

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2023 年 3 月 30 日 (30.03.2023)



(10) 国际公布号
WO 2023/045477 A1

- (51) 国际专利分类号:
G01N 1/28 (2006.01) *G06T 19/00* (2011.01) **GMBH** [DE/DE]; 德国耶拿市卡尔蔡司大道 10 号, 07745, Jena 07745 (DE)。
- (21) 国际申请号: PCT/CN2022/103373 (72) 发明人: 史为 (SHI, Wei); 中国上海市 (上海) 自由贸易试验区美约路 60 号, Shanghai 200131 (CN)。王贤浩 (WANG, Xianhao); 中国上海市 (上海) 自由贸易试验区美约路 60 号, Shanghai 200131 (CN)。邱婷婷 (QIU, Tingting); 中国上海市 (上海) 自由贸易试验区美约路 60 号, Shanghai 200131 (CN)。
- (22) 国际申请日: 2022 年 7 月 1 日 (01.07.2022)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202111105699.4 2021 年 9 月 22 日 (22.09.2021) CN
- (71) 申请人: 卡尔蔡司 (上海) 管理有限公司 (CARL ZEISS (SHANGHAI) CO., LTD.) [CN/CN]; 中国上海市 (上海) 自由贸易试验区美约路 60 号, Shanghai 200131 (CN)。卡尔蔡司显微镜有限责任公司 (CARL ZEISS MICROSCOPY
- (74) 代理人: 北京市中咨律师事务所 (ZHONGZI LAW OFFICE); 中国北京市西城区平安里西大街 26 号新时代大厦 7 层, Beijing 100034 (CN)。
- (81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU,

(54) Title: METHOD FOR MANUFACTURING THREE-DIMENSIONAL STRUCTURE

(54) 发明名称: 制造三维结构的方法

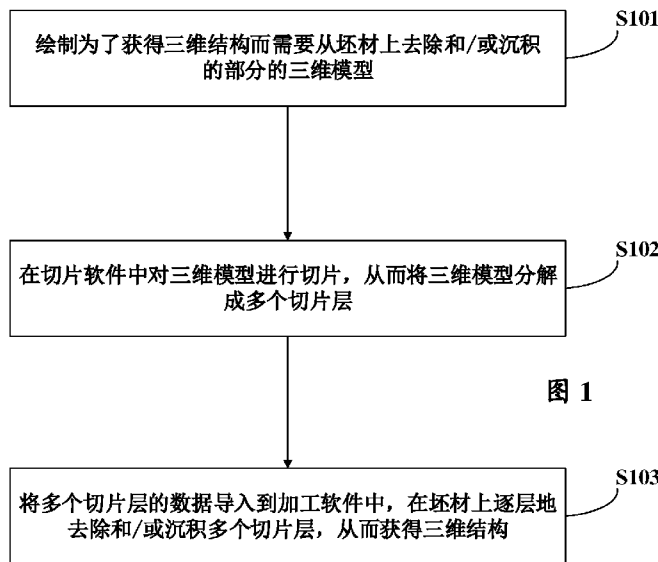


图 1

- S101 Draw a three-dimensional model of a portion, which needs to be removed and/or deposited from/onto a blank in order to obtain a three-dimensional structure
- S102 Slice the three-dimensional model in slicing software, so as to decompose the three-dimensional model into a plurality of slice layers
- S103 Import data of the plurality of slice layers into processing software, and remove and/or deposit the plurality of slice layers from/onto the blank layer by layer, so as to obtain the three-dimensional

(57) Abstract: A method for manufacturing a three-dimensional structure. The method comprises: drawing a three-dimensional model of a portion, which needs to be removed and/or deposited from/onto a blank in order to obtain a three-dimensional structure (S101); slicing the three-dimensional model in slicing software, so as to decompose the three-dimensional model into a plurality of slice layers (S102); and importing data of the plurality of slice layers into processing software, and removing and/or depositing the plurality of slice layers from/onto the blank layer by layer, so as to obtain the three-dimensional structure (S103). A three-dimensional model



CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

- (84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

is decomposed into a plurality of slice layers by means of slicing the three-dimensional model, and a three-dimensional structure is then obtained by removing and/or depositing the slice layers layer by layer, such that a precise three-dimensional structure can be manufactured in a simple and reliable manner.

(57) 摘要: 一种制造三维结构的方法, 方法包括: 绘制为了获得三维结构而需要从坯材上去除和/或沉积的部分的三维模型(S101); 在切片软件中对三维模型进行切片, 从而将三维模型分解成多个切片层(S102); 将多个切片层的数据导入到加工软件中, 在坯材上逐层地去除和/或沉积多个切片层, 从而获得三维结构(S103)。采用对三维模型进行切片的方式将三维模型分解成多个切片层, 通过逐层地去除和/或沉积切片层来获得三维结构, 从而能够以简单可靠的方式制造精准的三维结构。

制造三维结构的方法

相关申请的交叉引用

本申请要求于2021年9月22日递交的中国专利申请第202111105699.4号的优先权和权益，在此全文引用上述中国专利申请公开的内容以作为本申请的一部分。

技术领域

本申请涉及光学和加工技术领域，具体而言，涉及一种制造三维结构的方法。

背景技术

聚焦离子束(Focused Ion Beam, FIB)是一种利用聚焦离子束(Ga^+ 、 He^+ 等)作用到样品上，在样品表面实现刻蚀和沉积加工的设备。因为聚焦离子束具有一定的能量，当聚焦离子束轰击到样品表面时，样品表面的原子获得能量从表面逃逸，从而实现对样品表面进行刻蚀的功能。在进行刻蚀的时候，因为离子束是聚焦的，所以可以在指定区域按照设计的图形进行刻蚀加工。当离子束作用到样品表面，同时还有不同的化学前驱体时，离子束激发的粒子(二次电子)和这些前驱体发生反应，实现不同材料(如Pt、C、 SiO_2 、W、Au等等)的图形沉积。

目前常见的聚焦离子束设备是双束结构，两束能量束成一定角度。此外，还有三束结构(例如，He、Ne、Ga三束离子)的聚焦离子束设备。

聚焦离子束是一种垂直作用于样品表面的加工方式，其刻蚀或者沉积的形状侧壁都只能垂直于样品表面。如果想要加工非垂直侧壁的三维结构，聚焦离子束实现起来就比较难，但是实际上，大部分的三维结构都是具有非垂直侧壁的。因为对于三维结构的加工，聚焦离子束难以实现。

