

(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
2014 年 6 月 12 日 (12.06.2014)



(10) 国际公布号
WO 2014/086110 A1

- (51) 国际专利分类号:
H02J 17/00 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2013/071366
- (22) 国际申请日: 2013 年 2 月 5 日 (05.02.2013)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201210521544.3 2012 年 12 月 7 日 (07.12.2012) CN
- (71) 申请人: 四川大学 (SICHUAN UNIVERSITY)
[CN/CN]; 中国四川省成都市武侯区一环路南一段 24 号杨阳, Sichuan 610021 (CN)。
- (72) 发明人: 黄卡玛 (HUANG, Kama); 中国四川省成都市武侯区一环路南一段 24 号杨阳, Sichuan 610021 (CN)。 杨阳 (YANG, Yang); 中国四川省成都市武侯区一环路南一段 24 号, Sichuan 610021 (CN)。 陈倩 (CHEN, Qian); 中国四川省成都市武侯区一环路南一段 24 号, Sichuan 610021 (CN)。 刘长军 (LIU,

Changjun); 中国四川省成都市武侯区一环路南一段 24 号, Sichuan 610021 (CN)。 陈星 (CHEN, Xing); 中国四川省成都市武侯区一环路南一段 24 号, Sichuan 610021 (CN)。 郭庆功 (GUO, Qinggong); 中国四川省成都市武侯区一环路南一段 24 号, Sichuan 610021 (CN)。 闫丽萍 (YAN, Liping); 中国四川省成都市武侯区一环路南一段 24 号, Sichuan 610021 (CN)。 赵翔 (ZHAO, Xiang); 中国四川省成都市武侯区一环路南一段 24 号, Sichuan 610021 (CN)。 杨晓庆 (YANG, Xiaoqing); 中国四川省成都市武侯区一环路南一段 24 号, Sichuan 610021 (CN)。

- (74) 代理人: 成都宏顺专利代理事务所 (普通合伙) (CHENGDU HONGSHUN PATENT LAW OFFICE); 中国四川省成都市成华区三友路 3 号 2 单元 1001 号李顺德, Sichuan 610051 (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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,

[见续页]

(54) Title: MICROWAVE ENERGY CONVERSION APPARATUS

(54) 发明名称: 微波能量转换装置

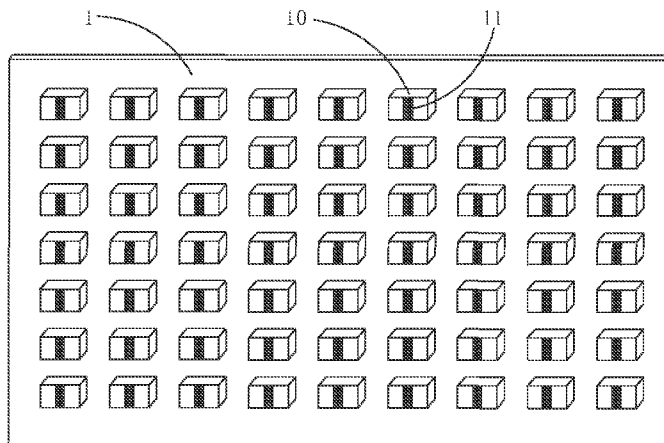


图4/Fig.4

(57) Abstract: A microwave energy conversion apparatus comprises a microwave receiving unit and a microwave rectification unit. The microwave receiving unit and the microwave rectification unit are formed by semiconductor blocks (10). Each semiconductor block (10) is provided with an ohmic contact electrode (11) used for outputting direct current produced by the semiconductor block (10). The ohmic contact electrodes (11) are disposed at two ends of the semiconductor blocks (10) along a microwave transmission direction. Based on the Hall effect of the microwave, the microwave energy conversion apparatus rectifies microwaves by using a semiconductor effect, combines microwave reception and microwave rectification, simplifies the circuit design, and has characteristics of simple structure, easiness in layout and relatively wide rectification bandwidth.

