

(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
2020 年 8 月 6 日 (06.08.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/155480 A1

- (51) 国际专利分类号:
A23P 30/00 (2016.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2019/088547
- (22) 国际申请日: 2019 年 5 月 27 日 (27.05.2019)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201910089465.1 2019 年 1 月 30 日 (30.01.2019) CN
- (71) 申请人: 江南大学(JIANGNAN UNIVERSITY) [CN/
CN]; 中国江苏省无锡市蠡湖大道 1800 号
张勇, Jiangsu 214122 (CN)。
- (72) 发明人: 范大明(FAN, Daming); 中国江苏省无锡市
蠡湖大道 1800 号张勇, Jiangsu 214122 (CN)。

赵子龙(ZHAO, Zilong); 中国江苏省无锡市蠡湖大道 1800 号张勇, Jiangsu 214122 (CN)。金立明(JIN, Liming); 中国江苏省无锡市蠡湖大道 1800 号张勇, Jiangsu 214122 (CN)。闫博文(YAN, Bowen); 中国江苏省无锡市蠡湖大道 1800 号张勇, Jiangsu 214122 (CN)。张灏(ZHANG, Hao); 中国江苏省无锡市蠡湖大道 1800 号张勇, Jiangsu 214122 (CN)。高文华(GAO, Wenhua); 中国江苏省无锡市蠡湖大道 1800 号张勇, Jiangsu 214122 (CN)。曹洪伟(CAO, Hongwei); 中国江苏省无锡市蠡湖大道 1800 号张勇, Jiangsu 214122 (CN)。杨化宇(YANG, Huayu); 中国江苏省无锡市蠡湖大道 1800 号张勇, Jiangsu 214122 (CN)。赵建新(ZHAO, Jianxin); 中国江苏省无锡市蠡湖大道 1800 号张勇, Jiangsu 214122 (CN)。陈

(54) Title: THREE-DIMENSIONAL PRINTING METHOD FOR FOOD USING MICROWAVES AND PRINTER

(54) 发明名称: 一种食品微波三维打印方法及打印机

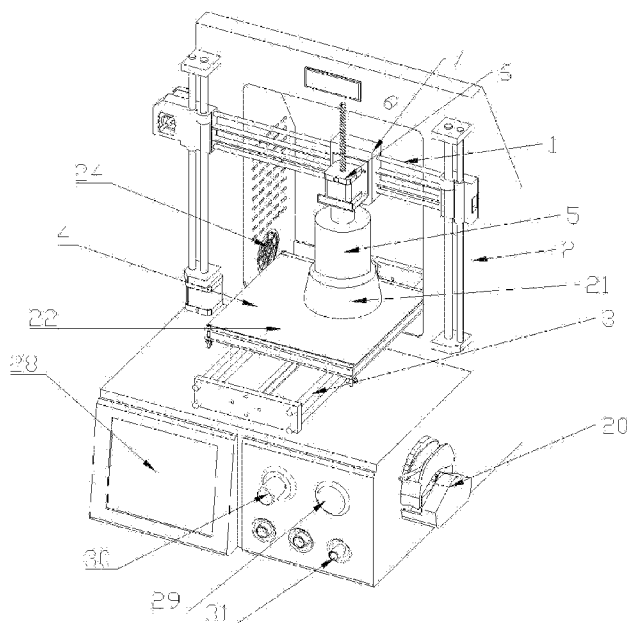


图 1

(57) Abstract: A three-dimensional printing method for food using microwaves and a printer, which relate to the technical field of foodstuffs. Microwaves are released at the front end by means of a microwave heating probe (9) embedded in the inner wall of a feeding barrel (5), and the effect of instant curing of an extruded material is achieved by combining the size settings of a non-wave absorbing material (27); by means of the design of a horn mouth (21) and a choke groove (23) of an anti-leakage unit and the design of a wave absorbing material of a printing platform (4), the heating efficiency of a product is effectively improved, and microwave leakage and



WO 2020/155480 A1

卫 (CHEN, Wei); 中国江苏省无锡市蠡湖大道
1800号张勇, Jiangsu 214122 (CN)。

(74) 代理人: 哈尔滨市阳光惠远知识产权代理有限公司 (HARBIN SHINEIP INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY CO., LTD.); 中国黑龙江省哈尔滨市松北区科技一街99号18栋E501张勇, Heilongjiang 150028 (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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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))。

diffusion are prevented. A cooling device is provided so as to ensure that a material to be printed contained in the charging barrel (5) is not cooked by microwave heating before entering the an extrusion nozzle (26). Microwaves are generated by a microwave solid-state source (8) and are conducted by a transmission line, so that microwave output is stable. In addition, power and frequency may be adjusted according to printing requirements, and the microwave solid-state source (8) is small in size and convenient to integrate. The printed product structure is high in mechanical strength by means of printing and heating curing, a hollow unsupported three-dimensional structure may be manufactured, and a product model does not easily collapse.

(57) 摘要: 一种食品微波三维打印方法及打印机, 属于食品技术领域。通过嵌入料筒(5)内壁的微波加热探头(9)在前端释放微波, 结合非吸波材料(27)的尺寸设置, 实现了挤出物料即时熟化的效果; 通过防泄漏单元的喇叭口(21)、扼流槽(23)设计, 结合打印平台(4)的吸波材料设计, 有效提高产品加热效率, 防止微波泄漏和扩散; 通过设置冷却装置, 保证了料筒(5)中盛放的待打印物料在未进入挤出喷嘴(26)时不被微波加热熟化; 通过微波固态源(8)产生以及传输线传导微波, 使得微波输出稳定, 且功率、频率可根据打印需求进行调节, 微波固态源(8)体积小便于集成; 通过边打印边加热熟化的方式使得打印出的产品结构机械强度高, 可实现中空无支撑立体结构的制作, 产品造型不易坍塌。

一种食品微波三维打印方法及打印机

技术领域

本发明涉及一种食品微波三维打印方法及打印机，属于食品技术领域。

背景技术

3D 打印是一种新型的制造方式，它根据控制系统的指令进行分层打印、逐层堆积的打印方式制造零件，相较于传统的制作方法具有速度快、适用范围广、精度高的特点。目前 3D 打印在食品领域中主要应用于巧克力和自主混合浆料等温敏型物料的打印，且大多采用熔融沉积成型（Fused Deposition Modeling, FDM）技术。FDM 技术是将熔融或者浆状的食品流体从喷嘴中挤出，在平台上堆积成型。由于巧克力的熔点较低，熔融的巧克力在料筒中挤出，遇到温度低于巧克力熔点的打印平台就立即固定成型，且固化的巧克力有着较高的机械强度，所以 3D 打印巧克力同样适用于无支撑立体结构的打印。

