[19] Patents Registry
The Hong Kong Special Administrative Region
香港特別行政區
專利註冊處

[11] 1251353 B
CN 107924934 B

[12] **STANDARD PATENT (R) SPECIFICATION**
轉錄標準專利說明書

[21] Application no. 申請編號
18110757.2

[22] Date of filing 提交日期
21.08.2018

[51] Int. Cl.
H01L 27/30 (2006.01) H01L 51/44 (2006.01)

[54] METHOD AND OPTOELECTRONIC COMPONENTS FOR DETECTING AND CONVERTING INFRARED ELECTROMAGNETIC RADIATION
用於探測和轉換紅外電磁輻射的方法和光電子元件

[30] Priority 優先權
14.08.2015 DE 10 2015 215 581.1

[43] Date of publication of application 申請發表日期
25.01.2019

[45] Date of publication of grant of patent 批予專利的發表日期
10.07.2020

[86] International application no. 國際申請編號
PCT/EP2016/069256

[87] International publication no. and date 國際申請發表編號及日期
WO2017/029223 23.02.2017

CN Application no. & date 中國專利申請編號及日期
CN 201680046485.5 12.08.2016

CN Publication no. & date 中國專利申請發表編號及日期
CN 107924934 17.04.2018

Date of grant in designated patent office 指定專利當局批予專利日期
02.07.2019

[73] Proprietor 專利所有人
Senorics GmbH
赛诺瑞克有限公司
c/o Technische Universitat Dresden
Nothnitzer StraBe 61, 01062 Dresden
GERMANY

[72] Inventor 發明人
Bernhard SIEGMUND 伯恩哈德 西格蒙德
Koen VANDEWAL 科恩 范德瓦尔
Andreas MISCHOK 安德烈亚斯 米朔克
Johannes BENDUHN 约翰内斯 本杜恩
Donato SPOLTORE 多纳托 斯波尔托雷
Christian KOERNER 克里斯蒂安 克尔纳
Karl LEO 卡尔 莱奥

[74] Agent and / or address for service 代理人及/或送達地址
LETTERS & THOO LIMITED
Suite 1008, Prosperity Millennia Plaza
663 King's Road, Quarry Bay
HONG KONG

(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107924934 B
(45)授权公告日 2019.07.02

(21)申请号 201680046485.5

(22)申请日 2016.08.12

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107924934 A

(43)申请公布日 2018.04.17

(30)优先权数据
102015215581.1 2015.08.14 DE

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2018.02.07

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2016/069256 2016.08.12

(87)PCT国际申请的公布数据
WO2017/029223 DE 2017.02.23

(73)专利权人 赛诺瑞克有限公司
地址 德国德累斯顿

(72)发明人 伯恩哈德·西格蒙德
科恩·范德瓦尔
安德烈亚斯·米朔克
约翰内斯·本杜恩
多纳托·斯波尔托雷
克里斯蒂安·克尔纳 卡尔·莱奥

(74)专利代理机构 中原信达知识产权代理有限责任公司 11219
代理人 杨靖 车文

(51)Int.Cl.
H01L 27/30(2006.01)
H01L 51/44(2006.01)

(56)对比文件
CN 101088179 A,2007.12.12,
CN 102539379 A,2012.07.04,
US 2004016923 A1,2004.01.29,

审查员 张弘

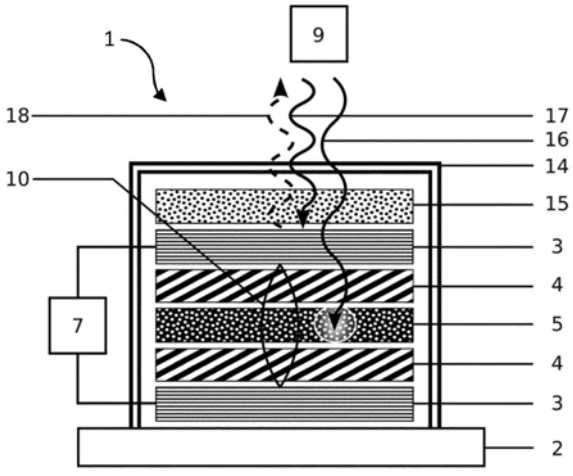
权利要求书2页 说明书19页 附图14页

(54)发明名称

用于探测和转换红外电磁辐射的方法和光电子元件

(57)摘要

本发明涉及一种用于探测红外电磁辐射或将红外电磁辐射转换为电信号的方法,涉及一种光电子元件、尤其是用于(近)红外探测的有机红外探测器,并且涉及该光电子元件的用于探测在780nm至10μm的波长范围内的电磁信号的用途。



CN 107924934 B

1.用于探测在780nm至10μm的波长范围内的电磁信号的方法,所述方法具有如下步骤:

a)提供光电子元件(1、1a、1b、1c、1d、1e、1f),所述光电子元件布置在基底(2)上并且

i.具有两个彼此间隔开且对置的、构造出光学微腔的反射面,

ii.具有布置在所述反射面之间的光活性层(5),所述光活性层包含至少一个化合物1和化合物2,

其中,所述化合物1的HOMO能与所述化合物2的LUMO能之间的能量差位于1.6eV以下,

其中,所述反射面之间的光程长度相应于待探测的信号的波长的25%至75%范围,并且

其中,待探测的电磁信号的波长范围的能量当量位于

-通过所述化合物1的HOMO能和所述化合物2的LUMO能限定的能量差的范围内,和

-通过所述化合物1的HOMO能和LUMO能限定的能量差的范围内,

其中,所述光活性层(5)以在所述光学微腔内处在所述待探测的电磁信号的波长的空间上的强度最大值处的方式在所述反射面之间取向;

b)以780nm至10μm的波长范围内的电磁信号照射所述光电子元件(1、1a、1b、1c、1d、1e、1f);

c)在所述光学微腔内增强所述待探测的电磁信号,其中,通过所述待探测的信号的波长诱导,实现从所述化合物1到所述化合物2的直接的生色团间的电荷转移;

d)将所述电磁信号转换为电信号。

2.根据权利要求1所述的方法,其特征在于,在所述光学微腔内布置有两个光学间距保持层(4)。

3.根据权利要求1或2所述的方法,其特征在于,两个对置的反射面平面平行地以相对彼此100nm至5000nm范围内的几何间距布置。

4.根据权利要求1或2所述的方法,其特征在于,以频谱分辨的方式探测所述电磁信号,其中,所述光电子元件(1e、1f)的两个对置的反射面的几何间距在至少一个侧向方向上连续或不连续地变化。

5.根据权利要求4所述的方法,其特征在于,所述两个对置的反射面倾斜地以在1nm至500nm范围内的几何间距的连续变化和在100nm至5000nm范围内的平均几何间距相对彼此布置。

6.根据权利要求4所述的方法,其特征在于,所述两个对置的反射面以几何间距的不连续变化来布置,其中,所述光电子元件(1f)具有彼此电绝缘的部段,在所述部段之内,两个对置的反射面平面平行地布置,其中,在相邻的部段内两个对置的反射面的几何间距彼此不同。

7.根据权利要求1或2所述的方法,其特征在于,所述化合物1和所述化合物2在所述光活性层(5)中混合地存在。

8.根据权利要求1或2所述的方法,其特征在于,通过电极(3、11、19)以及至少一个读取单元(7)读取所述电信号。

9.根据权利要求1或2所述的方法,其特征在于,通过在所述光电子元件(1、1a、1b、1c、1d、1e、1f)的电极(3、11、19)上提供0至-100V之间范围内的外电压来支持读取电信号。

10.根据权利要求1或2所述的方法,其特征在于,步骤(c)中在所述光学微腔内对所述

待探测的信号的增强通过等离激元反射、介电反射或全反射中的至少一个效应实现。

11.根据权利要求1或2所述的方法，其特征在于，所述待探测的电磁信号在所述光活性层(5)上取平均的强度在步骤(c)中以10至10000倍增强。

12.基底(2)上的用于探测780nm至10μm的波长范围内的电磁信号的光电子元件(1、1a、1b、1c、1d、1e、1f)，所述光电子元件至少具有：

i.两个彼此间隔开且对置的、构造出光学微腔的反射面，

ii.布置在所述反射面之间的光活性层(5)，所述光活性层包含至少一个化合物1和化合物2，

其中，所述化合物1的HOMO能与所述化合物2的LUMO能之间的能量差位于1.6eV以下，

其中，所述反射面之间的光程长度相应于待探测的信号的波长的25％至75％范围，并且

其中，待探测的电磁信号的波长范围的能量当量位于

-通过所述化合物1的HOMO能和所述化合物2的LUMO能限定的能量差的范围内，和

-通过所述化合物1的HOMO能和LUMO能限定的能量差的范围内，

其中，所述光活性层(5)以在所述光学微腔内处在所述待探测的电磁信号的波长的空间上的强度最大值处的方式在所述反射面之间取向。

13.根据权利要求12所述的光电子元件(1b)，其特征在于，所述光电子元件(1b)具有传导空穴的或传导电子的传输层(24)。

14.根据权利要求12或13所述的光电子元件(1、1a、1b、1c、1d、1e、1f)，其特征在于，所述光电子元件(1、1a、1b、1c、1d、1e、1f)具有光学过滤层(21)和/或载流子阻挡层和/或种子层和/或阻挡层(15)和/或封装件(14)。

15.根据权利要求12或13所述的光电子元件(1f)，其特征在于，所述光电子元件(1f)具有呈彼此电绝缘的部段的、侧向的结构化部，其中，至少所述两个对置的反射面之间的几何间距分段地变化。

16.根据权利要求1至11中任一项所述的方法或根据权利要求12至15中任一项所述的光电子元件(1、1a、1b、1c、1d、1e、1f)的用于以空间、时间和/或频谱上的分辨来检测在780nm至10μm的波长范围内的电磁辐射的用途。

17.根据权利要求12至15中任一项所述的光电子元件(1、1a、1b、1c、1d、1e、1f)的作为太阳能电池或太阳能电池的部件的用途。

用于探测和转换红外电磁辐射的方法和光电子元件

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于探测红外电磁辐射并且将其转换为电信号的方法，还涉及光电子元件，尤其是用于(近)红外探测的有机红外探测器并且涉及光电子元件的用于探测在780nm至10μm的波长范围内的电磁信号的用途。

背景技术

[0002] 感光的光电子元件将电磁环境辐射转换为电。元件种类包括太阳能电池和探测器。太阳能电池被优化以便将尽可能多的份额的太阳光转换为电功率。相反地，探测器经常以在外部提供的电压运行(并且相应地是非能量自给自足的)，以便实现探测范围中的更高的外量子效率和更快的反应时间。此外，其探测范围可以位于可见光以外。探测器经常与用于读取和进一步处理由光电子元件生成的电流强度的装置联接。

[0003] 由现有技术公知了用于红外探测器(IR探测器)的各种各样的解决方案，其根据其功能方式分为五个类别。在此，本领域技术人员做出如下区分：

[0004] 1.基于半导体的单线吸收的探测器是公知的，其中，电子从被完全占据的状态(价带能或HOMO能或较低能态)提升至未占据的水平 (导带能或LUMO能或较高能级)。此外借助所使用的活性介质可以分为以下四组：

[0005] a)基于无机物的IR探测器大多基于稀土、例如铟或镓的使用，其中，其制造在技术上要求苛刻并且因此不利地是耗能的和尤其是昂贵的。但基于无机物的IR探测器在机械上是不柔韧的，并且与基于有机物的解决方案相比导致更大体积的或更重的构件(Downs和Vandervelde，Sensors(传感器)2013，13，doi:10.3390/s130405054)。

[0006] b)在另外的基于无机物的实施方案中使用含铅的盐，例如硫化铅 (II)，其然而与1a)中相比具有明显更慢的反应时间，并且基于铅被归类为是特别有毒的(Humphrey，Appl.Opt.(应用光学)1965 4，665-675)。

[0007] c)在基于有机物的通过对有机化合物的真空加工而制成的IR探测器中尤其不利的是，这些IR探测器中的仅少量的IR探测器具有在高于1000nm的波长的情况下的吸收(Baeg等人，Advanced Materials (高级材料)2013，25(31)，4267-4295)。这基于对用于升华的高的热稳定要求，其与带有低能带隙的有机半导体(即在近红外的波长范围内的吸收)有矛盾。

[0008] d)基于有机物的IR探测器替选地也可以借助溶剂加工制成，其中，在文献中仅很少地描述了用于对带有1000nm以上的单线吸收的光活性层的成分、例如由锌-卟啉-二聚体和苯基-C_{61}-丁酸甲酯(简称 PCBM)构成的组合和4，4'-联吡啶(简称Bipy)添加剂。但不利的是，这些IR探测器的最大的外量子效率在短路条件的情况下限制为13.5% (在1400nm时)。

[0009] e)在其中尤其是使用碳纳米管或石墨单层的基于碳的IR探测器在短路条件下具有明显更小的为2.3％或2％的最大的外量子效率，并且同时仅允许400nm至1600nm的宽带的吸收，从而光电子元件对于IR 辐射不是选择性地敏感的(Gong等人，ACS Applied Materials& Interfaces(ACS应用材料&接口)2015，150330161533004，doi:10.1021/

acsami.5b01536或Furchi等人,Nano Letters(纳米快报) 2012,12(6),2773-2777)。

[0010] 2.基于直接的生色团间的(interchromophor)电荷转移态的吸收的IR探测器也是公知的,其根据所使用的活性介质划分:

[0011] a)Bednorz等人(Organic Electronics:Physics,Materials, Applications(有机电子:物理,材料,应用)2013,14(5),1344-1350) 公开的是,在混合IR探测器中,其利用在有机层(例如花衍生物)至无机层(例如硅)的过渡部上的直接的生色团间的电荷转移态的吸收。作者指出了在1550nm的波长的情况下明显小于1%的很小的外量子效率(EQE)。此外不利的是,这种IR探测器在机械上是不柔韧的,并其制造需要稀土、例如铟或镓,这明显提高了制造成本。

[0012] b)从Wu等人的公开文献(Energy&Environmental Science(能量&环境科学)2011,4(9),3374.doi:10.1039/c1ee01723c)公知了有机半导体与富勒烯之间的直接的生色团间的电荷转移态的吸收,特殊地由混合层聚(3-己基噻吩)(简称P3HT)和苯基-C_{61}-丁酸甲酯(简称 PCBM)的混合层导致的吸收。基于非常弱的吸收系数,其125nm的光活性层在带有980nm的波长的电磁照射的情况下仅导致0.05%的 EQE。Beenken等人(Phys.Chem.Chem.Phys.(物理化学、化学物理) 2013,15,16494.doi:10.1039/c3cp42236d)从对相同的混合层 (P3HT:PCBM)的吸收频谱的观察推导出直接的生色团间的电荷转移 (分子间的电荷转移跃迁)的很小的振子强度。形成的电荷转移激子假设为是热稳定的,这不意味着或仅意味着借助所观察的电荷转移态导致的最多很小的光电流产生。

[0013] 由US 2009/0289247A1公开了更高效的IR探测器,其提出光活性层的厚度大于10μm,以便提升直接的生色团间的电荷转移态的吸收。然而为了有效地运行这种IR探测器需要100V或更大的高运行电压,以便克服光活性层的高的电阻,光活性层的层厚在此是超过太阳能电池中常见的厚度两个或三个数量级。不利地随之出现更大的暗电流和光电流相对于暗电流的小于5的很小的开关比(An-Aus-Verhältnis)。无效的载流子传输也伴随着与光电流对待探测的辐射的随时间的改变的缓慢的反应时间。

[0014] 在专业文献,例如Jailaubekov等人的专业文献(Nature Materials (自然材料) 2013,12,66)中,迄今为止坚持如下理解,即,电荷转移态用作针对光诱导的载流子的捕获器,并且因此不导致光电流。

[0015] 3.Liu等人(Nano Letters(纳米快报)2014,14(7),3702-3708) 描述了通过光吸收的导电性的调制作为用于探测IR辐射的另外的可能性。在此特别不利的是仅5%的导电性的很小的开关比。

[0016] 4.此外,对于本领域技术人员来说公知了基于通过表面等离激元实现吸收的IR探测器。因为这些探测器以基于无机物的吸收材料为基础,所以这种IR探测器具有上面提到的伴随着使用无机材料出现的缺点。此外,能最大探测的波长由肖特基势垒的高度来限制。

