂烷基苯磺酸盐、C₁₂-C₁₆链烷磺酸盐、C₁₂-C₁₆烷基硫酸盐、C₁₂-C₁₆烷基磺基琥珀酸盐和C₁₂-C₁₆硫酸化乙氧基化链烷醇之类的阴离子表面活性剂;以及诸如C₆-C₁₂烷基酚乙氧基化物、C₁₂-C₂₀烷醇烷氧基化物以及环氧乙烷和环氧丙烷的嵌段共聚物之类的非离子表面活性剂。

[0048] 在示例性实施方式中,在用于制造3D增强复合组件、它们的型材和/或部分的方法和系统中使用的打印系统还可以包括另外的功能打印头,该打印头可操作为分配支撑物油墨组合物或第二介电油墨组合物。通过使用具有支撑物油墨组合物或第二介电油墨组合物的打印头,该方法可以进一步包括:提供具有支撑物油墨组合物或第二介电油墨组合物的

附加打印头；在使用第一打印头、第二打印头或任何其他功能打印头（及其任何排列）的步骤之后、依次或同时，使用具有支撑物油墨组合物或第二介电油墨组合物的打印头，形成预定图案，以用于打印，预定图案与由CAM模块根据3D可视化文件生成的附加支撑物或导电图案的图示相对应并表示为3D增强复合组件、它们的型材和/或部分的基本2D层中的图案。

[0049] 然后可以对与支撑物油墨组合物或第二介电油墨组合物相对应的预定图案和图案表示进行进一步处理（例如，固化、冷却、交联等），以使图案实现功能化。此后，可以根据需要对每个连续层重复执行沉积支撑物和/或第二介电油墨组合物的过程。

[0050] 术语“形成”（及其变体“已形成”等）在示例性实施方式中是指通过本领域已知的任何合适方式来泵送、注入、倾倒、释放、置换、点样、循环或以其他方式使流体或材料（例如，第二介电油墨）与另一种材料（例如，衬底、树脂或另一层）接触。

[0051] 在本公开的上下文中，术语“固化”是指交联剂或固化剂诸如光聚合引发剂与可交联官能团反应以形成固化的DI组合物的交联网络特征的过程。在某些示例性实施方式中，如本文所用的固化的DI组合物是在常规溶剂中表现出有限溶解度或没有溶解度的不可变形固体。如本文所用，参照作为例如填料的重量分数的基础的DI组合物在“固化时”，是指在固化后热固性树脂组合物的一部分保持固体形式，不包括在固化过程中可能产生的溶剂、挥发物和挥发性反应组分。反应产物仅在固化过程中产生，而不是在固化后产生，因为在固化完成时所有反应都将完成（终止反应）。在某些实施方式中，通过将各种DI组合物图案暴露于预定波长（诸如介于约190nm和约390nm之间）的光化辐射持续预定时间（例如介于约2分钟和约2小时之间）来进行固化，这取决于DI组合物和寻求改进和/或调节的热力学参数。

[0052] 同样，其他功能“头”可能位于介电/树脂打印头和/或导电（含金属）打印头之前、之间或之后。这些其他功能头可包含电磁（例如，光化）辐射源，配置为发射预定波长（ λ ），例如介于190nm和约400nm之间，例如365nm的电磁辐射，在示例性实施方式中，其可用于加速和/或调节和/或促进可光聚合树脂的固化，该可光聚合树脂可以与第二介电油墨结合使用。其他功能头可以是加热元件、装有不同油墨（例如，预焊连接油墨、各种组件（例如电容、晶体管等）的标签打印）的附加打印头以及前述的组合。

[0053] 如所指出的，用于实施制作3D增强复合组件、它们的型材和/或部分的方法的系统还可以具有另一个导电油墨打印头，其中的油墨可以含有各种金属。例如，在所公开的系统和方法中使用的第二介电油墨组合物可以包括例如：银（Ag）纳米颗粒、铜或金。同样，也可以使用其它金属（例如，Al）或金属前体，并且提供的实例不应被视为限制性的。

[0054] 在第一和/或第二介电/树脂油墨组合物沉积和固化、和/或第二介电油墨沉积和烧结、和/或支撑物油墨组合物沉积和固化中的每一个步骤之前或之后，可以采取其它类似的功能步骤（以及由此影响这些步骤的手段）。这些步骤可以包含（但不限于）：加热步骤（受加热元件或热空气影响）；光固化或暴露于任何其它适当的光化辐射源（例如，使用紫外光源）；干燥（例如，使用真空区域和加热元件）；（反应性）等离子沉积（例如，使用加压等离子枪和等离子束控制器）；交联（诸如{4-[(2-羟基十四烷基)-氧基]-苯基}-苯基碘鎓六氟锑酸盐在涂覆或用作金属前体或纳米粒子的分散剂之前与DI/树脂聚合物溶液交联）；退火或促进氧化还原反应。

[0055] 在示例性实施方式中，配制第一和/或第二DI组合物时，如果有的话，需要考虑沉积工具（例如，打印头——就组合物的粘度和表面张力方面而言）和沉积表面特性（例如，亲

水性或疏水性,以及可剥离或可移除衬底或所用支撑材料的界面能)。通过使用例如具有压电头的喷墨打印,第一DI组合物和/或具有不同热机械特性参数的第二DI组合物的粘度(在40℃和55℃之间测量)可以例如不低于约5cP,例如不低于约8cP,或不低于约10cP,并且不高于约30cP,例如,不高于约20cP,或不高于约17cP。同样地,第一DI组合物和/或具有不同热机械特性参数的第二DI组合物可适于具有:在50ms的表面活性剂扩散率(surface age)和25℃下通过最大气泡压力张力测定法测量的介于约25mN/m和约35mN/m之间,例如介于约29mN/m和约31mN/m的动态表面张力(是指当墨滴在打印头喷嘴阵列的孔口处形成时的表面张力)。可以对动态表面张力进行设置以提供与可剥离衬底、支撑材料、树脂层或它们的组合之间的接触角,该接触角低于85°。

[0056] 在示例性实施方式中,术语“卡盘”旨在表示用于支撑、固定或保持衬底或工件的机构。卡盘可包含一个或多个部件。在一个示例性实施方式中,卡盘可以包含台面和插入件的组合以及平台,被夹套或以其它方式被配置用于加热和/或冷却并且具有另一类似组件或其任何组合。

[0057] 在示例性实施方式中,随着打印头(或衬底)在两个(X-Y)(应该理解,打印头也可以在Z轴上移动)维度上在可移除衬底或任何后续层上方的预定距离处被操纵,允许连续或半连续喷墨打印3D增强复合组件、它们的型材和/或部分的喷墨油墨组合物和方法通过从孔口中一次一滴地排出本文提供的液体油墨的液滴来形成图案。打印头的高度可以随着层数而改变,从而例如保持固定距离。每个液滴可被配置为根据命令通过例如压力脉冲、经由示例性实施方案中的可变形压电晶体从可操作地耦接到孔口的槽内以预定轨迹到达衬底。第二介电油墨的第一喷墨打印可以是附加的并且可以容纳更多数量的层。在本文所述的方法中使用的喷墨打印头可以提供的最小层膜厚度为等于或小于约3μm-10,000μm。