发明内容

本申请的出发点在于，提供一种制造三维结构的方法，从而解决现有技术中存在的上述问题。

本申请的实施例提供了一种制造三维结构的方法，所述方法包括：

绘制为了获得三维结构而需要从坯材上去除和/或沉积的部分的三维模型，

在切片软件中对所述三维模型进行切片，从而将所述三维模型分解成多个切片层，

将所述多个切片层的数据导入到加工软件中，在坯材上逐层地去除和/或沉积所述多个切片层，从而获得所述三维结构。

可选地，利用能量束在坯材上逐层地去除和/或沉积所述多个切片层。

可选地，所述能量束包括以下至少之一：激光束、电子束、等离子和离子束。

可选地，切片层的数量能够被调节。

可选地，每两个相邻的切片层之间的间隔能够被调节。也就是说，两个相邻的切片层之间的间隔可以根据需要灵活控制。如果设置成间隔相同，好处是可以在加工软件中批量设置加工参数。如果设置成间隔不同，好处是可以减少相同尺寸的重复图形数量，同时，加工软件可以分别设置图形的加工参数。另外，对于一个绘制好的三维模型，可以根据实际需要选取该三维模型的一部分切片层进行加工。由此，对于同一个三维模型，对不同的切片层进行加工后，所获得的三维结构可以不相同。

可选地，切片层的数据以矢量文件的形式从所述切片软件中被导出并且被导入到所述加工软件中。采用矢量文件的优势在于，其占用的存储空间小，加工过程中的可控性好，并且非常适合加工复杂形状。

可选地，所述三维结构为半球形凹槽，则所述方法具体包括：

绘制半球形凹槽的三维模型，

在切片软件中沿着垂直于所述三维模型的对称轴的方向进行切片，从而将所述三维模型分解成具有不同直径的多个圆形的切片层，

利用能量束在坯材上逐层地去除所述多个圆形的切片层，从而获得所述半球形凹槽。

可选地，所述三维结构为形成在平截圆锥形凹槽中的半球体，则所述方法具体包括：

绘制半球体以及以所述半球体的底面为小圆、以所述半球体的从底面到顶点的距离为高的平截圆锥体，所述平截圆锥体与所述半球体不重合的部分为需要从坯材上去除的部分的三维模型，

在切片软件中沿着垂直于所述三维模型的对称轴的方向进行切片，从而将所述三维模型分解成具有不同的内径和外径的多个同心圆环形的切片层，其中，各切片层的外径从最大值开始逐渐减小，各切片层的内径从基本上为 0 开始逐渐增大，直到最后一个切片层的外径和内径都基本上等于半球体的直径，

利用能量束在坯材上逐层地去除所述多个同心圆环形的切片层，从而获得形成在平截圆锥形凹槽中的半球体。

本申请的实施例还提供了一种半球形凹槽，所述半球形凹槽是通过根据本申请的上述方法制造的。

本申请的实施例还提供了一种形成在平截圆锥形凹槽中的半球体，所述形成在平截圆锥形凹槽中的半球体是通过根据本申请的上述方法制造的。

本申请的实施例还提供了一种圆锥体，所述圆锥体是通过根据本申请的上述方法制造的。

本申请的实施例还提供了一种不规则形状锥台柱，所述不规则形状锥台柱是通过根据本申请的上述方法制造的。

本申请的实施例还提供了一种形成在半球形凹槽中的球冠结构，所述形成在半球形凹槽中的球冠结构是通过根据本申请的上述方法制造的。

本申请的实施例还提供了一种微透镜，所述微透镜是通过根据本申请的方法制造的，所述微透镜的具体形式包括以下至少之一：半球形凹槽、形成在平截圆锥形凹槽中的半球体、圆锥体、不规则形状锥台柱、形成在

半球形凹槽中的球冠结构和形成在圆柱形凹槽、平截圆锥形凹槽或者半球形凹槽中的两个或者两个以上的半球。

本申请的实施例还提供了一种制造形成在半球形凹槽中的球冠结构的方法，所述方法包括：

在切片软件中沿着垂直于三维模型的对称轴的方向进行切片，从而将所述三维模型分解成具有不同的内径和外径的多个同心圆环形的切片层，其中，各切片层的外径从最大值开始逐渐减小，各切片层的内径从基本上为 0 开始逐渐增大，直到最后一个切片层的外径和内径都基本上等于球冠的底面的直径，利用能量束在坯材上逐层地去除所述多个同心圆环形的切片层，从而获得形成在半球形凹槽中的球冠结构。

本申请的实施例还提供了一种形成在圆柱形凹槽、平截圆锥形凹槽或者半球形凹槽中的两个或者两个以上的半球，不同的半球具有相同的半径或不同的半径，所述形成在圆柱形凹槽、平截圆锥形凹槽或者半球形凹槽中的两个或者两个以上的半球是通过根据本申请的上述方法制造的。

本申请的实施例的制造三维结构的方法至少具有以下优点：

本申请中，采用对三维模型进行切片的方式将三维模型分解成多个切片层，通过逐层地去除和/或沉积切片层来获得三维结构，从而能够以简单可靠的方式制造精准的三维结构。

附图说明

本申请的其他细节及优点将通过下文提供的详细描述而变得显而易见。应理解的是，下列附图仅仅是示意性的且并非按比例绘制，因而不能视为对本申请的限制，下文将参照附图来进行详细描述，其中：