[0017] 5.最后也公知了量化的跃迁,例如量子阱结构中的子带间吸收或到量子点的跃迁,它们同样不利地以基于无机物的吸收材料为基础。这些探测器也大多基于稀土、例如铟或镓的使用,其中,它们的制造在技术上要求苛刻并且因此不利地是耗能的和尤其是昂贵的。此外,基于无机物的IR探测器在机械上是不柔韧的,并且与基于有机物的解决方案相比导致更大体积的或更重的构件。

[0018] 也可以用作IR传感器的设备由US 2004/0016923A1公知。公开的基质布置可以具

有有机多层结构，其位于由两个电极构成的微腔内。作为用于生成光电流的机制提到光诱导的电荷转移。根据IUPAC Gold Books(doi:10.1351/goldbook)的限定，光诱导的电子跃迁是一种作为基于电磁辐射与物质的谐振相互作用形成的电子状态的结果的电子跃迁。在此涉及由几个部分构成的过程，其在实际的电荷转移之前首先要形成激发状态，例如施主激子。针对各个薄层，引用带有高的消光的材料(例如MEH-PPV或六噻吩)，其不适用于在足够宽的波长范围内的敏感的频谱。

[0019] 在感光的有机元件中使用传输层以便从元件中有效地提取分离的载流子作为光电流例如由Zhou等人(Ploymer(聚合物)2013,54,6501) 公知。在在此公开的元件中，关于电荷转移态的吸收范围中的谐振波长没有优化层厚。

发明内容

[0020] 因此，本发明的任务是说明一种用于探测电磁辐射的方法，其克服了现有技术的之前提到的缺点并且因此提供廉价的、容易的、在机械上柔韧的、带有高的外量子效率的红外探测器，红外探测器的特征在于探测波长选择的高的自由度，尤其是用于使用在780nm至10μm 的频谱波长范围内。

[0021] 该任务通过根据本发明的用于探测的电磁信号的方法以及根据本发明的用于探测电磁信号的设备解决。本发明具有有利的设计方案。

[0022] 根据本发明的用于探测780nm至10μm的波长范围内的电磁信号的方法具有如下步骤：

[0023] a)提供光电子元件，光电子元件布置在基底上并且

[0024] i.具有两个彼此间隔开且对置的、构造出光学微腔的反射面，

[0025] ii.具有布置在反射面之间的光活性层，其包含至少一个化合物1和化合物2，

[0026] 其中，化合物1的HOMO能与化合物2的LUMO能之间的能量差位于1.6eV以下，

[0027] 其中，反射面之间的光程长度相应于待探测的电磁信号的波长的 25％至75％范围，并且

[0028] 其中，待探测的电磁信号的波长范围的能量当量位于

[0029] -通过化合物1的HOMO能和化合物2的LUMO能限定的能量差的范围内，和

[0030] -通过化合物1的HOMO能和LUMO能限定的能量差的范围内，

[0031] 其中，光活性层以在光学微腔内处在待探测的电磁信号的波长的空间上的强度最大值处的方式在反射面之间取向，

[0032] b)以780nm至10μm的波长范围内的电磁信号照射光电子元件，

[0033] c)在光学微腔内增强待探测的电磁信号，其中，通过待探测的信号的波长诱导，实现从化合物1到化合物2的直接的生色团间的电荷转移，

[0034] d)将电磁信号转换为电信号。

[0035] 根据本发明的光电子元件的外量子效率(简称EQE)的整体的最大值位于直接的生色团间的电荷转移态的吸收范围中，并且与来自单线吸收的波范围的最高的EQE相比至少是一样大，尤其是至少两倍大，更尤其是五倍大。

[0036] 本发明基于如下令人惊讶的认识：在化合物1和化合物2的边界面上的状态的弱吸收、所谓的直接的生色团间的电荷转移可以借助根据本发明选择的反射面的布置有效地增

强。

[0037] 与常规的有机的太阳能电池不同地，在本发明的意义下略去通过单线吸收产生的激子至施主-受主边界面的扩散，并且替代地，在施主与受主之间的边界面上的跃迁直接通过吸收激发。因此，根据本发明提供了用于探测尤其是在近红外范围和中红外范围内的电磁辐射的光电子元件，其有选择地将来自所有入射的电磁辐射的电磁信号转换为电信号。根据本发明的基于直接的生色团间的电荷转移的方法尤其是不被本领域技术人员所期望，这是因为在科学专业文献中，迄今为止坚持如下理解，即，电荷转移态用作针对光诱导的载流子的陷阱，并且因此不导致光电流。

[0038] 单线吸收描述了在纯粹的有机半导体层，即仅由有机化合物构建的有机半导体层中的唯一的吸收机制。单线吸收是光子的吸收，该吸收导致电子从HOMO能级(或更低)提升至LUMO能级(或更高)。在此，电子在HOMO中留下缺失部位(所谓的空穴)，其通过库伦相互作用与被激发的电子静电地结合。结合的两粒子态概括为激子。基于激子结合能，比LUMO能与HOMO能之间的能量间距小100meV的激发能量也可以导致单线吸收。

[0039] 此外，本领域技术人员原则上分清分子间的与分子内的电荷转移跃迁或由此导致的激发的电荷转移态(英语:charge transfer state或简称为CT态)。

[0040] 电荷转移跃迁是从施主化合物到受主化合物的完全的或几乎完全的电荷转移。如果两个化合物锚定在相同的分子中，那么存在分子内的电荷转移跃迁。如果不同的(分立的)分子或离子(它们也可以松散地通过相协调的相互作用联接)作用为施主化合物和受主化合物，那么就存在分子间的电荷转移。根据IUPAC Gold Books的限定 (doi:10.1351/goldbook)，电荷转移跃迁是一种电子跃迁，其中，大部分电荷从分子单元的一个区域(所谓的电子施主)转移到另一区域(所谓的电子受主)(分子内的电荷转移)或者从一个分子单元转移到另一分子单元(分子间的电荷转移)。电荷转移跃迁通常用于施主受主复合体或多生色团的分子单元。

[0041] 分子间的电荷转移态是LUMO(或能量更高的状态)中的被激发的电子以及HOMO(或能量更低)中的空穴之间的微弱地结合的状态，其中，所提到的空穴和电子位于在空间上分离的分子上。优选地，电荷转移态构造在化合物1与化合物2之间的边界面上。

[0042] 分子内的电荷转移态基于单个分子内的电子施主结构单元和电子受主结构单元。

[0043] 参照图1(左图)，两个有机化合物因此仅吸收带有能量E_1或E_2的光子，这些能量E_1或E_2相应于光子带隙的能量(各化合物的HOMO 能与LUMO能之间的能量差)或超过该能量。在第二步骤中，由于电磁辐射的吸收而激发的化合物现在可以要么通过复合转移至基本态，要么通过生色团间的电荷转移将负电荷从LUMO转移至用作受主的第二化合物的HOMO上。

[0044] 当在化合物1和化合物2的边界面上实现吸收带有能量E_3的光子，用以将电子从化合物1的HOMO(或更低能量)直接转移至化合物2 的LUMO(或更高能量)，并且因此在化合物1与化合物2之间直接激发共同的电荷转移态(参见图1，右图)时，在本发明的意义下相应地存在“直接的生色团间的电荷转移”。因此，尤其是在太阳能电池材料中的对于直接的生色团间的电荷转移来说需要的能量E_3小于各带隙的能量E_1或E_2。

[0045] 根据本发明，待探测的电磁信号的波长范围的能量当量位于(i) 通过化合物1的HOMO能和化合物2的LUMO能限定的能量差的区域内，和(ii)通过化合物1的HOMO能和LUMO能

限定的能量差的区域内(即在化合物1与2之间的直接的生色团间的电荷转移态的吸收范围内)。

[0046] 在此,波长的能量当量限定为电磁辐射的光子能量E,其根据如下等式配属于波长λ:E＝h*c/λ,其中h相应于普朗克常数,c相应于光速。

[0047] 概念HOMO根据限定表示最高占据分子轨道(英语:highest occupied molecular orbital)。概念LUMO根据限定表示最低未占据分子轨道(英语:lowest unoccupied molecular orbital)。

[0048] 带有微米范围内的准确限定的间距的两个功能上对置的反射面构造出“光学微腔”。

[0049] 在本发明的意义下,尤其是平面地构造的边界面适用于作为反射面,其充分利用等离激元的或介电的反射。此外有利地,借助一维的干涉光栅而高度结构化的充分利用全反射的边界面是适用的(在分布反馈(英语:distributed feedback,简称DFB)意义下)。

[0050] 根据本发明,反射面的间距以如下方式选择,即,在反射设施内构造的谐振波长落入直接的电荷转移态的吸收范围内。通过光活性层在反射设施内的有利的定位,直接的生色团间的电荷转移态的吸收相对于没有反射面的层序列中的吸收以10至10000倍增强。

[0051] 优选地,入射的待探测的电磁信号在光活性层上取平均的强度通过根据本发明的方法以10至10000倍增强。

[0052] 为了获得光学微腔的在直接的生色团间的电荷转移态的吸收范围中的谐振波长,包括所有由微腔包围的层的反射面之间的光程长度优选相应于力求达到的直接的生色团间的电荷转移吸收的波长的一半。在此,微腔的光程长度为在所有位于反射面之间的单层上的几何路程长度与介质折射率的乘积的总和。此外,例如基于等离激元,针对力求达到的光程长度的值具有±50%的范围内的公差。在结构化的反射面的特殊情况下(在根据带有分布反馈(英语:distributed feedback或简称DFB)的反射面的干涉光栅的意义下),谐振条件根据对于本领域技术人员来说已知的二维或三维的规律性调整。

[0053] 如果谐振波长的电磁辐射(带有最长波长的满足光学微腔中的相长干涉条件的电磁辐射)到达腔,那么入射的电磁信号有利地多次在两个反射面之间反射,从而该反射波长的光学场有利地得到增强。同时,不相应于谐振波长的光已经在进入光学微腔之前被反射。

[0054] 在本发明的意义下,概念“谐振波长”理解为待探测的电磁信号的波长,其相应于反射面之间的光程长度的25%至75%范围,并且具有最高的场增强。

[0055] 反射面根据本发明是负责构造光学微腔的两个边界面,即带有不同折射率的两个相邻的介质的限界的边界面。

[0056] 根据本发明,接触反射面的背离光学微腔的介质随后被称为反射介质。如果其此外是固体(例如基于有机物的或氧化的反射介质),那么随后根据本发明使用反射层的概念。

[0057] 基于反射面的几何间距以及必要时基于光学场渗入到反射层中,谐振长度根据相长干涉条件位于10nm至10μm之间的区域内。

[0058] 相长干涉(即,待探测的电磁信号通过光学微腔内的反射的增强) 通过光学场在限定的波长中的有利的叠加实现。针对相长干涉的条件是两个相邻的介质的相互毗邻,其中,介质具有不同的折射率,从而在介质之间构造出反射面。当反射面之间的光程长度相应

于待探测的信号的波长的25％至75％范围、特别优选地相应于待探测的信号的波长的一半时，在一维的情况下出现相长干涉条件。然而，等离激元效应例如导致之前提到的规定的在±50％范围内的偏差。

[0059] 场增强在本发明的意义下限定为带有充分利用相长干涉的光学场和不带有充分利用相长干涉的光学场的依赖于频谱的比。

[0060] 根据本发明的优选的设计方案，两个对置的反射面彼此平面平行地布置。

[0061] 优选地，两个对置的反射面具有相对彼此在100nm至5000nm的范围内的、特别优选地在200nm至1000nm的范围内的限定的几何间距。

[0062] 替选地，两个对置的反射面优选倾斜地以在1nm至500nm、优选在10nm至100nm的范围内的几何间距的变化相对彼此布置，其中，两个反射面彼此间的平均几何间距在100nm至5000nm、特别优选在 200nm至1000nm的范围内。特别有利地，反射面的间距的变化使对入射的电磁辐射的频谱研究成为可能，其中，电极多件式地(即作为阵列)构造，并且分别与单独的读取单元连接。

[0063] 优选地，每个介质在本发明的意义下构造为单层或层序列。

[0064] 当反射介质充分利用借助等离激元实现的金属反射或与相长干涉相结合的介电反射(例如介电反射层(英语:distributed Bragg reflector (分布式布拉格反射器，简称DBR)))时，反射面优选平面地构造。

[0065] 特殊地在考虑到使用在红外波长范围内的情况下与借助等离激元实现的金属反射相结合地，作为反射层尤其适用的是银(Ag，尤其是从350nm的照射波长开始是适用的)、金(Au，尤其是从700nm的照射波长开始是适用的)和铝(Al，尤其是从1500nm的照射波长开始是适用的)。

[0066] 与介电反射和相长干涉(即DBR反射层)相结合地，反射介质构造为带有交替地高折射率和低折射率的层序列。二氧化硅(SiO_2，在 250nm至5000nm的波长范围内是适用的)或者金属氟化物，尤其是碱、碱土或稀土金属氟化物，例如氟化锂(LiF)或氟化镧(LaF_3)尤其是考虑作为带有低折射率的材料。作为带有高折射率的材料，尤其考虑从以下选出的廉价的金属氧化物:二氧化钛(TiO_2，在450nm至2500nm 的波长范围内是适用的)、氧化铝(Al_2O_3，在最大1600nm的波长范围内是适用的)、氧化锆(IV)(ZrO_2，从400nm的波长范围开始是适用的)以及硫化物，例如硫化锌(ZnS，从800nm的波长范围开始是适用的)。此外，如下金属氧化物是适用的:氧化钽(V)(Ta_2O_5，在300nm 至1750nm的波长范围内是适用的)、二氧化铪(HfO_2，在350nm至 800nm的波长范围内是适用的)以及氮化物，例如氮化铝(AlN，在500nm至5000nm之间的波长范围内是适用的)以及II-VI化合物半导体，例如硒化锌(简称ZnSe)。DBR结构的这些单层在此具有相应于光学微腔的谐振波长的四分之一的光学层厚。

[0067] 根据本发明的替选的实施方式，反射面借助基于全反射的DFB反射层实现，即借助(例如借助光刻胶层实现的)侧向的高度结构化实现，其中，优选地选择100nm至10μm之间的侧向的周期性和1nm至 100nm之间的光栅幅度。在该实施方式中，远基底的(即距离基底较远的)反射面相应于光电子元件的最上方的边界面。在此，反射介质的折射率低于所有处于光学微腔内的层的折射率。

[0068] 以光刻胶层(例如micro resist technology有限公司的ma-P1210) 结构化的例如由玻璃或塑料构成的基底尤其是适用于作为近基底的 (即最靠近基底的)反射介质。阻

挡层，例如氧化铝(Al_2O_3)或惰性气体，例如氮气尤其是适用于作为远基底的反射介质。

[0069] 有利地通过光电子元件的光学微腔实现被吸收的电磁辐射的窄带的增强(即，针对谐振波长周围的波长区间的增强)。该增强的特征在于外量子效率(EQE)或频谱响应的小于50nm、特别优选地小于10nm 的半峰宽。通过例如借助光学间距保持层的层厚变化实现的谐振波长的同时的可调谐性(即，有针对性的变化)，通过根据本发明的方法可以特别有利地实现频谱应用或多路复用(即多个波长的同时的数据检测/处理)。

[0070] 同样，根据本发明的方法的特征还在于，相对于在其带隙之上常规地单线激发化合物，优选在780nm至1μm的波长范围内仅非常小的能量是对于激发共同的直接的生色团间的电荷转移态所必须的，由此有利地可以使用带有本身很大的带隙的有机化合物。因为在可见范围内进行吸收的化合物(即带有大的带隙)对于根据本发明的方法来说是不需要的，所以根据本发明用于探测红外信号的光电子元件的单体化合物可以有利地构造为相对于可见波长范围是不敏感的(即没有激发且没有电信号)。

[0071] 优选地，化合物1和2相对于来自可见波长范围的电磁辐射是不敏感的。

[0072] 优选地，根据本发明使用的光电子元件(例如探测器)对于在可见波长范围内的电磁辐射来说部分透明或完全透明地设计。由此，光活性层的功能使用寿命同时有利地得到增大。

[0073] 优选地，根据本发明使用的光电子元件的特征在于暗特性曲线的在10nA/cm^2的数量级中的很小的电流。

[0074] 此外优选地，根据本发明使用的光电子元件在短路条件下针对 780nm至1000nm的波长具有优选10％至80％之间的EQE，或者针对红外范围内的更高的波长具有大于0.5％的EQE。

