

# (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  
2019年9月19日 (19.09.2019)



(10) 国际公布号  
**WO 2019/174621 A1**

- (51) 国际专利分类号:  
*H01G 11/70* (2013.01) *C23C 14/24* (2006.01)  
*C23C 14/20* (2006.01) *C23C 14/35* (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2019/078190
- (22) 国际申请日: 2019年3月14日 (14.03.2019)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:  
201810220747.6 2018年3月16日 (16.03.2018) CN
- (71) 申请人: 江苏中天科技股份有限公司 (JIANGSU ZHONGTIAN SCIENCE AND TECHNOLOGY CO., LTD.) [CN/CN]; 中国江苏省南通市如东县河口镇中天路1号薛济萍, Jiangsu 226463 (CN)。上海中天铝线有限公司

(SHANGHAI ZHONGTIAN ALUMINUM WIRE CO., LTD.) [CN/CN]; 中国上海市闵行区春中路18号顾孙望, Shanghai 201100 (CN)。清华大学 (TSINGHUA UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国北京市海淀区清华园1号赛伟中, Beijing 100084 (CN)。

(72) 发明人: 赛伟中 (QIAN, Weizhong); 中国北京市海淀区清华园1号, Beijing 100084 (CN)。薛济萍 (XUE, Jiping); 中国江苏省南通市如东县河口镇中天路1号, Jiangsu 226463 (CN)。杨周飞 (YANG, Zhoufei); 中国北京市海淀区清华园1号, Beijing 100084 (CN)。尤伟任 (YOU, Weiren); 中国上海市闵行区春中路18号, Shanghai 201100 (CN)。金鹰 (JIN, Ying); 中国江苏省南通市如东县河口镇中天路1号, Jiangsu 226463 (CN)。

(54) Title: POROUS ALUMINUM MACROSCOPIC BODY AND FABRICATION SYSTEM AND METHOD THEREFOR

(54) 发明名称: 多孔铝宏观体及其制造系统与方法

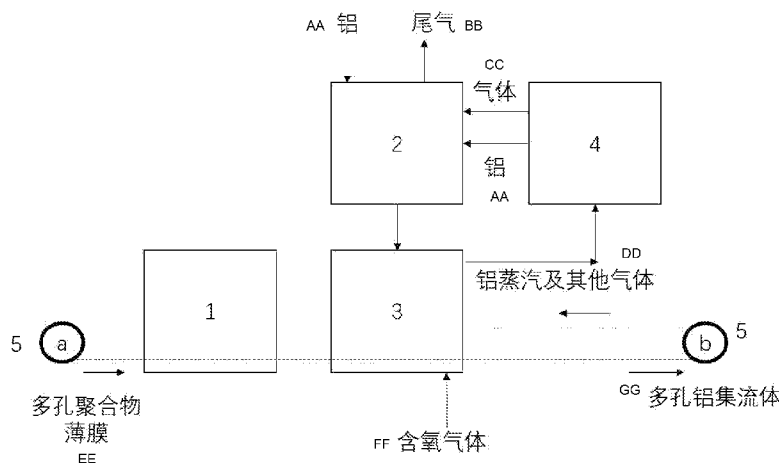


图 1

- AA Aluminum
- BB Exhaust
- CC Gas
- DD Aluminum vapor and other gases
- EE Porous polymer film
- FF Oxygenated gas
- GG Porous aluminum current collector

(57) Abstract: Disclosed are a porous aluminum macroscopic body and a fabrication system and method therefor, wherein the porous aluminum macroscopic body is a three-dimensional all-via structure formed by connecting hollow aluminum filaments, and the wall thickness of the hollow aluminum filaments is 7-100 micrometers. The porous aluminum macroscopic body has an overall porosity of 85-99%, a tensile strength of 0.4-2MPa, and a compressive strength of 1-3.5MPa. The fabrication system comprises a magnetron sputtering subsystem, a high temperature aluminum vapor subsystem, a low temperature aluminum deposition subsystem, an aluminum



WO 2019/174621 A1

顾孙望 (GU, Sunwang); 中国上海市闵行区春  
中路18号, Shanghai 201100 (CN)。

(74) 代理人: 西安智大知识产权代理事  
务所 (XI'AN CYDA INTELLECTUAL PROPERTY  
AGENCY); 中国陕西省西安市雁塔区科技路195  
号世纪颐园A707何会侠, Shaanxi 710075 (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)。

根据细则4.17的声明:

- 关于发明人身份(细则4.17(i))
- 关于申请人有权要求在先申请的优先权(细则  
4.17(iii))
- 发明人资格(细则4.17(iv))

本国际公布:

- 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

vapor recovery subsystem, and a porous polymer film transfer subsystem. A preparation method therefor comprises: first utilizing a magnetron sputtering method to rapidly sputter on a porous polymer film an aluminum layer that has a thickness of 1-500nm, then placing the same in a low pressure physical vapor deposition device, and continuing to deposit the aluminum layer to a thickness of 7-100 micrometers while decomposing the polymer film in-situ so as to obtain a porous aluminum macroscopic body. The foregoing product has the advantages of flexible porosity adjustment and high strength. The preparation method has advantages such as a short preparation time, low requirements for porous polymer film, no need for pre-treatment, continuous operation, low costs and the like.