图 1 示出了本申请的一个具体实施方式的制造三维结构的方法流程图。

图 2A 示出了本申请的另一个具体实施方式的通过制图软件绘制的半球形凹槽的三维模型的立体图。

图 2B 示出了本申请的另一个具体实施方式的沿着半球形凹槽的三维

模型的对称轴的截面图。

图 2C 示出了本申请的另一个具体实施方式的对半球形凹槽的三维模型进行切片的示意图。

图 2D 示出了本申请的另一个具体实施方式的通过本申请的方法制造的半球形凹槽。

图 3A 示出了本申请的再一个具体实施方式的通过制图软件绘制的形成在平截圆锥形凹槽中的半球体的三维模型的立体图。

图 3B 示出了本申请的再一个具体实施方式的三维模型的截面图，需要去除的部分以阴影线示出。

图 3C 示出了本申请的再一个具体实施方式的对三维模型进行切片的示意图。

图 3D 示出了本申请的再一个具体实施方式的各同心圆环形的切片层的变化趋势。

图 4 示出了借助于本申请的方法通过沉积的方式制造的圆锥体的三维模型的立体图。

图 5A 示出了借助于本申请的方法通过沉积的方式制造的不规则形状锥台柱的三维模型的立体图。

图 5B 示出了借助于本申请的方法通过沉积的方式制造的不规则形状锥台柱的三维模型的截面图。

图 6 示出了借助于本申请的方法制造的半球形凹槽中的球冠结构的三维模型的截面图。

图 7 示出了借助于本申请的方法制造的圆柱形凹槽中的两个半球的三维模型的截面图，其中，两个半球具有相同的半径。

图 8 示出了借助于本申请的方法制造的圆柱形凹槽中的两个半球的三维模型的截面图，其中，两个半球具有不同的半径。

具体实施方式

下面参照附图描述本申请的实施例。在下面的描述中，阐述了许多具

体细节以便使所属技术领域的技术人员更全面地了解和实现本申请。但是，对所属技术领域的技术人员明显的是，本申请的实现可不具有这些具体细节中的一些。此外，应当理解的是，本申请并不局限于所介绍的特定实施例。相反，可以考虑用下面所述的特征和要素的任意组合来实施本申请，而无论它们是否涉及不同的实施例。因此，下面的方面、特征、实施例和优点仅作说明之用，而不应看作是权利要求的要素或限定，除非在权利要求中明确提出。

现参照图 1，示出了本申请的一个具体实施方式的制造三维结构的方法流程图。如图 1 所示，该方法包括：

步骤 S101，绘制为了获得三维结构而需要从坯材上去除和/或沉积的部分的三维模型。

可以利用现有的制图软件绘制三维模型，例如，AutoCAD、SolidWork、3D Fusion、CST 以及 Zemax 等仿真模拟软件。绘制的三维模型可以以(.stl)格式导出。例如，如果制造的三维结构是半球形凹槽，则利用制图软件绘制半球形凹槽的三维模型，图 2A 和 2B 分别示出了绘制的半球形凹槽的三维模型的立体图和沿着三维模型的对称轴的截面图。

步骤 S102，在切片软件中对三维模型进行切片，从而将三维模型分解成多个切片层。

还是以制造半球形凹槽为例，如图 2C 所示，在切片软件中沿着垂直于半球形凹槽的三维模型的对称轴的方向（即图 2C 中的 Z 轴）进行切片，从而将三维模型分解成具有不同直径的多个圆形的切片层。每个切片层可以近似地认为是一个二维圆形。继续如图 2C 所示，假设半球形凹槽的半径为 30，为了便于加工，每两个相邻的切片层之间的间隔可以相同。可以设定每两个相邻的切片层之间的间隔为 0.1，从而获得 301 层切片，各切片层在 Z 轴上的坐标分别为 0、-0.1、-0.2、-0.3、-0.4、...-29.8、-29.9、-30。切片层的数量（也就是相邻的切片层之间的间隔）也可以调节，切片层越多，加工出的半球形凹槽就越精准。

步骤 S103，将多个切片层的数据导入到加工软件中，在坯材上逐层地

去除和/或沉积多个切片层，从而获得三维结构。

在切片软件中获得的切片层的数据优选地以能够被加工软件（例如，SmartFIB）直接打开的格式（例如，.ely 格式）从切片软件导出并且导入至加工软件。优选地，切片层的数据以矢量文件的形式从切片软件中被导出并且被导入到加工软件中。之后，利用能量束（例如，聚焦离子束或激光束）在坯材（例如，方形实心体坯材）上逐层地去除多个圆形的切片层，从而获得半球形凹槽，图 2D 示意性地示出了通过本申请的方法制造的半球形凹槽。

利用本申请的方法的原理，可以制造任意形状的三维结构，而限于上面提到的半球形凹槽。例如，利用本申请的方法，还可以制造形成在平截圆锥形凹槽中的半球体。首先，绘制半球体以及以半球体的底面为小圆、以半球体的半径为高的平截圆锥体，平截圆锥体与半球体不重合的部分为需要从坯材上去除的部分的三维模型。图 3A 和 3B 分别示出了绘制的形成在平截圆锥形凹槽中的半球体的三维模型的立体图和沿着三维模型的对称轴的截面图。在图 3B 中，需要去除的部分以阴影线示出。接着，如图 3C 所示，在切片软件中沿着垂直于三维模型的对称轴的方向进行切片，从而将三维模型分解成具有不同的内径和外径的多个同心圆环形的切片层。图 3D 示出了各同心圆环形的切片层的变化趋势。如图 3D 所示，各切片层的外径 D1 从最大值开始逐渐减小，各切片层的内径 D2 从基本上为 0 开始逐渐增大，直到最后一个切片层的外径 D1 和内径 D2 都基本上等于半球体的直径。最后，利用能量束（例如，聚焦离子束或激光束）在坯材（例如，方形实心体坯材）上逐层地去除多个同心圆环形的切片层，从而获得形成在平截圆锥形凹槽中的半球体。

本申请中的上述具体实施方式中，采用对三维模型进行切片的方式将三维模型分解成多个切片层，通过逐层地去除切片层来获得三维结构，从而能够以简单可靠的方式制造精准的三维结构。

借助于本申请的方法制造的半球形凹槽以及形成在平截圆锥形凹槽中的半球体可用作光电领域加工微米尺度的微透镜，也可用作电子半导体领

域的微器件等等。

在光电学研究领域，如何提升发光材料的光信号检测效率，是一个非常重要的问题。通过在材料上加工微观曲面结构（即，微透镜），可以提高被加工位置的光信号收集效率。本方法可以通过直接将理论得到的三维模型转换成可直接加工的矢量文件，得到精准的微透镜。

当材料具有单光子发射性能时（比如金刚石中有带负电的氮空位），由于其本身在室温下具有适用于量子存储的具有长自旋相干时间的局部电子和核自旋，可以应用于量子存储、磁性传感器、单光子发射源等等。而微透镜可以增强单光子的被检测效率，提高其在这些领域的应用。