(57) 摘要: 一种微波能量转换装置, 包括微波接收单元和微波整流单元。微波接收单元和微波整流单元由半导体块 (10) 构成, 半导体块 (10) 上设置有欧姆接触电极 (11), 用于输出半导体块 (10) 产生的直流电流。欧姆接触电极 (11) 设置在半导体块 (10) 沿微波传输方向的两端。该微波能量转换装置根据微波霍尔效应的原理, 利用半导体体效应对微波进行整流, 将微波接收和微波整流合二为一, 简化了电路设计, 具有结构简单、易于布置、整流带宽相对较宽等特点。



WO 2014/086110 A1



GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, 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, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

根据细则 4.17 的声明:

- 关于申请人有权申请并被授予专利(细则 4.17(ii))
- 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))。

说明书

微波能量转换装置

技术领域

本发明涉及微波传输能量技术，特别涉及微波接收和整流技术。

背景技术

微波传输能量不仅可以用于空间太阳能电站向地面输送电能，也可用于从地面向空间飞行器供能。该技术还可以在架线困难的地区传输电力，前景十分广阔。微波传输能量通常需要将微波能量转换为电能，其中将微波能转换为电能的微波整流器是微波传输能量系统的核心器件之一。早在 1899 年，Tesla 在 Wardenclyffe 进行了无线功率传输的实验。19 世纪 60 年代，Brown 提出了微波输能和整流天线的概念，并于 1963 年成功研制了第一个整流天线。现阶段最常用的微波整流技术是微波二极管整流。但微波二极管整流存在功率容量小、微波二极管易被击穿、产生高次谐波等影响系统性能的问题。此外，虽然现有的二极管整流天线看似为一体，既能够接收微波，又能够整流，但实质上微波接收天线和微波整流电路是各自独立的两部分，且为了做到整流电路与天线的匹配以及抑制二极管产生的高次谐波，整流电路的设计往往非常复杂，这大大的提高了设计难度，且重量和体积也难以控制。

发明内容

本发明所要解决的技术问题，就是针对现有技术微波整流装置结构复杂，设计难度高的缺点，提供一种微波接收和微波整流的装置，将微波能量转换为电流输出。

本发明解决所述技术问题，采用的技术方案是，微波能量转换装置，包括微波接收单元和微波整流单元，其特征在于，所述微波接收单元和微波整流单元由半导体块构成，所述半导体块上设置有欧姆接触电极，用于输出半导体块产生的直流电流，所述欧姆接触电极设置在半导体块沿微波传输方向的两端。

本发明根据微波霍尔效应的原理，首次提出了利用半导体体效应对微波进行整流的方法。我们称之为半导体体效应微波整流法。该方法与传统二极管结效应整流原理不同，采用微波霍尔效应的原理在半导体上产生整流效应，因此不需要复杂的天线和电路设计，微波接收和整流同时在半导体块上完成。

通过理论推导和实验研究，我们在不使用外加磁场的情况下，也发现了微波作用于半导体依然可以产生霍尔效应，从而在半导体沿坡印廷矢量方向（微波传输方向）上产生直流电压，于是我们想到利用该原理来做微波整流。该方法利用平面波的电场分量在单极型（空穴型或电子型）半导体上感应出一个与电场方向相同的电流，形成这个电流的载流子又在磁场分量的作用下受到沿坡印廷矢量方向的洛仑兹力，从而在半导体沿坡印廷矢量方向上产生一

说明书

个霍尔电压。当电场和磁场同时反向时，洛仑兹力的方向不变，所以霍尔电压的方向不变，这样便可在半导体沿坡印廷矢量方向的两端产生一个持续的直流电压。根据以上原理可见，本发明接收微波和整流都同时由半导体完成，所以不需要像传统的整流天线一样由天线和电路两部分构成，大大简化了设计难度，体积和重量也更容易控制，成本也相应降低。

所述欧姆接触电极为金属电极。

所述金属电极通过溅射工艺或涂敷工艺形成。

半导体块欧姆接触电极的作用是便于通过导线连接，将半导体块产生的直流电流输出。欧姆接触电极通常可以采用金属材料，通过溅射工艺或涂敷工艺制作在半导体块沿坡印廷矢量方向的两端形成欧姆接触电极。

所述半导体块为本征半导体块。

所述半导体块为掺杂半导体块。

半导体块可以采用本征半导体块或掺杂半导体块。一定的参杂浓度可以提高半导体块的整流效率，随着参杂浓度的提高，半导体的性质也在发生改变即更倾向于金属的特性，因此高参杂的半导体整流效率反而会降低。