[0058] 在所描述方法中使用并且在所描述系统中可实施的在各个打印头之间进行操控的传送器可以被配置为以介于约5mm/秒与约1000mm/秒之间的速度移动。例如,卡盘的速度可以取决于例如以下各项:期望吞吐量、在该过程中使用的打印头的数量、第一DI组合物和/或具有不同热机械特性参数的第二DI组合物的层数和层厚度、其各自的固化时间、任意油墨溶剂的蒸发速率、分配第一DI组合物和/或具有不同热机械特性参数的第二DI组合物的打印头之间的距离或包括上述一项或多项的因素的组合。

[0059] 在示例性实施方式中,第一DI组合物和/或具有不同热机械特性参数的第二DI组合物的每个液滴的体积可以各自介于0.5至300皮升(pL)之间(例如1-4pL),这取决于驱动脉冲的强度和油墨的特性。喷射单个液滴的波形可为介于10V至约70V之间或介于约16V至约20V之间的脉冲,并且可以在介于约0.1kHz与约18kHz之间的频率下喷射。

[0060] 可以使用引发剂(例如过氧化苯甲酰(BP)和其它含过氧化物的化合物)在固化过程中引发第一和/或第二DI组合物的主链聚合,如本文所使用的术语“引发剂”通常是指一种引发化学反应的物质,特别是引发聚合或者产生引发聚合的反应性物质的任何化合物,包含例如但不限于共引发剂和/或光引发剂。

[0061] 此外,术语“活性单体”、“活性低聚物”、“活性聚合物”或其对应物(例如,共聚单体)组合在示例性实施方式中是指具有至少一个能够形成自由基反应的官能团的单体、单体短基团或聚合物(换句话说,所述反应可以持续发生并且不会以其它方式被端基终止)。浸渍多孔微粒的活单体、活低聚物或其组合的数量将随着待形成的板、膜或片的期望物理

化学特性而改变。活性单体、活性低聚物或其组合具有数均分子量($\overline{MW}_n$), 换句话说, 每条链的单体平均数介于1与约20,000之间, 例如 $\overline{MW}_n$ 介于1与约20,000之间或 $\overline{MW}_n$ 介于约250与约15,000之间, 特别是介于约1,000与约10,000之间。

[0062] 在一个示例性实施方式中, 用于所提供的第一和/或第二介电组合物中的交联剂、共聚单体、共低聚物、共聚物或包括前述中的一种或多种的组合物可以是一部分, 或被配置为在第一和/或第二DI组合物中形成溶液、乳液或悬浮液。

[0063] 在另一个示例性实施方式中, 第一和/或第二DI组合物包括聚合物的活性组分, 所述活性组分能够使用本文所提供的光引发剂进行光引发以促进固化。此类活性单体、活性低聚物、活性聚合物或其组合可以是例如多官能丙烯酸酯, 其例如可以是下列各项中的至少一者: 1,2-乙二醇二丙烯酸酯、1,3-丙二醇二丙烯酸酯、1,4-丁二醇二丙烯酸酯、1,6-己二醇二丙烯酸酯、二丙二醇二丙烯酸酯、新戊二醇二丙烯酸酯、乙氧基化新戊二醇二丙烯酸酯、丙氧基化新戊二醇二丙烯酸酯、三丙二醇二丙烯酸酯、双酚-A-二缩水甘油醚二丙烯酸酯、羟基特戊酸新戊二醇二丙烯酸酯、乙氧基化双酚-A-二缩水甘油醚二丙烯酸酯、聚乙二醇二丙烯酸酯、三羟甲基丙烷三丙烯酸酯、乙氧基化三羟甲基丙烷三丙烯酸酯、丙氧基化三羟甲基丙烷三丙烯酸酯、丙氧基化甘油三丙烯酸酯, 三(2-丙烯酰氧基乙基) 异氰脲酸酯、季戊四醇三丙烯酸酯、乙氧基化季戊四醇三丙烯酸酯、季戊四醇四丙烯酸酯、乙氧基化季戊四醇四丙烯酸酯、二(三羟甲基丙烷) 四丙烯酸酯、二季戊四醇五丙烯酸酯、二季戊四醇六丙烯酸酯、乙烯苄基化合物树脂、聚烯烃化合物、马来酰亚胺树脂、聚氨酯树脂、经聚氨酯改质的聚酯树脂或其组合。例如, 乙烯基苄基复合树脂为乙烯基苄基醚化-双环戊二烯酚醛树脂; 聚烯烃化合物为苯乙烯-丁二烯-二乙烯基苯共聚物、氢化苯乙烯-丁二烯-二乙烯基苯共聚物、苯乙烯-丁二烯-马来酸酐共聚物、聚丁二烯-氨基甲酸酯-甲基丙烯酸甲酯共聚物、氨基甲酸酯-甲基丙烯酸甲酯共聚物、苯乙烯-丁二烯共聚物、聚丁二烯均聚物、苯乙烯-异戊二烯-苯乙烯共聚物、马来化苯乙烯-丁二烯共聚物、甲基苯乙烯共聚物、石油树脂和环状烯烃共聚物中的至少一者; 并且马来酰亚胺树脂为4,4'-双马来酰亚胺二苯甲烷、苯甲烷马来酰亚胺低聚物、N,N'-间苯撑双马来酰亚胺、双酚A二苯醚双马来酰亚胺、3,3'-二甲基-5,5'-二乙基-4,4'-二苯基甲烷双马来酰亚胺、N,N'-(4-甲基-1,3-亚苯基) 双马来酰亚胺、1,6-双马来酰亚胺-(2,2,4-三甲基) 己烷、2,3-二甲基苯基马来酰亚胺、2,6-二甲基苯基马来酰亚胺、N-苯基马来酰亚胺中的至少一者以及上述化合物的预聚物。

[0064] 术语“模块”的使用并不暗示所描述的或所主张的作为所述模块的一部分的组件或功能都配置在一个共同的封装中。实际上, 模块的各种组件中的任一个或全部, 无论是控制逻辑还是其它组件, 都可以结合在单个封装中, 或者被单独维护, 并且可以进一步分配到多个分组或封装中或跨越多个(远程) 位置。此外, 术语“模块”在本文中用于指代软件计算机程序代码和/或用于提供归属于模块的功能的任何硬件或电路。此外, 术语“模块”或“组件”还可以指代在计算系统上执行的软件对象或例程。本文所描述的不同组件、模块、引擎以及服务可以实施为计算系统上执行的对象或进程(例如, 执行为单独线程)。