在硅波导材料中加工微透镜，可以增强硅光集成电路的边缘耦合效应，从而提高硅波导的利用效率。

另外，申请人希望指出，本申请所涉及的制造三维结构的方法，不仅限于材料的去除加工，其还可以用于增材制造（即，沉积不同材料）的三维结构加工。例如，利用激光束、电子束、等离子和/或离子束作为热源，加热材料使之结合，以制造三维结构。材料的去除加工和增材制造还可以配合使用，以制造复杂三维结构。因此，本申请的制造三维结构的方法不仅可以制造中心轴对称的三维结构，各种不对称三维结构和复杂三维结构都可以进行加工。另外，通过调节样品表面和能量束的夹角，结合切片或沉积技术，亦可获得不同三维结构。例如，在加工过程中，可以绘制多个不同的三维模型，进行切片，通过三维模型的组合从而实现复杂的三维结构的加工。亦可绘制多个相同的三维模型，并且在同一样品的不同位置加工多个相同的三维结构，从而实现三维结构的阵列加工。

以下再列举几个根据本申请的方法制造的三维结构的示例：

图 4 示出了借助于本申请的方法制造的圆锥体的三维模型的立体图。该圆锥体可以通过材料去除或沉积的方式制造。

图 5A 和 5B 示出了借助于本申请的方法制造的不规则形状锥台柱的三维模型。其中，图 5A 示出了不规则形状锥台柱的三维模型的立体图，图 5B 示出了不规则形状锥台柱的三维模型的截面图。该不规则形状锥台柱可

以通过材料去除或沉积的方式制造。

图 6 示出了借助于本申请的方法制造的半球形凹槽中的球冠结构的三维模型的截面图。为了制造该三维结构，可以例如首先利用本申请的图 2A-2D 所述的方法通过材料去除的方式制造半球形凹槽，然后通过增材制造的方式在半球形凹槽中沉积球冠结构。或者，也可以借助于本申请的方法采用过如下方式制造半球形凹槽中的球冠结构：首先，在切片软件中沿着垂直于三维模型的对称轴的方向进行切片，从而将所述三维模型分解成具有不同的内径和外径的多个同心圆环形的切片层，其中，各切片层的外径从最大值开始逐渐减小，各切片层的内径从基本上为 0 开始逐渐增大，直到最后一个切片层的外径和内径都基本上等于球冠的底面的直径，然后，利用能量束在坯材上逐层地去除所述多个同心圆环形的切片层，从而获得形成在半球形凹槽中的球冠结构。

图 7 示出了借助于本申请的方法制造的圆柱形凹槽中的两个半球的三维模型的截面图。其中，两个半球具有相同的半径。为了制造该三维结构，可以例如首先利用本申请的方法通过材料去除的方式制造圆柱形凹槽，然后通过增材制造的方式在圆柱形凹槽中沉积具有相同的半径的两个半球。

图 8 示出了借助于本申请的方法制造的圆柱形凹槽中的两个半球的三维模型的截面图。其中，两个半球具有不同的半径。为了制造该三维结构，可以例如首先利用本申请的方法通过材料去除的方式制造圆柱形凹槽，然后通过增材制造的方式在圆柱形凹槽中沉积具有不同的半径的两个半球。

应指出的是，以上描述仅为示例，而不是对本申请的限制。在本申请的其他实施例中，该方法可具有更多、更少或不同的步骤，且各步骤之间的顺序、包含和功能等关系可以与所描述和图示的不同。例如，通常多个步骤可以合并为单个步骤，单个步骤也可以拆分为多个步骤。对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，对各步骤的先后变化也在本申请的保护范围之内。

本申请的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分或者该技术方案的全部或部分可以以软件产品的形式体现出来，该计算机软件产品存储在一个存储介质中，包括若干指令用以使得一台计算机设备（可以是个人计算机，服务器，或者网络设备等等）或处理器或微控制器执行本申请各个实施方式所述方法的全部或部分步骤。

本领域普通技术人员可以理解：实现上述各方法实施例的全部或部分步骤可以通过程序指令相关的硬件来完成。前述的程序可以存储于一计算机可读取存储介质中。该程序在执行时，执行包括上述各方法实施例的步骤；而前述的存储介质包括：ROM、RAM、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

虽然本申请已以较佳实施例披露如上，但本申请并非限于此。任何本领域技术人员，在不脱离本申请的精神和范围内所作的各种更动与修改，均应纳入本申请的保护范围内，因此本申请的保护范围应当以权利要求所限定的范围为准。

权利要求

1. 一种制造三维结构的方法，其特征在于，所述方法包括：

绘制为了获得三维结构而需要从坯材上去除和/或沉积的部分的三维模型，

在切片软件中对所述三维模型进行切片，从而将所述三维模型分解成多个切片层，

将所述多个切片层的数据导入到加工软件中，在坯材上逐层地去除和/或沉积所述多个切片层，从而获得所述三维结构。

2. 根据权利要求1所述的方法，其中，利用能量束在坯材上逐层地去除和/或沉积所述多个切片层。

3. 根据权利要求1所述的方法，其中，所述能量束包括以下至少之一：激光束、电子束、等离子和离子束。

4. 根据权利要求1所述的方法，其中，切片层的数量能够被调节。

5. 根据权利要求1所述的方法，其中，每两个相邻的切片层之间的间隔能够被调节。

6. 根据权利要求1所述的方法，其中，切片层的数据以矢量文件的形式从所述切片软件中被导出并且被导入到所述加工软件中。

7. 根据权利要求1-6中任一项所述的方法，其中，所述三维结构为半球形凹槽，则所述方法具体包括：

绘制半球形凹槽的三维模型，

在切片软件中沿着垂直于所述三维模型的对称轴的方向进行切片，从而将所述三维模型分解成具有不同直径的多个圆形的切片层，

利用能量束在坯材上逐层地去除所述多个圆形的切片层，从而获得所述半球形凹槽。

8. 根据权利要求1-6中任一项所述的方法，其中，所述三维结构为形成在平截圆锥形凹槽中的半球体，则所述方法具体包括：

绘制半球体以及以所述半球体的底面为小圆、以所述半球体的从底面到顶点的距离为高的平截圆锥体，所述平截圆锥体与所述半球体不重合的

部分为需要从坯材上去除的部分的三维模型，

在切片软件中沿着垂直于所述三维模型的对称轴的方向进行切片，从而将所述三维模型分解成具有不同的内径和外径的多个同心圆环形的切片层，其中，各切片层的外径从最大值开始逐渐减小，各切片层的内径从基本上为 0 开始逐渐增大，直到最后一个切片层的外径和内径都基本上等于半球体的直径，