[0075] 从之前提到的EQE推导出地，针对根据本发明使用的光电子元件在短路条件下，在780nm至1000nm的波长范围内得到优选在0.01A/W 至0.1A/W的数量级中的频谱响应或者针对在红外范围内的更高的波长得到0.001A/W至0.1A/W的数量级中的频谱响应。

[0076] 根据本发明使用的光电子元件在780nm至1000nm的波长范围内在短路条件下优选具有10^{11}琼斯(Jones)至10^{12}琼斯的数量级中的比探测率，或者针对在红外范围内的更高的波长具有至少在10^9琼斯的数量级中的比探测率。

[0077] 对于根据本发明使用的光电子元件来说也具有表征性的是在 780nm至1000nm的波长范围内、在1mW/cm^2的数量级中的借助近红外线的相应照射时、在短路条件下、在10^4至10^5的数量级中的光电流相对暗电流的开关比。

[0078] 对于本领域技术人员来说已知的是，利用根据本发明的方法原则上可以探测从紫外到红外的范围内的电磁辐射。特别有利地，根据本发明的方法适用于探测在780nm至10μm的波长范围(频谱范围)内的电磁辐射。特别优选地，根据本发明的方法适用于探测根据DIN 5031 的在780nm至50000nm的近红外范围和/或中红外范围内的、特别优选地在780nm至3000nm的近红外范围(NIR范围)内的电磁辐射。

[0079] 待探测的电磁信号在本发明的意义下是来自入射的电磁辐射的整体的频谱片段。探测器尤其是对待探测的谐振波长周围的很窄的区间做出敏感的反应。在此，根据本发明的探测器的外量子效率具有小于 50nm、优选小于10nm的半峰宽。

[0080] 特别优选地，光活性层中的两个化合物1和2由低分子的(优选可真空加工的)有机

化合物的组中或由富勒烯或聚合物(优选能从溶液中加工出)的组中选出。

[0081] 在本发明的意义下,光活性层构造为光学微腔内的三维层,在其中,电磁辐射的探测波长位于直接的生色团间的电荷转移态的吸收范围内,并且其能量随后转移至微弱地结合的或自由的载流子中。

[0082] 如果借助真空加工施加光活性层,那么化合物1(电子施主)优选从如下物质组中选出:酞菁(例如酞菁锌或酞菁铁)、吡喃,例如双吡喃亚基(Bispyraniliden)(简称TPDP)、富瓦烯,例如四硫代富瓦烯(Tetrathiofulvalene)(简称OMTTF)以及芳香胺(例如N,N,N',N'- 四(4-甲氧基苯基)-联苯胺)(简称为MeO-TPD)、2,7-双[N,N-双(4- 甲氧基苯基)氨基]9,9-螺二芴(简称为Spiro-MeO-TPD)或4,4',4"-三 (3-甲氧基苯基-苯基氨基)三苯胺(简称为m-MTDATA)、双硫代吡喃亚基(Bisthiopyraniliden)、联吡啶亚基(Bipyridinyliden)或吡咯并吡咯二酮。

[0083] 如果借助液体加工来施加光活性层,那么化合物1优选从如下物质组中选出:聚噻吩(例如聚(2,5-双(3-烷基噻吩-2-基)噻吩并[3,2-b]) 噻吩)(简称为pBTTT)。

[0084] 在聚合物的情况下,化合物1的特征优选在于,侧链的空间间距相应于化合物2(电子受主)的空间上的延伸尺寸,从而通过使化合物 2系统地嵌入化合物1的侧链的中间空间中构造出双晶体(例如在N.C. Miller等人:Adv.Energy Mater.(高级能量材料)2012,2,1208, DOI:10.1002/aenm.201200392中描述的那样)。由此增大的施主-受主表面在此有利地导致生色团间的电荷转移态的提高的吸收。

[0085] 化合物2(电子受主)优选地在借助真空加工来施加光活性层的范围内从富勒烯、例如C60的物质组中选出。

[0086] 如果借助液体加工来施加光活性层,那么化合物2优选是苯基 -C_{61}-丁酸甲酯(简称为PCBM)或聚(2,5-双(3-四癸基噻吩-2-基)噻吩并 [3,2-b]噻吩)(简称为PBTTT-C14)。

[0087] 根据本发明的优选的设计方案,化合物1和化合物2可以相互共价地例如通过连接单元(柔韧的间距保持器)连接。这种连接单元对于本领域技术人员来说是公知的,并且尤其是从如下物质组中选出: C1-C12-烷基、C1-C12-烯基、C1-C12-烷氧基、C1-C12-聚烷氧基、脂肪二胺或环二胺和环状芳基或多环芳基。优选地,连接单元通过反应性偶联基团(功能基团)与化合物1或2结合。优选地,反应性偶联基团是氨基(-NH_2)、巯基(-SH)、氢氧基(-OH)、酰胺基团(-C(=O)NH_2)、三氯硅基(-SiCl3)或羧基(-C(=O)OH)。

[0088] 基底优选是坚固的、部分坚固的或柔韧的。

[0089] 尤其有效的是,基底是透明的。这种基底对于本领域技术人员来说是公知的并且例如由如下透明的基底选出:例如玻璃、塑料(聚对苯二甲酸乙二醇酯(简称PET)等)、金属带或金属混合氧化物(例如氧化铟锡)或混合层。基底可以是平的或弯曲的。

[0090] 根据本发明的优选的设计方案,在光学微腔内布置有两个光学间距保持层。

[0091] 特别有利地可以通过光学间距保持层的厚度使根据本发明的光电子元件中的光学微腔的谐振波长出现在可见光、近紫外(UV)或红外的范围内。

[0092] 光学微腔内的两个光学间距保持层用于a)将光学微腔的谐振波长设定到直接的生色团间的电荷转移态的吸收范围内,并且b)使光活性层在光学微腔内在谐振波长的空间的强度最大值处取向。

[0093] 空间的强度最大值限定为光学场的空间强度分布的以频谱分辨的最大值。

[0094] 为了有针对性地确定预定的谐振波长的位置，光学间距保持层的厚度以如下方式选择，即，使得反射面之间的光程长度相应于待探测的信号的波长的25％至75％范围、特别优选地相应于待探测的信号的波长的一半，然而，等离激元效应例如导致之前提到的规定的在±50％范围内的偏差。

[0095] 在本发明的意义下，如下光学间距保持层证实是有效的：其在反射面的平面平行的布置中产生反射面的在100nm至5000nm之间、优选在200nm至1000nm之间的几何间距。

[0096] 在两个对置的反射面的倾斜的布置中，光学间距保持器产生两个反射面的在1nm至500nm、优选10nm至100nm范围内的几何间距的变化。两个反射面的光学间距保持层产生的平均几何间距位于100nm 至5000nm、特别优选200nm至1000nm的范围内。特别有利地，反射面的间距的变化使对入射的电磁辐射的频谱研究成为可能，其中，电极多件式地(即作为阵列)构造，并且分别与单独的读取单元连接。

[0097] 如下材料适用于作为用于光学间距保持层的材料：其光滑地生长 (该层优选具有小于5nm、优选小于2nm的全局厚度变化)以及具有如下折射率，该折射率最多与所有其他的位于反射面之间的层的折射率的最大值一样大。此外，光学间距保持层关于待探测的波长具有小于0.1％、优选小于0.01％的吸收。为此，如下有机半导体是适用的：例如借助真空加工或液体加工施加的小分子，如芳香胺(如N,N,N’,N’- 四(4-甲氧基苯基)联苯胺)(简称为MeO-TPD)、2,7-双[N,N-双(4-甲氧基-苯基)氨基]9,9-螺-二芴(简称为Spiro-MeO-TPD)或N4,N4’-双(9,9- 二甲基-9H-芴-2-基)-N4,N4’-二苯基联苯-4,4’-二胺(简称为BF-DPB)或9,9-双[4-(N,N-双-联苯-4-基-氨基)苯基]-9H-芴(简称为BPAPF)和借助液体加工施加的聚合物、如聚(3,4-乙烯二氧噻吩)-聚苯乙烯磺酸 (简称为PEDOT:PSS)或氧化物、如氧化硅(简称为SiO_2)。

[0098] 根据本发明的优选的设计方案，光学间距保持层构造为传导电子的或传导空穴的传输层。

[0099] 根据本发明的另外的优选的设计方案，光学间距保持层构造为针对来自可见波长范围的电磁辐射的光学过滤器。来自该范围的波长不是在光活性层中而是在光学间距保持层中被吸收，在那里，其没有导致光电子元件的光电流(如对于红外探测器来说经常期望的那样)。在此，光学间距保持层例如由化合物1或化合物2(带有至少80质量百分比的层份额)构成。

[0100] 可以有效的是，传导电子的或传导空穴的传输层具有在1至50质量百分比(简称为质量％)的范围内的n或p型掺杂。传输层优选具有在1至25质量％、特别优选1至10质量％的范围内的n或p型掺杂。质量％根据限定涉及传输层的总成分。

[0101] 在此，“n”型掺杂或“p”型掺杂表示可自由运动的负电荷或正电荷渗入传导电子的或传导空穴的传输层中，这导致提高在热力学平衡状态中的相应掺杂的传输层的自由的电子密度或空穴密度。

[0102] 本发明的实施方式的特征在于，作为n型掺杂物前体或n型掺杂剂使用杂环基或二基、它们的二聚物、低聚物、聚合物、金属茂(例如二茂钴)、碱金属(例如铯)、桨轮络合物(Paddelwheel-Komplexe) (例如钨、钼或铬)、二螺化合物和多环或颜料的无色母体。作为p型掺杂物例如适用的是：四氰基对醌二甲烷、路易斯酸、轴烯、二硫过渡金属络合物或氟代的富勒烯。这种掺杂物前体或掺杂剂对于本领域技术人员来说是最熟知的。

[0103] 带有光活性层与传输层之间的传输水平的能量均衡的材料适用于作为基质分子。因此，化合物2(即富勒烯)重新适用于作为传导电子的光学间距保持层的基质，或化合物1也适用于作为传导空穴的传输层的基质。此外，如下物质种类适用于作为传导空穴的传输层的基质：芳香胺(例如N,N,N',N'-四(4-甲氧基苯基)联苯胺)(简称为 MeO-TPD)、2,7-双[N,N-双(4甲氧基-苯基)氨基]9,9-螺-二富勒烯(简称为Spiro-Meo-TPD)或N4,N4'-双(9,9-二甲基-9H-芴-2-基)-N4,N4'-二苯基联苯-4,4'-二胺(简称为BF-DPB)或9,9-双[4-(N,N-双-联苯-4-基- 氨基)苯基]-9H-富勒烯(简称为BPAPF)。

[0104] 此外，如下物质适用于作为传导电子的传输层的基质：喹啉类(例如三(8-羟基-喹啉)铝)(简称为Alq3)、邻二氮菲(例如4,7-二苯基-1,10- 菲咯啉)(简称为Bphen)、三亚萘(例如2,3,8,9,14,15-六氟 -5,6,11,12,17,18-六氮杂-三亚萘)(简称为HATNA-F6)或萘二酰亚胺 (例如N,N-双(芴基-2-基)-萘四羧基二酰亚胺(简称为双-Hfl-HTCDI))。

[0105] 可以归因于电磁信号对光电子元件的照射的、由光电子元件输出的电信号份额为：

[0106] $I_{光}=I_{ES}-I_{暗}$，其中，参量$I_{光}$相应于光电流，I_{ES}相应于电信号(即在照明的情况下的电流)以及$I_{暗}$相应于在没有照明的情况下的电流。所有三个参量依赖于必要时提供的外电压。

[0107] 从电磁信号的转换得到的电信号优选借助电极和读取单元测定。有利地，电信号的读取使利用后置的对于本领域技术人员公知的电子器件进行进一步处理成为可能。

[0108] 必要时，通过提供外电压支持读取来自光电子元件的电流，外电压通常在0至100V之间的范围内。特别有利地，通过提供外电压提升光电子元件在探测范围内的外量子效率，并且缩短反应时间(在探测器中达到探测波长时的光电流的上升时间)。

[0109] 有利地，根据本发明的光电子元件相对于由现有技术公知的元件的特征在于探测1000nm以上的波长，其中，谐振波长的可调谐性和 EQE(或频谱响应)的很小的半峰宽能够实现将根据本发明的光电子元件用作频谱仪。

[0110] 尤其有利地，活性层中的化合物1和2的适当的选择能够实现直接的生色团间的电荷转移态的宽的吸收范围，随之发生对该区域内的待探测的信号的波长的自由选择。

[0111] 本发明的主题也是优选在根据本发明的方法中使用的、基底上的光电子元件，其至少具有：

[0112] i.两个彼此间隔开且对置的、构造出光学微腔的反射面，

[0113] ii.布置在反射面之间的光活性层，其包含至少一个化合物1和化合物2，

[0114] 其中，化合物1的HOMO能与化合物2的LUMO能之间的能量差位于1.6eV以下，

[0115] 其中，反射面之间的光程长度相应于待探测的信号的波长的25％至75％范围，并且

[0116] 其中，待探测的电磁信号的波长范围的能量当量位于

[0117] -通过化合物1的HOMO能和化合物2的LUMO能限定的能量差的范围内，和

[0118] -通过化合物1的HOMO能和LUMO能限定的能量差的范围内，

[0119] 其中，光活性层以在光学微腔内处在待探测的电磁信号的波长的空间上的强度最大值处的方式在反射面之间取向。

[0120] 在本发明的意义下，光电子元件构造为红外探测器、太阳能电池或其部件。在本发

明的意义下，探测器作为感光的光电子元件得到优化，其用于在尽可能小的暗电流的边界条件下通过转换待探测的电磁环境辐射来提供最大可能的光电流。

[0121] 太阳能电池在本发明的意义下是能量自给自足的、感光的光电子元件，其被优化用以通过转换太阳光提供最大可能的电功率。在此，为了使光活性层关于波长以带有在单线吸收的范围中的最大消光的方式取向，优选地使用相长干涉条件。

[0122] 因为在本发明的意义下不需要在可见波长范围内进行吸收的化合物，所以根据本发明的光电子元件，尤其是在用作红外探测器的情况下，优选在可见波长范围内透明地或者至少部分透明地构造。在本发明的意义下，当在可见波长范围内辐射的至少30％被透射时，该材料是部分透明的。

[0123] 根据本发明的优选的设计方案，根据本发明的元件具有用于读取电信号的读取单元。

[0124] 优选地，读取单元也用于进一步处理被读取的电信号。

[0125] 根据本发明的优选的设计方案，光电子元件具有至少两个相互间隔开的电极，它们构造为电极对(即阳极和阴极)。

[0126] 根据本发明的优选的设计方案，由电极构成的材料具有很高的导电能力。如果基于金属的反射层同时作用为电极，那么其优选具有80％至100％之间的、优选95％至100％之间的、特别优选地99％至100％之间的反射率，其中，材料例如从银、铝和金选出。

[0127] 在其他情况下，电极应该具有高的透明度，即0至10^{-2}之间的、优选0至10^{-3}之间的和特别优选地0至10^{-4}之间的消光系数。在此，例如如下被掺杂的金属氧化物是适用的：氧化铟锡(简称为ITO)或氧化铝锌(简称为AZO)、高导电能力的光滑地生长的小分子(例如通过掺杂，如给C60掺杂以四(1,3,4,6,7,8-六氢-2H-嘧啶[1,2-a]嘧啶离子)- 二钨(II)(简称为Wpd，16质量％掺杂))或高导电能力的光滑地生长的聚合物，例如聚(3,4-乙烯二氧噻吩)-聚苯乙烯磺酸(简称为 PEDOT:PSS)或石墨。

[0128] 可以设置的是，至少一个电极多件式地(即作为阵列)构造。通过阵列式地布置的电极部段有利地存在光电子元件中的多个测量区域，它们分别单独地通过读取单元读取。这一方面能够实现射入的待探测的电磁信号的空间分辨(例如针对在带有IR探测器的照相机中使用)，其中，两个反射面在该实施方案中平面平行地布置。另一方面，阵列式地布置的电极部段能够实现在频谱仪的意义下通过反射面的相对彼此倾斜的布置实现的频谱分辨，从而给每个电极部段配属另外的谐振波长，由此在每个电极部段中有利地区分待探测的电磁信号。