(57) 摘要: 本发明公开了一种多孔铝宏观体及其制造系统与方法, 该多孔铝宏观体为空心铝丝相连接形成的三维全通孔结构, 空心铝丝的壁厚为7-100微米; 多孔铝宏观体的总体孔隙率为85-99%, 拉伸强度0.4-2MPa, 抗压强度1-3.5Mpa; 该制造系统包括磁控溅射子系统、高温铝蒸气子系统、低温铝沉积子系统、铝蒸气回收子系统以及多孔聚合物薄膜传送子系统; 其制备方法包括首先利用磁控溅射的方法在多孔聚合物薄膜上快速溅射1~500nm厚的铝层, 然后将其置于低压物理气相沉积器中, 继续沉积铝层至7-100微米厚度的同时, 原位将聚合物薄膜分解, 得到多孔铝宏观体; 该产品具有空隙率调节灵活, 强度高的优点, 制备方法具有制备时间短, 对多孔聚合物薄膜要求低, 不需要前处理, 可连续化操作, 成本低等优点。

## 多孔铝宏观体及其制造系统与amp;方法

### 技术领域

本发明属于电化学储能与金属加工技术领域，特别涉及一种电化学储能系统所用的多孔铝及制造系统与amp;方法。

### 背景技术

目前超级电容器与各种二次电池，是国际上清洁电化学储能的重点研究领域，具有可以可逆充放电的特性，从而可以存储能量，用于驱动各种动力设备，如车辆，起重机械，风力发电浆叶，各种电路开关，以及用于各种电源等。超级电容器与各种二次电池或其混合产品的共同结构特性是，具有活性材料，具有正负极及隔膜，具有集流体。传统的加工方法，常以无孔、平整与机械强度好，导电性好的金属箔（如铝箔）作为集流体（收集电流）。并且为了尽可能增加活性材料在器件中的质量份额，常将活性材料与粘接剂等通过混浆、辊压的方式，固定在宏观体表面。该方法已经实现了大工业化。

然而，用于超级电容的活性物质常为各种碳或炭材料。用于二次电池的活性材料，以锂离子电池为例，常为各种无机锂化合物。同时系统中用的必要的附件如隔膜、电解液等，其本征密度大多小于金属的本征密度。因此，在追求器件的质量能量密度与体积能量密度的前年下，传统的无孔宏观体显示出在器件中质量占比大，并不贡献能量的弊端。同时，传统的，将活性材料粘接在无孔金属宏观体上的加工方式，也具有不易拆解回收的弊端，不利于器件报废后的拆解回收，

对于降低成本，保护环境不利。

鉴于铝集流体的重要性，前人提出了多种多孔铝宏观体的制备方法，包括利用聚氨酯模板进行电镀或物理溅射。去除模板后，这些多孔空心铝宏观体空隙率可达 97%，导电性也很好，质量也非常轻。然而，电化学镀铝法使用含铝离子液体等昂贵试剂，且要求系统中不含任何水份，以避免离子液体分解，形成  $AlCl_3$  等强腐蚀性物质及 HCl 等酸雾。也使得多孔聚氨酯薄膜的除水成本上升。单纯的物理溅射法，克服了电化学镀铝的缺点，但其设备体积有限，不能够实现大面积样品的同时溅射，同时铝沉积速度过于缓慢。另外，工业上有高温物理蒸汽铝的方法，但高温铝蒸气会直接导致多孔聚氨酯薄膜熔化，得不到合格样品。

## 发明内容

鉴于已有方法的不足，本发明提供一种多孔铝宏观体，及其制造系统及制备方法，保证快速沉积，保持优异的电化学稳定性以及其他用途。

为了达到上述目的，本发明采用如下技术方案：

一种多孔铝宏观体，所述多孔铝宏观体为空心铝丝相连接形成的三维全通孔结构，空心铝丝的壁厚为 7-100 微米；多孔铝宏观体的总体孔隙率为 85-99%，拉伸强度 0.4-2MPa，抗压强度 1-3.5Mpa；空心孔被封闭，不与外界相通。

制备所述的多孔铝宏观体的制造系统，该系统包括一个磁控溅射子系统 1、一个高温铝蒸气子系统 2、一个低温铝沉积子系统 3、一个铝蒸气回收子系统 4 以及一条多孔聚合物薄膜传送子系统 5；多

孔聚合物薄膜传送子系统 5 与磁控溅射子系统 1 和低温铝沉积子系统 3 相互相连，形成多孔聚合物薄膜运动路径；高温铝蒸气子系统 2、低温铝沉积子系统 3 及铝蒸气回收子系统 4 相互连接，形成铝元素供应、沉积与回收路径。

所述低温铝沉积子系统 3 后端靠近多孔聚合物薄膜传送子系统 5 的方向设有含氧气体进口；在沉积铝的同时，利用铝的温度，使多孔聚合物薄膜完全燃烧；使多孔聚合物薄膜出低温铝沉积子系统 3 时，不含碳元素。