所述半导体块数量为 N 个，具有相同结构，其欧姆接触电极通过导线连接，使半导体块产生的直流电流并联和/或串联输出； N 为正整数， $N \geq 2$ 。

由于单个半导体块的在微波作用下产生的霍尔电压非常低，电流非常小，通常可以将很多个半导体块进行串联，以提高输出电压；或将很多个半导体块进行并联以提高输出电流。采用结构相同的半导体块，其电路参数、产生的电压和电流基本上相等，方便进行各种连接和后续处理，如进行逆变并网等。

所述 N 个半导体块布置在同一平面上。

所述平面与微波传输方向垂直。

将 N 个半导体块布置在同一平面（或基板）上，并使该平面与微波传输方向垂直，可以提高微波能量转换效率，最大限度的接收微波能量。当然 N 个半导体块也可以布置在非平面物体的表面，如布置在飞行器等的表面，用于接收发射站通过微波传输的能量。

所述 N 个半导体块平均布置在 M 个平面上， M 为正整数， $M \geq 2$ 。

如果 N 的数字很大，可以将 N 个半导体块平均布置在 M 个平面上，由于每个半导体块结构相同，每个平面上布置的半导体块数量相同，如果每个平面上的半导体块采用相同的连接方式，就可以使每个平面的电路结构基本上相同，输出电压、电流也基本上相同，可以将每个平面作为一个单元，再进行串联、并联等连接，以满足不同的输出电压或电流要求。

所述 M 个平面并排布置或平行重叠布置。

说明书

M 个平面并排布置, 可以使其垂直于微波传输方向, 每个平面互不影响, 有利于提高转换效率。这种配置适用于距离微波源比较远的地方进行能量转换。采用平行重叠布置 M 个平面的方式, 需要考虑微波的衰减特性, 选择适当材料构成的基板可以降低微波衰减。另外基板上半导体块的金属电极也可能对微波传输产生阻碍, 需要适当减小金属电极面积。

本发明的有益效果是, 提供了一种结构新颖的微波能量转换装置, 将微波接收和微波整流合二为一, 极大的简化了电路设计。由于半导体块布置灵活, 连接方式多种多样, 可以满足不同输出电压和输出电流的要求。本发明具有结构简单、易于布置、整流带宽相对较宽等特点。本发明不依靠 PN 结整流, 因此在承受较大微波功率时也不存在被击穿的问题, 大大的提高了装置的可靠性。

附图说明

图 1 是半导体块中产生霍尔电压的示意图;

图 2 是半导体块并联输出结构示意图;

图 3 是半导体块串联输出结构示意图;

图 4 是 N 个半导体块布置在同一平面的示意图;

图 5 是半导体块结构示意图, 图 5a 为立体图, 图 5b 为图 5a 的 A-A 剖视图;

图 6 是 N 个半导体块平均布置在 4 个平面上, 4 个平面并排布置的示意图;

图 7 是 N 个半导体块平均布置在 4 个平面上, 4 个平面重叠布置的示意图。

具体实施方式

下面结合附图及实施例, 详细描述本发明的技术方案。

本发明的微波能量转换装置, 微波直接辐射半导体块, 根据霍尔效应, 在半导体块沿坡印廷矢量方向 (即微波传输方向) 上产生直流电压。

本发明的微波能量转换装置, 将微波接收单元和微波整流单元, 合二为一, 采用半导体块 10 构成微波接收单元和微波整流单元, 微波辐射半导体块 10 时, 在半导体块 10 上沿微波传输方向的 O 端和 P 端将会产生霍尔电压 U_h , 在半导体块的该两端设置欧姆接触电极 11, 就可以输出半导体块产生的电流, 如图 1 所示。图 1 中, $\vec{S}$ 为坡印廷矢量, 代表微波的传播方向, $\vec{E}$ 为电场分量, $\vec{H}$ 为磁场分量, U_h 为半导体块产生的霍尔电压, 即这里的微波整流电压。

本发明利用平面波的电场分量在单极型半导体上感应出一个电流, 形成这个电流的载流子又在平面波的磁场分量的作用下受到沿坡印廷矢量方向的洛伦兹力, 从而在半导体沿坡印廷矢量方向上产生一个霍尔电压。当电场和磁场同时反向时, 洛伦兹力的方向不变, 所以霍尔电压的方向不变, 这样便可在半导体沿坡印廷矢量方向的两端产生一个持续的直流电压。