相对来说，鱼糜、肉糜和米面浆料等流动态凝胶型食品则主要作为餐盘装饰出现于餐饮领域中，由于其未经熟化，不适于食用。而对于此类物料的 3D 打印加工技术，目前主要采用先打印后熟化的方案，但是由于未熟化的食品浆料的机械强度较差，打印过程中易发生坍塌，很难打印具有较好的中空无支撑立体式结构的产品；并且打印成型的食物浆料在加热熟化的阶段，极易发生制品的形变，难以满足消费者对于产品的要求。

为了解决 3D 打印对温敏型物料的依赖以及对中空无支撑立体式结构机械强度低，易坍塌等现象，使其能够应用于上述鱼糜、肉糜和米面浆料等流动态凝胶型食品的 3D 打印，即时熟化式打印方法逐渐引起了研究者的兴趣。贾伟锋（201720021832.0）公开的一种制作煎饼的 3D 打印机以及赵铮（201620975303.X）（201620969406.5）公开的一种煎饼 3D 打印机以及基于煎饼 3D 打印机的加热装置，均采用了在打印平台安装加热板的方式实现对煎饼的边打印边熟化，但是传导加热的方式不适用于具有一定厚度或高度的立体式结构产品，并且由于传导式加热会导致先喷出的物料加热过度，而后喷出的物料加热不彻底，进而造成产品熟化不均匀。

李卫荣（201711206387.6）公开了一种 3D 打印的微波加热机构，通过磁控管产生微波，并通过上下微波屏蔽框限制微波的加热范围，对挤出的塑料、金属熔融丝加热，使物料保持熔融状态便于成型。但是微波在空气中传输易发生散射、折射、消散，因此并不能够确保微波导流罩内的微波能够以恒定的量穿过微波出口环到达打印腔以实现打印对象的均匀加热，并且微波发生器未设置冷却装置，易发生过热现象，损坏部件。

杨卫民（201510235822.2）公开了一种微波烧结的 3D 打印机，采用的微波刀直径细、微波范围小，但是医用的微波刀可以承受的功率以及温度低，加热速度、穿透能力差、寿命短；并且医用微波刀没有防泄漏装置，微波易泄漏对人体造成伤害，在传输过程中逐渐消散，不适用于食品的微波加工处理。同时，由于物料具有损耗因数，微波在穿透物料的时候会发生衰减，因此物料的厚度需要根据微波刀的微波范围和物料的损耗常数确定，使其在食品领域内的 3D 打印应用中使用受限。

因此亟需研究一种能够对鱼糜、肉糜和米面浆料等流动态凝胶型食品进行 3D 打印，且不受所需打印成型后的物料的厚度或者中空立体结构性强等因素的限制的 3D 打印及对应的打印机。

发明内容

为了解决目前存在的在鱼糜、肉糜和米面浆料等流动态凝胶型食品的 3D 打印过程出现的熟化不彻底、打印制品易坍塌、不易打印中空立体结构的制品等问题，本发明提供了一种食品微波三维打印方法及打印机。

本发明的第一个目的在于提供一种食品微波三维打印机，所述食品三维打印机包括打印驱动机构、微波加热单元、防泄漏单元、挤出单元、控制单元和打印平台；其中，微波加热单元包括微波加热探头；挤出单元包括料筒，所述料筒的料筒壁为部分中空结构，所述微波加热探头位于所述料筒壁的中空结构内。

可选的，所述微波加热探头包括微波传输线、冷却装置、不锈钢管、绝缘体；其中，不锈钢管置于料筒壁的中空结构内，微波传输线和冷却装置置于不锈钢管内，绝缘体位于微波加热探头终端处且对不锈钢管进行密封。

可选的，微波传输线为同轴线。

可选的，所述料筒具有挤出喷嘴，所述挤出喷嘴端口具有非吸波材料，所述非吸波材料的尺寸，即微波加热探头前端与挤出喷嘴之间的垂直距离，根据待打印物料的微波反射损耗 $R(dB)$ 确定。

可选的，非吸波材料设置为圆环状，套在挤出喷嘴上。

可选的，所述非吸波材料包括：聚四氟乙烯、玻璃、陶瓷、PFA，石英、PEEK、聚砜、聚醚砜、PPS、聚丙烯 PP、聚乙烯 PE、聚碳酸酯 PC、玻纤。

可选的，所述非吸波材料为圆环形，所述非吸波材料的尺寸根据待打印物料的微波反射损耗 $R(dB)$ 确定，包括：根据待打印物料的微波反射损耗 $R(dB)$ 确定微波加热探头前端与挤

出喷嘴之间的垂直距离 d ;

根据下述公式确定 d 的取值;

$$R(\text{dB}) = -20 \left| \frac{z_{in} - 1}{z_{in} + 1} \right|$$

$$z_{in} = \sqrt{\frac{\mu_0 \mu}{\epsilon_0 \epsilon}} \tan h_i \frac{\omega}{c} \sqrt{\epsilon_0 \mu_0 \epsilon \mu d}$$

在指定频率下, 物料的吸波效果与其厚度并非呈简单的线性关系, 当物料的反射损耗 R (dB) 曲线吸收峰值最小时对应的厚度即为最佳尺寸, 即 d 值等于物料反射损耗的最佳吸收厚度。

其中, z_{in} 为待打印物料的输入阻抗; c 为真空光速, $c = 3 \times 10^8 \text{m/s}$; $\omega = 2\pi f$, f 为微波频率, μ_0 为自由空间中磁导率, 取值为 $4\pi \times 10^{-7} \text{H/m}$; μ 为待打印物料的磁导率; ϵ_0 为自由空间中的介电常数, 取值为 $8.854 \times 10^{-12} \text{F/m}$; ϵ 为物料的介电常数。

可选的, 所述冷却装置包括进水口、出水口, 进水管、出水管和进出水三通; 所述微波传输线一端通过转接器与微波产生装置连接, 另一端连接于绝缘体中。

可选的, 所述冷却装置的进水口通过蠕动泵与冷却液容器连接, 冷却液经蠕动泵泵入进水口, 通过进水管进入不锈钢管与微波传输线以及绝缘体组成的间隙, 再经出水口流回冷却液容器。

可选的, 所述蠕动泵的泵头为可拆卸泵头。

可选的, 所述打印机还包括微波产生装置, 所述微波产生装置包括冷却风扇和微波固态源;

所述防泄漏单元包括: 料筒前端的喇叭口、打印平台上的微波吸收涂层、料筒前端的扼流槽。

可选的, 所述食品三维打印机还包括底部机箱, 微波产生装置位于底部机箱内。

本发明的第二个目的在于提供一种食品三维打印方法, 所述方法采用上述食品三维打印机, 包括:

根据待打印物料的种类选择具有相应尺寸的非吸波材料的料筒安装在所述食品三维打印机上;

设定食品三维打印机的微波功率;