所述的含氧气体为含氧 2-10%的氮气或氩气。

所述低温铝沉积子系统 3 具有多个铝沉积通道，使低温铝沉积子系统 3 向多孔聚合物薄膜传送子系统 5 运动的多孔铝薄膜能够接触到含氧气体，但使从多孔聚合物薄膜传送子系统 5 返回低温铝沉积子系统 3 的多孔铝薄膜，不再与含氧气体接触。

所述铝蒸气回收子系统 4 含有引风系统，将低温铝沉积子系统 3 中的含惰性气体、燃烧聚合物后的尾气和铝蒸气的混合气体引入铝蒸气回收子系统 4；通过冷却使铝蒸气凝结为固体，与其他气体分离后，分别返回高温铝蒸气子系统 2。

所述高温铝蒸气子系统 2 将外界的铝及铝蒸气回收子系统 4 回收的铝，在高温铝蒸气子系统 2 中变为铝蒸气；同时，将铝蒸气回收子系统 4 通入的混合气体进行燃烧无害化处理，变为尾气，送出高温铝蒸气子系统 2。

制备所述的多孔铝宏观体的方法，包括如下步骤：

(1) 将厚度为 0.5-30 mm，宽度为 1-500 mm，长宽比 400:1~400000:1 的多孔聚合物薄膜绕在多孔聚合物薄膜传送子系统 5 的卷轴 a 上，以 1-20cm/min 速度送入磁控溅射子系统 1 中，在 25-50℃ 下，绝对压力为 0.5-5Pa 的氩气环境中，控制铝靶材的表面功率为 2-10W/cm<sup>2</sup>，向多孔聚合物薄膜的一面上通过溅射沉积 1-500nm 厚的

铝层；

(2) 启动高温铝蒸气子系统 2，在其中的熔融池中，始终将铝颗粒在 600-800℃下熔融，并在惰性气体氮气或氩气存在条件下，变成分压为 0.1-10%的铝蒸气；惰性气体携带铝蒸气向低温铝沉积子系统 3 移动；

(3) 将出磁控溅射子系统 1 的薄膜持续送入低温铝沉积子系统 3 中，将低温铝沉积子系统 3 的温度设置为 200-300℃，铝蒸气直接沉积在薄膜上，沉积时间控制在 1-30 分钟；

(4) 出低温铝沉积子系统 3 的镀铝薄膜，卷绕在多孔聚合物薄膜传送子系统 5 的卷轴 b 上，自动翻面，再次依次返回低温铝沉积子系统 3 及磁控溅射子系统 1 中，保证薄膜上下两面镀铝厚度均匀；

(5) 将低温铝沉积子系统 3 中多余的铝蒸气经过铝蒸气回收子系统 4 后，循环至高温铝蒸气子系统 2，使铝与惰性气体实现循环利用。

所述的制备方法，从低温铝沉积子系统 3 出来，铝线为空心结构，且空心的孔全部与外界介质相通。经过多孔聚合物薄膜传送子系统 5 返回低温铝沉积子系统 3 与磁控溅射子系统 1 后，铝线直径变大，且原来所有的空心孔被封闭，不再与外界相通。