利用能量束在坯材上逐层地去除所述多个同心圆环形的切片层，从而获得形成在平截圆锥形凹槽中的半球体。

9. 一种半球形凹槽，其特征在于，所述半球形凹槽是通过根据权利要求 7 所述的方法制造的。

10. 一种形成在平截圆锥形凹槽中的半球体，其特征在于，所述形成在平截圆锥形凹槽中的半球体是通过根据权利要求 8 所述的方法制造的。

11. 一种圆锥体，其特征在于，所述圆锥体是通过根据权利要求 1-6 中任一项所述的方法制造的。

12. 一种不规则形状锥台柱，其特征在于，所述不规则形状锥台柱是通过根据权利要求 1-6 中任一项所述的方法制造的。

13. 一种形成在半球形凹槽中的球冠结构，其特征在于，所述形成在半球形凹槽中的球冠结构是通过根据权利要求 1-6 中任一项所述的方法制造的。

14. 一种制造权利要求 13 中的形成在半球形凹槽中的球冠结构的方法，所述方法包括：

在切片软件中沿着垂直于三维模型的对称轴的方向进行切片，从而将所述三维模型分解成具有不同的内径和外径的多个同心圆环形的切片层，其中，各切片层的外径从最大值开始逐渐减小，各切片层的内径从基本上为 0 开始逐渐增大，直到最后一个切片层的外径和内径都基本上等于球冠的底面的直径，利用能量束在坯材上逐层地去除所述多个同心圆环形的切片层，从而获得形成在半球形凹槽中的球冠结构。

15. 一种形成在圆柱形凹槽、平截圆锥形凹槽或者半球形凹槽中的两个或者两个以上的半球，不同的半球具有相同的半径或不同的半径，其特征在于，所述形成在圆柱形凹槽、平截圆锥形凹槽或者半球形凹槽中的两个或者两个以上的半球是通过根据权利要求 1-6 中任一项所述的方法制造的。

16. 一种微透镜，其特征在于，所述微透镜是通过根据权利要求 1-6 中任一项所述的方法制造的，所述微透镜的具体形式包括以下至少之一：半球形凹槽、形成在平截圆锥形凹槽中的半球体、圆锥体、不规则形状锥台柱、形成在半球形凹槽中的球冠结构和形成在圆柱形凹槽、平截圆锥形凹槽或者半球形凹槽中的两个或者两个以上的半球。