根据打印模型对待打印物料进行 3D 打印。

可选的，所述根据待打印物料的种类选择具有相应尺寸的非吸波材料的料筒安装在所述食品三维打印机上，包括：根据下述公式确定非吸波材料的尺寸，即微波加热探头前端与挤出喷嘴之间的垂直距离 d 的取值；

$$R(\text{dB}) = -20 \left| \frac{z_{in} - 1}{z_{in} + 1} \right|$$

$$z_{in} = \sqrt{\frac{\mu_0 \mu}{\varepsilon_0 \varepsilon}} \tan h_i \frac{\omega}{c} \sqrt{\varepsilon_0 \mu_0 \varepsilon \mu d}$$

在指定频率下，物料的吸波效果与其厚度并非呈简单的线性关系，当物料的反射损耗 R (dB) 曲线吸收峰值最小时对应的厚度即为最佳尺寸，即 d 值等于物料反射损耗的最佳吸收厚度。

其中， z_{in} 为待打印物料的输入阻抗； c 为真空光速， $c = 3 \times 10^8 \text{m/s}$ ； $\omega = 2\pi f$ ， f 为微波频率， μ_0 为自由空间中磁导率，取值为 $4\pi \times 10^{-7} \text{H/m}$ ； μ 为待打印物料的磁导率； ε_0 为自由空间中的介电常数，取值为 $8.854 \times 10^{-12} \text{F/m}$ ； ε 为待打印物料的介电常数。

本发明的第三个目的在于提供上述食品三维打印机和/或上述食品三维打印方法在食品三维打印技术领域内的应用，所述食品包括流动态凝胶型食品。

本发明有益效果是：

本发明提供的食品三维打印机和打印方法，实现了连续式即时熟化加工的 3D 打印技术，有效避免了传统 3D 打印机对温敏型物料的依赖；通过嵌入料筒内壁的微波加热探头在前端绝缘体处释放微波，结合非吸波材料的尺寸设置，实现了挤出物料即时熟化的效果；通过防泄漏单元的喇叭口、扼流槽设计，结合打印平台的吸波材料设计，有效提高产品加热效率，防止微波泄漏和扩散；通过微波固态源以及同轴线传输微波，使得微波输出稳定，且功率、频率可根据打印需求进行调节，且微波固态源体积小便于集成；本发明提供的食品三维打印机和打印方法可快速加热并固化 3D 打印机所挤出的物料，使得产品结构机械强度高，可实现中空无支撑立体结构的制作，制得的产品造型不易坍塌。

附图说明

为了更清楚地说明本发明实施例中的技术方案，下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例，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，还可以根据这些附图获得其他的附图。

图 1 为本发明外观立体示意图；

图 2 为本发明机箱剖面图；

图 3 为本发明料筒剖面结构示意图；其中，I 为微波加热探头尾部结构示意图，II 为微波加热探头输出端结构示意图；

图 4 为微波加热探头尾部结构示意图 I 的放大图；

图 5 为微波加热探头输出端结构示意图 II 的放大图；

图 1-图 5 中，X 轴导杆 1、Z 轴导杆 2、Y 轴导杆 3、打印平台 4、料筒 5、丝杠步进电机 6、固定座 7 等打印驱动装机构。如图 1、图 2、图 3 所示，该 3D 打印机包括微波加热单元、防泄漏单元、挤出单元以及控制单元。微波加热单元包括微波固态源 8、微波加热探头 9、微波加热探头进水口 10、微波加热探头出水口 11、进出水三通 12、进水管 13、不锈钢管 14、传输电缆 15、绝缘体 16、出水管 17、微波加热探头转接器 18、蠕动泵 19、泵头 20，防泄漏单元包括喇叭口 21、橡胶平板吸波材料 22、扼流槽 23、散热风扇 24，挤出单元包括料筒壁 25、挤出喷嘴 26、非吸波材料 27，控制单元包括触摸屏 28、总开关 29、微波功率调整旋钮 30、蠕动泵流速调节旋钮 31、集成电路 32。

具体实施方式

为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合附图对本发明实施方式作进一步地详细描述。

实施例一：

本实施例提供一种食品三维打印机，参见图 1，所述食品三维打印机包括打印驱动机构、微波加热单元、防泄漏单元、挤出单元、控制单元和打印平台；其中，微波加热单元包括微波固态源，微波加热探头；挤出单元包括料筒，所述料筒的料筒壁为部分中空结构，所述微波加热探头位于所述料筒壁的中空结构内。

该食品三维（3D）打印机在设有打印驱动机构的 3D 打印机基础上设计而成，包括外围不锈钢框架材料、X 轴导杆 1、Z 轴导杆 2、Y 轴导杆 3、打印平台 4、料筒 5、丝杠步进电机 6、固定座 7 等打印驱动装机构。

如图 1、图 2、图 3 所示，该 3D 打印机的微波加热单元包括微波固态源 8、微波加热探头 9、微波加热探头进水口 10、微波加热探头出水口 11、进出水三通 12、进水管 13、不锈钢管 14、传输电缆 15、绝缘体 16、出水管 17、微波加热探头转接器 18、蠕动泵 19、泵头 20、防泄漏单元包括喇叭口 21、橡胶平板吸波材料 22、扼流槽 23、散热风扇 24，挤出单元

包括料筒壁 25、挤出喷嘴 26、非吸波材料 27，控制单元包括触摸屏 28、总开关 29、微波功率调整旋钮 30、蠕动泵流速调节旋钮 31、集成电路 32。

如图 3 所示，挤出单元的料筒 5 的料筒壁 25 含有部分中空结构，微波加热单元的微波加热探头 9 嵌入料筒壁 25 中，料筒 5 中盛放有待打印物料，打印过程中，待打印物料通过丝杠步进电机 6 的推动从挤出喷嘴 26 中喷出，挤出喷嘴 26 靠近料筒 5 的内层处设有非吸波材料 27，挤出喷嘴 26 为圆管型，当待打印物料进入至挤出喷嘴 26 中时，微波通过圆环形非吸波材料 27 对其进行加热熟化处理，为保证待打印物料的完全均匀熟化，不同的待打印物料选择不同尺寸的非吸波材料 27，具体的：

(1) 首先测定待打印物料的介电常数 ϵ 和磁导率 μ ；

$$z_{in} = \sqrt{\frac{\mu_0 \mu}{\epsilon_0 \epsilon}} \tan h_i \frac{\omega}{c} \sqrt{\epsilon_0 \mu_0 \epsilon \mu d}$$

将测得的待打印物料的介电常数 ϵ 和磁导率 μ 输入上述公式计算待打印物料的输入阻抗 z_{in} ，上述公式中， z_{in} 为待测物料的输入阻抗； c 为真空光速， $c = 3 \times 10^8 \text{m/s}$ ； $\omega = 2\pi f$ ， f 为微波频率， μ_0 为自由空间中磁导率，取值为 $4\pi \times 10^{-7} \text{H/m}$ ； μ 为待打印物料的磁导率； ϵ_0 为自由空间中的介电常数，取值为 $8.854 \times 10^{-12} \text{F/m}$ ； ϵ 为待打印物料的介电常数。