所述多孔聚合物薄膜包含但不限于聚氨酯、聚烯烃、PVDF 膜和 PTFE 膜。

所述高温铝蒸气子系统 2 将外界的铝及铝蒸气回收子系统 4 回收的铝，在高温铝蒸气子系统 2 中通过高温熔融方法变为铝蒸气。

本发明的有益效果为：

(1) 与纯化学电镀的方法沉积铝相比，该方法速度快 20 倍，成本低 90%。

(2) 与单纯的溅射技术相比，沉积速度快 5 倍，而且成本降低 50%。所得产品与单纯溅射法沉积铝，再除去聚合物模板后的产品相

比，拉伸强度提高 50-80%。样品含氧量下降 50%。制备的多孔铝宏观体具有高空隙率、高强度的特点。

(3) 与单纯的高温物理蒸镀法相比，解决了其不能直接适用于多孔聚合物模板的难题。且产品表面的光洁度比单纯的高温蒸镀法，提高 10-20%。

(4) 有效地利用了高温铝蒸气产生子系统的热源与设备，使得除去聚合物模板的步骤减化 20%，成本降低 50%，有利于环保。

## 附图说明

图 1 本发明多孔铝宏观体制造系统示意图。

## 具体实施方式

下面结合附图和具体的实施例对本发明做进一步的说明：

### 实施例 1：

如图 1 所示，将厚度为 0.5 mm，宽 1 mm，长宽比 400000：1 的多孔聚氨酯薄膜绕在子系统 5 的卷轴 a 上，以 1cm/min 速度送入磁控溅射子系统 1 中，在 25℃、绝对压力为 5Pa 的惰性气体（氩气）环境中，控制铝靶材的表面功率为 2W/cm<sup>2</sup>，向多孔聚合物薄膜的一面上通过溅射连续沉积铝层，厚度为 1 nm。启动高温铝蒸气子系统 2，在其中的熔融池中，始终将铝颗粒在 600℃下熔融，并在惰性气体（氮气）存在条件下，变成铝蒸气（分压为 0.1%）。惰性气体携带铝蒸气向低温铝沉积子系统 3 移动。将低温铝沉积子系统 3 的温度设置为 200℃，将出磁控溅射子系统 1 的薄膜持续送入低温铝沉积子系统 3 中，铝蒸气直接沉积在薄膜上，沉积时间控制在 30 分钟。在低温铝沉积子系统 3 的出口端通入含 2%氧气的氮气，将聚合物氧化燃烧除去，并使去铝蒸气回收子系统 4 的气体中氧含量低于 1%。出低温铝沉积子系统 3 的镀铝薄膜，卷绕在多孔聚合物薄膜传送子系统 5 的卷轴 b 上，自动翻面，再次依次返回低温铝沉积子系统 3 及磁控溅射子系统 1 中，保证薄膜上下两面镀铝厚度均匀。空心铝丝的壁厚为 20

微米，宏观体孔隙率为 95%，拉伸强度 1MPa，抗压强度 1.5MPa。

将低温铝沉积子系统 3 中多余的铝蒸气、惰性载气及去除聚合物的气体引入铝蒸气回收子系统 4，通过冷却与分离，分固体铝与气体两路，返回至高温铝蒸气子系统 2，回收的铝与原料铝同时用于产生高温铝蒸气。气体在其中经过处理，以尾气形式排放。

#### 实施例 2:

如图 1 所示，将厚度为 30 mm，宽 500mm，长宽比 400:1 的多孔 PVDF 薄膜绕在子系统 5 的卷轴 a 上，以 20cm/min 速度送入磁控溅射子系统 1 中，在 50°C、绝对压力为 0.5Pa 的惰性气体（氩气）环境中，控制铝靶材的表面功率为 10W/cm<sup>2</sup>，向多孔聚合物薄膜的一面上通过溅射连续沉积铝层，厚度为 500nm。启动高温铝蒸气子系统 2，在其中的熔融池中，始终将铝颗粒在 800°C 下熔融，并在惰性气体（氮气）存在条件下，变成铝蒸气（分压为 10%）。惰性气体携带铝蒸气向低温铝沉积子系统 3 移动。将低温铝沉积子系统 3 的温度设置为 300°C，将出磁控溅射子系统 1 的薄膜持续送入低温铝沉积子系统 3 中，铝蒸气直接沉积在薄膜上，沉积时间控制在 1 分钟。在低温铝沉积子系统 3 的出口端通入含 10%氧气的氮气，将聚合物氧化燃烧除去，并使去铝蒸气回收子系统 4 的气体中氧含量低于 1%。出低温铝沉积子系统 3 的镀铝薄膜，卷绕在多孔聚合物薄膜传送子系统 5 的卷轴 b 上，自动翻面，再次依次返回低温铝沉积子系统 3 及磁控溅射子系统 1 中，保证薄膜上下两面镀铝厚度均匀。空心铝丝的壁厚为 100 微米，宏观体孔隙率为 85%，拉伸强度为 2MPa，抗压强度 3.5MPa。

将低温铝沉积子系统 3 中多余的铝蒸气、惰性载气及去除聚合物的气体引入铝蒸气回收子系统 4，通过冷却与分离，分固体铝与气体两路，返回至高温铝蒸气子系统 2，回收的铝与原料铝同时用于产生高温铝蒸气。气体在其中经过处理，以尾气形式排放。

### 实施例 3:

如图 1 所示, 将厚度为 5 mm, 宽 50mm, 长宽比 4000:1 的多孔 PTFE 薄膜绕在子系统 5 的卷轴 a 上, 以 10cm/min 速度送入磁控溅射子系统 1 中, 在 38℃、绝对压力为 2Pa 的惰性气体(氩气)环境中, 控制铝靶材的表面功率为 5W/cm<sup>2</sup>, 向多孔聚合物薄膜的一面上通过溅射连续沉积铝层, 厚度为 100nm。启动高温铝蒸气子系统 2, 在其中的熔融池中, 始终将铝颗粒在 700℃下熔融, 并在惰性气体(氩气)存在条件下, 变成铝蒸气(分压为 3%)。惰性气体携带铝蒸气向低温铝沉积子系统 3 移动。将低温铝沉积子系统 3 的温度设置为 250℃, 将出磁控溅射子系统 1 的薄膜持续送入低温铝沉积子系统 3 中, 铝蒸气直接沉积在薄膜上, 沉积时间控制在 10 分钟。在低温铝沉积子系统 3 的出口端通入含 5%氧气的氩气, 将聚合物氧化燃烧除去, 并使去铝蒸气回收子系统 4 的气体中氧含量低于 1%。出低温铝沉积子系统 3 的镀铝薄膜, 卷绕在多孔聚合物薄膜传送子系统 5 的卷轴 b 上, 自动翻面, 再次依次返回低温铝沉积子系统 3 及磁控溅射子系统 1 中, 保证薄膜上下两面镀铝厚度均匀。空心铝丝的壁厚为 7 微米, 宏观体孔隙率为 99%, 拉伸强度为 0.8MPa, 抗压强度 1.2MPa。