[0129] 可选地，光电子元件具有光学过滤层，用以减少不期望的例如由激子吸收而导致的光电流。因此，可以在导致光电流方面有利地抑制在可见波长范围内、特别是在双倍或更高阶的谐振波长中的入射的电磁辐射。优选地，光学过滤层安装在光学微腔内部或外部。针对75nm 至600nm之间的波长区间带有0.2至3.0之间的消光系数的如下有机材料适用于作为光学过滤层：茀(如P4-2,3,10,11-四丙基-1,4,9,12-四苯基 -二茚并[1,2,3-cd:1',2',3'-Im]茀(P4-Ph4-DIP))，酞菁(例如ZnPc) 和/或寡聚噻吩(例如2,2'-((3",4"-二甲基-[2,2':5',2":5",2"':5"',2""- 五联噻吩]-5,5""-二基)双(甲烷基亚基))-二丙二腈)(简称为 DCV5T-Me(3,3))分别适用于作为纯粹的非混合的层。

[0130] 也可以设置的是，光电子元件具有载流子阻挡层，其有利地禁止自由的载流子朝

不利的电极传输。有利地，这通过具有大的带隙的材料实现。根据本发明的优选的设计方案，载流子阻挡层的功能通过传输层的基质材料承担。

[0131] 可选地，光电子元件具有阻挡层或封装件，其在光电子元件的有效功率的意义下抑制有害的环境影响(例如氧气或水)的渗入。根据本发明，阻挡层与基底相协调地坚固地设计(例如玻璃)、部分坚固地或柔韧地设计(例如借助优选氧化物(例如氧化钼)的原子层沉积 (英语:Atomic Layer Deposition，简称为ALD)或借助金属(例如铝) 或有机物(如三(8-羟基-喹啉)铝(Alq3))进行薄层封装)。

[0132] 此外可选地，光电子元件具有:中间层(所谓的种子层)，这些中间层用于通过带有高的表面能的材料(例如金或钛)来光滑地生长后继层;或针对布置在其上的贵金属的扩散阻挡层，这些扩散阻挡层例如是非贵金属(例如铝)的中间片层或氧化物(例如氧化钼)。

[0133] 除了在两个对置的反射面的平面平行的布置的情况下探测单个波长以外，在说明的波长范围内的频谱应用也是值得期望的。因此，根据本发明的第二方面的任务是提供一种频谱仪。

[0134] 待探测的电磁信号的频谱分辨根据本发明的优选的方案以如下方式实现，即，使根据本发明的光电子元件的两个对置的反射面的几何间距在至少一个侧向方向上，即在平行于基底的在其上布置有光电子元件的表面的方向上变化。通过两个反射面的几何间距的变化，反射面之间的光程长度发生变化，并且因此光学微腔的谐振波长发生改变。

[0135] 在此，反射面的几何间距一方面可以连续变化，其方式是:两个反射面在光学腔层厚变化的情况下相对彼此倾斜地布置，用以在频谱仪的意义下通过侧向移动来分辨探测波长。

[0136] 如果反射面相对彼此倾斜，那么根据本发明在基底的平面中存在谐振波长的梯度，其中，所有在光学微腔内存在的谐振波长处在直接的生色团间的电荷转移态的吸收范围内，并且谐振波长的能量当量处在化合物1(电子施主)的单线吸收下方。

[0137] 如果反射面相对彼此倾斜，那么电极多件式地(即作为阵列)构造，其中，联接有一样多的用于读取光电流的电脱联的读取单元。

[0138] 另一方面，反射面的几何间距可以不连续地，即在离散的分级部中阶梯形地变化。反射面的几何间距的不连续的变化由以下方式产生:光电子元件具有彼此电绝缘的部段，在部段之内，两个对置的反射面平面平行地布置。相邻的部段具有两个对置的反射面的不同的几何间距。反射面的几何间距因此分段地变化。光电子元件因此具有侧向的结构化部，即在平行于基底的其上布置有光电子元件的表面的至少一个方向上的结构化部。结构化也可以在两个侧向的方向上以像素的形式实现。在此，在每个像素中，光学微腔构造有特定的谐振波长，从而可以给每个像素配属在直接的生色团间的电荷转移态的吸收范围内的特定的探测波长。

[0139] 光学腔层厚的上面提到的连续的或不连续的变化优选通过光学间距保持层的层厚变化实现。

[0140] 此外存在如下可能性:附加地或替代地，层厚变化通过光活性层的厚度和/或其他层的厚度、像例如电极或有机层的厚度来调节。

[0141] 除了已经列举的可能性以外，光电子元件相对于射入的待探测的电磁信号倾斜0至90度的范围内的倾斜角能够总体上同样实现谐振波长的变化。

[0142] 根据本发明的优选的设计方案，根据本发明的方法和根据本发明的光电子元件用于时间分辨地读取通过光波导体实现的通讯。特别有利地，根据本发明的方法和光电子元件的根据本发明的结构能够实现同时读取多个波长(多路复用)。相关的波长在此例如是850nm、1310nm 和1550nm。

[0143] 在本发明的替选的设计方案中，根据本发明的方法和根据本发明的光电子元件用于随时间分辨地读取尤其是移动设备(例如移动电话) 或固定设备(例如远程操作或电脑的接收器)的短射程的无线通信。

[0144] 根据本发明的特别优选的设计方案，根据本发明的方法和根据本发明的光电子元件用于检测运动(例如在安全技术或电脑游戏的意义下的运动探测器)、间距(例如在虚拟现实的意义下的间距测量器) 或位置(例如光栅或借助多个接收器实现的三角测量)。

[0145] 此外，根据本发明的方法和根据本发明的光电子元件被用于例如在红外照相的意义下在空间上分辨红外辐射，探测例如在护照中的近红外敏感的安全特征，或者例如无损地分析艺术品(例如历史油画) 的底层。

[0146] 在本发明的替选的设计方案中，根据本发明的方法用于在太阳能电池的意义下通过转换太阳频谱的红外部分以能量自给自足的方式提供电功率或者作为太阳能电池的组成部分使用。

[0147] 此外，根据本发明的光电子元件用于制造在近红外范围内的带有上面提到的特性的频谱仪。针对这种频谱仪的应用情况尤其是：

[0148] i)吸收近红外范围内的频谱；

[0149] ii)借助表征特定的分子键的吸收带确定包含分析物的样品的样品成分；

[0150] iii)用于在光波导体支持的通讯的范围内同时读取不同波长的多路复用；

[0151] iv)医学诊断，例如测量血液中的血糖或氧气含量(脉搏血氧饱和度、两个波长的传播的比较)或例如在神经科学中作为成像法用于无损地研究大脑或组织或用于在泌尿系统中研究膀胱；

[0152] v)农产品和/或易腐产品的质量控制，例如用于确定水、蛋白质、油脂或塑料的含量；

[0153] vi)化学和制药学的产品以及石化工业的质量控制；

[0154] vii)红外天文学；

[0155] viii)作为大脑-电脑接口，例如针对带有闭锁综合征的病人。

[0156] 之前提到的根据本发明的实施方式适用于解决该任务。在此，公开的实施方式的组合也适用于解决该任务。本发明的优选的改进方案由各个特征的组合得到。

附图说明

[0157] 随后，本发明应该借助实施例和附图更详细地阐述。实施例应该描述本发明，其中，本发明并不局限于实施例。其中：

[0158] 图1示出在有机半导体以及随后提取载流子的范畴内的不同的吸收机制的图示。左图(a)示出单个材料的常规的单线吸收，右图(b) 示出根据本发明使用的直接的生色团间的电荷转移态的吸收；

[0159] 图2示出纯粹的ZnPc层(III)对比作为光活性层的ZnPc-C60混合层(ooo)的吸收情

况的比较;虚线的特征曲线(iii):在高分辨率的吸收测量的意义下的在纯粹的未混合的ZnPc层上的光电流频谱的傅里叶变换;带有圆圈(ooo)的特征曲线:带有ZnPc:C60混合层(混合比1:1体积份额)的太阳能电池(即针对在可见波长范围内的谐振波长进行优化的参考电池)的外量子效率测量;

[0160] 图3示出左边的ZnPc、右边的C60、带有直接的生色团间的电荷转移态的中间过渡部的能级的简图;

[0161] 图4示出根据本发明的光电子元件的光学场的模拟的幅度分布,其通过探测器中的位置和进入的电磁辐射的射入的波长描绘出。在中间画出了层序列和辅助线;

[0162] 图5示出近红外探测器的一览表,其基于ZnPc-C60混合层的直接的生色团间的电荷转移的吸收。在层厚变化的范围内,光学间距保持层X1和X2的厚度、透明的银反射层Y的厚度以及光学过滤层Z的厚度同时发生变化;

[0163] 图6示出借助图5说明的样品组探测不同波长的电磁辐射,其以外量子效率(EQE)表达;

[0164] 图7示出借助图5说明的样品组探测不同波长的电磁辐射,其以频谱响应(SR)表达;

[0165] 图8示出针对从图5所示的样品组选出的样品的不同的感光的光电子元件的外量子效率;

[0166] 图9示出根据本发明的光电子元件关于光学参数和电参数的角度依赖性。从左到右:实验测得的外量子效率的依赖性;模拟的反射率的依赖性;实验测得的反射率的依赖性;

[0167] 图10示出根据本发明的光电子元件的示意性的层结构,其中,反射层或光学间距保持层以能导电的方式构造,从而它们同时作用为电极或传输层。反射面平面平行地布置。

[0168] 图11示出根据本发明的光电子元件的如图10中的示意性的层结构,其中在此,电极(19)部段形地划分并且设有单独的读取单元,从而到达的电磁信号在空间上被分辨。反射层在该实施方案中非导电地构造。

[0169] 图12示出根据本发明的光电子元件的示意性的层结构,其中,与图10相比,反射层和光学间距保持层都以不能导电的方式构造。代替地,与所提到的层在空间上分离地提供电极或传输层;

[0170] 图13示出根据本发明的光电子元件的示意性的层结构,其中,与图10相比,电流流动平行于基底并且进而垂直于光入射。

[0171] 图14示出根据本发明的光电子元件的示意性的层结构,其中,与图10相比,近基底的反射层在分布反馈(DFB)的意义下设计为周期性的干涉光栅;

[0172] 图15示出根据本发明的光电子元件的示意性的层结构,其中,与图10相比,反射面相对彼此倾斜,以及近基底的电极部段形地压出,由此,该元件能够实现光谱研究。

[0173] 图16示出根据本发明的光电子元件的示意性的层结构,其中,与图15相比,反射面的间距变化阶梯形地进行,并且该元件也适用于光谱研究。

具体实施方式

[0174] 图1示出在有机半导体以及随后提取载流子的范畴内的不同的吸收机制的图示。

左图(a)示出单个材料的常规的单线吸收。单个材料吸收能量E_1或E_2的或能量更高的光子。为了分离和随后导致载流子成为光电流必要的是,库伦结合的载流子对(所谓的激子)首先扩散至两个化合物的边界面。右图的图1(b)示出根据本发明所利用的对直接的生色团间的电荷转移态的吸收。在两个有机半导体的边界面上,电子从化合物1(带有高的HOMO能的材料)的HOMO提升至化合物 2(带有低的LUMO能的材料)的LUMO水平。与左图不同地,取消激子扩散至共同的边界面的中间步骤。直接的生色团间的电荷转移态吸收能量E_3(或更高)的光子,其中,通过材料的适当选择,E_3可以选择为小于E_1和E_2,这对于在红外范围内的吸收来说是有利的。

[0175] 在图2中用作光活性层的ZnPc:C60混合层针对大于750nm的波长比纯粹的ZnPc层具有更高的吸收,其中,在900nm以上,混合层的吸收超过纯粹的层的吸收一个数量级。附加的吸收(参见图2中的区域g)来自于生色团间的电荷转移态的能够通过两个颜料之间的边界面实现的直接的吸收。基于C60的更高的光学带隙,其吸收在700nm以上可以被忽略,并且因此在该图中略去C60的吸收。吸收信号在850nm 以下的波长的情况下优先地归因于ZnPc单线状态的吸收,而ZnPc:C60 混合层的直接的电荷转移态优先吸收850nm以上的波长。

[0176] 像从图3看到的那样,纯粹的C60层或ZnPc层仅吸收其能量大于或等于光学带隙的光子。针对纯粹的C60层,波长小于或等于700nm,针对纯粹的ZnPc层,波长小于或等于815nm。在两个有机半导体的过渡部上,除了单个材料的单线状态以外还存在直接的生色团间的电荷转移态。该直接的生色团间的电荷转移态吸收大于ZnPc的HOMO能与C60的LUMO能的能量差的能量,并且因此能够实现吸收大于 850nm的波长。

[0177] 图4所示的计算的基础是这种光电子元件:玻璃(1mm、基底)| 金(2nm)|银(28nm、反射层,其同时作用为电极)|N,N双(芴基-2- 基)萘四羧基二酰亚胺(简称双-Hfl-NTCDI)掺杂有四(1,3,4,6,7,8六氢 -2H-嘧啶并[1,2-a]嘧啶离子)二钨(II)(简称:W2(hpp)4)(79nm,7质量%,光学间距保持层,其同时作用为传导电子的传输层)|酞菁锌(简称ZnPc):C60(50nm,1:1,光活性层)|N,N'-((联苯-N,N'-双)9,9-二甲基-芴基-2-基)-联苯胺(简称BF-DPB)掺杂有Novaled公司的掺杂剂 P-side第9号(简称NDP9)(71nm,10质量%,光学间距保持层,其同时作用为传导空穴的传输层)|铝(1nm)|金(2nm)|银(100nm,反射层,其同时作用为电极)|氮(0.1mm)|封装玻璃(1mm),其中,n 型掺杂物的光学影响在模拟范畴内被忽略。厚度小于3nm的层在光学模拟中被考虑;然而在图中略去对其进行示出。BF-DPB与银之间的边界面(在构件位置100nm中)以及双-Hfl-NTCDI与银之间的边界面(在构件位置303nm中)表示根据图4的光电子元件中的两个反射面。203nm的几何厚度大致相应于针对900nm波长的350nm光学层厚。通过光学场部分渗入银反射层,该场现在扩展至大约450nm。因此满足针对900nm的相长干涉条件(光程长度相应于谐振波长的一半)。在光活性层中(即在ZnPc:C60混合层中)形成带有最大场强的驻波。此外,具体的构件在谐振波长的一半的情况下(大致为455nm)在光活性层中具有光学场的强度最小值。

[0178] 如图5所示的那样,层厚变化X1和X2(相关的层号3和7)能够实现在频谱仪的意义下的探测器波长或谐振波长的变化。借助光学间距保持层(X1、X2)的层厚的同时变化,光学微腔的谐振波长被有利地调谐,从而a)构造出不同的谐振波长,并且b)光活性层同时处于(关于谐振波长的)光学场分布的强度最大值处。基于空穴传输层 (BF-DPB)的基质与电子传输层双-Hfl-NTCDI的基质相比在近红外中稍微更大的折射率,空穴传输层的厚度系统地

更大地选择，以便将光活性层定位在光学场关于谐振波长的最大值处。关于厚度为36nm的远基底的部分透明的银反射层(层号10)，模拟根据X1和X2的变化相应得到如下的谐振波长：{605nm、880nm、920nm、950nm、980nm、 1010nm}。第一谐振波长605nm用于与常规的太阳能电池比较并且不认为在本发明的意义内。层厚变化Y用于在高的外量子效率方面优化部分透明的银反射层，以及用于抑制所有与谐振波长不同的波长。层厚变化Z用于测验光学过滤层，其抑制来自可见波长范围的光电流贡献。

[0179] 如从图6和图7看到的那样，实验测得的谐振波长是模拟的谐振波长的单调上升的函数，这证明了探测器波长的可调谐性。透明的银反射层的在27nm至36nm之间的层厚在变化内产生关于EQE的最高效的探测器。此外，光学过滤层在对与谐振波长不同的波长不敏感的探测器方面被证实是有利的。

[0180] 图8示出从图6选出的在谐振波长变化的情况下利用作为光活性层的ZnPc:C60实现的EQE测量。图8(a)示出作为太阳能电池优化的构件(参考电池)的EQE，该构件带有在可见波长范围内的700nm 的谐振波长，用于对ZnPc(化合物1)的有效的单线吸收。为此，在光学间距保持层方面选择如下层厚：X1＝36nm和X2＝31nm。此外，针对部分透明的银反射层选择薄的层厚，以便在光学上尽可能接近吸收而不存在反射面(即无干涉)：Y＝9nm。此外略去光学过滤层：Z＝0nm。该样品用于比较探测器与常规的太阳能电池并且不认为在本发明的意义内。图8(b)-(d)示出在频谱仪的意义下的直接的生色团间的电荷转移态的吸收范围内的谐振波长的变化。Y＝18nm和Z＝200nm分别适用于(b)、(c)、(d)，此外带有910nm的实验谐振波长的X1＝71nm、X2＝70nm适用于(a)，带有930nm的实验谐振波长的X1＝76nm、X2＝74nm适用于(b)，并且带有950nm的实验谐振波长的X1＝81nm、X2＝79nm适用于(c)。