说明书

本发明中半导体块可以采用本征半导体，也可以采用具有一定参杂浓度的掺杂半导体，一定的参杂浓度可以提高半导体块载流子浓度，提高整流效率。但随着参杂浓度的提高，半导体的性质也在发生改变，即更倾向于金属导体的特性，因此高参杂的半导体将会导致微波损耗增加，降低整流效率。此外，另一个影响整流效率的因素是半导体块在坡印廷矢量方向的长度（即图 1 中两电极间的长度 L ）。长度 L 越长整流效率越高，但当长度 L 达到一定的时候，微波的趋肤深度达不到的时候，再增长也不会提高效率了。

本发明中半导体块 10 欧姆接触电极 11 的作用是便于通过导线连接，将半导体块 10 产生的电流输出。欧姆接触电极 11 通常为金属电极，可以采用半导体技术中成熟的溅射工艺或涂敷工艺等，将金属材料制作在半导体块 10 沿坡印廷矢量方向的两端形成欧姆接触电极 11。

实施例 1

本例微波能量转换装置中，半导体块 10 的数量为 3 个，他们具有相同结构（包括组成材料、几何尺寸等），其欧姆接触电极通过导线连接，图 2 为并联连接的情况，3 个半导体块产生的电流并联输出，其输出电压 $U_o=U_h$ ，输出电流可以达到单个半导体块的 3 倍。图 3 为 3 个半导体块串联连接的示意图，其输出电压 $U_o=3U_h$ ，输出电流与单个半导体块的输出电流相等。

实施例 2

由于单个半导体块的在微波作用下产生的霍尔电压非常低，电流非常小，通常可以将很多个半导体块进行串联，以提高输出电压；或将很多个半导体块进行并联以提高输出电流。采用结构相同的半导体块，其电路参数、产生的电压和电流基本上相等，方便进行各种连接和后续处理。本例微波能量转换装置包括 N ($N=63$) 个具有相同结构的半导体块构成的微波接收和整流单元，如图 4 所示。图中，63 个半导体块 10 排列成 7×9 的矩阵，均匀分布在同一平面基板 1 上，为了提高微波接收效率，基板 1 正对微波传输方向（基板 1 与微波传输方向垂直），半导体块 10 的 O 端和 P 端即为沿微波传输方向的两端，欧姆接触电极 11 设置在半导体块 10 的 O 端和 P 端，用于输出半导体块 10 产生的电流，见图 5 所示。图 4 所示的这种半导体块分布方式，每个半导体块的欧姆接触电极可以先按行串联起来，然后将每一行并联起来。这种连接方式可以使基板 1 上所有半导体块的整体输出电压达到 $9U_h$ ，电流达到单个半导体块输出电流的 7 倍。

实施例 3

本例微波能量转换装置由 252 个半导体块构成，他们平均分布中 4 个并排布置的平面基板上，每个基板上布置 63 个半导体块，排列成 7×9 的矩阵，如图 6 所示。这种布置方式可以大面积的接收微波辐射。每个基板可以按照实施例 2 的方式进行连接，然后可以对 4 个基

说明书

板进行串联、并联组合。达到需要的输出电压和电流。

实施例 4

本例是 4 个基板平行重叠配置的结构，如图 7 所示（图中未示出半导体块的数量，忽略了基板的厚度）。图中 4 张基板平行，间隔一定的距离，箭头为微波传输方向，该方向垂直于基板平面。这种配置可以提高微波的利用率，但需要考虑微波的穿透性，以免影响后面基板的微波转换转换率。基板材料的选择应降低对微波的衰减和损耗，欧姆接触电极也不应面积太大，通常只要金属电极的尺寸远小于微波波长，微波的传输就可以基本上不受影响。

说明书

权利要求书

1、微波能量转换装置，包括微波接收单元和微波整流单元，其特征在于，所述微波接收单元和微波整流单元由半导体块构成，所述半导体块上设置有欧姆接触电极，用于输出半导体块产生的直流电流，所述欧姆接触电极设置在半导体块沿微波传输方向的两端。

2、根据权利要求1所述的微波能量转换装置，其特征在于，所述欧姆接触电极为金属电极。

3、根据权利要求2所述的微波能量转换装置，其特征在于，所述金属电极通过溅射工艺或涂敷工艺形成。

4、根据权利要求1所述的微波能量转换装置，其特征在于，所述半导体块为本征半导体块。

5、根据权利要求1所述的微波能量转换装置，其特征在于，所述半导体块为掺杂半导体块。

6、根据权利要求1~5任意一项所述的微波能量转换装置，其特征在于，所述半导体块数量为N个，具有相同结构，其欧姆接触电极通过导线连接，使半导体块产生的直流电流并联和/或串联输出；N为正整数， $N \geq 2$ 。