[0065] 计算机辅助制造模块可以包括: 2D文件库, 用于存储从3D增强复合组件、它们的型材和/或部分的3D可视化文件转换而来的文件; 至少一个处理器, 其与各种打印头、传送器、卡盘、任何附加功能“头”和文件库通信; 非暂时性存储媒体, 用于存储一组操作指令以供至

少一个处理器执行；一个或多个微机械喷墨打印头，其与至少一个处理器和文件库通信；和打印头（或打印头'）接口电路，其与2D文件库、存储器和一个或多个微机械喷墨打印头通信，2D文件库被配置为提供针对功能层的打印机操作参数；对计算机辅助设计/计算机辅助制造（CAD/CAM）生成的与待制作的3D 3D增强复合组件、它们的型材和/或部分相关的信息进行预处理，从而获得表示打印层的多个2D文件；将在预处理步骤中处理的多个2D文件从3D增强复合组件、它们的型材和/或部分的3D可视化文件中加载到2D文件库上；以及使用2D文件库，指示至少一个处理器以预定的层数顺序和第一和第二DI组合物的对应图案来打印3D增强复合组件、它们的型材和/或部分的预定层。

[0066] 表示用于制作3D增强复合组件、它们的型材和/或部分的3D可视化文件可以是，例如：.asm、STL、IGES、STEP、Catia、SolidWorks、ProE、3D Studio、Gerber、Rhino文件或包括上述一项或多项的文件；并且其中表示至少一个基本2D层（并且已上传到文件库）的文件可以是，例如，JPEG、GIF、TIFF、BMP、PDF文件或包括上述一项或多项的组合。

[0067] 在某些示例性实施方式中，CAM模块还包括用于制作一个或多个3D增强复合组件、它们的型材和/或部分等的计算机程序产品。所打印部件可以是例如医疗设备、电子设备，其包括分立的导电组件和介电/树脂组件，它们各自或两者都可选地同时或顺序地和连续地打印。术语“连续”以及其变体旨在意指在基本上不间断的工艺中打印。在另一示例性实施方式中，“连续”是指层、构件或结构中沿其长度没有显著中断的层、构件或结构。

[0068] 例如，如图1A所示，该方法可以由两种热机械特性参数可区分的材料的设定厚度的“交替层”组成，而不是由传统的“基体+杆/线增强材料”，诸如，FR-4组成。可以根据所打印部件的最终3D形状来打印各个层的2D形状和组件的3D形状。两种材料的层 101_i 、 102_j 、 103_k 的层厚度 h_i 、 h_j 和 h_k 以及各层之间的比率可以根据所打印的组件、型材或其部分的3D形状进行配置。这种方法可以在打印立方体或盒子10时进行演示。例如，如果主要目的是降低所打印组件10、型材或其部分的CTE，则可以引入具有较低CTE的材料的较薄层 102_i ，如图1A所示。基体（构建）材料层 101_i （例如，第一DI组合物）的厚度在7-120 μm 之间变化，而增强材料 102_j （例如，第二DI组合物）的厚度可以在2-50 mm之间变化。例如，基体（构建）材料 101_i 可以是任何固化的有机、陶瓷、有机-陶瓷材料，而增强材料 102_j 是任何可固化的能够降低CTE（或具有可以改善主要材料的热和/或机械性能的特性）的有机、陶瓷或有机-陶瓷材料。最终产品是与具有相同形状但未添加增强材料的打印组件、型材或其部分相比具有较低热膨胀系数的打印复合组件、型材或其部分。

[0069] 图1B示出了制作在基体（构建）层 101_i 的层内分布有增强层 102_j 和 103_k 的3D复合组件20，然而，增强层 102_j 是由第二DI组合物的均质组合物制成的层，而层 103_k 本身是通过将杆阵列或多边形网络打印到基体（构建）材料 101_i 中从而形成层厚度而形成的复合层。

[0070] 实例I：交替层法结果

[0071] 为了证明热机械性能的改进，使用所公开的系统、方法和组合物打印了三个盒子。第一个盒子仅由基体（构建）材料 101_i 制成，在固化过程中未暴露于任何光化辐射。第二个盒子仅由基体（构建）材料 101_i 制成，并在固化过程中暴露于光化辐射。第三个盒子由基体（构建）材料 101_i 和有机-陶瓷材料 102_j 的交替层制成（复合盒子），并在固化期间暴露于光化辐射。在固化过程中暴露于辐射会增加打印过程中组件的温度，并会降低热机械性能。

[0072] 使用Mettler Toledo设备通过热机械分析（TMA）技术检查这三个盒子。三个盒子

之间比较参见图1C。当不暴露于光化辐射时,仅由基体(构建)材料 101_i 制成的盒子在TMA测试期间在高达 115°C 下承受施加的机械应力,然后坍塌。仅使用基体(构建)材料 102_j 在固化过程中暴露于光化辐射而制作的盒子更早塌陷(在 25°C 左右),而在固化过程中暴露于光化辐射的复合盒子能够在高达 125°C 下承受施加的温度相关应力。从结果可以看出,复合盒子(例如,10)与仅使用基体(构建)材料 101_i 制作的盒子相比具有更好的性能。

[0073] 现在转而参看图2A、2B,其示出了使用所提供的系统和方法制作的3D复合组件、型材或其部分30,因此基体(构造)材料 101_i 的增强材料是通过掺入具有选定长度(例如, h_q)和直径 D_p 、 D_q 的垂直(或水平以及两者之间的任何角度)圆柱状增强杆 201_p 、 202_q 制成的,如图2B所示。就像之前讨论的“交替层”方法一样,增强材料应具有不同的热和/或机械性能。例如,如果要提高支撑材料的抗拉强度,则由有机陶瓷材料制成的垂直圆柱状增强杆阵列 201_p 、 202_q 应该与基体(构建)材料 101_i 一起打印。圆柱体 201_p 、 202_q 的直径 D_p 、 D_q 、圆柱体之间的距离(R_p 、 R_{qx} 、 R_{qy})和它们的总数,应该根据所打印部件的最终形状来选择。如图所示,圆柱体 201_p 、 202_q 的数量被配置为使得圆柱体的总体积应在所打印组件、型材或其部分的总体积的10-30%之间变化。应根据该值(10-30%)来选择圆柱体底部确切直径。每个单独圆柱体的体积被配置为所打印部件总体积的0.1-1%,阵列中每个圆柱体的组合和所占据的总体积决定了特征热机械参数的最终特性。此外,当打印支撑材料作为主要基体时,增强材料的形状和数量不应影响所述去除方法的效率。