将低温铝沉积子系统 3 中多余的铝蒸气、惰性载气及去除聚合物的气体引入铝蒸气回收子系统 4, 通过冷却与分离, 分固体铝与气体两路, 返回至高温铝蒸气子系统 2, 回收的铝与原料铝同时用于产生高温铝蒸气。气体在其中经过处理, 以尾气形式排放。

### 实施例 4:

如图 1 所示, 将厚度为 10 mm, 宽 100mm, 长宽比 9000:1 的多孔聚丙烯薄膜绕在子系统 5 的卷轴 a 上, 以 10cm/min 速度送入磁控溅射子系统 1 中, 在 40℃、绝对压力为 3Pa 的惰性气体(氩气)环

境中，控制铝靶材的表面功率为  $7\text{W}/\text{cm}^2$ ，向多孔聚丙烯薄膜的一面上通过溅射连续沉积铝层，厚度为  $200\text{nm}$ 。启动高温铝蒸气子系统 2，在其中的熔融池中，始终将铝颗粒在  $750^\circ\text{C}$  下熔融，并在惰性气体（氩气）存在条件下，变成铝蒸气（分压为 8%）。惰性气体携带铝蒸气向低温铝沉积子系统 3 移动。将低温铝沉积子系统 3 的温度设置为  $300^\circ\text{C}$ ，将出磁控溅射子系统 1 的薄膜持续送入低温铝沉积子系统 3 中，铝蒸气直接沉积在薄膜上，沉积时间控制在 2 分钟。在低温铝沉积子系统 3 的出口端通入含 10%氧气的氩气，将聚合物氧化燃烧除去，并使去铝蒸气回收子系统 4 的气体中氧含量低于 1%。出低温铝沉积子系统 3 的镀铝薄膜，卷绕在多孔聚合物薄膜传送子系统 5 的卷轴 b 上，自动翻面，再次依次返回低温铝沉积子系统 3 及磁控溅射子系统 1 中，保证薄膜上下两面镀铝厚度均匀。空心铝丝的壁厚为 70 微米，宏观体孔隙率为 97%，拉伸强度为  $1.4\text{MPa}$ ，抗压强度  $2.5\text{MPa}$ 。

将低温铝沉积子系统 3 中多余的铝蒸气、惰性载气及去除聚合物的气体引入铝蒸气回收子系统 4，通过冷却与分离，分固体铝与气体两路，返回至高温铝蒸气子系统 2，回收的铝与原料铝同时用于产生高温铝蒸气。气体在其中经过处理，以尾气形式排放。

#### 实施例 5:

如图 1 所示，将厚度为  $20\text{mm}$ ，宽  $300\text{mm}$ ，长宽比 4000:1 的多孔聚乙烯薄膜绕在子系统 5 的卷轴 a 上，以  $2\text{cm}/\text{min}$  速度送入磁控溅射子系统 1 中，在  $25^\circ\text{C}$ 、绝对压力为  $1\text{Pa}$  的惰性气体（氩气）环境中，控制铝靶材的表面功率为  $4\text{W}/\text{cm}^2$ ，向多孔聚乙烯薄膜的一面上通过溅射连续沉积铝层，厚度为  $120\text{nm}$ 。启动高温铝蒸气子系统 2，在其中的熔融池中，始终将铝颗粒在  $780^\circ\text{C}$  下熔融，并在惰性气体（氮气）存在条件下，变成铝蒸气（分压为 0.4%）。惰性气体携带铝蒸气向低温铝沉积子系统 3 移动。将低温铝沉积子系统 3 的温度设置为

200℃，将出磁控溅射子系统 1 的薄膜持续送入低温铝沉积子系统 3 中，铝蒸气直接沉积在薄膜上，沉积时间控制在 2 分钟。在低温铝沉积子系统 3 的出口端通入含 3.5%氧气的氮气，将聚乙烯氧化燃烧除去，并使去铝蒸气回收子系统 4 的气体中氧含量低于 1%。出低温铝沉积子系统 3 的镀铝薄膜，卷绕在多孔聚合物薄膜传送子系统 5 的卷轴 b 上，自动翻面，再次依次返回低温铝沉积子系统 3 及磁控溅射子系统 1 中，保证薄膜上下两面镀铝厚度均匀。空心铝丝的壁厚为 35 微米，宏观体孔隙率为 89%，拉伸强度为 1.5 MPa，抗压强度 3MPa。

将低温铝沉积子系统 3 中多余的铝蒸气、惰性载气及去除聚合物的气体引入铝蒸气回收子系统 4，通过冷却与分离，分固体铝与气体两路，返回至高温铝蒸气子系统 2，回收的铝与原料铝同时用于产生高温铝蒸气。气体在其中经过处理，以尾气形式排放。

## 权 利 要 求 书

1、一种多孔铝宏观体，其特征在于：所述多孔铝宏观体为空心铝丝相连接形成的三维全通孔结构，空心铝丝的壁厚为 7-100 微米；多孔铝宏观体的总体孔隙率为 85-99%，拉伸强度 0.4-2MPa，抗压强度 1-3.5Mpa；空心孔被封闭，不与外界相通。