7、根据权利要求6所述的微波能量转换装置，其特征在于，所述N个半导体块布置在同一平面上。

8、根据权利要求7所述的微波能量转换装置，其特征在于，所述平面与微波传输方向垂直。

9、根据权利要求6所述的微波能量转换装置，其特征在于，所述N个半导体块平均布置在M个平面上，M为正整数， $M \geq 2$ 。

10、根据权利要求9所述的微波能量转换装置，其特征在于，所述M个平面并排布置或平行重叠布置。

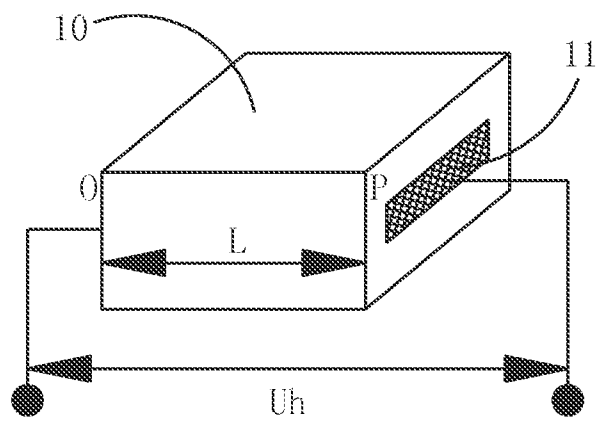
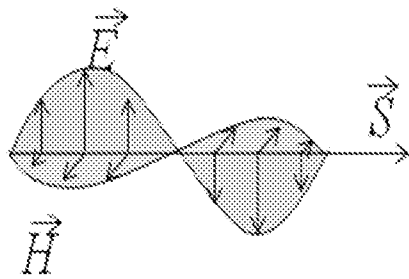