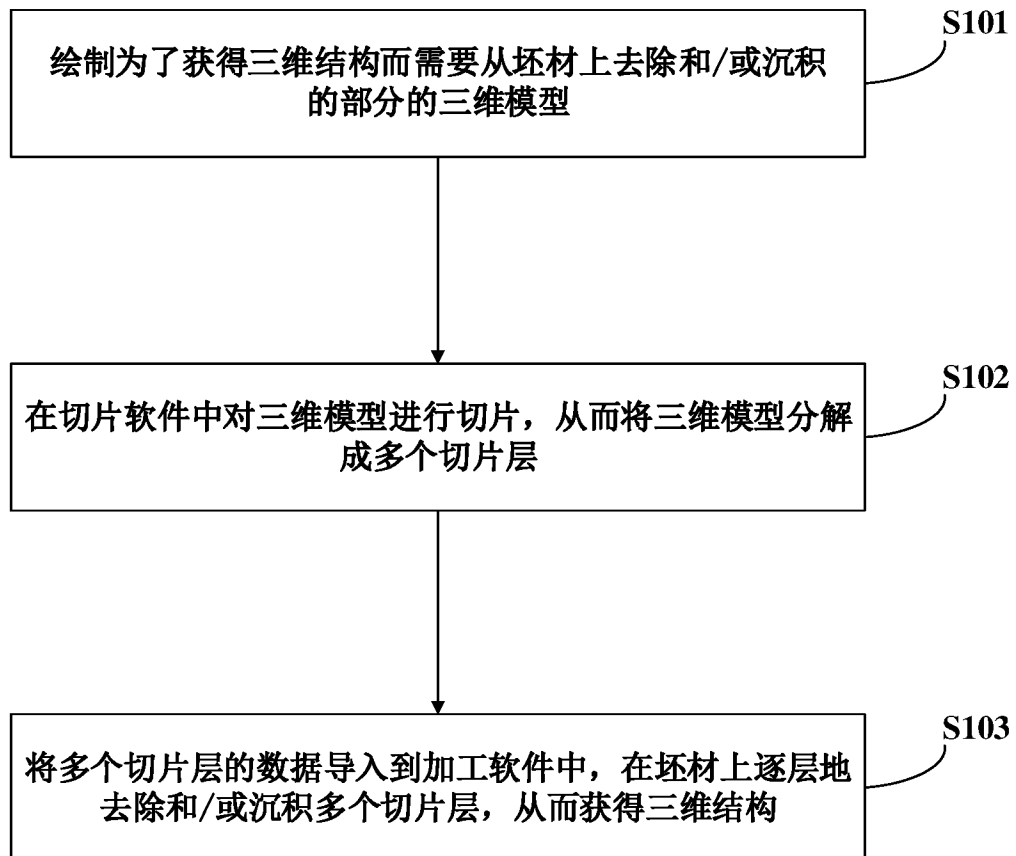


图 1

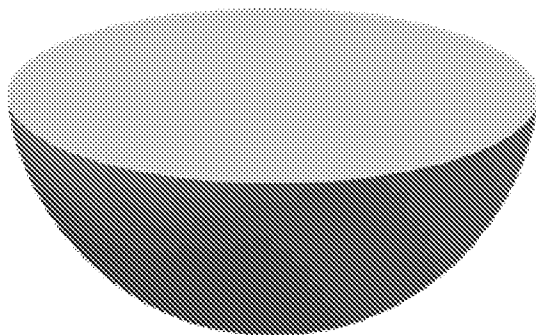


图 2A

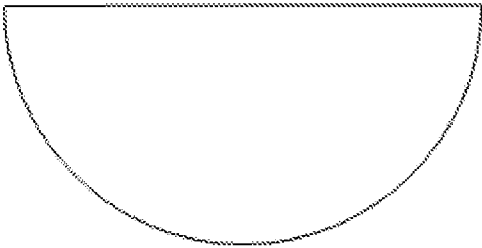


图 2B

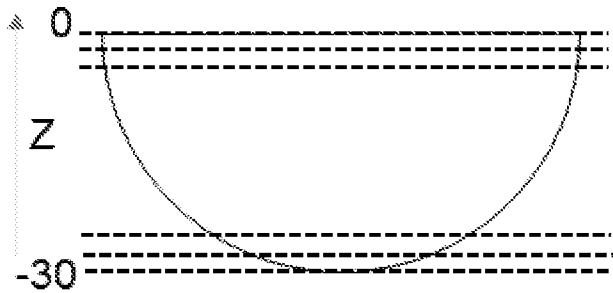


图 2C

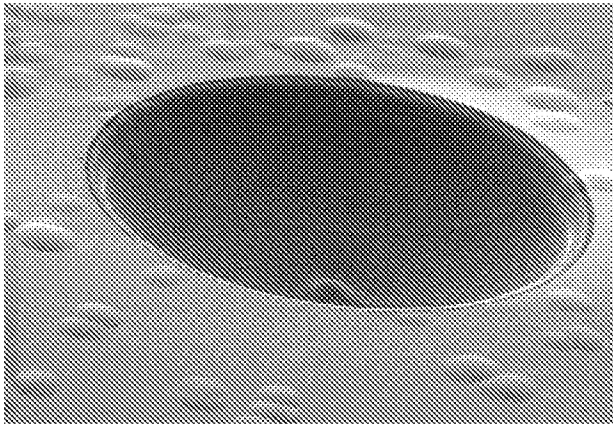


图 2D

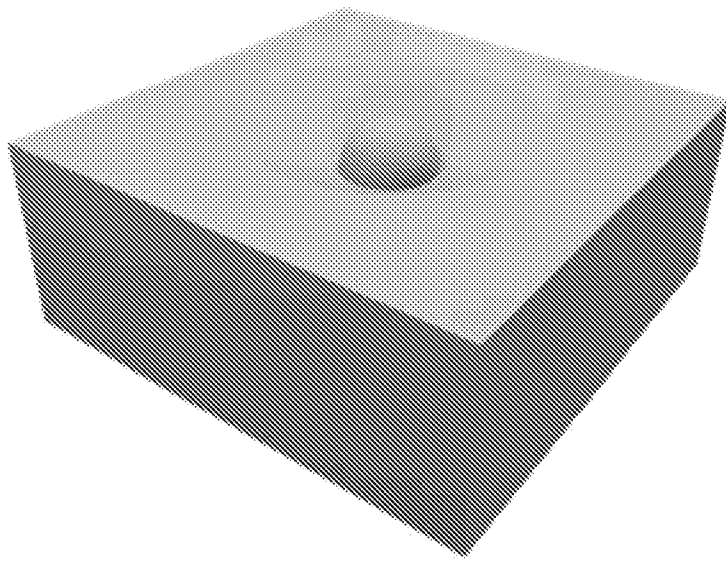


图 3A

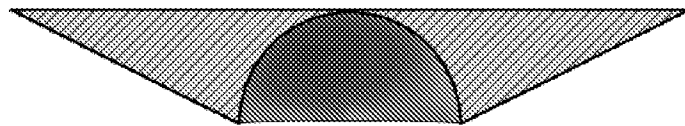


图 3B

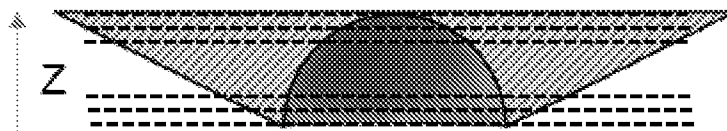


图 3C

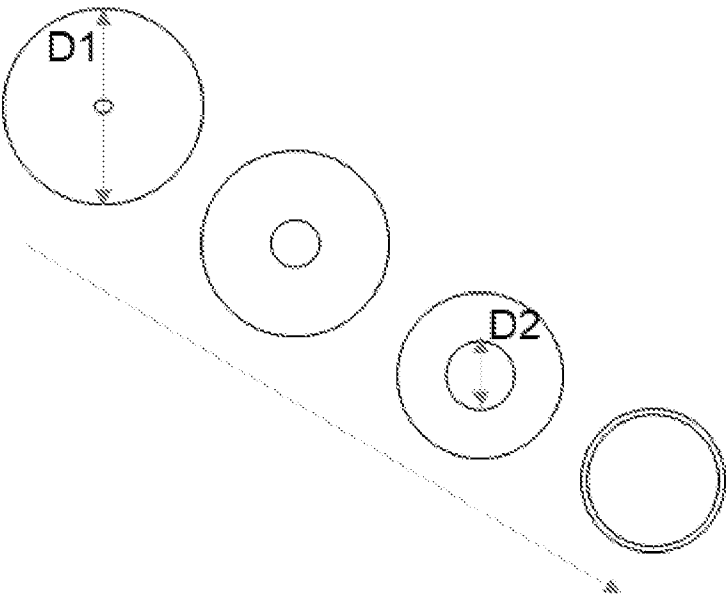


图 3D

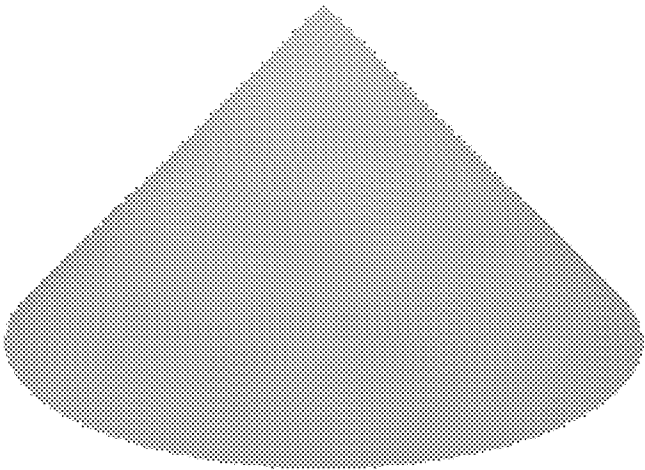


图 4

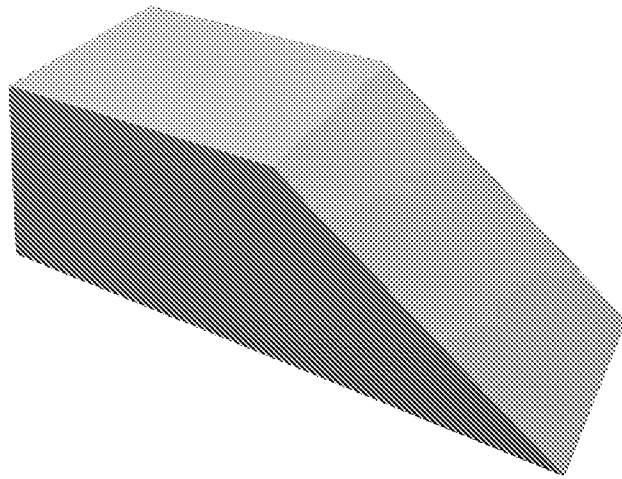


图 5A

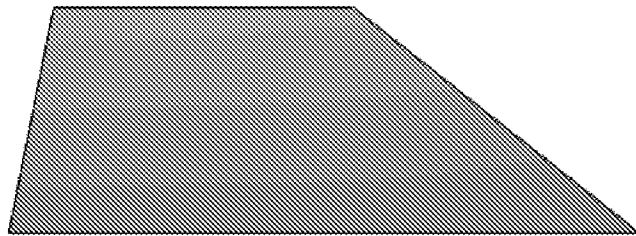


图 5B

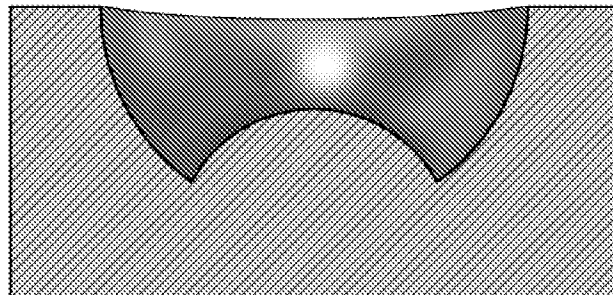


图 6

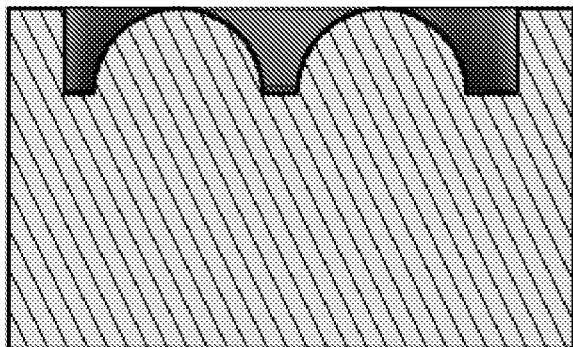


图 7

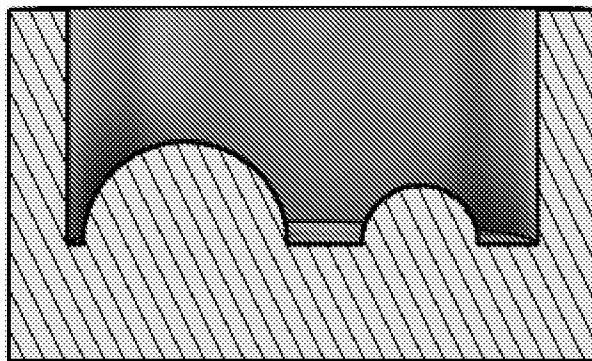


图 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2022/103373

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N 1/28(2006.01)i; G06T 19/00(2011.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01N; G06T; B23K; B29C; B44C; B22F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNXTX; ENTXTX; ENTXT; VEN; DWPI: 三维模型, 制造, 切片, 逐层, 去除, 雕刻, 沉积, 增材, 减材, 基材, 坯材, 坯料, 激光, 电子束, 等离子, 离子束, 凹槽, 空腔, 半球体, 圆锥体, 球冠, 微透镜, 3D打印, three dimensional, manufactur+, slic+, layer by layer, remov+, carv+, deposit+, increas+, reduc+, laser, focused ion beam, FIB, electron beam?, plasma, semi spherical, groove, hemispheroid, cone, spherical crown, micro len

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 113865958 A (CARL ZEISS (SHANGHAI) CO., LTD. et al.) 31 December 2021 (2021-12-31) claims 1-16	1-16
X	CN 105057892 A (INSTITUTE OF MECHANICS, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 18 November 2015 (2015-11-18) description, paragraphs [0024]-[0034]	1-16
X	CN 107914014 A (NORTHWEST INSTITUTE FOR NON-FERROUS METAL RESEARCH) 17 April 2018 (2018-04-17) description, paragraphs 6-12	1-6, 11-12, 16