(2) 结合下述公式

$$R(\text{dB}) = -20 \left| \frac{z_{in} - 1}{z_{in} + 1} \right|$$

在指定频率下，物料的吸波效果与其厚度并非呈简单的线性关系，当物料的反射损耗 R (dB) 曲线吸收峰值最小时对应的厚度即为最佳尺寸，一般小于 -10dB ，得出待打印物料对应的非吸波材料 27 的尺寸，即微波加热探头 9 前端到挤出喷嘴 26 的垂直距离 d 。

如此即可保证待打印物料在挤出喷嘴 26 挤出时已被完全均匀熟化。

实际应用中，可将非吸波材料 27 设计为圆环状，套在挤出喷嘴 26 上，喷嘴 26 可以是圆管型，也可以是其他管型，比如矩形空心管，其挤出物料即为扁平状的，厚度可随意设置，本发明对此不作限定，实际应用中根据需要选择相应管型即可。

非吸波材料包括：聚四氟乙烯、玻璃、陶瓷、PFA，石英、PEEK、聚砜、聚醚砜、PPS、聚丙烯 PP、聚乙烯 PE、聚碳酸酯 PC、玻纤；

下述实施例中，非吸波材料 27 以聚四氟乙烯材料环为例进行说明。

同时，为保证料筒 5 中盛放有待打印物料在未进入挤出喷嘴 26 时不被微波加热熟化，

需要微波加热探头 9 内设置冷却装置，包括进水管 13 和出水管 17，与微波传输电缆 15 并行固定于不锈钢管 14 中，对应的，图 3 I 的放大图中（即图 4）示出了微波加热探头进水口 10 和微波加热探头出水口 11，以及进出水三通 12；微波加热探头进水口 10 连接进水管 13，微波加热探头出水口 11 连接出水管 17；冷却水从冷却液容器经泵头 20 泵出，经微波加热探头进水口 10 进入进出水三通 12，继续流经进水管 13 进入不锈钢管 14 内起到冷却作用，冷却水经出水管 17 进入进出水三通 12，从微波加热探头出水口 11 排出，继而流回冷却液容器；完成其冷却的功能；本发明附图中未示出冷却液容器，实际应用中可根据需要设置在合适的位置。

图 3 II 的放大图中（即图 5）微波加热探头输出端示意图中示出了微波加热探头输出端连接绝缘体 16 以及微波加热探头 9 与非吸波材料 27 的相对位置，

如图 3、图 4、图 5 所示，所述微波加热探头 9 固定于料筒壁内部的空腔中，所述微波加热探头 9 的绝缘体 16 一端靠近挤出喷嘴 26，所述微波加热探头转接器 18 一端靠近固定座 7 一端，并且通过料筒壁 25 上的开口固定在料筒壁 25 上；

如图 2、图 3、图 4、图 5 示，在发明一种适用于流动态食品连续式即时熟化加工的 3D 打印机中，微波加热探头 9 包括微波加热探头进水口 10、微波加热探头出水口 11、进出水三通 12、进水管 13、不锈钢管 14、传输电缆 15、绝缘体 16、出水管 17、微波加热探头转接器 18，所述不锈钢管 14 内部为空心结构，内部有微波传输电缆 15，所述不锈钢管 14 一端与微波加热探头转接器 18 连接，所述微波加热探头连接器包括微波加热探头转接器 18、微波加热探头进水口 10、微波加热探头出水口 11、进出水三通 12，所述微波传输电缆 15 靠近微波加热探头连接器的一端与微波加热探头转接器 18 相连接，微波传输电缆 15 的另一端位于不锈钢管 14 的开口端，并与配套的绝缘体 16 相连接；

如图 5 所示，微波传输电缆 15 伸至绝缘体 16 中，所述进水管 13 一端与微波加热探头进水口 10 相连，另一端进入不锈钢管 14，所述出水管 17 与微波加热探头出水口 11 相连接，所述冷却水经微波加热探头进水口 10 进入进出水三通 12，冷却水经进水管 13 进入不锈钢管 14 起到冷却作用，冷却水经出水管 17 进入进出水三通 12，从微波加热探头出水口 11 排出；

所述微波加热探头进水口 10 通过泵头 20 与冷却水水槽连接，微波加热探头进水口 10 与导管接口相匹配方便拆卸与安装，所述冷却水出水口 11 与冷却水水槽通过导管连接；

所述绝缘体 16 采用韧性好、低损耗、高介电常数、耐高温的绝缘材料，所述微波加热探头进水口 10、微波加热探头出水口 11、进出水三通 12 均为不锈钢材质防止微波泄漏并且

耐用性好,所述不锈钢管 14 不吸收、不透过微波,确保微波能够沿微波传输电缆 15 传输到微波加热探头 9 的绝缘体 16 处,使微波释放;

微波由微波固态源 8 产生,沿传输电缆传输到微波加热探头 9;

所述微波固态源 8 相较于传统的磁控管具有输出功率、相位和频率可调节,频率稳定度高,小型紧凑,容易集成,可承受 100%反射功率的特点.

所述料筒 5 顶部的外螺纹与固定座 7 的内螺纹相匹配,便于安装拆卸。

所述聚四氟乙烯材料环 27 的外径根据微波场下物料的微波吸收能力确定,确保物料在挤出喷嘴中挤出过程均匀接受微波能量。在材料学领域,基于传输线理论开展物料吸波性能的研究是众多学者普遍认同的。根据传输线理论可以推算出物料层的输入阻抗:

$$z_{in} = \sqrt{\frac{\mu_0 \mu}{\epsilon_0 \epsilon}} \tan h_i \frac{\omega}{c} \sqrt{\epsilon_0 \mu_0 \epsilon \mu d}$$

μ_0 为自由空间中磁导率,取值为 $4\pi \times 10^{-7} \text{H/m}$; μ 为物料的磁导率; ϵ_0 为自由空间中的介电常数,取值为 $8.854 \times 10^{-12} \text{F/m}$; ϵ 为物料的介电常数; c 为真空光速,取值为 $3 \times 10^8 \text{m/s}$; $\omega = 2\pi f$ 为频率; d 为最佳吸收厚度;则物料层的反射损耗 $R(\text{dB})$ 表示为:

$$R(\text{dB}) = -20 \left| \frac{z_{in} - 1}{z_{in} + 1} \right|$$

物料的吸波效果并非与其厚度并非呈简单的线性关系,高水分含量时物料的吸波特性呈现高度一致性,在指定频率存在最佳厚度。

所述料筒 5 的挤出喷嘴 26 末端与微波加热探头 9 之间固定有聚四氟乙烯材料环 27,能够透过微波并几乎不对微波造成损耗,实现微波的高效利用。

所述挤出喷嘴 26 前端有扼流槽 23 设计,与喇叭口 21、橡胶平板吸波材料 22 共同组成微波防泄漏单元。所述散热风扇 24 能够降低橡胶平板吸波材料 22 的温度,防止受热损坏。