图 1

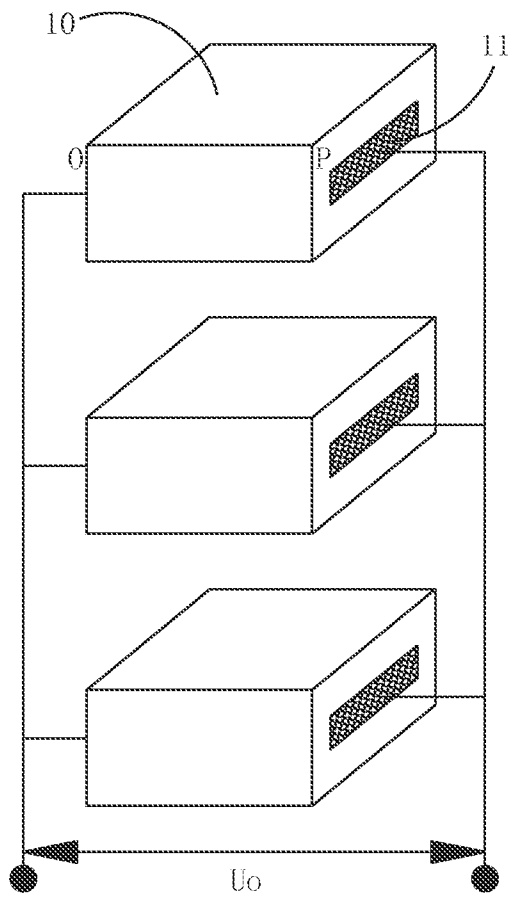


图2

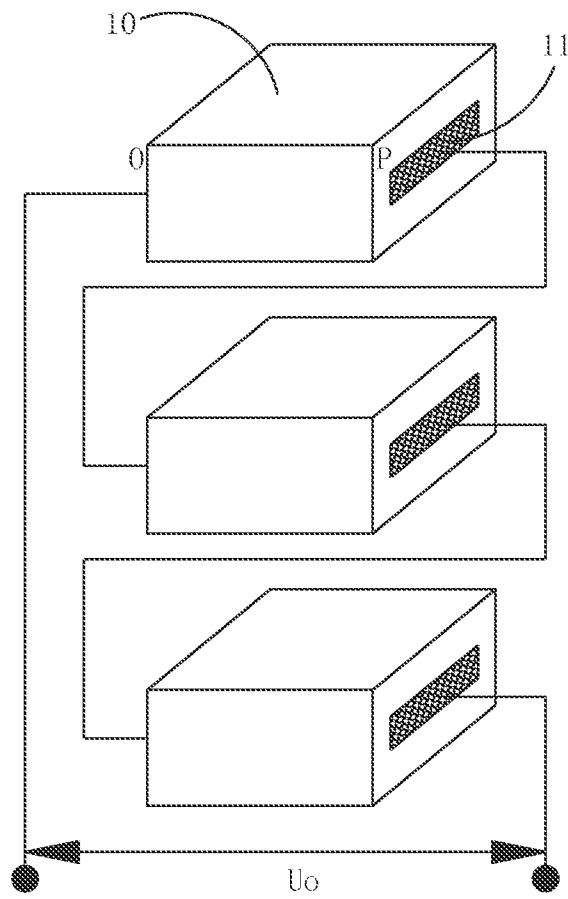


图3

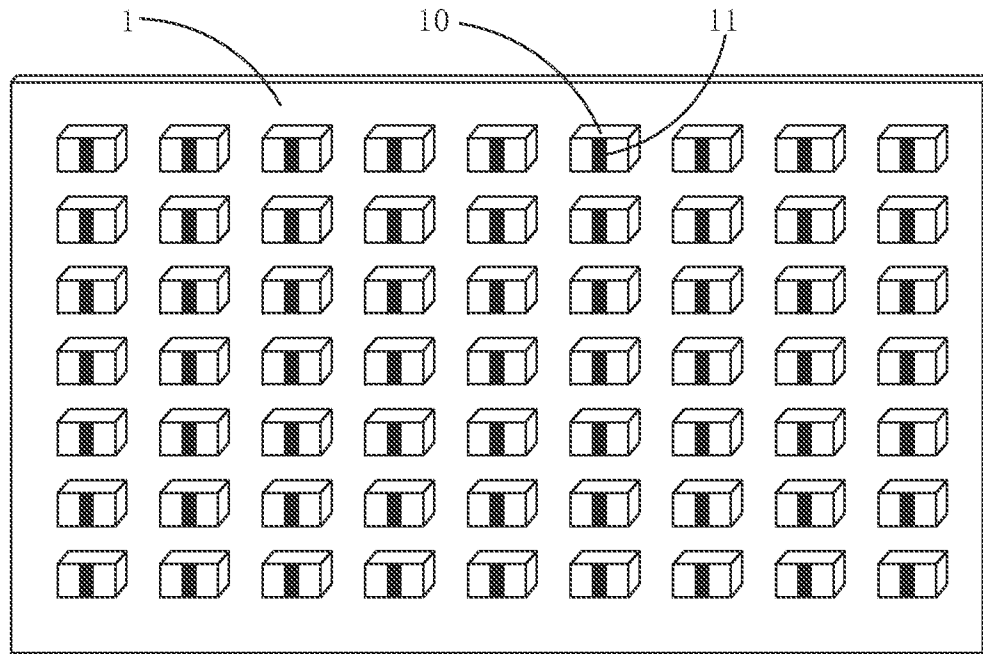


图4

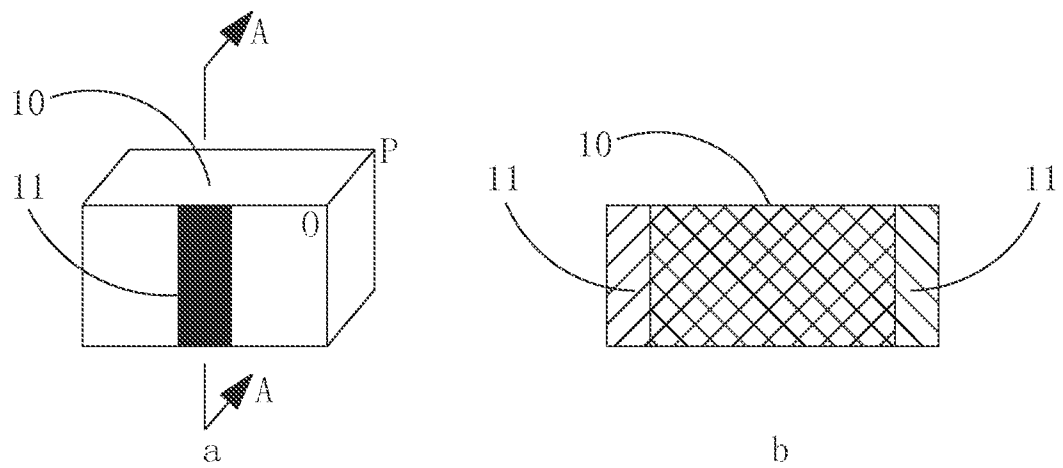


图5

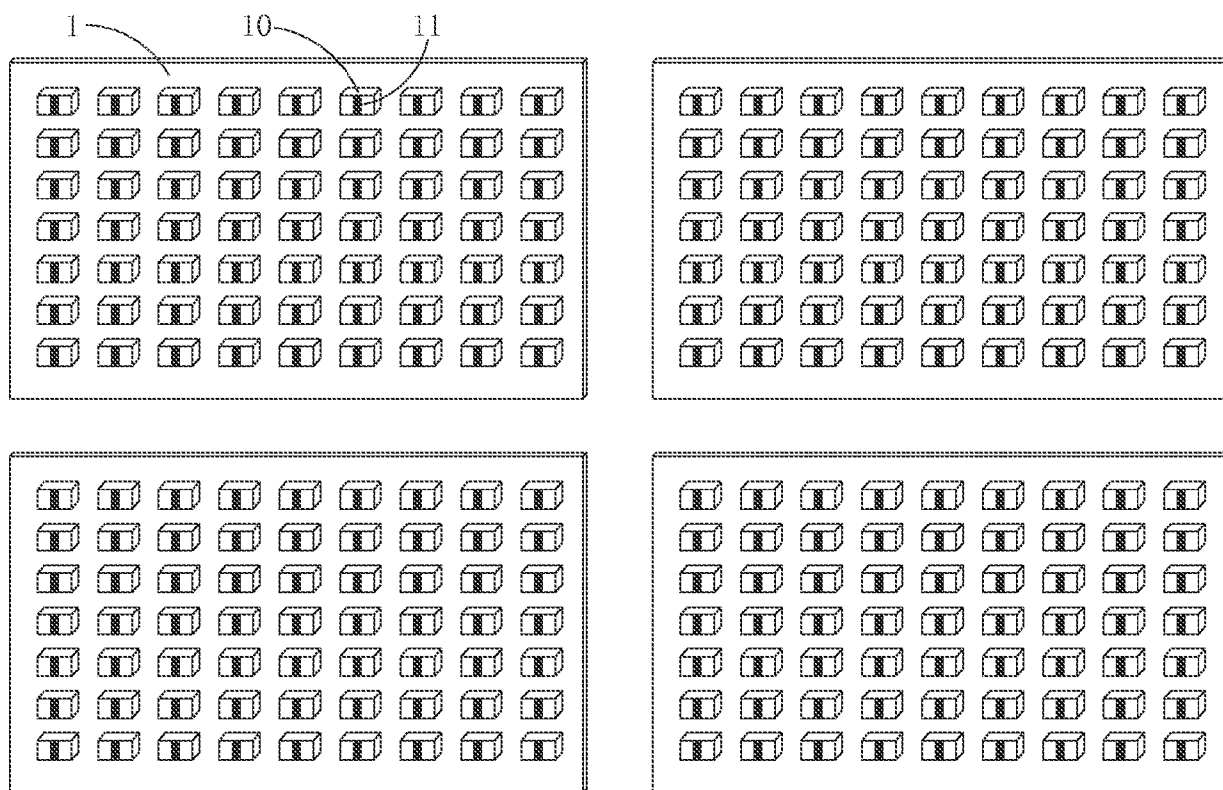


图6

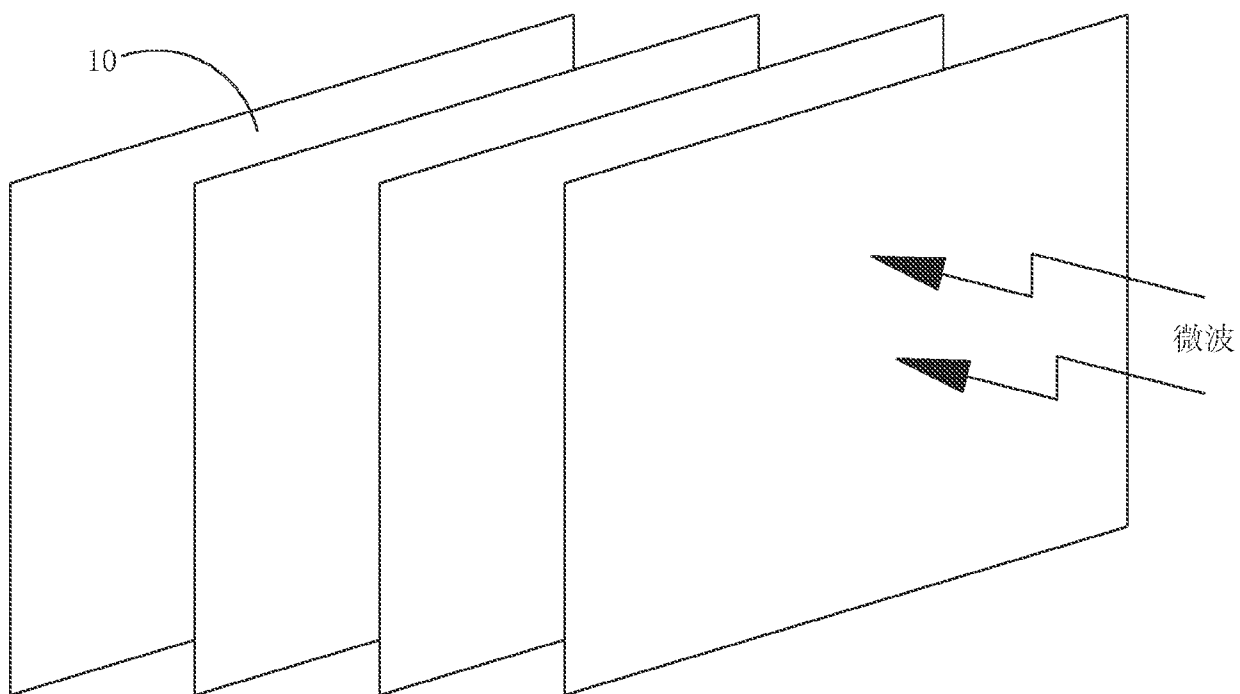


图7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2013/071366

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02J 17/00 (2006.01) 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)

IPC: H02J

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)

WPI, EPODOC, CNPAT, CNTXT, CNKI: microwave, rectify, semiconductor, electrode, ohm, Hoare

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 102394514 A (UNIV ZHEJIANG) 28 March 2012 (28.03.2012) see description, paragraphs [0021] to [0027] and figures 1 to 4	1-10
A	CN 102437774 A (UNIV SICHUAN) 02 May 2012 (02.05.2012) see the whole document	1-10
