(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
2012 年 10 月 4 日 (04.10.2012)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2012/129755 A1

(51) 国际专利分类号:
H01L 27/146 (2006.01) *H01L 31/107* (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2011/072138

(22) 国际申请日: 2011 年 3 月 25 日 (25.03.2011)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(71) 申请人 (对除美国外的所有指定国): **南京大学 (NANJING UNIVERSITY)** [CN/CN]; 中国江苏省南京市鼓楼区汉口路 22 号, Jiangsu 210093 (CN)。

(72) 发明人; 及

(75) 发明人/申请人 (仅对美国): **吴福伟 (WU, Fuwei)** [CN/CN]; 中国江苏省南京市鼓楼区汉口路 22 号, Jiangsu 210093 (CN)。 **闫峰 (YAN, Feng)** [CN/CN]; 中国江苏省南京市鼓楼区汉口路 22 号, Jiangsu 210093 (CN)。

(74) 代理人: **南京天翼专利代理有限责任公司 (NANJING TIANYI PATENT AGENT CO., LTD)**; 中国江苏省南京市玄武区成贤街 118 号周静, Jiangsu 210018 (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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, 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, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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:

— 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))。

(54) **Title**: IMAGING ARRAY UNIT USING ULTRA-VIOLET AVALANCHE PHOTO DIODES, APPLICATION METHOD THEREOF, AND IMAGING ARRAY COMPOSED OF THE SAME

(54) **发明名称** : 紫外光雪崩管成像阵列像元、其应用方法及雪崩管成像阵列

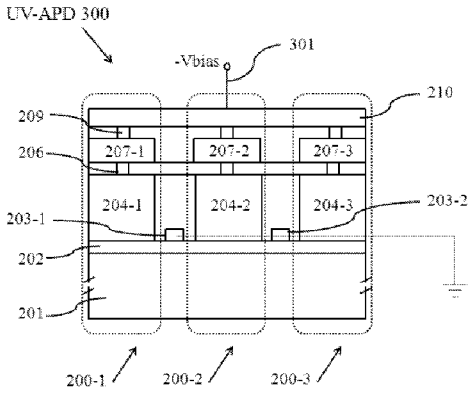


图 3A / Fig. 3A

(57) **Abstract**: An imaging array unit using ultra-violet avalanche photo diodes, an application method thereof, and an imaging array composed of the same. The imaging array unit (300) consists of a plurality of avalanche diode detectors (200-1~200-3) connected in parallel, wherein the avalanche diode detectors consist of photo diodes, thin-film resistors (207-1~207-3), and a metal layer (210) connected in series. In each of the avalanche diode detectors, the n-type semiconductor (202) of the photo diode is electrically connected to a contact electrode (203-1, 203-2), and the contact electrode provided in each avalanche diode detector of the imaging array unit is electrically connected with one another and used as one electrode. All the avalanche diode detectors share a complete metal layer, the other electrode of the imaging array unit. The imaging array is composed of a plurality of imaging array units. The imaging array unit using ultra-violet avalanche photo diodes, of a new structure, overcomes the problem of lower yield caused by the high defect density in the material itself, which enables the yield to approach or even reach 100%.

[见续页]

WO 2012/129755 A1

(57) **摘要**:

一种紫外光雪崩管成像阵列像元，其应用方法及由其组成的成像阵列。成像阵列像元(300)由多个雪崩管探测器(200-1~200-3)并联而成，其中雪崩管探测器由光电二极管、薄膜电阻(207-1~207-3)和金属层(210)顺序连接而成。在每个雪崩管探测器中，光电二极管的n型半导体(202)与接触电极(203-1,203-2)电连接。成像阵列像元中各个雪崩管探测器的接触电极之间形成电连接作为一个电极。所有雪崩管探测器共用一块完整的金属层，金属层形成成像阵列像元的另一个电极。成像阵列由多个成像阵列像元组成。具有新型结构的紫外光雪崩管成像阵列像元克服了材料本身缺陷密度大造成的良率过低的问题，使良率接近甚至达到100%。

说明书

紫外光雪崩管成像阵列像元、其应用方法及雪崩管成像阵列

技术领域

本发明涉及一种紫外光雪崩管成像阵列像元、其应用方法及雪崩管成像阵列。

背景技术

紫外光特别是日盲紫外波段的探测在空间探测以及军事方面有着极其重要的应用。目前，紫外波段的光子计数系统 应用的是光电倍增管（PMT），但是光电倍增管体积大、易碎、工作电压高且价格昂贵，所以体积小、价格便宜的固态紫外探测器就有非常重要的优势。