料筒 5 的挤出端与喇叭口 21 通过螺纹连接,喇叭口的开口直径为 0.8 个波长,此设计符合传统波导加热器的要求,能够有效的防止微波的泄漏。

如图 2 所示,机箱内包括控制单元、微波固态源 8、蠕动泵 19,所述微波固态源 8 功率被控制单元调控,所述蠕动泵 19 的流速被控制单元控制,可根据不同加工要求改变功率和流速。

实施例二

本实施例提供一种食品三维打印方法，所述方法采用实施例一中给出的食品三维打印机，所述方法包括：

根据待打印物料的种类选择具有相应尺寸的非吸波材料的料筒安装在所述食品三维打印机上；

具体的，（1）首先测定待打印物料的介电常数 ε 和磁导率 μ ；

$$z_{in} = \sqrt{\frac{\mu_0 \mu}{\varepsilon_0 \varepsilon}} \tan h_i \frac{\omega}{c} \sqrt{\varepsilon_0 \mu_0 \varepsilon \mu d}$$

将待打印物料的介电常数 ε 和磁导率 μ 输入上述公式计算待打印物料的输入阻抗 z_{in} ，上述公式中， z_{in} 为物料的输入阻抗； c 为真空光速， $c = 3 \times 10^8 \text{m/s}$ ； $\omega = 2\pi f$ ， f 为微波频率， μ_0 为自由空间中磁导率， $4\pi \times 10^{-7} \text{H/m}$ ； μ 为物料的磁导率； ε_0 为自由空间中的介电常数， $8.854 \times 10^{-12} \text{F/m}$ ； ε 为物料的介电常数

（2）结合下述公式

$$R(\text{dB}) = -20 \left| \frac{z_{in} - 1}{z_{in} + 1} \right|$$

在指定频率下，物料的吸波效果与其厚度并非呈简单的线性关系，当物料的反射损耗 R （dB）曲线吸收峰值最小时对应的厚度即为最佳尺寸，即为微波加热探头 9 前端到挤出喷嘴 26 的垂直距离 d ，也就是非吸波材料 27 的外径。

选择此尺寸 d 的非吸波材料 27 即可保证待打印物料在挤出喷嘴 26 挤出时已被完全均匀熟化。选定后即可将具有该尺寸的非吸波材料 27 的料筒 5 通过螺旋固定到固定座 7 上。

设定食品三维打印机的微波功率；通过该打印机的微波功率调整旋钮 30 选定打印机的微波输出功率；

根据打印模型对待打印物料进行 3D 打印。

还可以通过蠕动泵流速调节旋钮 31 改变冷却液的流动速率以保证料筒 5 内层中的待打印物料在被挤入挤出喷嘴 26 之前不被熟化。

微波固态源 8 通过传输电缆连接微波加热探头转接器 18；所述泵头 20 连接导管一端接通冷却液容器，冷却液经泵头 20 连接的导管另一端流入微波加热探头进水口 10 经进出水三通 12 到达进水管 13，经进水管 13 进入不锈钢管 14 与微波传输电缆 15 以及绝缘体 16 组成的间隙，再通过出水管 17，经微波加热探头出水口 11 到达导管进入冷却液容器。

实际使用中，冷却液可采用冷却水，或者其他任何可起到冷却作用的液体，本发明实施例以采用冷却水为例进行说明。

打印之前还可能需要先对冷却水通路进行检漏，若发生漏水情况则进行检查，解决漏水问题。

若无漏水问题，在触摸屏 28 上点击开始打印进入打印程序。

打印过程中，微波固态源 8 产生微波，传输到微波加热探头 9 对物料进行加热，微波加热探头 9 发射的微波穿过非吸波材料 27 进入挤出喷嘴 26 对挤出的物料进行加热，由于物料挤出速度恒定，因此通过挤出喷嘴 26 被加热的物料的时间一致，达到物料受热均匀的目的。

物料在挤出喷嘴 26 内被加热熟化，随后到达打印平台 4，在打印平台 4 上逐层堆积成型。

挤出喷嘴 26 在第一层的高度上，Z 轴保持不变，X、Y 轴根据程序移动，通过丝杠步进电机 6 连接的丝杠推动挤出物料，挤出的物料被微波加热探头 9 加热熟化，经挤出喷嘴 26 挤出，到达打印平台 4。

当一层物料被打印完毕，料筒 5 沿 Z 轴上升一个高度进行下一步的打印，由于微波加热探头 9 被固定在料筒 5 上，加热探头 9 也上升一个高度，进行下一层挤出物料的加热。

待所有层打印完毕，各部件回原点，取出打印制品。

本发明提供的食品三维打印机和打印方法，实现了连续式即时熟化加工的 3D 打印技术，有效避免了传统 3D 打印机对温敏型物料的依赖；通过嵌入料筒壁的微波加热探头在前端释放微波，结合非吸波材料的尺寸设置，实现了挤出物料即时熟化的效果；通过防泄漏单元的喇叭口、扼流槽设计，结合打印平台的吸波材料设计，有效提高产品加热效率，防止微波泄漏和扩散；通过微波固态源以及同轴线传输微波，使得微波输出稳定，且功率、频率可根据打印需求进行调节，微波固态源体积小便于集成；通过在微波加热探头内设置冷却装置，保证了料筒中盛放的待打印物料在未进入挤出喷嘴时不被微波加热熟化；本发明提供的食品三维打印机和打印方法可快速加热并固化 3D 打印机所挤出的物料，使得产品结构机械强度高，可实现中空无支撑立体结构的制作，制得的产品造型不易坍塌。

本发明实施例中的部分步骤，可以利用软件实现，相应的软件程序可以存储在可读取的存储介质中，如光盘或硬盘等。

以上所述仅为本发明的较佳实施例，并不用以限制本发明，凡在本发明的精神和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

权 利 要 求 书

1. 一种食品三维打印机，其特征在于，所述食品三维打印机包括打印驱动机构、微波加热单元、防泄漏单元、挤出单元、控制单元和打印平台；其中，微波加热单元包括微波固态源、微波加热探头；挤出单元包括料筒，所述料筒的料筒壁为部分中空结构，所述微波加热探头位于所述料筒壁的中空结构内。

2. 根据权利要求1所述的打印机，其特征在于，所述微波加热探头包括微波传输线、冷却装置、不锈钢管、绝缘体；其中，不锈钢管置于料筒壁的中空结构内，微波传输线和冷却装置置于不锈钢管内，绝缘体位于微波加热探头终端处且对不锈钢管进行密封。

3. 根据权利要求2所述的打印机，其特征在于，所述料筒具有挤出喷嘴，所述挤出喷嘴端口具有非吸波材料，所述非吸波材料的尺寸，即微波加热探头前端与挤出喷嘴的垂直距离根据待打印物料的微波反射损耗 $R(dB)$ 确定。

4. 根据权利要求3所述的打印机，其特征在于，所述非吸波材料为圆环形，所述非吸波材料的尺寸根据待打印物料的微波反射损耗 $R(dB)$ 确定，包括：根据待打印物料的微波反射损耗 $R(dB)$ 确定微波加热探头前端与挤出喷嘴的垂直距离 d ；