A	JP 2012016087 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 19 January 2012 (19.01.2012) see the whole document	1-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 26 July 2013 (26.07.2013)	Date of mailing of the international search report 15 August 2013 (15.08.2013)
Name and mailing address of the ISA State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10) 62019451	Authorized officer HAN, Beibei Telephone No. (86-10) 62411809

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2013/071366

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 102394514 A	28.03.2012	None	
CN 102437774 A	02.05.2012	None	
JP 2012016087 A	19.01.2012	None	

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2013/071366

A. 主题的分类

H02J 17/00 (2006.01) 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)

IPC: H02J

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))

WPI, EPODOC, CNPAT, CNTXT, CNKI: 微波, 整流, 半导体, 欧姆, 电极, 霍尔, microwave, rectify, semiconductor, electrode

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
A	CN 102394514 A (浙江大学) 28.3 月 2012 (28.03.2012) 见说明书第 [0021]-[0027]段, 图 1-4	1-10
A	CN 102437774 A (四川大学) 02.5 月 2012 (02.05.2012) 见全文	1-10
A	JP 2012016087 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 19.1 月 2012 (19.01.2012) 见全文	1-10

☐ 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
26.7 月 2013 (26.07.2013)

国际检索报告邮寄日期
15.8 月 2013 (15.08.2013)

ISA/CN 的名称和邮寄地址:
中华人民共和国国家知识产权局
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 100088
传真号: (86-10)62019451

受权官员

韩蓓蓓
电话号码: (86-10) **62411809**

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2013/071366

检索报告中引用的 专利文件	公布日期	同族专利	公布日期
CN 102394514 A	28.03.2012	无	
CN 102437774 A	02.05.2012	无	
JP 2012016087 A	19.01.2012	无	