[0181] 图9基于如下样品结构：玻璃(1mm)|Ag(100nm)|双 -Hf1-NTCDI:W2(hpp)4(81nm，7质量％)|C60(5nm)|ZnPc:C60(50nm， 1:1体积份额)|ZnPc(5nm)|BF-DPB:NDP9(79nm，10质量％)|MoO_3 (3nm)|Au(1nm)|Ag(18nm)|Ag(75nm)|MoO_3(10nm)|Alq3(50nm) |ZnPc(200nm)|P4-Ph4-DIP(200nm)|氮(0.1mm)|玻璃(1mm)。光学微腔的相长干涉条件说明了对谐振波长的到达的辐射的很高的吸收和很小的反射。在模拟的反射率中，谐振波长基于相长干涉条件描述了一种抛物线。该特性确定了实验测得的反射率和电构件特性，其借助外量子效率表明。对于波长小于850nm来说，反射重新下降：在光学微腔外部的光学过滤层减小在光学微腔内的可见范围内的光学场。因此，探测器大部分相对于可见光不敏感。

[0182] 从图10看到根据本发明的光电子元件(1)，其具有如下层序列：由玻璃构成的基底(2)、由银构成的反射层(3)(其同时作用为电极)、由n型掺杂的双-Hf1-NTCDI构成的光学间距保持层(4)(其同时用作针对电子的传输层)、由ZnPc:C60混合层(体积份额相同)构成的光活性层(5)、由p型掺杂的BF-DPB构成的另外的光学间距保持层(4)(其同时用作针对空穴的传输层)、由银构成的另外的反射层(3)(其同时作用为电极)、由单层三氧化钼(MoO_3)和三(8-羟基-喹啉)-铝(Alq3)构成的电池层(15)以及借助粘合剂涂覆的由覆盖玻璃构成的封装件(14)。两个用作电极的反射层(3)通过读取单元(7)相互电连接。如果元件(1)的探测波长的辐射(16)从辐射源(9)到达远基底的反射层(3)，那么在光学微腔内(即在反射层(3)之间)构造出驻波(10)，其带有光活性层(5)中的关于探测波长的空间上的强度最大值。层厚以如下方式调整，即，使利用相长干涉条件的波长(即探测波长)位于直接的生色团间的电荷转移态的吸收范围内。如果元件(1)的与探测波长不同的辐射(17)从辐射源 (9)到

达远基底的反射层,那么该辐射在远基底的反射层(3)上被反射(18)。

[0183] 从图11看到根据本发明的光电子元件(1a),其具有如下层序列:由聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)构成的基底(2)、由二氧化硅(SiO_2) 和二氧化钛(TiO_2)的多重序列构成的反射层(3)(DBR反射层)、在部段形结构化的电极(19)的意义下的透明的结构化的银反射层、由n型掺杂的C60构成的光学间距保持层(4)(其同时用作针对电极的传输层以及被动地吸收来自可见波长范围的波长(即没有随后导致光电流))、由酞菁铁(FePc):C60混合层(体积份额相同)构成的光活性层(5)、由p型掺杂的FePc构成的另外的光学间距保持层(4) (其同时用作针对空穴的传输层以及被动地吸收来自可见波长范围的波长)、由银构成的另外的反射层(3)(其同时作用为电极)、由 MoO_3、Alq3和原子层沉积(英语:atomic layer deposition,简称ALD) 的氧化铝层(Al_2O_3)构成的阻挡层(15)以及由(由PET构成的)覆盖膜构成的借助粘合剂涂覆的封装件(14)。每个下电极部段(19) 通过单独的读取单元(7)与远基底的电极(反射层(3))连接。如果元件(1a)的探测波长的辐射(16)相应地从辐射源(9)到达远基底的反射层(3),那么在光学微腔内(即在反射层(3)之间)构造出驻波(10),其带有光活性层(5)中的关于探测波长的空间上的强度最大值。层厚以如下方式调整,即,使借助相长干涉条件的波长(即探测波长)位于直接的生色团间的电荷转移态的吸收范围内。如果元件(1a)的与探测波长不同的辐射(17)从辐射源(9)到达远基底的反射层(3),那么该辐射在远基底的反射层(3)上被反射(18)。与图10所示的根据本发明的构件不同地,探测器(1a)可以基于结构化在空间上分辨近红外信号。此外,基于更小的活性面,构件(1a) 的响应时间加速。此外,根据本发明的光电子构件(1a)机械上柔韧地设计。

[0184] 从图12看到根据本发明的光电子元件(1b),其具有如下层序列:由玻璃构成的基底(2)、由二氧化硅(SiO_2)和二氧化钛(TiO_2)的多重序列构成的反射层(3)(DBR反射层)、由PEDOT:PSS构成的光学间距保持层(4)、由氧化铟锡(ITO)构成的对于探测波长来说高度透明的电极(11)、由p型掺杂的四异丙基硫代过氧二磷酸酯(简称TPDP)构成的传导空穴的传输层(24)、由TPDP:C60混合层(体积份额相同)构成的光活性层(5)、由红菲咯啉(简称Bphen)构成的传导电子的传输层(24)、由氧化铟锡(ITO)构成的对于探测波长来说高度透明的电极(11)、由未掺杂的BF-DFB构成的另外的光学间距保持层(4)、由二氧化硅(SiO_2)和二氧化钛(TiO_2)的多重序列构成的另外的反射层(3)(DBR反射层)、由MoO_3、Alq3构成的阻挡层(15)、由ZnPc和P4-2,3,10,11-四丙基-1,4,9,12-四苯基-二茚并 [1,2,3-cd:1',2',3'-Im]苝(P4-Ph4-DIP)构成的针对可见波长范围的光学过滤层(21)以及借助粘合剂涂覆的由覆盖玻璃构成的封装件(14)。两个电极(11)通过读取单元(7)相互电连接。如果来自于辐射源(9) 的电磁辐射(20)位于红外范围内,并且相应于构件(1b)的探测波长,那么根据本发明的元件(1b)产生光电流。

[0185] 两个光学间距保持层(4)的光学厚度以如下方式选择,即,使得关于位于直接的生色团间的电荷转移态的吸收范围内的波长,在光学微腔内构造出驻波,其在光活性层(5)中带有最大强度。在根据本发明的探测器的该设计方案中,反射层没有构造为电极。此外在该实现方案中,光学间距保持层(4)不承担导电的功能。通过将高反射的 DBR反射面用于远基底的和近基底的反射面,直接的生色团间的电荷转移态的吸收特别有利地得到增强。

[0186] 从图13看到根据本发明的光电子元件(1c),其具有如下层序列:由玻璃构成的基底(2)、由铝构成的反射层(3)、由PEDOT:PSS构成的光学间距保持层(4)、平行于基底(2)的

从左至右带有如下布置的层序列:银电极(11)、由p型掺杂的9,9-双[4-(N,N-双-联苯-4-基-氨基)苯基]-9H-芴(简称BPAPF)构成的传导空穴的传输层(24)、由4,4',4"-三(甲基苯基苯基氨基)-三苯胺(简称m-MTDATA)-C60混合层(体积份额相同)构成的光活性层(5)、由铯掺杂的BPhen构成的传导电子的传输层(24)以及银电极(11)。在平行于基底的层序列上方跟随有由C60构成的另外的光学间距保持层(4)、由银构成的另外的反射层(3)、由MoO_3和Alq3构成的阻挡层(15)以及由覆盖玻璃构成的借助粘合剂涂覆的封装件(14)。两个电极(11)通过读取单元(7)相互电连接。如果来自于辐射源(9)的电磁辐射(20) 位于近红外范围内,并且相应于构件的探测波长,那么根据本发明的元件(1c)产生光电流。

[0187] 两个光学间距保持层(4)的光学厚度以如下方式选择,即,使得关于位于直接的生色团间的电荷转移态的吸收范围内的波长,在光学微腔内构造出驻波,其在光活性层(5)中带有最大强度。在根据本发明的探测器(1c)的该设计方案中,反射层(3)没有同时构造为电极。此外在该实现方案中,光学间距保持层(4)不承担导电的功能。在该实现方案中证实为特别有利的是,由于电极(11)在用于吸收近红外辐射的面之外在空间上错位,寄生吸收(即所有位于光学微腔中的与光活性层不同的层的吸收)是很小的,由此,在谐振波长下光学场的强度提升。

[0188] 从图14看到根据本发明的光电子元件(1d),其具有如下层序列:以光刻胶层(例如maP1210)侧向结构化的玻璃基底(23)、由ITO 构成的相对于探测波长高度透明的电极(11)、由n型掺杂的双 -Hfl-NTCDI构成的光学间距保持层(4)(其同时用作针对电子的传输层)、由酞菁铅(简称PbPc):C60混合层(体积份额相同)构成的光活性层(5)、由p型掺杂的BF-DPB构成的另外的光学间距保持层(4) (其同时用作针对空穴的传输层)、由银构成的另外的电极(11)、由MoO_3和Alq3构成的阻挡层(15)以及惰性气体(22)(例如氮气) 和由覆盖玻璃构成的借助粘合剂涂覆的封装件(14)。反射面在该实现方案中一方面是侧向结构化的基底(23)以及在阻挡层(15)与惰性气体(22)之间的边界面。两个电极(11)通过读取单元(7)相互电连接。元件(1d)的探测波长通过两个反射面以及基底(23)的周期结构的光学间距调节,从而借助相长干涉条件的波长位于直接的生色团间的电荷转移态的吸收的波长范围内。在带有结构化的近基底的反射面(即一维的干涉光栅、DFB结构)的该元件(1d)内,光波传导平行于基底(23)地进行。如果来自于辐射源(9)的电磁辐射(20) 位于近红外范围内,并且相应于构件(1d)的探测波长,那么根据本发明的元件(1d)产生光电流。

[0189] 从图15看到根据本发明的光电子元件(1e),其由在和图11相同的序列中的相同的层构成。与图11不同地,在两个光学间距保持层 (4)中平行于基底地存在层厚变化。因此,针对光学微腔的每个通过电极部段(19)分开的面构造出不同的谐振波长或探测波长。在来自图11的光电子构件在空间上分辨到达的电磁信号时,在此示出的构件 (1e)在频谱上分辨到达的电磁信号。如果来自于辐射源(9)的电磁辐射(20)位于近红外范围内,并且相应于构件的探测波长,那么根据本发明的元件(1e)产生光电流。

[0190] 从图16看到根据本发明的光电子元件(1f),其由在和图10相同的序列中的相同的层构成。与图10示出的实施例不同地,层(3、4、 5、4、3、15)侧向地结构化为电绝缘的分别单独地与读取单元(7) 连接的部段。反射层(3)又作用为电极。如已经在图15中那样,在此平行于基底(2)地也存在反射间距的层厚变化。然而与图15不同地,该层厚变化不是楔形的,而是阶梯形地借助光活性层(5)的分立地分级的层厚变化实现。因此,给每个电绝缘的部段

指派单独的探测波长。如也在图15中那样，所描述的光电子元件(1f)在频谱上分辨到达的电磁信号。

[0191] 附图标记列表

[0192]	1、1a、1b、1c、1d、1e、1f	感光的光电子元件
[0193]		
[0194]	2	基底
[0195]	3	反射层
[0196]	4	光学间距保持层
[0197]	5	光活性层
[0198]	7	读取单元
[0199]	9	辐射源
[0200]	10	针对光学微腔的谐振波长的驻波
[0201]	11	电极
[0202]	14	封装件
[0203]	15	阻挡层
[0204]	16	由辐射源发射的带有谐振波长的电磁辐射
[0205]	17	由辐射源发射的与谐振波长不同的电磁辐射
[0206]	18	在探测器上反射的与谐振波长不同的波长
[0207]	19	部段形结构化的电极
[0208]	20	由辐射源发射的电磁辐射
[0209]	21	针对可见波长范围的光学过滤层
[0210]	22	惰性气体
[0211]	23	侧向结构化的基底
[0212]	24	传输层

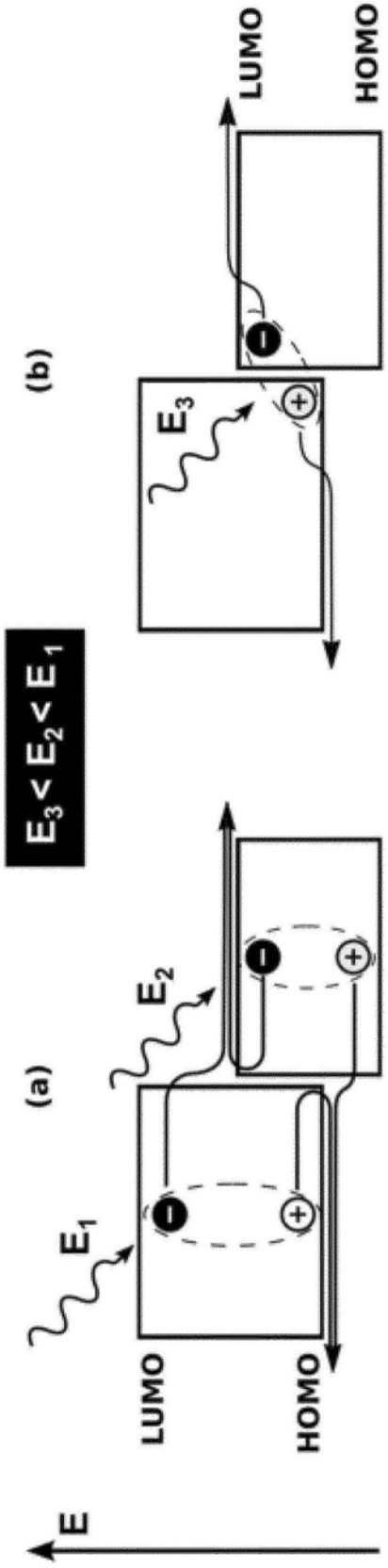


图1

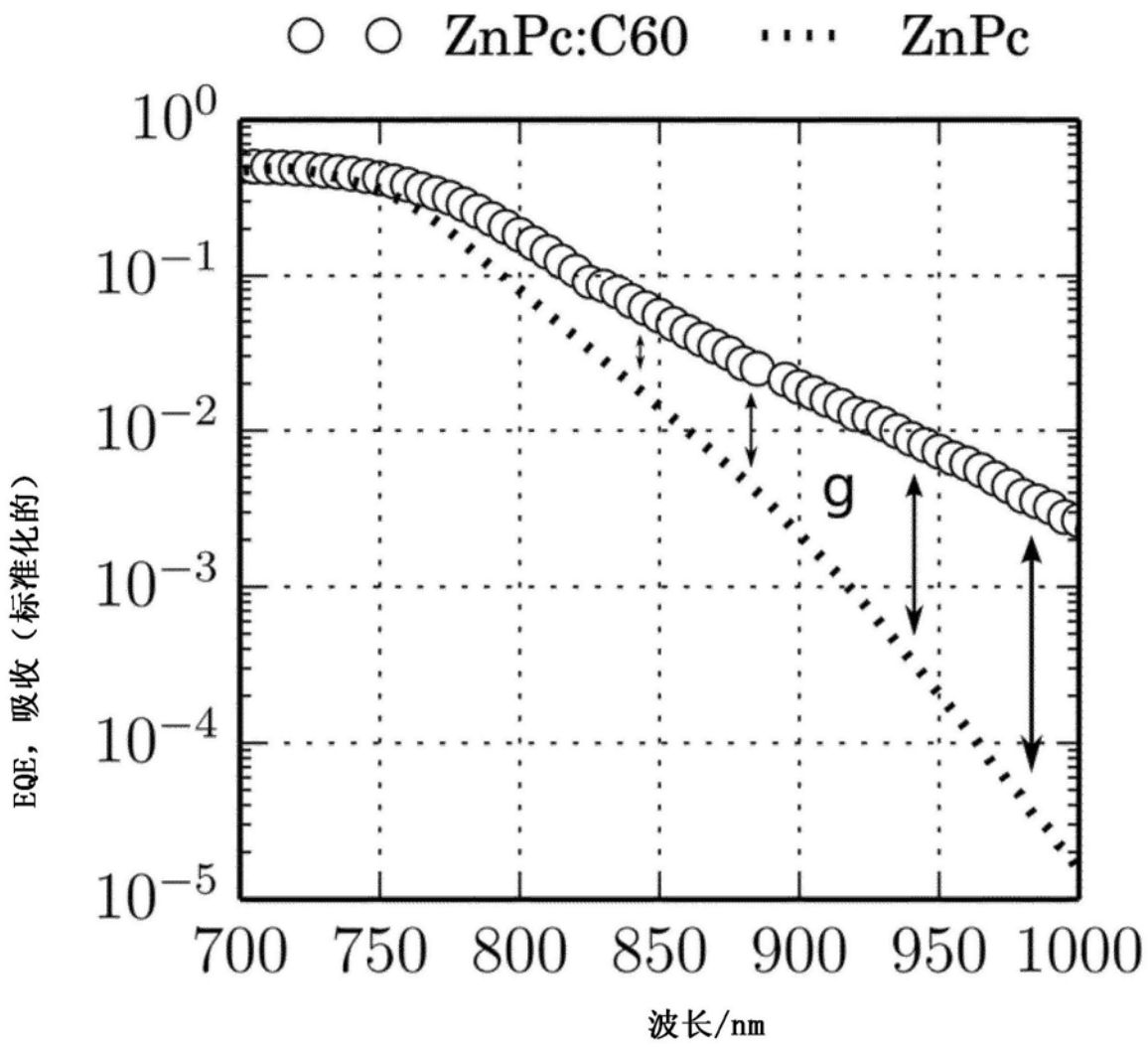

ZnPc:C60
ZnPc
10^0
10^{-1}
10^{-2}
10^{-3}
10^{-4}
10^{-5}
EQE，吸收（标准化的）
g
700 750 800 850 900 950 1000
波长/nm