2、一种制备权利要求 1 所述的多孔铝宏观体的制造系统，其特征在于：该系统包括一个磁控溅射子系统 1、一个高温铝蒸气子系统 2、一个低温铝沉积子系统 3、一个铝蒸气回收子系统 4 以及一条多孔聚合物薄膜传送子系统 5；多孔聚合物薄膜传送子系统 5 与磁控溅射子系统 1 和低温铝沉积子系统 3 相互相连，形成多孔聚合物薄膜运动路径；高温铝蒸气子系统 2、低温铝沉积子系统 3 及铝蒸气回收子系统 4 相互连接，形成铝元素供应、沉积与回收路径。

3、如权利要求 2 所述的制造系统，其特征在于：所述低温铝沉积子系统 3 后端靠近多孔聚合物薄膜传送子系统 5 的方向设有含氧气体进口；在沉积铝的同时，利用铝的温度，使多孔聚合物薄膜完全燃烧；使多孔聚合物薄膜出低温铝沉积子系统 3 时，不含碳元素。

4、如权利要求 2 所述的制造系统，其特征在于：所述低温铝沉积子系统 3 具有多个铝沉积通道，使低温铝沉积子系统 3 向多孔聚合物薄膜传送子系统 5 运动的多孔铝薄膜能够接触到含氧气体，但使从多孔聚合物薄膜传送子系统 5 返回低温铝沉积子系统 3 的多孔铝薄膜，不再与含氧气体接触。

5、如权利要求 2 所述的制造系统，其特征在于：所述铝蒸气回收子系统 4 含有引风系统，将低温铝沉积子系统 3 中的含惰性气体、燃烧聚合物后的尾气和铝蒸气的混合气体引入铝蒸气回收子系统 4；通过冷却使铝蒸气凝结为固体，与其他气体分离后，分别返回高温铝蒸气子系统 2。

6、如权利要求 2 所述的制造系统，其特征在于：所述高温铝蒸气子系统 2 将外界铝及铝蒸气回收子系统 4 回收的铝，在高温铝蒸气子系统 2 中变为铝蒸气；同时，将铝蒸气回收子系统 4 通入的混合气体进行燃烧无害化处理，变为尾气，送出高温铝蒸气子系统 2。

7、一种制备权利要求 1 所述的多孔铝宏观体的方法，其特征在于：包括如

下步骤:

(1) 将厚度为 0.5-30 mm, 宽度为 1-500 mm, 长宽比 400:1~400000:1 的多孔聚合物薄膜绕在多孔聚合物薄膜传送子系统 5 的卷轴 a 上, 以 1-20cm/min 速度送入磁控溅射子系统 1 中, 在 25-50°C 下, 绝对压力为 0.5-5Pa 的氩气环境中, 控制铝靶材的表面功率为 2-10W/cm<sup>2</sup>, 向多孔聚合物薄膜的一面上通过溅射沉积 1-500nm 厚的铝层;

(2) 启动高温铝蒸气子系统 2, 在其中的熔融池中, 始终将铝颗粒在 600-800°C 下熔融, 并在惰性气体氮气或氩气存在条件下, 变成分压为 0.1-10% 的铝蒸气; 惰性气体携带铝蒸气向低温铝沉积子系统 3 移动;

(3) 将出磁控溅射子系统 1 的薄膜持续送入低温铝沉积子系统 3 中, 将低温铝沉积子系统 3 的温度设置为 200-300°C, 铝蒸气直接沉积在薄膜上, 沉积时间控制在 1-30 分钟;

(4) 出低温铝沉积子系统 3 的镀铝薄膜, 卷绕在多孔聚合物薄膜传送子系统 5 的卷轴 b 上, 自动翻面, 再次依次返回低温铝沉积子系统 3 及磁控溅射子系统 1 中, 保证薄膜上下两面镀铝厚度均匀;

(5) 将低温铝沉积子系统 3 中多余的铝蒸气经过铝蒸气回收子系统 4 后, 循环至高温铝蒸气子系统 2, 使铝与惰性气体实现循环利用。

8、如权利要求 7 所述的制备方法, 其特征在于: 从低温铝沉积子系统 3 出来, 铝线为空心结构, 且空心的孔全部与外界介质相通。经过多孔聚合物薄膜传送子系统 5 返回低温铝沉积子系统 3 与磁控溅射子系统 1 后, 铝线直径变大, 且原来所有的空心孔被封闭, 不再与外界相通。

9、如权利要求 7 所述的制备方法, 其特征在于: 所述多孔聚合物薄膜包含但不限于聚氨酯、聚烯烃、PVDF 膜和 PTFE 膜。

10、如权利要求 7 所述的制备方法, 其特征在于: 所述高温铝蒸气子系统 2 将外界的铝及铝蒸气回收子系统 4 回收的铝, 在高温铝蒸气子系统 2 中通过高温熔融方法变为铝蒸气。