X	CN 106216862 A (HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 14 December 2016 (2016-12-14) description, paragraphs 29-46, and figures 1-3	1-6, 11-12, 16
X	CN 111872571 A (GUANGZHOU SANYI LASER TECHNOLOGY CO., LTD.) 03 November 2020 (2020-11-03) description, paragraphs 22-34, and figures 1-6	1-16



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date
 “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 “X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 “Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 “&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

11 August 2022

Date of mailing of the international search report

08 September 2022

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing
100088, China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2022/103373

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 1306898 A (HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE & ENGINEERING) 08 August 2001 (2001-08-08) description, page 3 lines 21-31, and figure 2	1-16
X	US 2002100750 A1 (SHI HANMIN) 01 August 2002 (2002-08-01) description, paragraphs 47-49, and figures 1-3	1-16
X	US 2006292709 A1 (JAPAN SCIENCE AND TECHNOLOGY AGENCY et al.) 28 December 2006 (2006-12-28) description, paragraphs 70-71, abstract, and figures 1-12	1-6, 11-12, 16
X	CN 104401002 A (FUZHOU UNIVERSITY) 11 March 2015 (2015-03-11) description, paragraphs 17-22	1-6, 16
A	CN 104407441 A (FUZHOU UNIVERSITY) 11 March 2015 (2015-03-11) entire document	1-16
A	CN 1048996 A (MAHO AKTIENGESELLSCHAFT) 06 February 1991 (1991-02-06) entire document	1-16
A	JP 2003071530 A (MORUTECH K.K.) 11 March 2003 (2003-03-11) entire document	1-16
A	US 6021358 A (SACHS, G. A.) 01 February 2000 (2000-02-01) entire document	1-16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2022/103373