根据下述公式确定 d 的取值；

$$R(dB) = -20 \left| \frac{z_{in} - 1}{z_{in} + 1} \right|$$

$$z_{in} = \sqrt{\frac{\mu_0 \mu}{\epsilon_0 \epsilon}} \tan h_i \frac{\omega}{c} \sqrt{\epsilon_0 \mu_0 \epsilon \mu} d$$

其中，物料的反射损耗 $R(dB)$ 曲线吸收峰值最小时对应的物料厚度值即为 d 值； z_{in} 为待打印物料的输入阻抗； c 为真空光速， $c = 3 \times 10^8 \text{m/s}$ ； $\omega = 2\pi f$ ， f 为微波频率， μ_0 为自由空间中磁导率，取值为 $4\pi \times 10^{-7} \text{H/m}$ ； μ 为待打印物料的磁导率； ϵ_0 为自由空间中的介电常数，取值为 $8.854 \times 10^{-12} \text{F/m}$ ； ϵ 为物料的介电常数。

5. 根据权利要求4所述的打印机，其特征在于，所述非吸波材料包括：聚四氟乙烯、玻璃、陶瓷、PFA，石英、PEEK、聚砜、聚醚砜、PPS、聚丙烯 PP、聚乙烯 PE、聚碳酸酯 PC、玻纤。

6. 根据权利要求 2-5 任一所述的打印机，其特征在于，所述冷却装置包括进水口、出水口，进水管、出水管和进出水三通；所述微波传输线一端通过转接器与微波产生装置连接，另一端连接于绝缘体中。

7. 根据权利要求 6 所述的打印机，其特征在于，所述冷却装置的进水口通过蠕动泵与冷却液容器连接，冷却液经蠕动泵泵入进水口，通过进水管进入不锈钢管与微波传输线以及绝缘体组成的间隙，再经出水口流回冷却液容器。

8. 根据权利要求 7 所述的打印机，其特征在于，所述蠕动泵的泵头为可拆卸泵头。

9. 根据权利要求 8 所述的打印机，其特征在于，所述打印机还包括微波产生装置，所述微波产生装置包括冷却风扇和微波固态源；

所述防泄漏单元包括：料筒前端的喇叭口、打印平台上的微波吸收涂层、料筒前端的扼流槽。

10. 根据权利要求 1 所述的打印机，其特征在于，所述打印机可用于打印流动态凝胶型食品。

11. 根据权利要求 1 所述的打印机，其特征在于，所述防泄漏单元包括：料筒前端的喇叭口、打印平台上的微波吸收涂层、料筒前端的扼流槽。

12. 根据权利要求 1 所述的打印机，其特征在于，所述食品三维打印机还包括底部机箱，微波产生装置位于底部机箱内。

13. 一种食品三维打印方法，其特征在于，所述方法采用权利要求 1-12 任一所述的食物三维打印机，包括：

根据待打印物料的种类选择具有相应尺寸的非吸波材料的料筒安装在所述食品三维打印机上；

设定食品三维打印机的微波功率；

根据打印模型对待打印物料进行 3D 打印。

14. 根据权利要求 13 所述的方法，其特征在于，所述根据待打印物料的种类选择相应

尺寸的非吸波材料的料筒安装在所述食品三维打印机上，包括：根据下述公式确定微波加热探头前端与挤出喷嘴之间的垂直距离 d ；

$$R(\text{dB}) = -20 \left| \frac{z_{in} - 1}{z_{in} + 1} \right|$$

$$z_{in} = \sqrt{\frac{\mu_0 \mu}{\varepsilon_0 \varepsilon}} \tan h_i \frac{\omega}{c} \sqrt{\varepsilon_0 \mu_0 \varepsilon \mu d}$$

其中，物料的反射损耗 R (dB) 曲线吸收峰值最小时对应的物料厚度值即为 d 值； z_{in} 为待打印物料的输入阻抗； c 为真空光速， $c = 3 \times 10^8 \text{m/s}$ ； $\omega = 2\pi f$ ， f 为微波频率， μ_0 为自由空间中磁导率，取值为 $4\pi \times 10^{-7} \text{H/m}$ ； μ 为待打印物料的磁导率； ε_0 为自由空间中的介电常数，取值为 $8.854 \times 10^{-12} \text{F/m}$ ； ε 为待打印物料的介电常数。

15 权利要求 1-12 任一所述的食物三维打印机和/或权利要求 13-14 任一所述的食物三维打印方法在食物三维打印技术领域内的应用，其特征在于，所述食物包括流动态凝胶型食物。