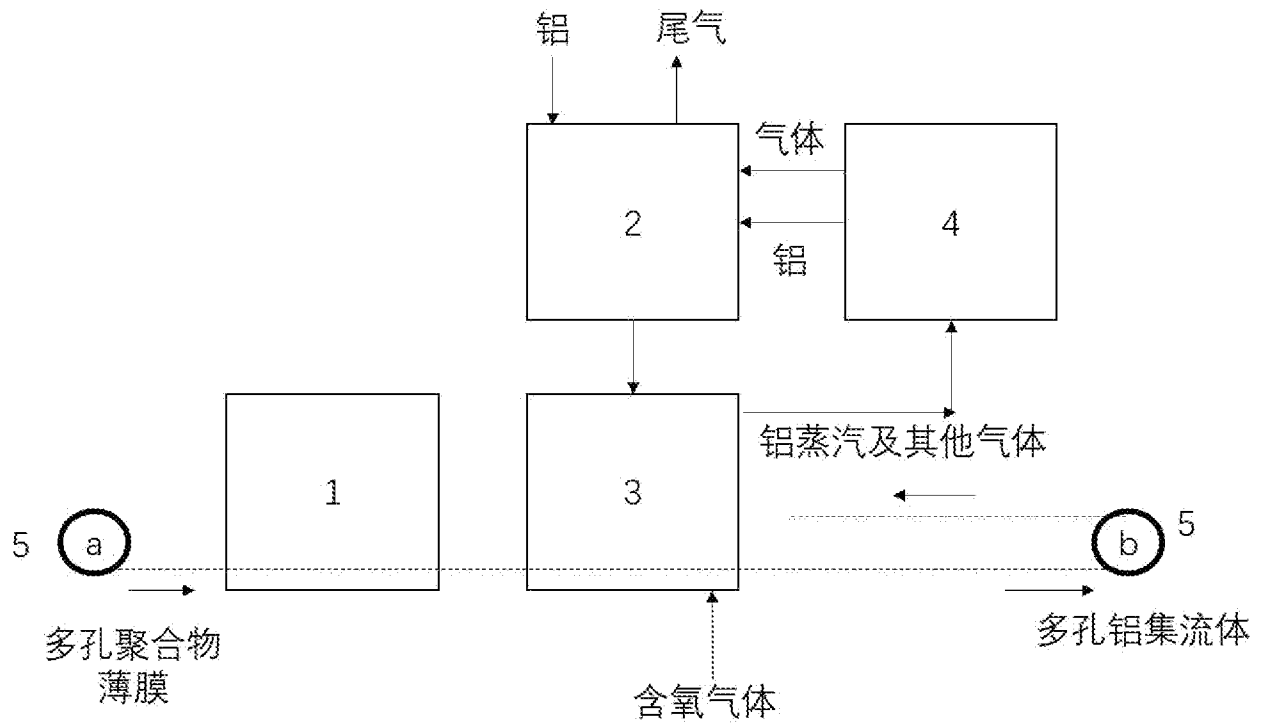


图 1

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/078190

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

H01G 11/70(2013.01)i; C23C 14/20(2006.01)n; C23C 14/24(2006.01)n; C23C 14/35(2006.01)n

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)

H01G; C23C

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)

CNABS; CNTXT; CNKI; VEN; USTXT; WOTXT; EPTXT; IEE: 多孔, 铝, 宏观体, 三维, 通孔, 空心, 孔隙率, 溅射, 高温, 低温, 沉积, 回收, 传送, multiorifice, aluminium, macrostructure, triaxiality, through hole, hollowness, porosity, sputtering, high temperature, low temperature, sedimentation, recovery, transfer

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 108520833 A (JIANGSU ZHONGTIAN TECHNOLOGY CO., LTD. ET AL.) 11 September 2018 (2018-09-11) claims 1-10	1-10
PX	CN 108441821 A (JIANGSU ZHONGTIAN TECHNOLOGY CO., LTD. ET AL.) 24 August 2018 (2018-08-24) description, paragraphs [0027]-[0055], and figure 1	1
X	CN 102666934 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 12 September 2012 (2012-09-12) description, paragraphs [0012]-[0336], and figures 1-15	1
A	CN 102666934 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 12 September 2012 (2012-09-12) description, paragraphs [0012]-[0336], and figures 1-15	2-10
A	JP H0610077 A (UEMURA KOGYO K. K.) 18 January 1994 (1994-01-18) entire document	1-10

 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

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

29 April 2019

Date of mailing of the international search report

27 May 2019

Name and mailing address of the ISA/CN

**National Intellectual Property Administration, PRC (ISA/  
CN)**  
**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/CN2019/078190**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	108520833	A	11 September 2018	None			
CN	108441821	A	24 August 2018	None			
CN	102666934	A	12 September 2012	WO	2011142338	A1	17 November 2011
				EP	2570518	A1	20 March 2013
				KR	20130069539	A	26 June 2013
				CA	2784182	A1	17 November 2011
				TW	201207161	A	16 February 2012
				US	2012070683	A1	22 March 2012
				US	8728627	B2	20 May 2014
				JP	2011236477	A	24 November 2011
				JP	5488996	B2	14 May 2014
				JP	2011236476	A	24 November 2011
				JP	2011246779	A	08 December 2011
				JP	5488994	B2	14 May 2014
				IN	201206070	P4	29 November 2013
				JP	2011256417	A	22 December 2011
JP	H0610077	A	18 January 1994	JP	3413662	B2	03 June 2003