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	113865958	A	31 December 2021	None			
CN	105057892	A	18 November 2015	None			
CN	107914014	A	17 April 2018	CN	107914014	B	12 July 2019
CN	106216862	A	14 December 2016	CN	106216862	B	16 October 2018
CN	111872571	A	03 November 2020	None			
CN	1306898	A	08 August 2001	CN	1088640	C	07 August 2002
US	2002100750	A1	01 August 2002	US	6495794	B2	17 December 2002
US	2006292709	A1	28 December 2006	WO	2004076343	A1	10 September 2004
				EP	1598312	A1	23 November 2005
				EP	1598312	A4	26 March 2008
				JP	4269028	B2	27 May 2009
				KR	20050107475	A	11 November 2005
				KR	100709514	B1	20 April 2007
CN	104401002	A	11 March 2015	None			
CN	104407441	A	11 March 2015	CN	104407441	B	08 March 2017
CN	1048996	A	06 February 1991	EP	0407969	A1	16 January 1991
				DE	3923356	C1	07 February 1991
				JP	H03114688	A	15 May 1991
				US	5149937	A	22 September 1992
				US	5225650	A	06 July 1993
				EP	0407969	B1	06 October 1993
				DE	59002985	D1	11 November 1993
				ES	2054166	T3	01 August 1994
				CN	1034916	C	21 May 1997
				RU	2085351	C1	27 July 1997
				RU	2086378	C1	10 August 1997
				JP	2787990	B2	20 August 1998
JP	2003071530	A	11 March 2003	None			
US	6021358	A	01 February 2000	None			

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2022/103373

A. 主题的分类

G01N 1/28(2006.01)i; G06T 19/00(2011.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

G01N; G06T; B23K; B29C; B44C; B22F

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNTXT;ENTXTC;ENTXT;VEN;DWPI: 三维模型, 制造, 切片, 逐层, 去除, 雕刻, 沉积, 增材, 减材, 基材, 坯材, 坯料, 激光, 电子束, 等离子, 离子束, 凹槽, 空腔, 半球体, 圆锥体, 球冠, 微透镜, 3D打印, three dimensional, manufactur+, slic+, layer by layer, remov+, carv+, deposit+, increas+, reduc+, laser, focused ion beam, FIB, electron beam?, plasma, semi spherical, groove, hemispheroid, cone, spherical crown, micro len

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 113865958 A (卡尔蔡司上海管理有限公司等) 2021年12月31日 (2021 - 12 - 31) 权利要求第1-16项	1-16
X	CN 105057892 A (中国科学院力学研究所) 2015年11月18日 (2015 - 11 - 18) 说明书第24-34段	1-16
X	CN 107914014 A (西北有色金属研究院) 2018年4月17日 (2018 - 04 - 17) 说明书第6-12段	1-6, 11-12, 16
X	CN 106216862 A (华中科技大学) 2016年12月14日 (2016 - 12 - 14) 说明书第29-46段及图1-3	1-6, 11-12, 16
X	CN 111872571 A (广州三义激光科技有限公司) 2020年11月3日 (2020 - 11 - 03) 说明书第22-34段及图1-6	1-16
X	CN 1306898 A (华中理工大学) 2001年8月8日 (2001 - 08 - 08) 说明书第3页第21-31行及图2	1-16
X	US 2002100750 A1 (SHI H) 2002年8月1日 (2002 - 08 - 01) 说明书第47-49段及图1-3	1-16

☒ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2022年8月11日

国际检索报告邮寄日期

2022年9月8日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局(ISA/CN)

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

授权官员

张娟

电话号码 (86-27) 59371244

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
X	US 2006292709 A1 (JAPAN SCIENCE & TECH AGENCY et al.) 2006年12月28日 (2006 - 12 - 28) 说明书第70-71段、摘要及图1-12	1-6, 11-12, 16
X	CN 104401002 A (福州大学) 2015年3月11日 (2015 - 03 - 11) 说明书第17-22段	1-6, 16
A	CN 104407441 A (福州大学) 2015年3月11日 (2015 - 03 - 11) 全文	1-16
A	CN 1048996 A (马霍股份公司) 1991年2月6日 (1991 - 02 - 06) 全文	1-16
A	JP 2003071530 A (MORUTECH KK) 2003年3月11日 (2003 - 03 - 11) 全文	1-16
A	US 6021358 A (SACHS G A) 2000年2月1日 (2000 - 02 - 01) 全文	1-16

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2022/103373

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	113865958	A	2021年12月31日	无	
CN	105057892	A	2015年11月18日	无	
CN	107914014	A	2018年4月17日	CN	107914014 B 2019年7月12日
CN	106216862	A	2016年12月14日	CN	106216862 B 2018年10月16日
CN	111872571	A	2020年11月3日	无	
CN	1306898	A	2001年8月8日	CN	1088640 C 2002年8月7日
US	2002100750	A1	2002年8月1日	US	6495794 B2 2002年12月17日
US	2006292709	A1	2006年12月28日	WO	2004076343 A1 2004年9月10日
				EP	1598312 A1 2005年11月23日
				EP	1598312 A4 2008年3月26日
				JP	4269028 B2 2009年5月27日
				KR	20050107475 A 2005年11月11日
				KR	100709514 B1 2007年4月20日
CN	104401002	A	2015年3月11日	无	
CN	104407441	A	2015年3月11日	CN	104407441 B 2017年3月8日
CN	1048996	A	1991年2月6日	EP	0407969 A1 1991年1月16日
				DE	3923356 C1 1991年2月7日
				JP	H03114688 A 1991年5月15日
				US	5149937 A 1992年9月22日
				US	5225650 A 1993年7月6日
				EP	0407969 B1 1993年10月6日
				DE	59002985 D1 1993年11月11日
				ES	2054166 T3 1994年8月1日
				CN	1034916 C 1997年5月21日
				RU	2085351 C1 1997年7月27日
				RU	2086378 C1 1997年8月10日
				JP	2787990 B2 1998年8月20日
JP	2003071530	A	2003年3月11日	无	
US	6021358	A	2000年2月1日	无	