近年来随着 GaN 和 AlGaN 材料工艺的进步，在实验室中也出现了 GaN 基和 AlGaN 基材料的紫外光雪崩管和单光子探测雪崩管（SPAD）的报道。但是由于 GaN 以及 AlGaN 材料本身晶格错位的原因，材料中缺陷密度非常大（目前报道的 GaN 及 AlGaN 材料的位错密度为 10^7cm^{-2} 至 10^{10} cm^{-2}），特别是 AlGaN 材料中随着 Al 组分含量的增大（Al 含量越大，AlGaN 禁带宽度越大，探测截止波长越短），缺陷密度也在越大。所以 GaN 基和 AlGaN 基雪崩管和单光子探测雪崩管非常难制造，如果 AlGaN 材料的缺陷密度为 10^8cm^{-2}，那么根据良率公式 $Y=(\frac{1-e^{-AD}}{AD})^2$【WAY KUO, FELLOW, IEEE, AND TAEHO KIM, PROCEEDINGS OF THE IEEE, VOL. 87, NO. 8, AUGUST 1999】，（其中 A 为器件面积，D 为缺陷密度。）AlGaN 雪崩管的良率极低，且雪崩管面积越大，良率越低。图 1 为计算得到的 AlGaN 雪崩管的良率与器件面积的关系图，可以看出，若雪崩管面积为 $10\times10\mu m^2$，其良率不到 1%，假设要制造一个 1K×1K 大小的紫外光雪崩管成像阵列，其中品质好的像元个数只有 10K，其余 990K 个像元都是坏的，这样的成像阵列根本不能工作，所以以目前这样的良率，很难用传统的雪崩管结构实现紫外光雪崩管成像阵列。

如图 2A 所示，APD 100 是一个典型的硅基金属-电阻-半导体（MRS）【V.Saveliev , V.Golovin , Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 442 (2000) : 223-229】结构雪崩管探测器，它的基本结构是由光电二极管 101、薄膜电阻 102 和金属电极 103 构成，薄膜电阻 102 和光电二极管 101 的 p 型半导体端形成电接触，然后金属层 103 淀积在薄膜电阻 102 上和薄膜电阻 102 接触，其等效电路如图 2B。工作时，在 MRS 结构雪崩管 APD 100 上加负电压 Vbias，当无光时，这时光电二极管 101 处于负偏压状态，二极管 101 等效于一个电容，负电压 Vbias 主要分配在光电二极管 101 上；若有光子到达二极管 101，光子被吸收产生电子空穴对，电子和空穴在倍增区域产生更多的电子和空穴，光电二极管 101 发生雪崩，从而光信号转化为电信号并且被放大，该过程也可以看是成电容的放电过程，这时负偏压 Vbias 就有一部分电压分配到薄膜电阻 102 上，从而光电二极管 101 上作用的电压降低，雪崩被熄灭，故薄膜电阻 102 有着负反馈的作用。一旦光电二极管 101 上的电压降低，雪崩过程被熄灭，

这时二极管 101 重新充电，电压增加，从而能够探测下一个光信号。

前面提到由于 GaN 和 AlGaN 材料本身晶格错位的原因，缺陷密度很大，GaN 和 AlGaN 雪崩管很难制造，良率极低，其紫外光雪崩管成像阵列无法实现。

发明内容

本发明提供一种紫外光雪崩管成像阵列像元，可以有效克服半导体材料本身的缺陷，提高良率。

本发明还提供所述紫外光雪崩管成像阵列像元的应用方法及由其组成的雪崩管成像阵列。

所述紫外光雪崩管成像阵列像元由多个雪崩管探测器并联而成，所述雪崩管探测器由光电二极管、薄膜电阻、金属层顺序连接而成，每个雪崩管探测器中，光电二极管的 n 型半导体与接触电极连接，成像像元中各个雪崩管探测器的接触电极之间形成电连接作为一个电极，各个雪崩管探测器共用一块完整的金属层，金属层形成紫外光雪崩管成像阵列像元的另一个电极。

更优选的是，所述紫外光雪崩管成像阵列像元由下至上依次包括独立的多个光电二极管、绝缘钝化层、与多个光电二极管一一对应的独立的多个薄膜电阻、绝缘介质层和金属层，钝化层中设有多个第一接触孔，使每个光电二极管的 p 型半导体端与相应的薄膜电阻通过第一接触孔形成电接触，绝缘介质层中设有多个第二接触孔，使每个薄膜电阻与金属层通过第二接触孔形成电接触。