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/078190

<p><b>A. 主题的分类</b></p> <p>H01G 11/70(2013.01)i; C23C 14/20(2006.01)n; C23C 14/24(2006.01)n; C23C 14/35(2006.01)n</p> <p>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</p>																				
<p><b>B. 检索领域</b></p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)</p> <p>H01G; C23C</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>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))</p> <p>CNABS;CNTXT;CNKI;VEN;USTXT;WOTXT;EPTXT;IEEE; 多孔, 铝, 宏观体, 三维, 通孔, 空心, 孔隙率, 溅射, 高温, 低温, 沉积, 回收, 传送, multiorifice, aluminium, macrostructure, triaxiality, through hole, hollownes-ss, porosity, sputtering, high temperature, low temperature, sedimentation, recovery, transfer</p>																				
<p><b>C. 相关文件</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>类型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 108520833 A (江苏中天科技股份有限公司 等) 2018年 9月 11日 (2018 - 09 - 11) 权利要求1-10</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>PX</td> <td>CN 108441821 A (江苏中天科技股份有限公司 等) 2018年 8月 24日 (2018 - 08 - 24) 说明书第[0027]-[0055]段, 附图1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>CN 102666934 A (住友电气工业株式会社) 2012年 9月 12日 (2012 - 09 - 12) 说明书第[0012]-[0336]段, 附图1-15</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 102666934 A (住友电气工业株式会社) 2012年 9月 12日 (2012 - 09 - 12) 说明书第[0012]-[0336]段, 附图1-15</td> <td>2-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP H0610077 A (UEMURA KOGYO KK) 1994年 1月 18日 (1994 - 01 - 18) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> </tbody> </table>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	PX	CN 108520833 A (江苏中天科技股份有限公司 等) 2018年 9月 11日 (2018 - 09 - 11) 权利要求1-10	1-10	PX	CN 108441821 A (江苏中天科技股份有限公司 等) 2018年 8月 24日 (2018 - 08 - 24) 说明书第[0027]-[0055]段, 附图1	1	X	CN 102666934 A (住友电气工业株式会社) 2012年 9月 12日 (2012 - 09 - 12) 说明书第[0012]-[0336]段, 附图1-15	1	A	CN 102666934 A (住友电气工业株式会社) 2012年 9月 12日 (2012 - 09 - 12) 说明书第[0012]-[0336]段, 附图1-15	2-10	A	JP H0610077 A (UEMURA KOGYO KK) 1994年 1月 18日 (1994 - 01 - 18) 全文	1-10
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																		
PX	CN 108520833 A (江苏中天科技股份有限公司 等) 2018年 9月 11日 (2018 - 09 - 11) 权利要求1-10	1-10																		
PX	CN 108441821 A (江苏中天科技股份有限公司 等) 2018年 8月 24日 (2018 - 08 - 24) 说明书第[0027]-[0055]段, 附图1	1																		
X	CN 102666934 A (住友电气工业株式会社) 2012年 9月 12日 (2012 - 09 - 12) 说明书第[0012]-[0336]段, 附图1-15	1																		
A	CN 102666934 A (住友电气工业株式会社) 2012年 9月 12日 (2012 - 09 - 12) 说明书第[0012]-[0336]段, 附图1-15	2-10																		
A	JP H0610077 A (UEMURA KOGYO KK) 1994年 1月 18日 (1994 - 01 - 18) 全文	1-10																		
<p><input type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p>																				
<p>* 引用文件的具体类型:</p> <p>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</p> <p>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</p> <p>“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)</p> <p>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&amp;” 同族专利的文件</p>																				
<p>国际检索实际完成的日期</p> <p>2019年 4月 29日</p>	<p>国际检索报告邮寄日期</p> <p>2019年 5月 27日</p>																			
<p>ISA/CN的名称和邮寄地址</p> <p>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</p> <p>传真号 (86-10)62019451</p>	<p>受权官员</p> <p>张利伟</p> <p>电话号码 (86-512)88995778</p>																			

国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/078190

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	108520833	A	2018年 9月 11日	无			
CN	108441821	A	2018年 8月 24日	无			
CN	102666934	A	2012年 9月 12日	WO	2011142338	A1	2011年 11月 17日
				EP	2570518	A1	2013年 3月 20日
				KR	20130069539	A	2013年 6月 26日
				CA	2784182	A1	2011年 11月 17日
				TW	201207161	A	2012年 2月 16日
				US	2012070683	A1	2012年 3月 22日
				US	8728627	B2	2014年 5月 20日
				JP	2011236477	A	2011年 11月 24日
				JP	5488996	B2	2014年 5月 14日
				JP	2011236476	A	2011年 11月 24日
				JP	2011246779	A	2011年 12月 8日
				JP	5488994	B2	2014年 5月 14日
				IN	201206070	P4	2013年 11月 29日
				JP	2011256417	A	2011年 12月 22日
JP	H0610077	A	1994年 1月 18日	JP	3413662	B2	2003年 6月 3日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2015年1月)