图2

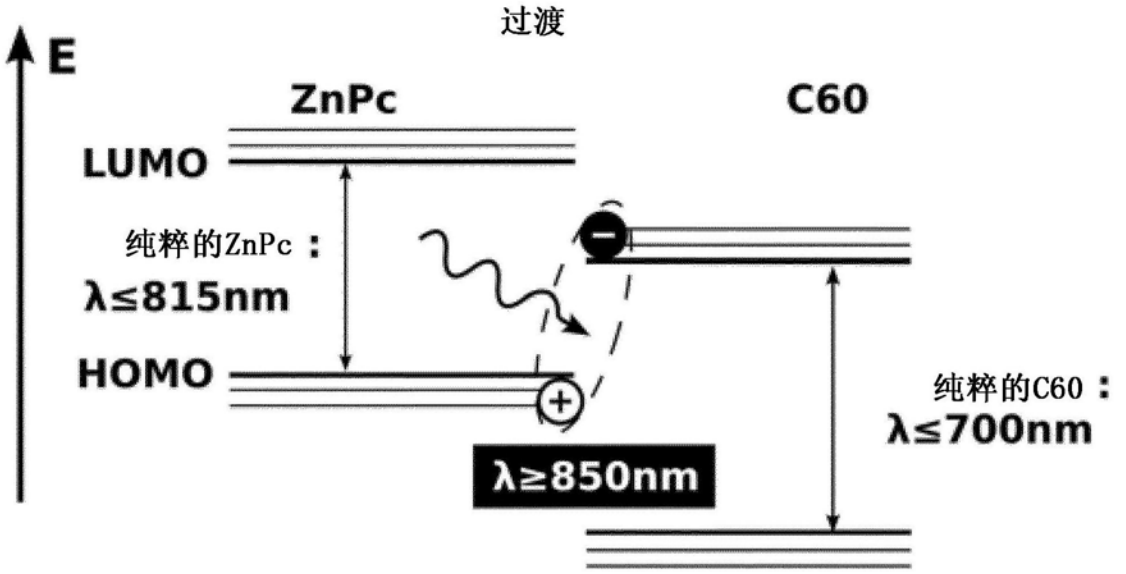

过渡
E
ZnPc
C60
LUMO
纯粹的ZnPc：
λ≤815nm
HOMO
纯粹的C60：
λ≤700nm
λ≥850nm

图3

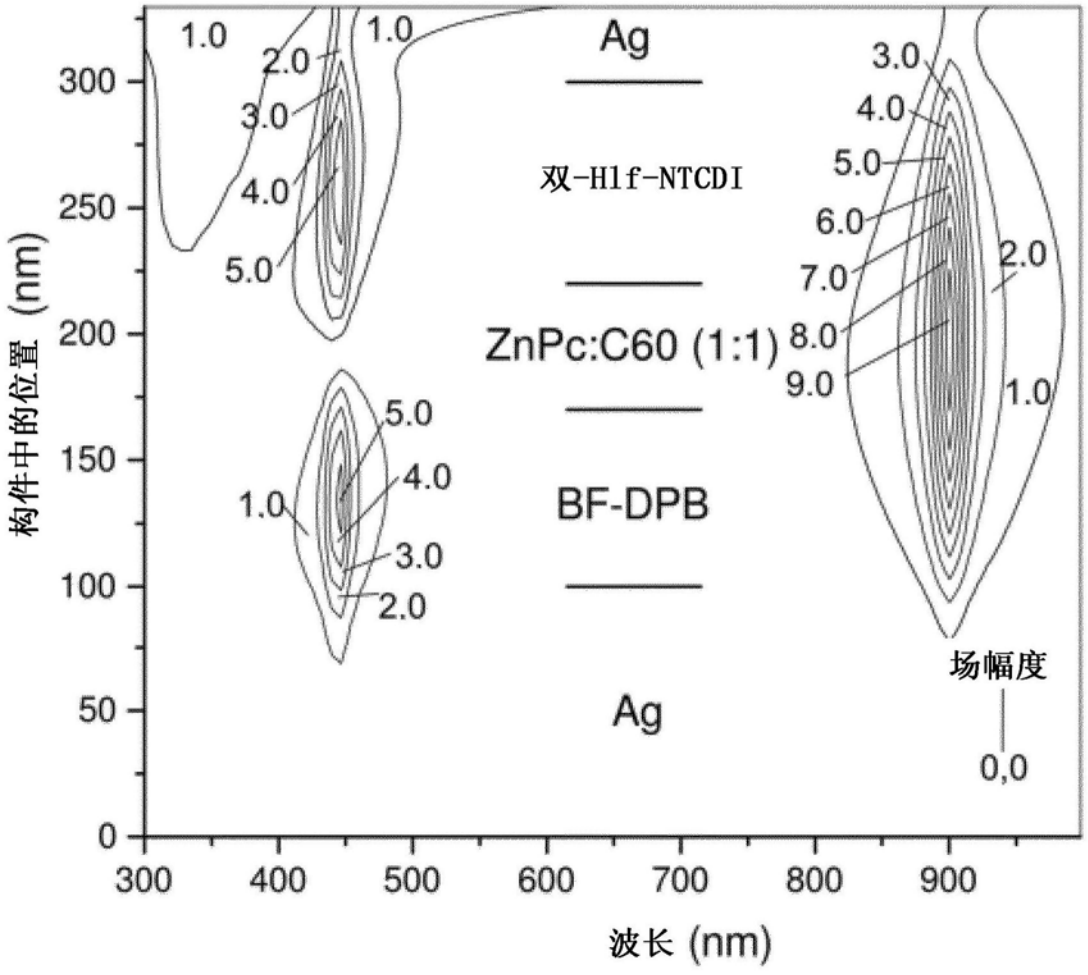

Ag
双-Hlf-NTCDI
ZnPc:C60 (1:1)
BF-DPB
Ag
构件中的位置 (nm)
波长 (nm)
场幅度
0,0
1.0
2.0
3.0
4.0
5.0
6.0
7.0
8.0
9.0
0
50
100
150
200
250
300
400
500
600
700
800
900

图4

层号	材料	层厚或变化	功能
17	玻璃	10^6	封装件
16	氮	10^5	用于禁止17号层与15号层之间的干涉的间距保持介质
15	P4-Ph4-DIP	Z={0,200}	光学过滤层的组成部分2
14	ZnPc	Z={0,200}	光学过滤层的组成部分1
13	Alq3	50	阻挡层的组成部分2
12	MoO3	10	阻挡层的组成部分1
11	Ag	75	远基底的电极的机械增强，用于减小（活性面外的）电阻
10	Ag	Y={9,18,27,36,45,54}	部分透明的反射层以及远基底的电极
9	Au	1	用于光滑地生长银层、即层10的种子层
8	MoO3	3	用于层10的银原子的扩散阻挡层
7	BF-DPB：NDP9 (10质量%)	X2={31,63,70,74,79,83}	远基底的光学间距保持层以及用于空穴的传输层
6	ZnPc	5	用于电子的载流子阻挡层
5	ZnPc：C60 (1:1体积份额)	50	光活性层
4	C60	5	用于空穴的载流子阻挡层
3	双-Hlf-NTCDI W2(hpp)4(7质量%)	X1={36,65,71,76,81,86}	近基底的光学间距保持层以及用于电子的传输层
2	Ag	100	不透明的反射层和近基底的电极
1	玻璃	10^6	基底

图5

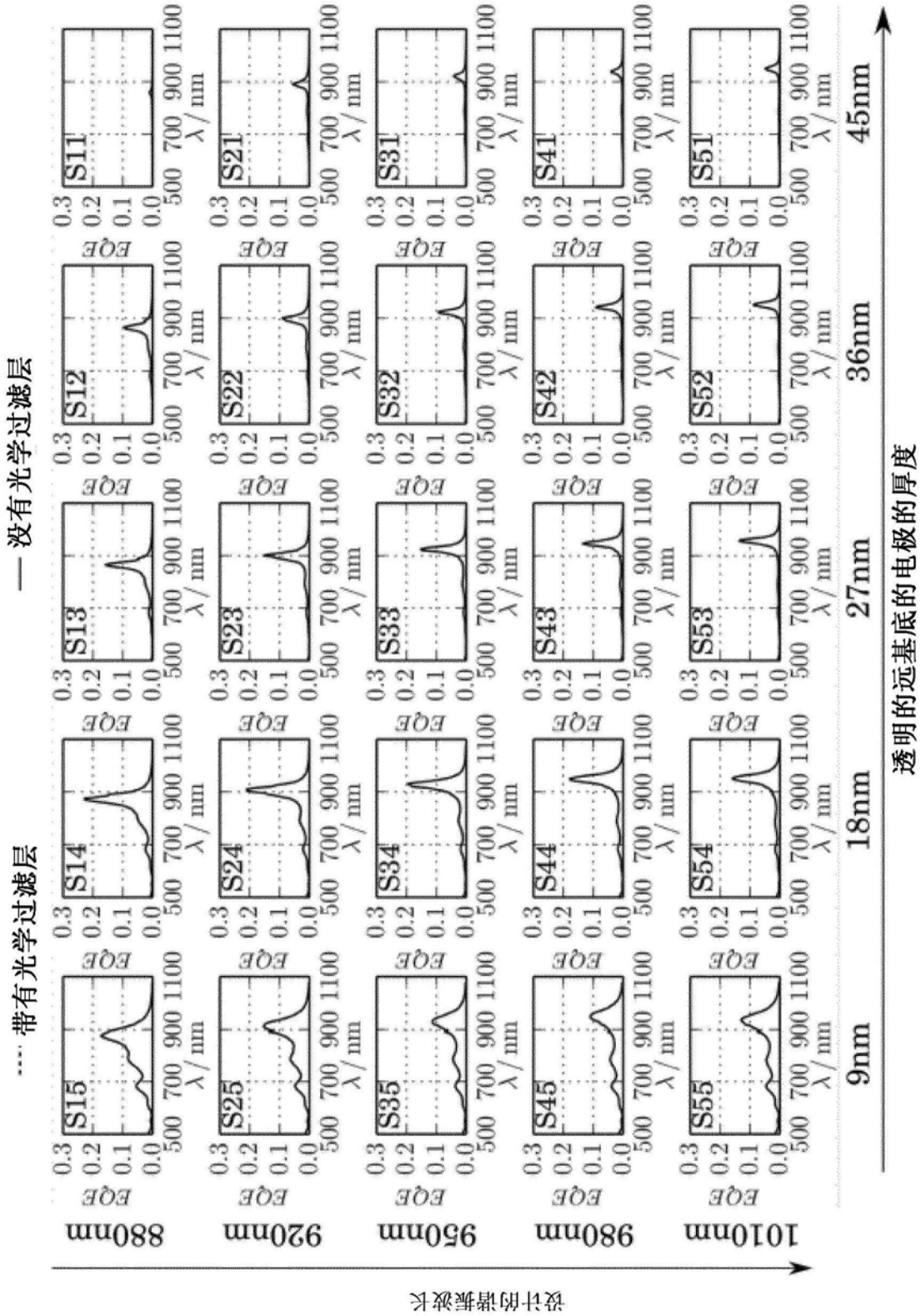

带有光学过滤层
没有光学过滤层
设计的谐振波长
880nm
920nm
950nm
980nm
1010nm
9nm
18nm
27nm
36nm
45nm
透明的远基底的电极的厚度
EQE
λ/nm

图6

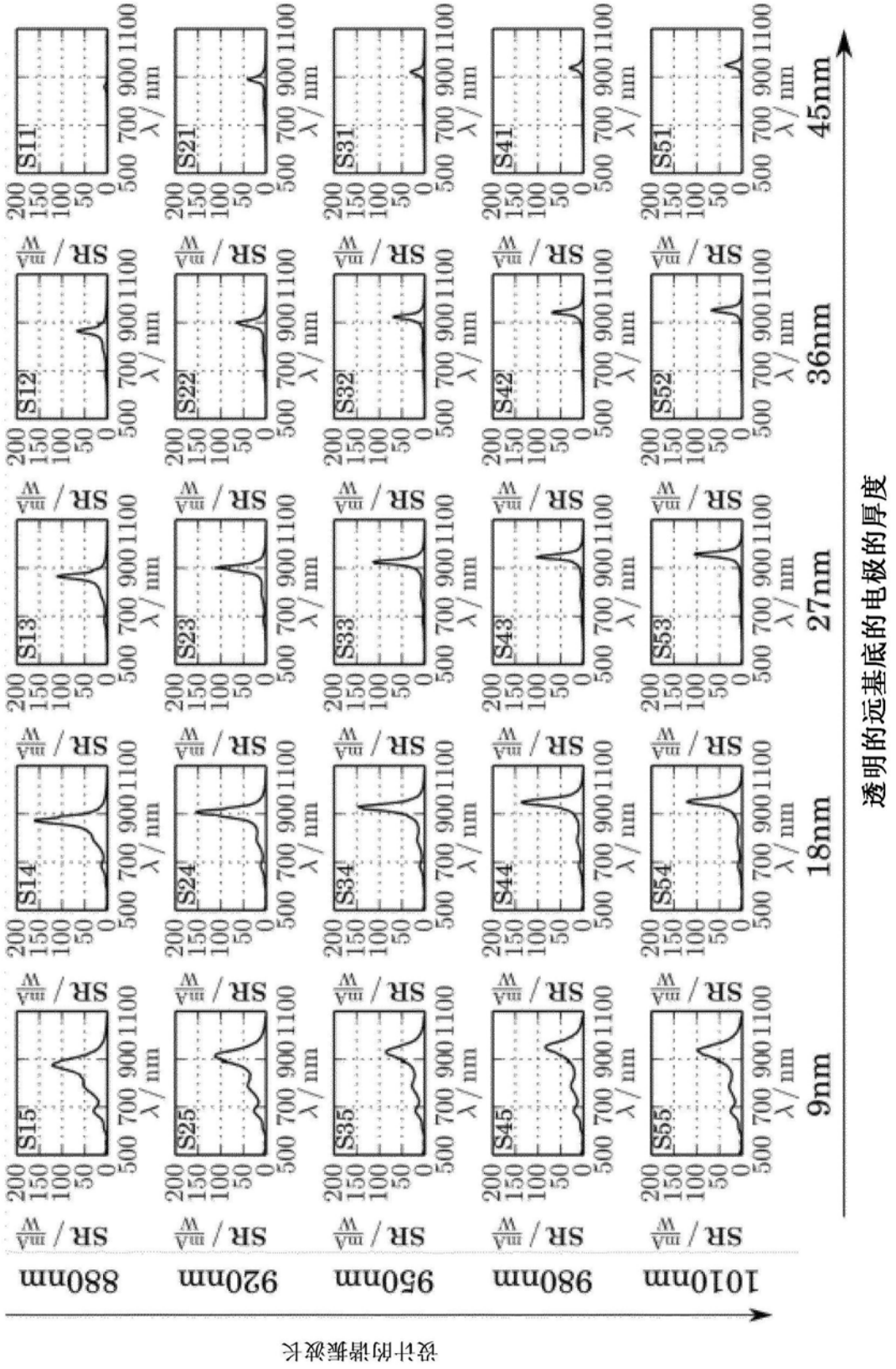

带有光学过滤层
没有光学过滤层
S11
S12
S13
S14
S15
S21
S22
S23
S24
S25
S31
S32
S33
S34
S35
S41
S42
S43
S44
S45
S51
S52
S53
S54
S55
SR / mA/W
λ / nm
9nm
18nm
27nm
36nm
45nm
880nm
920nm
950nm
980nm
1010nm
透明的远基底的电极的厚度
设计的谐振波长