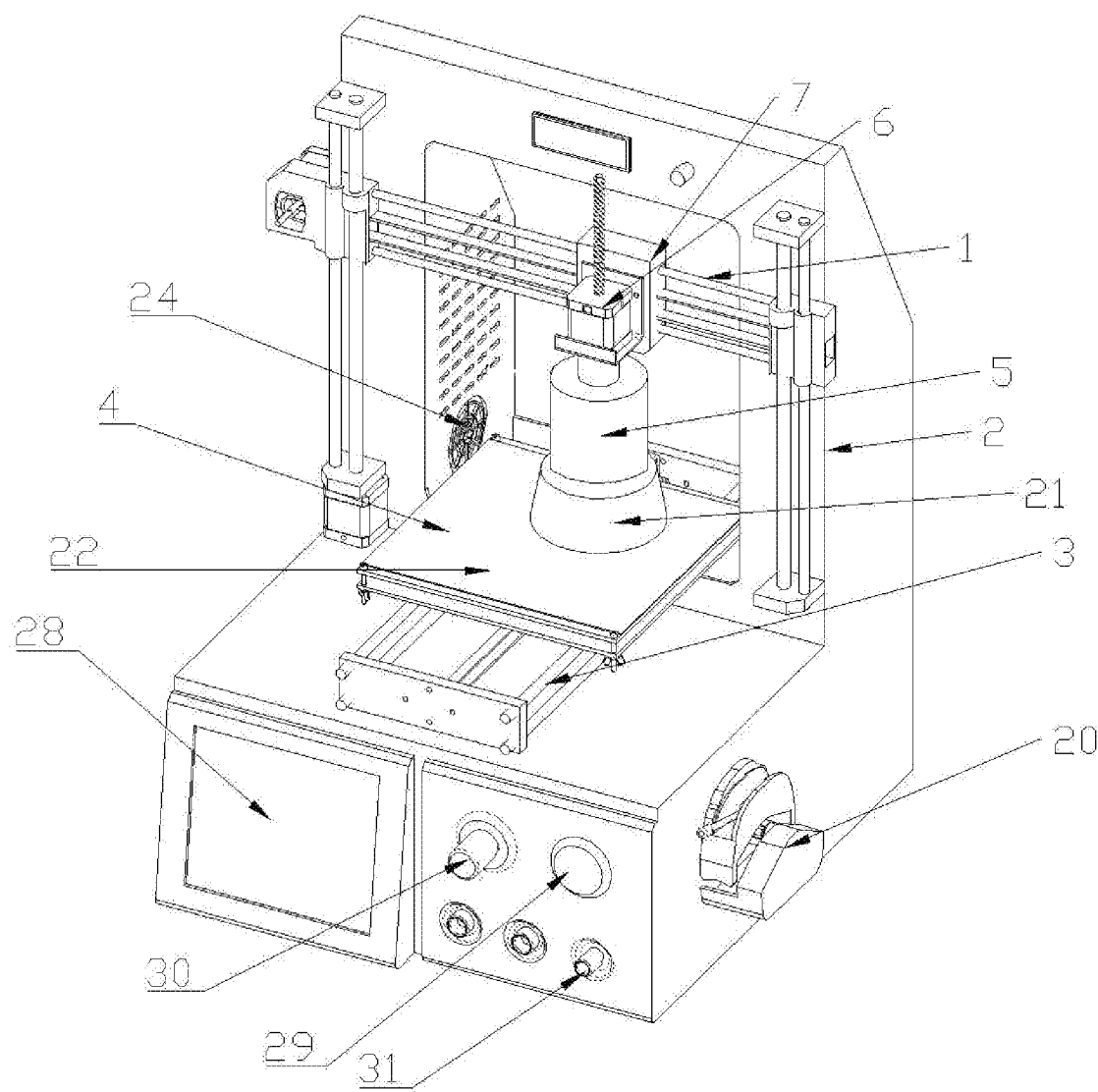


图 1

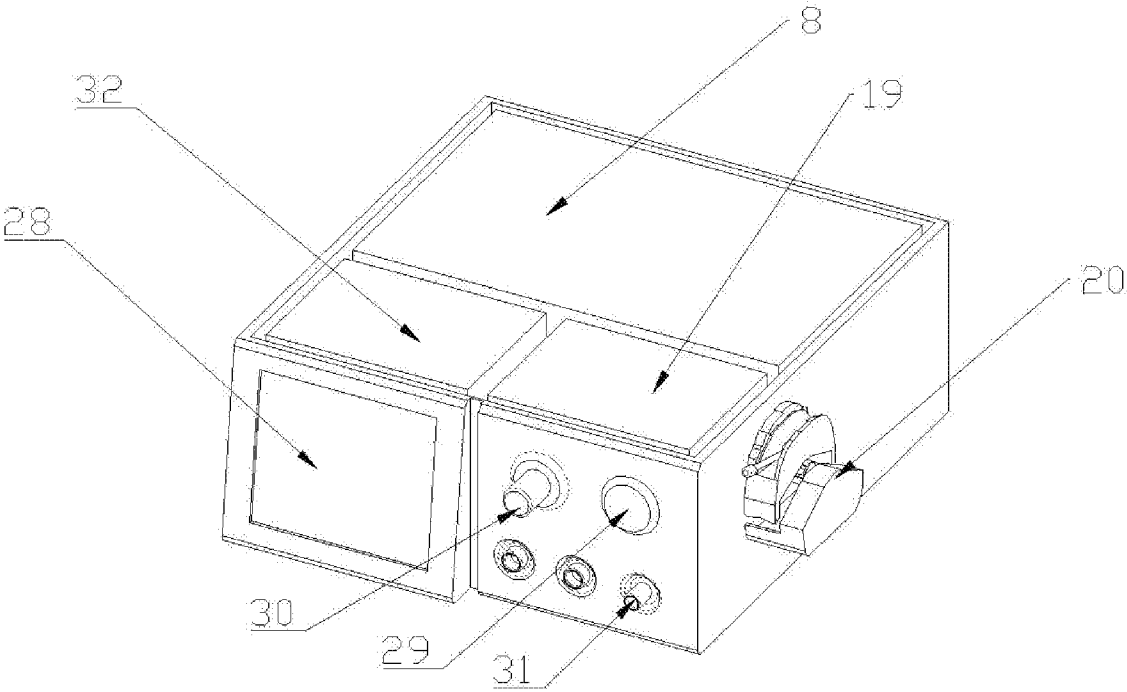


图 2

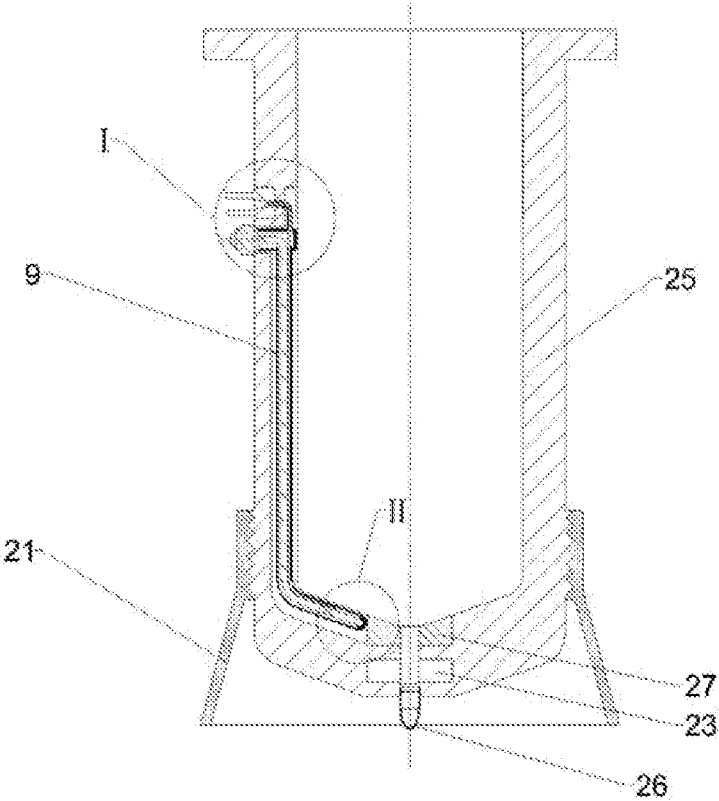


图 3

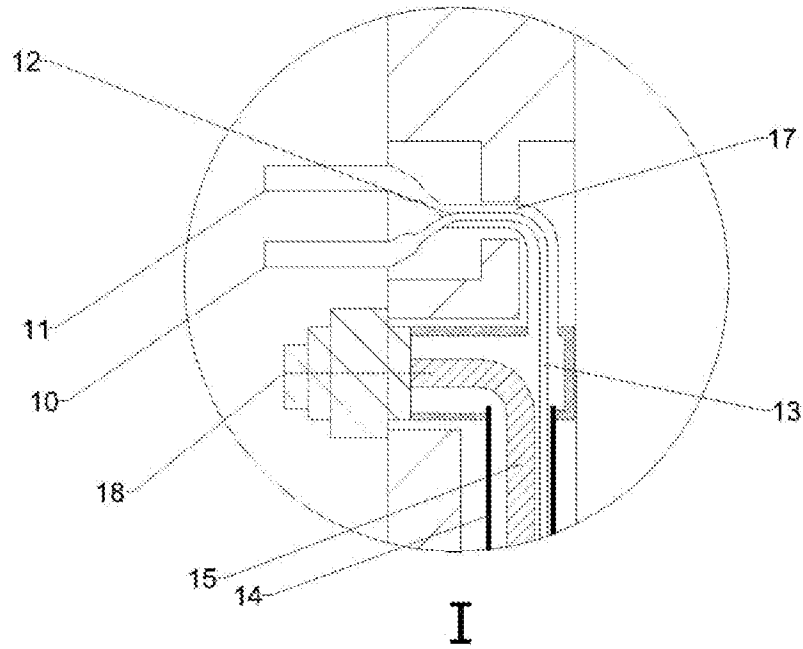


图 4

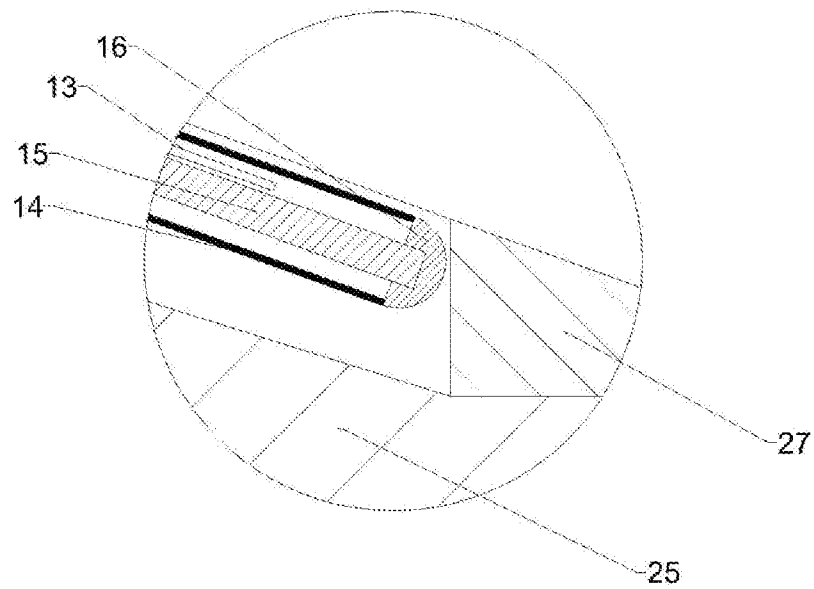


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/088547

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A23P 30/00(2016.01)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)

A23P

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)

CNPAT, WPI, EPODOC, CNKI: 江南大学, 范大明, 三维打印, 3D, 3-D, 打印, 微波, 屏蔽, 冷却, 食品, 食物, three dimensional, print+, microwave, food

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2015217682 A (KIM, S.M.) 07 December 2015 (2015-12-07) description, paragraphs 39-68, and figures 1-2	1-2, 6-13, 15
Y	CN 204534709 U (GUANGDONG MIDEA KITCHEN APPLIANCES MANUFACTURING CO., LTD. et al.) 05 August 2015 (2015-08-05) description, paragraphs 30-32 and 35, and figures 1-2	1-2, 6-13, 15
A	CN 208164299 U (SHENZHEN ANYCUBIC TECHNOLOGY CO., LTD.) 30 November 2018 (2018-11-30) entire document	1-15
A	CN 108135245 A (YISSUM RESEARCH DEVELOPMENT COMPANY OF THE HEBREW UNIVERSITY OF JERUSALEM LTD.) 08 June 2018 (2018-06-08) entire document	1-15
A	KR 101526827 B1 (KIM, S.M.) 05 June 2015 (2015-06-05) entire document	1-15
A	CN 109158535 A (BEIJING JIKE GUOCHUANG LIGHTWEIGHT SCIENCE RESEARCH INSTITUTE CO., LTD. et al.) 08 January 2019 (2019-01-08) entire document	1-15



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

16 October 2019

Date of mailing of the international search report

29 October 2019

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/088547

Patent document cited in search report				Publication date (day/month/year)		Patent family member(s)		Publication date (day/month/year)	
JP	2015217682	A	07 December 2015	JP	6030185	B2	24 November 2016		
				KR	101479900	B	08 January 2015		
CN	204534709	U	05 August 2015	None					
CN	208164299	U	30 November 2018	CN	108481733	A	04 September 2018		