[0074] 现在转而参看图3,其示出了制作3D复合组件、型材或其部分的另一示例性实施方式,因此代替圆柱体的杆阵列,增强复合材料层可以包括多边形网络203,从而形成填充有基体(构建)材料 101_i 的闭孔基体,以形成由例如第二DI组合物制作的增强材料203的蜂窝结构。例如,形成多边形闭孔的网络由包括有机改性的硅酸盐基陶瓷(ORMODS)共聚单体的组合物形成,共聚单体具有陶瓷成分,而基体(构建)材料可以例如为:聚酯(PES)、聚乙烯(PE)、聚乙烯醇(PVOH)、聚(乙酸乙烯酯)(PVA)、聚(甲基丙烯酸甲酯)(PMMA)、聚(乙烯基吡咯烷酮)、多官能丙烯酸酯、或包括上述一种或多种的混合物、单体、低聚物和共聚物的组合。

[0075] 用于控制本文描述的打印过程的计算机可以包括:计算机可读、非暂时性存储媒体,其中包含计算机可读程序代码,当上述计算机可读程序代码由数字计算设备中的处理器执行时,使得三维喷墨打印单元在示例性实施方式能够执行以下步骤:对计算机辅助设计/计算机辅助制造(CAD/CAM)生成的与待制作的3D增强复合组件、它们的型材和/或部分相关的信息(换言之,表示组件的3D可视化文件)进行预处理,从而获得多个2D文件(换言之,表示至少一个基本2D层的文件,以用于打印组件的一个或多个层),每个2D文件针对特定顺序的预定层;将预处理步骤中处理的多个2D文件加载到2D文件库中;将来自三维喷墨打印单元的喷墨打印头的导电材料的液滴流引导至衬底表面;将来自三维喷墨打印单元的另一个喷墨打印头的DI/树脂油墨材料的液滴流引导至衬底表面;替代地或另外地,将来自三维喷墨打印单元的又一个喷墨打印头的支撑物油墨组合物的液滴流引导至表面;使第一和第二喷墨头在卡盘上的衬底的X-Y平面中相对于衬底移动,对于多个层中的每一层而言,在衬底的X-Y平面中相对于衬底移动第一和第二喷墨头的步骤在衬底上逐层制作第一DI组合物和/或具有不同热机械特性参数的第二DI组合物时执行。

[0076] 如所指示的,所公开的、可通过使用存储在非暂时性存储媒体上的可执行指令提

供的系统和设备来实现的方法是利用诸如各种计算机程序的处理器可读媒体的计算机化方法。计算机程序(软件和/或固件)可包括用于执行本文所述方法的步骤的程序代码装置,以及包括存储在可由计算机读取的媒体上的程序代码装置的计算机程序产品,诸如硬盘、CD-ROM、DVD、USB记忆杆,或当计算机程序产品加载到计算机的基体(构建)存储器中并由计算机执行时,可以通过数据网络(诸如Internet或Intranet)访问的存储媒体。

[0077] 因此,术语“非暂时性存储媒体”和“非暂时性计算机可读存储媒体”被定义为包含但不一定限于任何可以包含、存储基体(构建)薄锡板程序、信息和数据的媒体。非暂时性存储媒体和非暂时性计算机可读存储媒体可以包含许多物理媒体中的任何一种,例如电子、磁性、光学、电磁或半导体媒体。合适的非暂时性存储媒体和非暂时性计算机可读存储媒体的更具体示例包含但不限于诸如硬盘驱动器之类的磁性计算机磁盘、磁带、随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、固态驱动器(SSD)、串行高级技术(AT)附件(SATA)、可擦除可编程只读存储器(EPROM)、闪存驱动器、光盘(CD)或数字视频磁盘(DVD)。

[0078] 此外,非暂时性存储媒体可以位于执行程序的第一台计算机(例如,提供的3D喷墨打印机)中,和/或可以位于通过网络(诸如,Internet)与第一台计算机通信的第二台不同的计算机中。在后一种情况下,第二计算机可进一步向第一计算机提供程序指令以供执行。术语“存储器装置”还可以包含两个或更多个存储器装置,其可位于不同的位置,例如在通过网络连接的不同计算机中。因此,例如,位图库可以驻留在远离联接到所提供的3D喷墨打印机的CAM模块的存储器设备上,并且可由所提供的3D喷墨打印机访问(例如,通过广域网)。

[0079] 除非另有明确说明,从以下讨论中可以明显看出,在整个说明书讨论中使用诸如“处理”、“获得”、“加载”、“通信”、“检测”、“计算”、“确定”、“分析”等术语是指计算机或计算系统或类似的电子计算设备的动作和/或过程,它们将代表物理架构(诸如晶体管架构)的数据操作和/或转换为类似代表物理结构(换言之,树脂或金属/导电)层的其它数据。

[0080] 此外,如本文所用,术语“2D文件库”指的是给定的一组文件,它们一起定义单个3D增强复合组件、它们的型材和/或部分,或分别用于给定目的的多个组件。该术语还可用于指代一组2D文件或任何其它光栅图形文件格式(将图像表示为像素集合,通常以矩形网格的形式,例如BMP、PNG、TIFF、GIF),能够被索引、搜索和重新组合以提供给定组件的结构层,无论该搜索是针对该组件还是给定的特定层。

[0081] 计算机辅助设计/计算机辅助制造(CAD/CAM)生成的与基于转换的CAD/CAM数据包使用喷墨打印的方法、程序和文件库中待制作的3D增强复合组件、它们的型材和/或部分相关的信息可以例如是IGES、DXF、DMIS、NC文件、GERBER®文件、EXCELLON®、STL、EPRT文件、.asm、STEP、Catia、SolidWorks、ProE、3D Studio、Rhino文件,或包括上述一项或多项的文件包。此外,附加到图形对象的属性用于传输制作所需的元信息,并且可以精确地定义图像以及图像的结构和颜色(例如树脂或金属),从而实现制作数据从设计(例如3D可视化CAD)到制作(例如CAM)的有效传输。因此,在示例性实施方式中,使用预处理算法,将本文所述的GERBER®、EXCELLON®、DWG、DXF、STL、EPRT ASM等转换为2D文件。

[0082] 如本文所使用的术语“包括”以及其衍生词旨在为开放式术语,指定所说明的特征、元件、组件、组、整数和/或步骤的存在,但不排除其它未说明的特征、元件、组件、组、整数和/或步骤的存在。前述内容也适用于具有类似含义的词,诸如术语“包含”、“具有”及其

衍生词。

[0083] 本文所公开的所有范围都包含端点,并且端点可彼此独立地组合在一起。“组合”包含混合、混合物、合金、反应产物等。本文中的术语“一”、“一个”和“该”不表示数量的限制,并且应被解释为涵盖单数和复数,除非本文另有说明或与上下文明显矛盾。如本文所用的后缀“(多个)”旨在包含其修饰的术语的单数和复数,从而包含该术语中的一个或多个(例如,成分包含一种或多种成分)。在整个说明书中对“一个示例性实施方式”、“另一个示例性实施方式”、“示例性实施方式”等的引用,当存在时,意指结合示例性实施方式描述的特定元素(例如,特征、结构和/或特性)中的组件、型材或其部分被包含在本文描述的至少一个示例性实施方式中,并且可以存在或不存在于其它示例性实施方式中。此外,应当理解,所描述的元素可以在各种示例性实施方式中以任何合适的方式组合。