图7

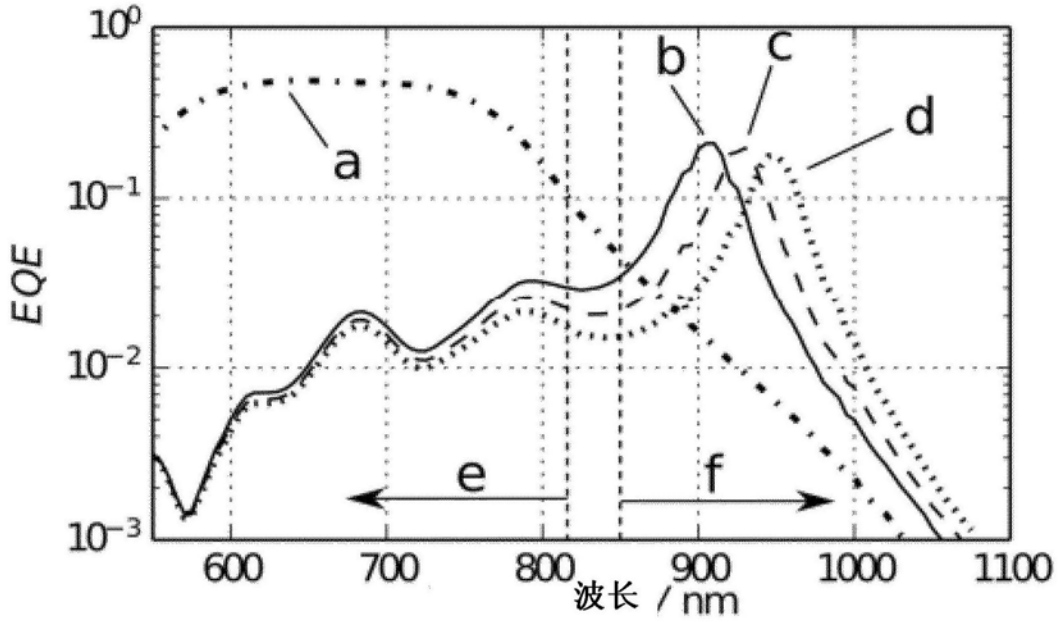


图8

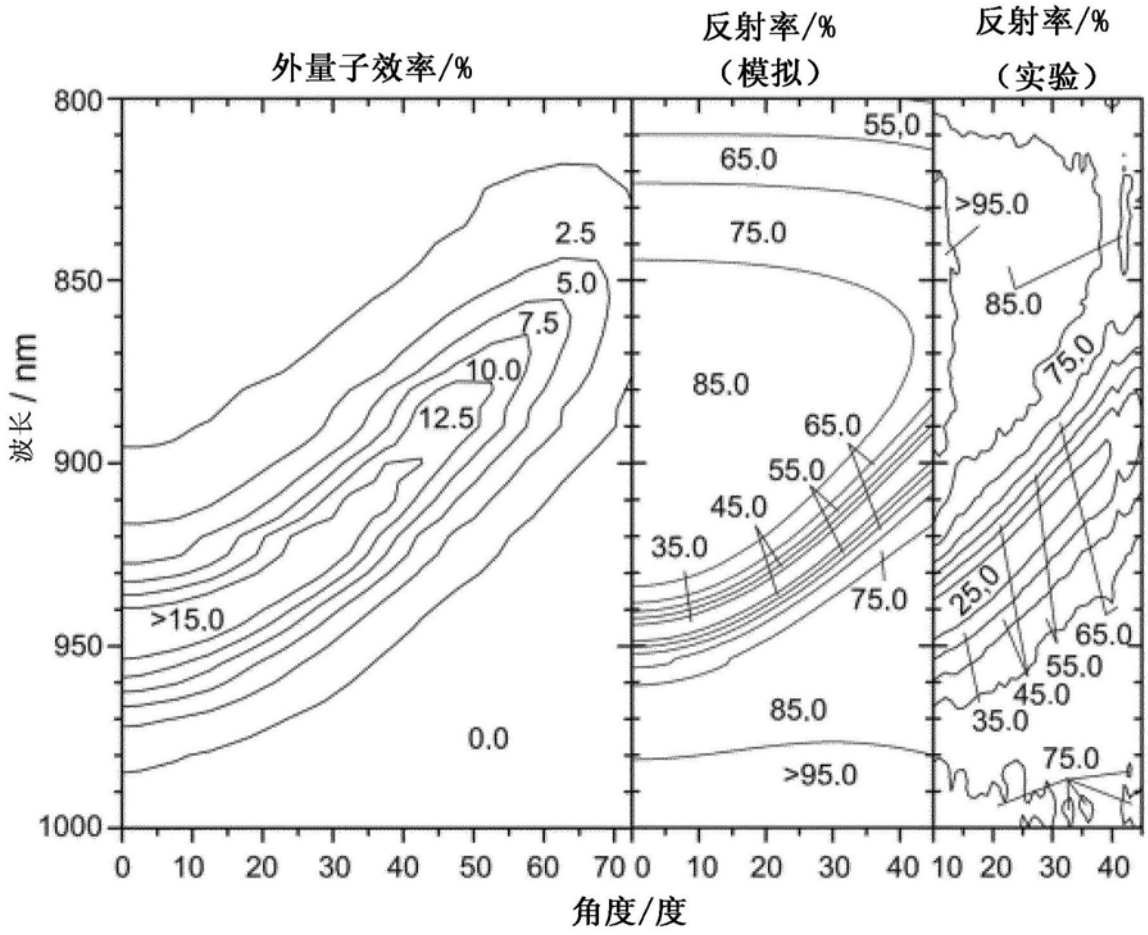


图9

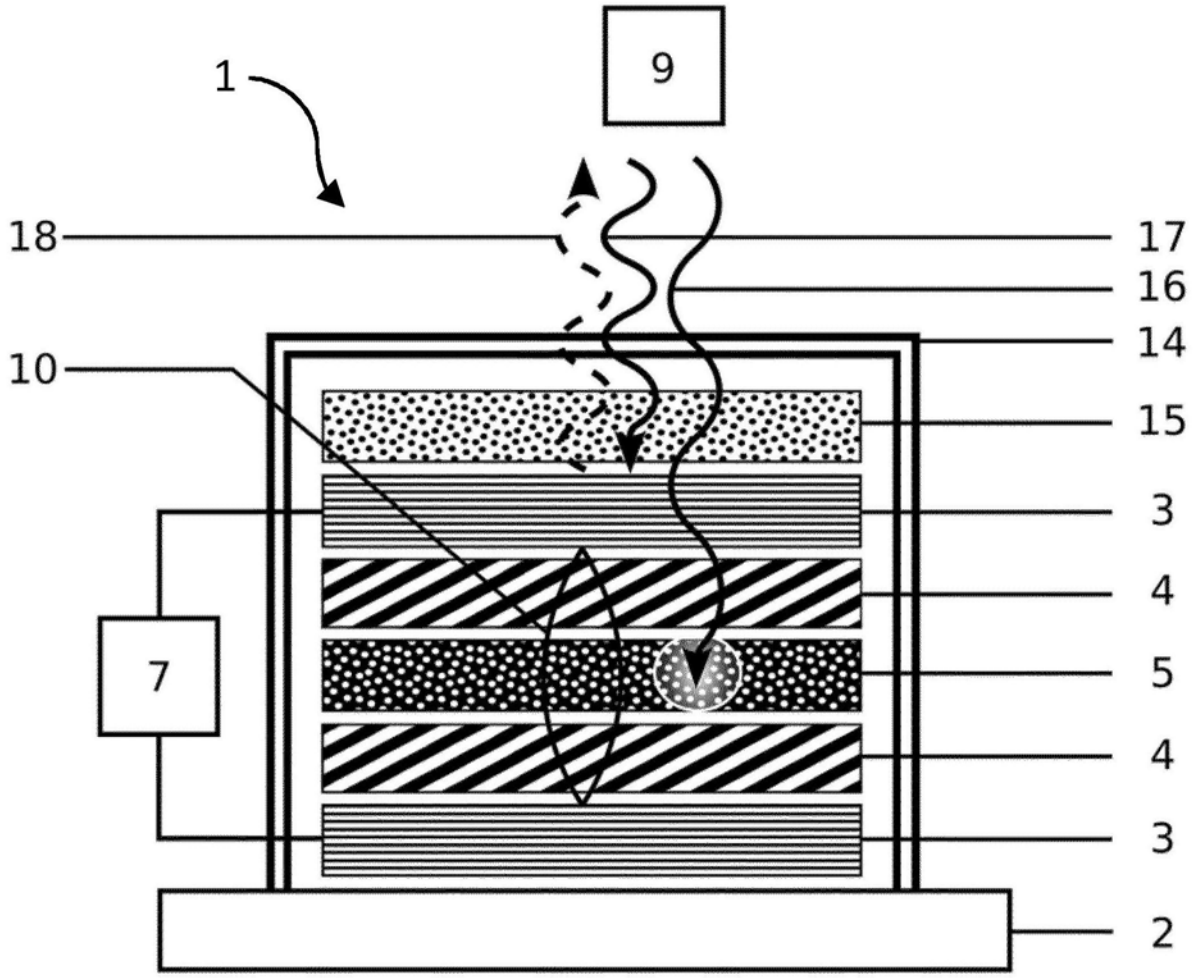


图10

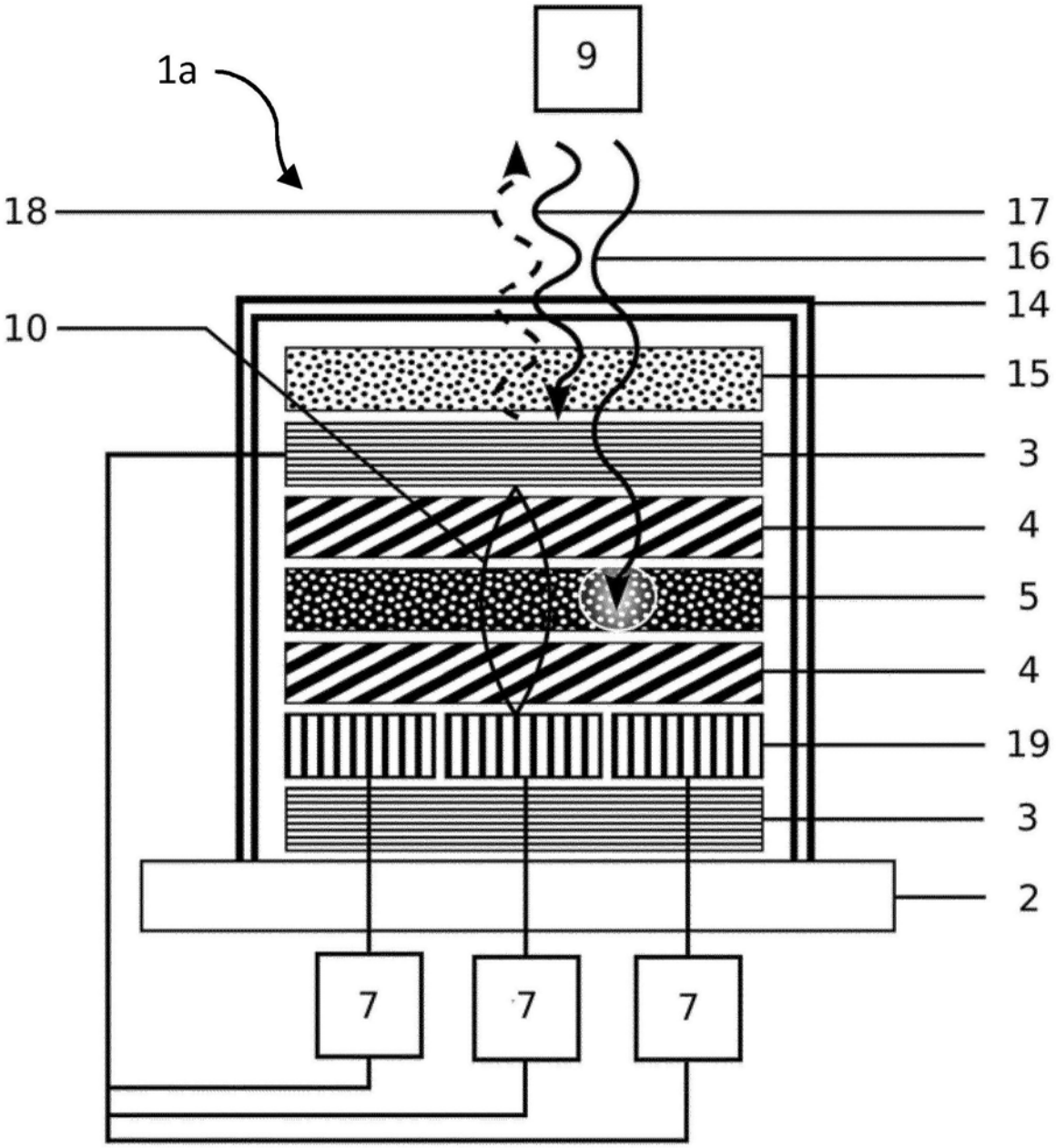


图11

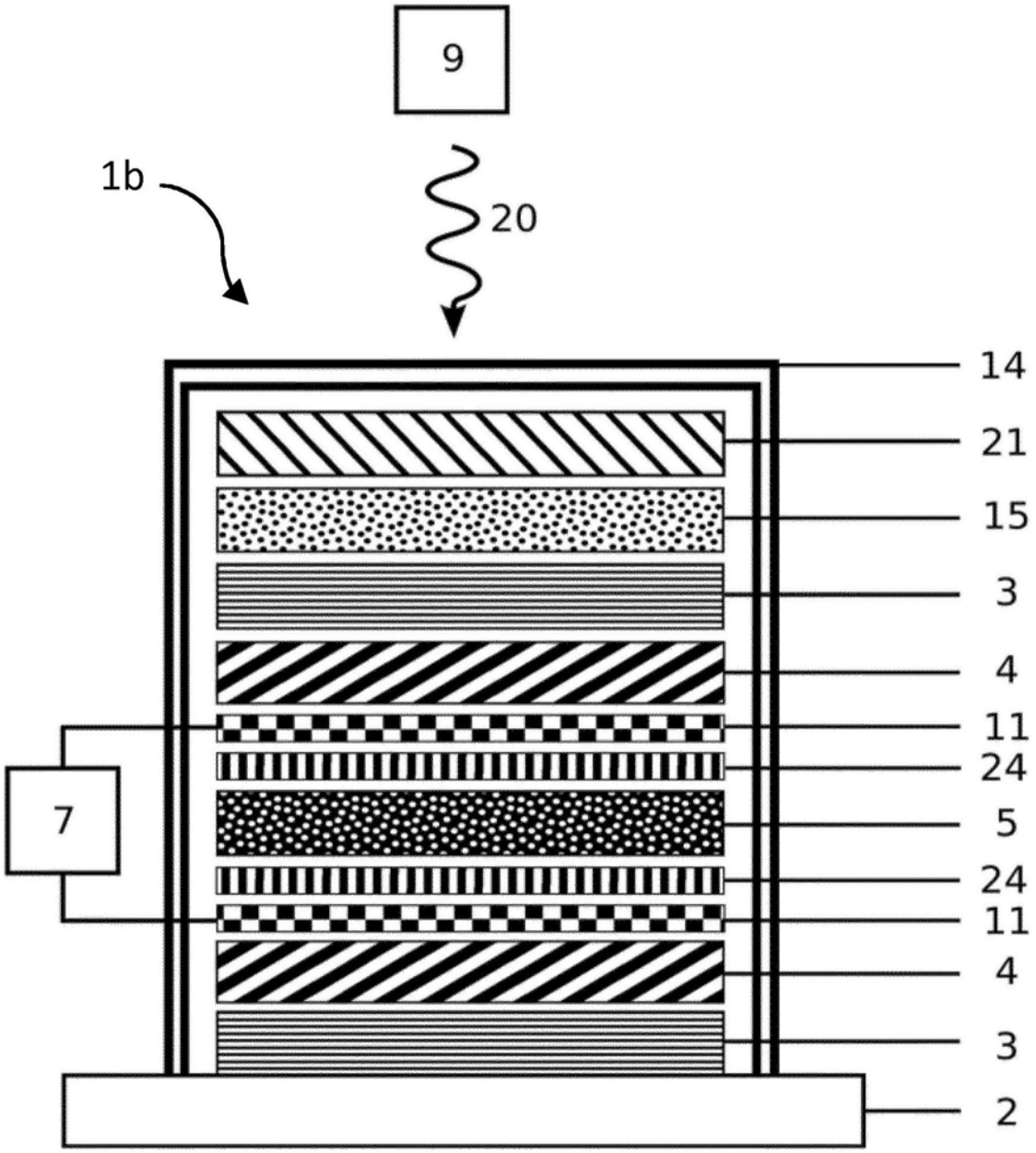