CN	108135245	A	08 June 2018	US	2018192686	A1	12 July 2018		
				EP	3319463	A1	16 May 2018		
				WO	2017006330	A1	12 January 2017		
				KR	20180051489	A	16 May 2018		
				AU	2016290223	A1	22 February 2018		
KR	101526827	B1	05 June 2015	None					
CN	109158535	A	08 January 2019	None					

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/088547

A. 主题的分类

A23P 30/00 (2016.01) 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)

A23P

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))

CNPAT, WPI, EPDOC, CNKI:江南大学, 范大明, 三维打印, 3D, 3-D, 打印, 微波, 屏蔽, 冷却, 食品, 食物, three dimensional, print+, microwave, food

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
Y	JP 2015217682 A (KIM, S.M.) 2015年 12月 7日 (2015 - 12 - 07) 说明书第39-68段, 及附图1-2	1-2, 6-13, 15
Y	CN 204534709 U (广东美的厨房电器制造有限公司等) 2015年 8月 5日 (2015 - 08 - 05) 说明书第30-32、35段, 及附图1-2	1-2, 6-13, 15
A	CN 208164299 U (深圳市纵维立方科技有限公司) 2018年 11月 30日 (2018 - 11 - 30) 全文	1-15
A	CN 108135245 A (耶路撒冷希伯来大学伊森姆研究发展有限公司) 2018年 6月 8日 (2018 - 06 - 08) 全文	1-15
A	KR 101526827 B1 (KIM, S.M.) 2015年 6月 5日 (2015 - 06 - 05) 全文	1-15
A	CN 109158535 A (北京机科国创轻量化科学研究院有限公司等) 2019年 1月 8日 (2019 - 01 - 08) 全文	1-15

☐ 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

2019年 10月 16日

国际检索报告邮寄日期

2019年 10月 29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

钱雪

电话号码 86-10-53961082

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/088547

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)
JP	2015217682	A	2015年 12月 7日	JP 6030185 B2	2016年 11月 24日
				KR 101479900 B	2015年 1月 8日
CN	204534709	U	2015年 8月 5日	无	
CN	208164299	U	2018年 11月 30日	CN 108481733 A	2018年 9月 4日
CN	108135245	A	2018年 6月 8日	US 2018192686 A1	2018年 7月 12日
				EP 3319463 A1	2018年 5月 16日
				WO 2017006330 A1	2017年 1月 12日
				KR 20180051489 A	2018年 5月 16日
				AU 2016290223 A1	2018年 2月 22日
KR	101526827	B1	2015年 6月 5日	无	
CN	109158535	A	2019年 1月 8日	无	

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2015年1月)