[0084] 本文所公开的所有范围都包含端点,并且端点可彼此独立地组合在一起。此外,本文中的术语“第一”、“第二”等等并不指示任何次序、数量或重要性,而实际上用于指示一个元件与另一个元件。

[0085] 同样,术语“约”意味着数量、大小、配方、参数以及其它数量和特性并不精确并且不需要精确,但可能根据需要是近似的和/或更大或更小的,这反映出公差、转换因素、四舍五入、测量误差等等,以及本领域技术人员已知的其它因素。一般而言,无论是否明确说明,数量、大小、配方、参数或其它数量或特性是“约”或“近似”的。

[0086] 因此,在一个实施例中,本文提供了一种使用喷墨打印机来制作增材制造电子产品(AME)的增强三维(3D)介电型材的方法,所述方法包括:提供喷墨打印系统,所述喷墨打印系统包括:第一打印头,所述第一打印头可操作为分配第一介电油墨组合物;第二打印头,所述第二打印头可操作为分配第二介电油墨组合物,其中第二介电油墨组合物具有与第一介电油墨组合物不同的热机械特性参数;传送器,所述传送器耦接至第一和第二打印头,并且可操作为将衬底传送到第一和第二打印头中的每一个;和计算机辅助制造(“CAM”)模块,所述CAM模块包含中央处理模块(CPM)并且至少与传送器和第一和第二打印头中的每一个通信,CPM还包括:至少一个处理器,其与其上存储有一组可执行指令的非暂时性处理器可读存储媒体通信,该指令在由至少一个处理器执行时使得CPM能够通过执行以下步骤来控制喷墨打印系统:接收表示AME的3D可视化文件;以及生成包括多个文件和至少表示打印顺序的元文件的文件库,每个文件均表示用于打印AME的增强三维(3D)介电型材的基本2D层;提供第一介电油墨组合物和第二介电油墨组合物;使用CAM模块,从文件库中获得代表第一层的第一文件,用于打印AME的增强三维(3D)介电型材,其中第一文件包括对应于第一介电油墨的图案的打印指令,以及对应于第二介电油墨的图案的打印指令;使用第一打印头,形成对应于第一介电油墨的图案;固化第一层中对应于第一介电油墨表示的图案;使用第二打印头,形成对应于第二介电油墨的图案;固化第一层中对应于第二介电油墨表示的图案;使用CAM模块,从文件库中获得代表后续层的后续文件,用于打印AME的增强三维(3D)介电型材,后续文件包括在每个后续层中对应于第一介电油墨的图案的打印指令,以及对应于第二介电油墨的图案的打印指令;重复以下步骤:从使用第一打印头,形成对应于第一介电油墨的图案的步骤,到使用CAM模块,从2D文件库中获得随后的基本2D层,然后固化最后一层中对应于第二油墨组合物的图案的步骤,AME的增强三维(3D)介电型材包括以下至少一项:第一介电油墨组合物的连续基体内的第二介电油墨组合物的多个增强成型件

的阵列;和第一介电油墨组合物和第二介电油墨组合物的交替层;以及移除衬底。其中,(i) 热机械特性参数是以下各项中的至少一项:热膨胀系数(ϵ)、抗拉强度、杨氏模量(E)、玻璃化转变温度(T_g)、脆韧转变温度(T_β)、以及 $[T_\beta/T_g]$ 比和介电强度(kV/cm),以上各项均在固化层,或AME和其它此类增强组件的型材上测量;其中(ii)第一介电油墨组合物包括:聚酯(PES)、聚乙烯(PE)、聚乙烯醇(PVOH)、聚(乙酸乙烯酯)(PVA)、聚(甲基丙烯酸甲酯)(PMMA)、聚(乙烯基吡咯烷酮)、多官能丙烯酸酯、或包括上述一种或多种的混合物、单体、低聚物和共聚物的组合;(iii)第二油墨组合物包括聚(四氟乙烯)(PTFE)或有机改性的硅酸盐基陶瓷(ORMODS)共聚单体,共聚单体具有陶瓷成分;(iv)陶瓷成分包括以下组分的单体和/或低聚物:原硅酸四乙酯、原硅酸四甲酯、钛酸四异丙酯、三甲氧基硅烷(TMOS)、三乙氧基硅烷、三甲基乙氧基硅烷、苯基三乙氧基硅烷、苯基甲基二乙氧基硅烷、甲基二乙氧基硅烷、乙烯基甲基二乙氧基硅烷、聚二甲氧基硅烷、聚二乙氧基硅烷、乙烯基甲氧基硅氧烷、聚硅氮烷、异丙醇钛、异丙醇铝、丙醇锆、硼酸三乙酯、三甲氧基环硼氧烷二乙氧基硅氧烷-钛酸乙酯、二(乙酰丙酮基)钛酸二异丙酯、硅醇笼型聚倍半硅氧烷、三仲丁醇铝、三异丁基铝、乙酰丙酮铝、1,3,5,7,9-五甲基环五硅氧烷、硅氧烷的聚(钛酸二丁酯)低聚物、Al-O-Al的低聚物、Ti-O-Ti的低聚物、Zn-O-Zn的低聚物,或包括以上组分的组合物;(v)多官能丙烯酸酯是下列组分的单体、低聚物、聚合物和共聚物中的至少一种:1,2-乙二醇二丙烯酸酯、1,3-丙二醇二丙烯酸酯、1,4-丁二醇二丙烯酸酯、1,6-己二醇二丙烯酸酯、二丙二醇二丙烯酸酯、新戊二醇二丙烯酸酯、乙氧基化新戊二醇二丙烯酸酯、丙氧基化新戊二醇二丙烯酸酯、三丙二醇二丙烯酸酯、双酚-A-二缩水甘油醚二丙烯酸酯、羟基特戊酸新戊二醇二丙烯酸酯、乙氧基化双酚-A-二缩水甘油醚二丙烯酸酯、聚乙二醇二丙烯酸酯、三羟甲基丙烷三丙烯酸酯、乙氧基化三羟甲基丙烷三丙烯酸酯、丙氧基化三羟甲基丙烷三丙烯酸酯、丙氧基化甘油三丙烯酸酯、三(2-丙烯酰氧基乙基)异氰脲酸酯、季戊四醇三丙烯酸酯、乙氧基化季戊四醇三丙烯酸酯、季戊四醇四丙烯酸酯、乙氧基化季戊四醇四丙烯酸酯、二(三羟甲基丙烷)四丙烯酸酯、二季戊四醇五丙烯酸酯和二季戊四醇六丙烯酸酯,或包含上述一种或多种组分的多官能丙烯酸酯组合物;其中(vi)在第一介电油墨组合物和第二介电油墨组合物的交替层的配置中,对应于第一介电油墨组合物的层被配置为(例如,根据由库2D层文件定义的打印过程配置,其中“层”是指由第一DI组合物制成的子层,以及由第二DI组合物制成的另一个子层,包括包含打印顺序和例如每层厚度的图元文件)厚度介于约 $2\mu\text{m}$ 和 $50\mu\text{m}$ 之间;(vii)在第一介电油墨组合物和第二介电油墨组合物的交替层中,对应于第二介电油墨组合物的层的厚度介于约 $7\mu\text{m}$ 和约 $120\mu\text{m}$ 之间;其中(viii)对应于第二介电油墨组合物的层与对应于第一介电油墨组合物的层之间的比例在1:2至1:5之间;其中(ix)在第一介电油墨组合物(由其制造)的连续基体内的第二介电油墨组合物的多个增强成型对象的阵列中的成型对象(换言之,具有由第二介电组合物制成的具有预定形状的对象)是下列各项中的至少一个:杆、钉、具有介于3到359条边之间的多边形横截面的细长构件,以及包括上述形式的组合;例如(x)增强成型对象是圆柱杆;其中(xi)在由第一介电油墨组合物形成的基体中由第二介电油墨组合物形成的所有圆柱形杆的总体积介于约10% (圆柱形杆的体积 v /增强型材的总体积 v)和约30% (v/v)之间;(xii)每个圆柱形杆的直径被配置为使得每个圆柱形杆的体积介于约0.1% (圆柱形杆的体积 $v=\pi r^2 h/2$ /增强截面的总体积 v (v/v))和由第一介电油墨组合物形成的基体的总体积的约1.0% (v/v)之间;其中另外地或替代地,(xiii)增强成型对象