图12

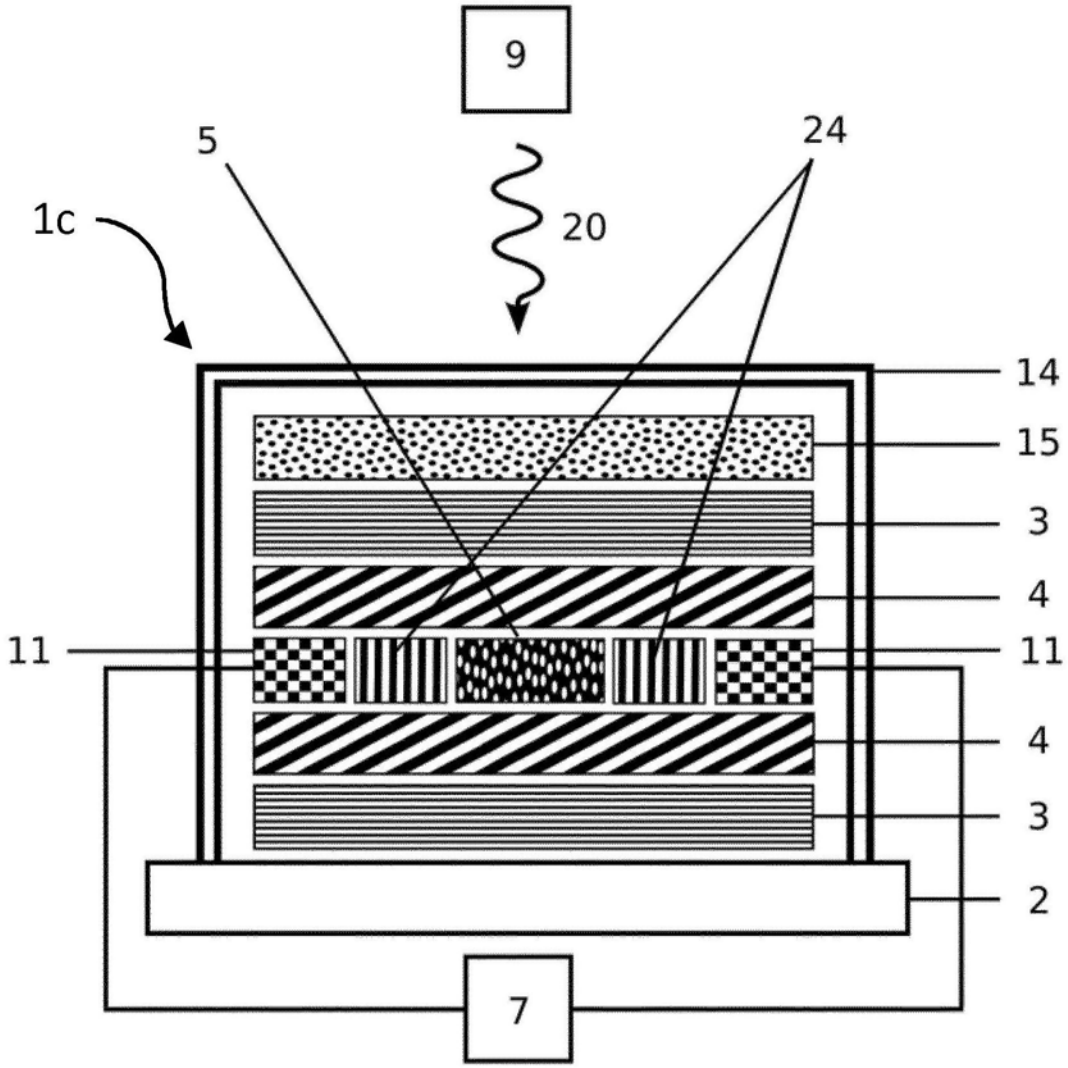


图13

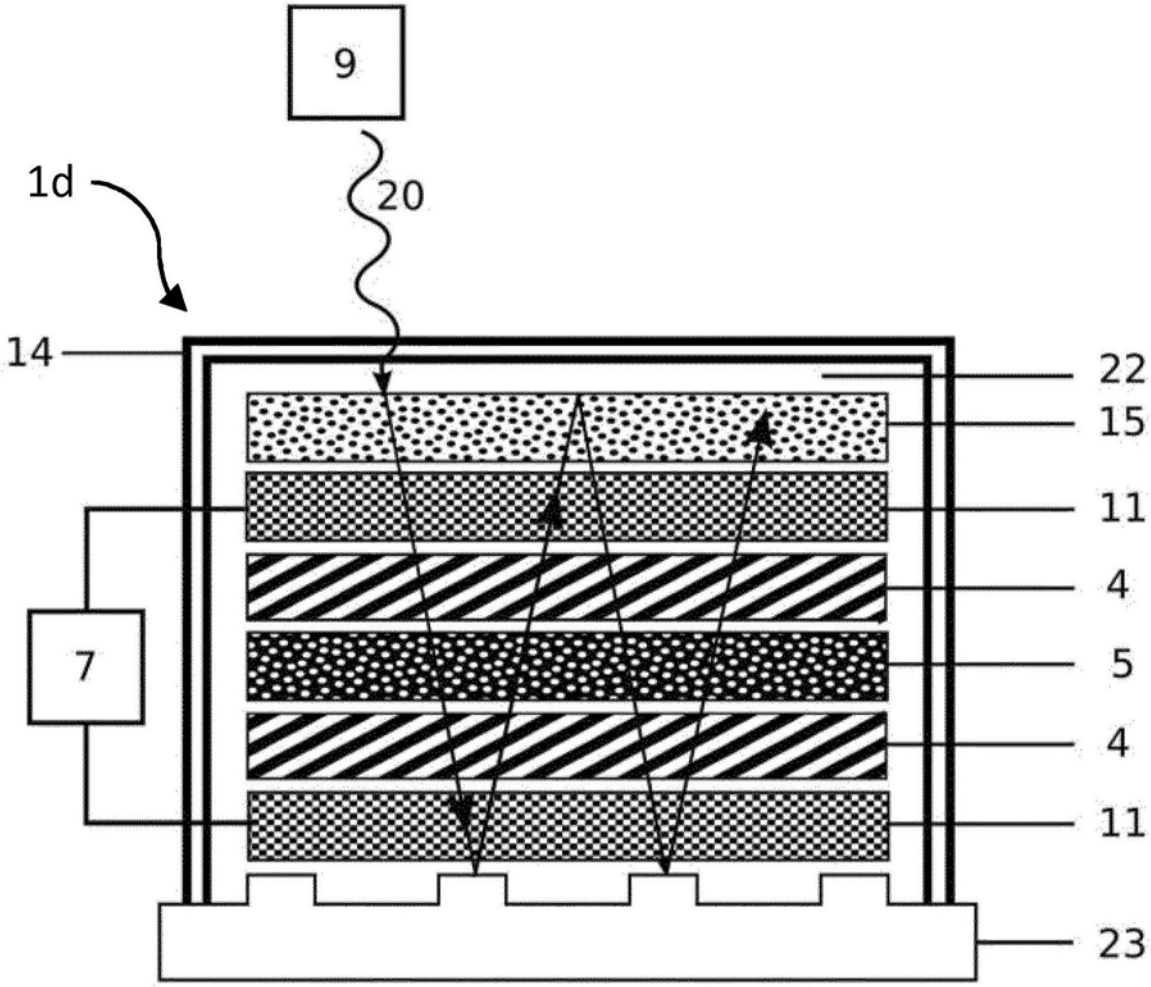


图14

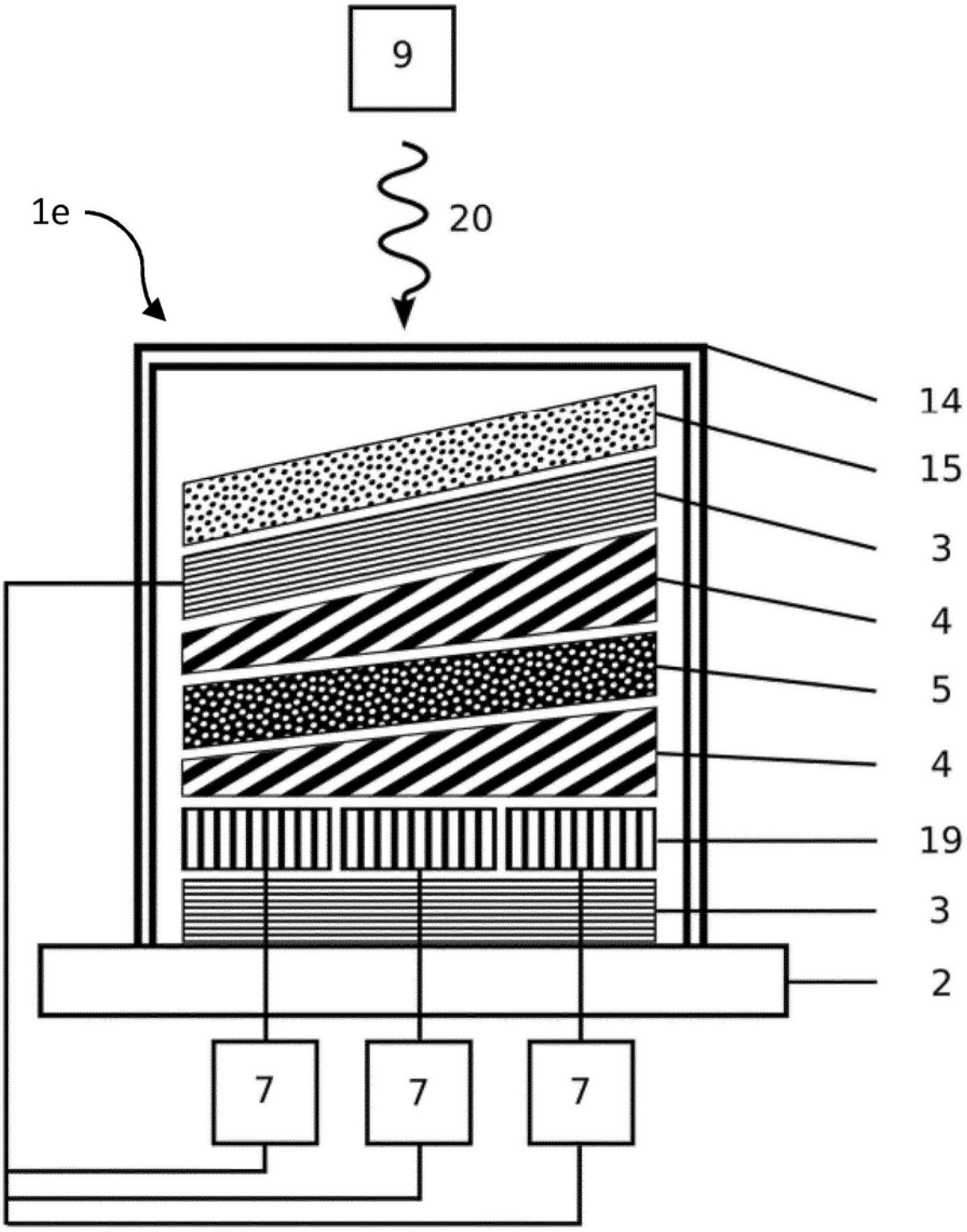


图15

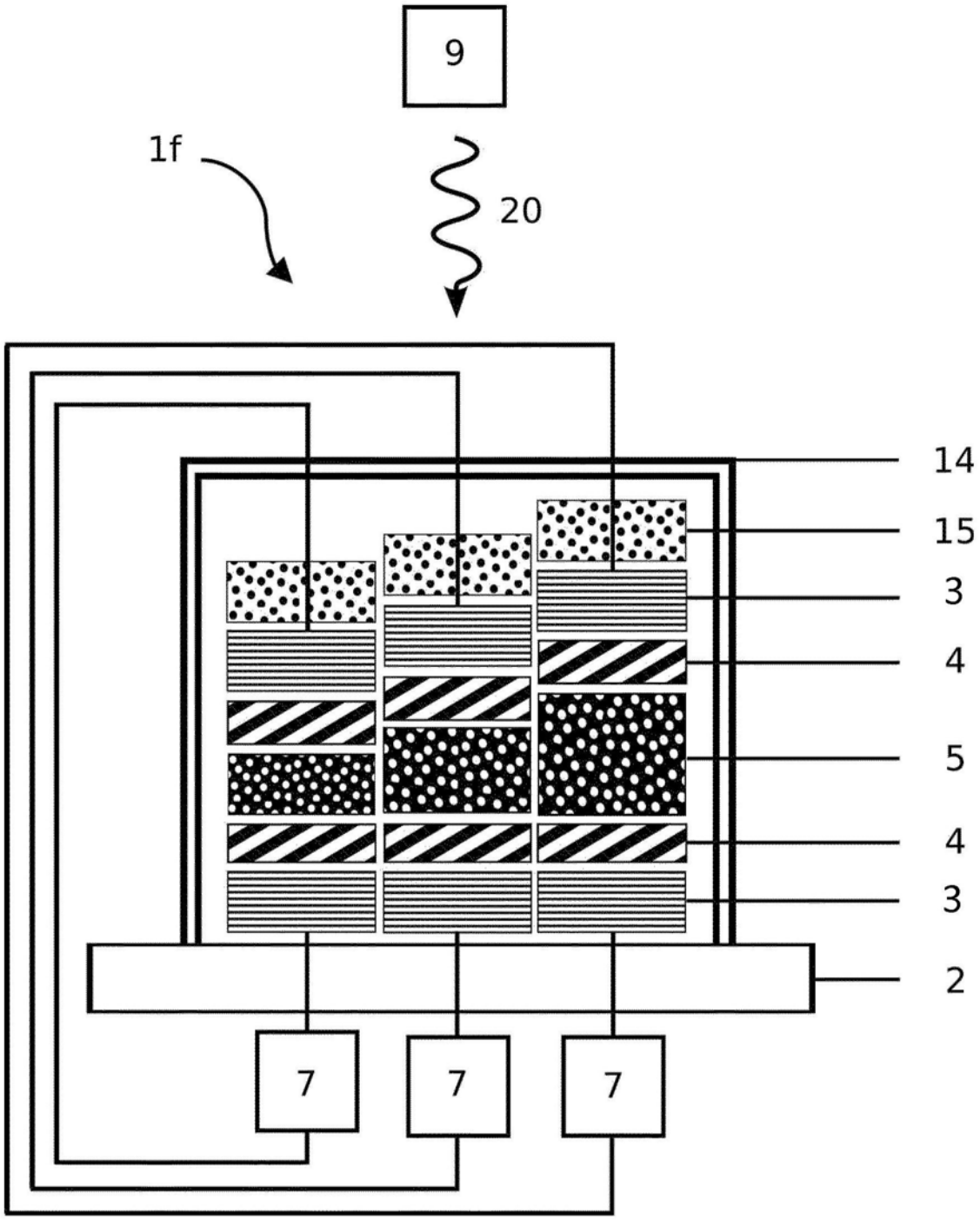


图16