是由第二介电油墨组合物形成的多边形网络,从而形成填充有第一介电油墨组合物的闭孔基体,从而形成蜂窝结构;以及其中(xiii)形成多边形闭孔的网络由包括有机改性的硅酸盐基陶瓷(ORMODS)共聚单体的组合物形成,共聚单体具有陶瓷成分;并且其中第一介电油墨组合物是聚酯(PES)、聚乙烯(PE)、聚乙烯醇(PVOH)、聚(乙酸乙烯酯)(PVA)、聚(甲基丙烯酸甲酯)(PMMA)、聚(乙烯基吡咯烷酮)、多官能丙烯酸酯、或包括上述一种或多种的混合物、单体、低聚物和共聚物的组合。

[0087] 在另一个示例性实施方式中,本文提供了一种使用喷墨打印机来制作增强三维(3D)介电型材的计算机化方法,所述方法包括:提供喷墨打印系统,所述喷墨打印系统包括:第一打印头,所述第一打印头被尺寸化和配置为分配第一介电油墨组合物;第二打印头,所述第二打印头被尺寸化和配置为分配第二介电油墨组合物,其中第二介电油墨组合物具有不同的热机械特性参数;传送器,所述传送器可操作地耦接至第一和第二打印头,并且配置为将衬底传送到第一和第二打印头中的每一个;和计算机辅助制造(“CAM”)模块,与第一和第二打印头中的每一个通信,CPM还包括:至少一个处理器,与其上存储有一组可执行指令的非暂时性存储媒体通信,该指令在被执行时使得CPM能够执行如下过程:接收表示(3D)介电型材的3D可视化文件;以及生成表示第一基本2D层的文件,用于使用第一介电油墨来打印增强(3D)介电型材,并且生成表示第二基本2D层的文件,用于使用第一介电油墨来打印增强(3D)介电型材,其中CAM模块被配置为控制传送器、第一和第二打印头中的每一个;提供第一介电油墨组合物和第二介电油墨组合物;使用CAM模块,获得(3D)介电型材的第一基本2D层,第一2D层包括代表并对应于第一介电油墨的图案;使用第一打印头,形成对应于第一介电油墨的图案;固化对应于(3D)介电型材的2D层中的第一介电油墨表示的图案;获得(3D)介电型材的第二基本2D层,第二2D层包括代表并对应于第二介电油墨的图案;使用第二打印头,形成对应于第二介电油墨的图案;固化对应于第二介电油墨的图案;以及去除衬底。从而为任何复合材料、增材制造组件制作增强(3D)介电型材。

[0088] 在又一个示例性实施方式中,本文提供了一种使用喷墨打印机来制作增强三维(3D)介电型材的计算机化方法,所述方法包括:提供喷墨打印系统,所述喷墨打印系统包括:第一打印头,所述第一打印头被尺寸化和配置为适合分配第一介电油墨组合物;第二打印头,所述第二打印头被尺寸化和配置为适合分配第二介电油墨组合物,其中第二介电油墨组合物具有不同的热机械特性参数;传送器,所述传送器可操作地耦接至第一和第二打印头,并且配置为将衬底传送到第一和第二打印头中的每一个;和(“CAM”)模块,与第一和第二打印头中的每一个通信,CPM还包括:至少一个处理器,与其上存储有一组可执行指令的非暂时性存储媒体通信,该指令在被执行时使得CPM能够执行如下过程:接收表示(3D)介电型材的3D可视化文件;以及生成表示第一基本2D层的文件,用于使用第一介电油墨来打印增强(3D)介电型材,文件包括对应于第一油墨组合物的图案,以在第一层中进行打印;以及生成表示第二油墨组合物的图案的文件,以在同一第一基本2D层中进行打印,第一和第二图案被配置为在第一介电油墨组合物的基体内形成第二介电油墨组合物的圆柱形杆阵列,其中CAM模块被配置为控制传送器、第一和第二打印头中的每一个;提供第一介电油墨组合物和第二介电油墨组合物;使用CAM模块,获得(3D)介电型材的第一基本2D层,第一2D层包括代表并对应于第一介电油墨的图案;使用第一打印头,形成对应于第一介电油墨的图案;固化对应于(3D)介电型材的2D层中的第一介电油墨表示的图案;使用第二打印头,

形成对应于第二介电油墨的图案;固化对应于第二介电油墨的图案;以及去除衬底。

[0089] 尽管已经根据一些示例性实施方式描述了使用基于转换的3D可视化CAD/CAM数据包的增材制造来对3D增强复合组件、它们的型材和/或部分进行3D打印的前述公开内容,但是根据本文的公开,其它示例性实施方式对于本领域普通技术人员将是显而易见的。此外,所描述的示例性实施方式仅以示例的方式呈现,并不旨在限制本发明的范围。事实上,本文所描述的新颖的方法、程序、库以及系统可以在不脱离其精神的情况下以各种其它形式具体化。因此,考虑到本文的公开内容,其它组合、省略、替换以及修改对技术人员来说将是显而易见的。

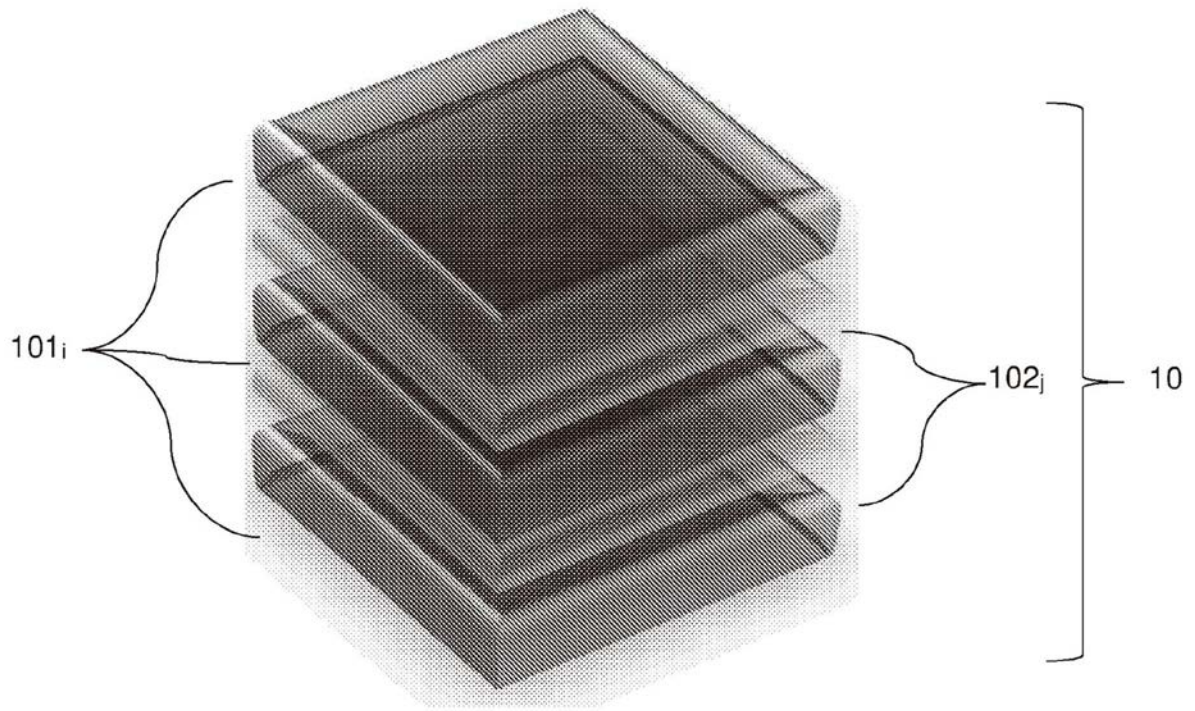


图1A

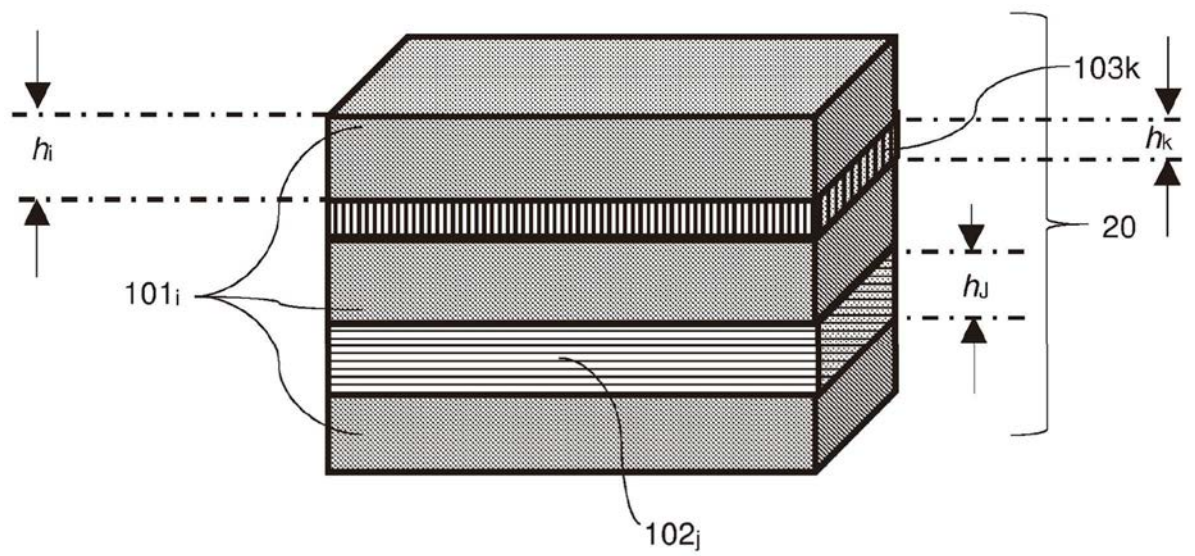


图1B

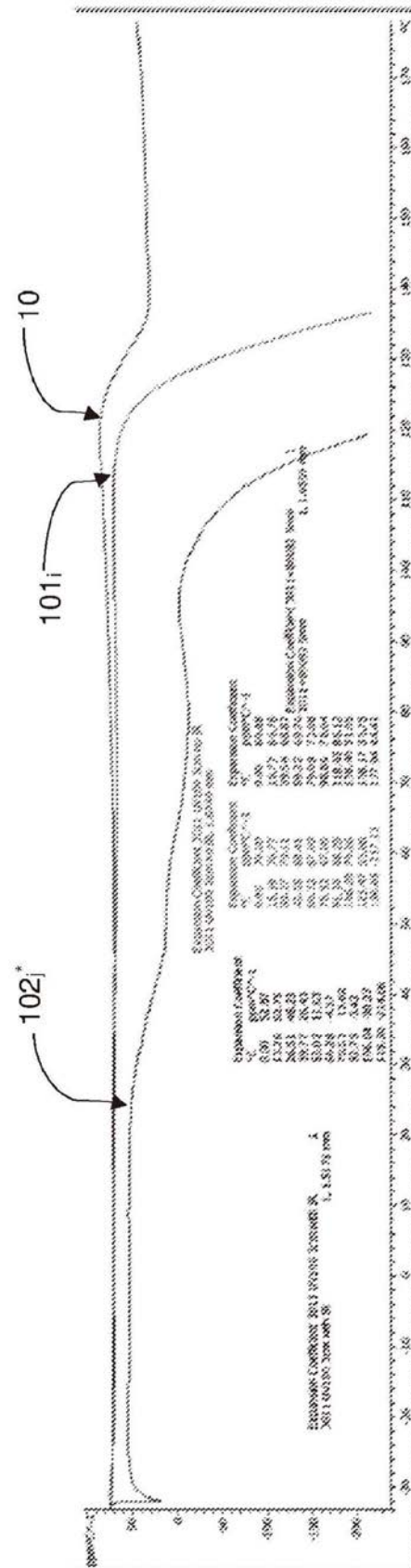


图1C

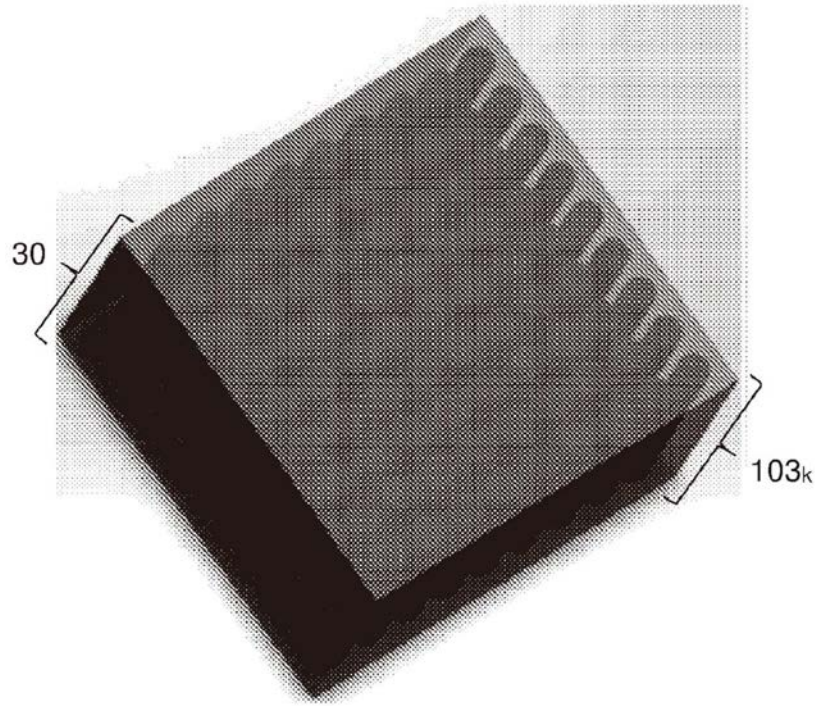


图2A

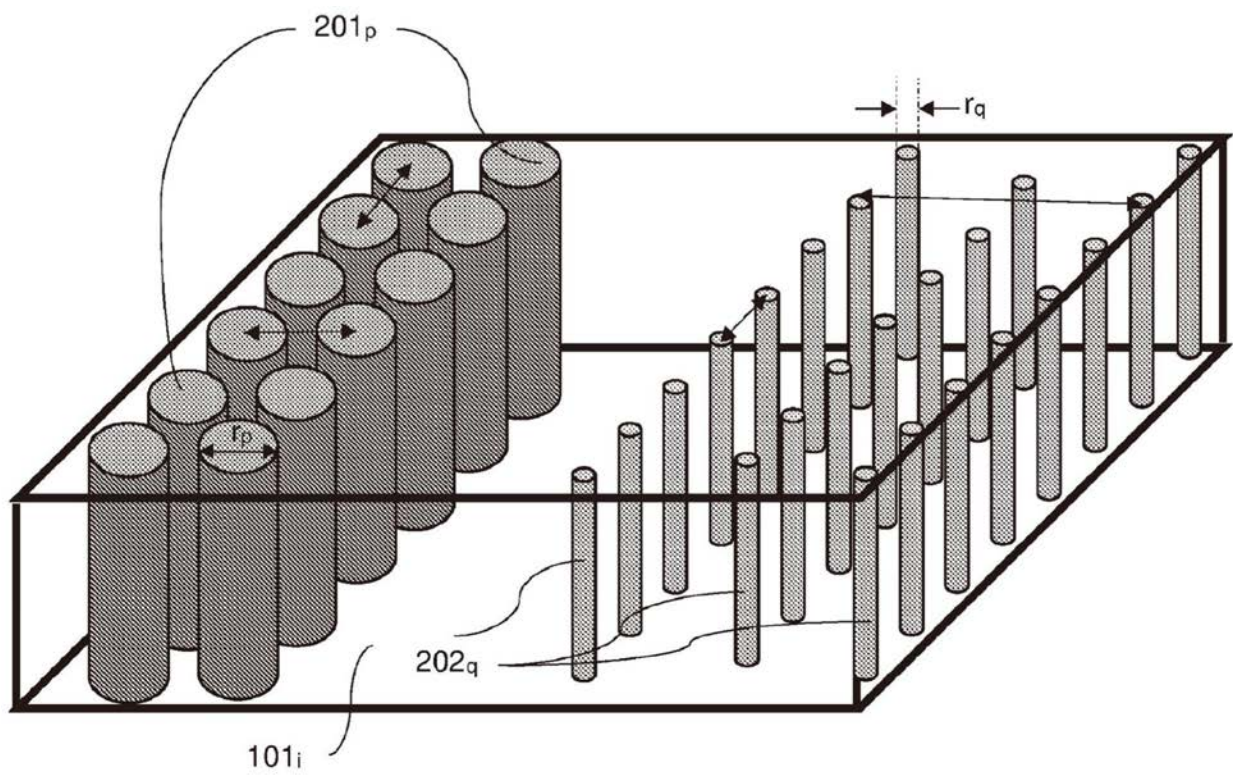


图2B

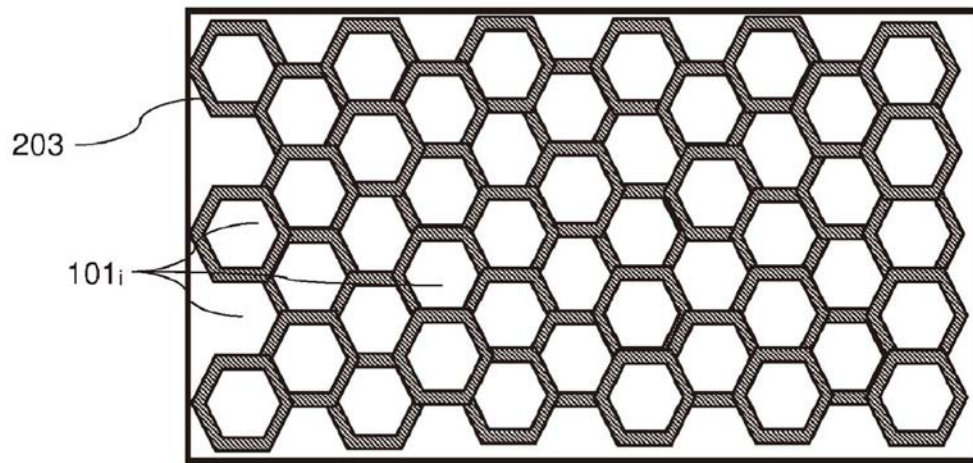


图3