作为公知常识，钝化层、介质层均为电绝缘层。

优选所述紫外光雪崩管成像阵列像元的制备方法包括如下步骤：

（1）在衬底上依次形成 n 型半导体以及 p 型半导体；

（2）刻蚀 p 型半导体，形成多个独立的光电二极管结构，并于刻蚀后的区域内在 n 型半导体上形成多个与光电二极管一一对应的接触电极；

（3）淀积钝化层并在光电二极管上方刻蚀形成第一接触孔；

（4）淀积并刻蚀形成薄膜电阻，薄膜电阻通过第一接触孔与相应的光电二极管单元形成电接触；

（5）淀积介质层并在所有的薄膜电阻上方刻蚀形成第二接触孔；

（6）淀积金属层并通过第二接触孔与所有的薄膜电阻形成电接触。

如图 3B 所示，所述紫外光雪崩管成像阵列像元的基本单元（以下简称 UV-APD 200）由下而上可以为衬底 201， n 型半导体 202，n 型接触电极 203，p 型半导体 204，n 型和 p 型半导体采用 MOCVD 的方法外延生成；然后刻蚀 p 型半导体，再形成 n 行接触电极 203；淀积钝化层 205，形成接触孔 206，并且淀积形成薄膜电阻 207 使薄膜电阻 207 和 p 型半导体形成

电接触；最后淀积介质层 208 和形成接触孔 209，金属层 210 和薄膜电阻 207 形成电接触，211 是接触电极。其中衬底 201 是透明或半透明的材料，金属层 210 可以是透明或半透明的材料。

所述紫外光雪崩管成像阵列像元（以下简称 UV-APD 300）可以由多个 UV-APD 200 并联形成，如图 3A 所示，UV-APD 200-1，200-2，200-3 是三个 UV-APD 200，它们通过金属层 210 和共同的接触电极 203-1，203-2 并联在一起，其基本的工艺过程如图 3C 所示：

步骤 212，在衬底 201 上形成 n 型半导体 202 以及 p 型半导 204，可以用 MOCVD 的方式外延生长半导体材料；

步骤 213，刻蚀 p 型半导体，在 n 型半导体上形成接触电极 203-1 和 203-2，接触电极可以通过金属线连接在一起作为一个接触电极；

步骤 214，淀积钝化层 205 并刻蚀形成接触孔 206；

步骤 215，淀积并刻蚀形成薄膜电阻 207-1，207-2 和 207-3；

步骤 216，淀积介质层 208 并形成接触孔 209；

步骤 217，淀积金属层 210 并与薄膜电阻形成电接触，金属层 210 构成另一个电极 301。

UV-APD 300 的等效电路图如图 3D 所示，UV-APD 300 是由多个 UV-APD 200 并联形成，所有的 UV-APD 200 的阴极通过金属层 210 连接在一起构成一个电极，接触电极 203 连接在一起构成另一个电极。这样构成的 UV-APD 300 实际上是由多个 UV-APD 200 单元并联构成。在前面提到由于 GaN 和 AlGaN 材料本身缺陷密度很大，故 GaN 和 AlGaN 基雪崩管的良率 Y 很低，如果 UV-APD 300 由合适个数的 UV-APD 200 并联构成，则 UV-APD 300 中总有一定个数品质好的 UV-APD 200，这样 UV-APD 300 总能对光信号进行探测，故这种结构的紫外光雪崩管成像阵列像元良率接近于 100%，能够实现紫外光雪崩管成像阵列，克服了 GaN 和 AlGaN 材料本身缺陷密度大而造成的问题。

紫外光雪崩管成像阵列像元中光电二极管由 III-V 族和/或 II-VI 族半导体材料制得，优选由 GaN，AlGaN 或 AlN 中的至少一种制得。

紫外光雪崩管成像阵列像元中雪崩管探测器单元的半径优选为 1 至 50μm。

优选每个独立的薄膜电阻的阻值为 100KΩ 至 10MΩ；优选的薄膜电阻的材料为 SiC 或 Si_xO_y。

由于 GaN 和 AlGaN 材料本身缺陷密度很大，故 GaN 和 AlGaN 基雪崩管的良率很低；在 UV-APD 300 中有些 UV-APD 200 是坏的，故在无光加负偏压时，这些坏的 UV-APD 200 就已经发生雪崩，这时在电极 301 上就有一个电信号 I_B，这个电信号就是暗电流，我们可以称这个电流为背底电流；而那些品质好的 UV-APD 200 则能够正常工作。具体操作中，所述紫外光雪崩管成像阵列像元的应用方法为：在所述紫外光雪崩管成像阵列像元上加负偏压，使紫外光雪崩管成像阵列像元工作，无光时，测得紫外光雪崩管成像阵列像元电流为 I_B，将它作为像元背底电流；有光时，那些品质好的 UV-APD 200 发生雪崩过程从而将光信号转化为电

信号并放大，测得紫外光雪崩管成像阵列像元电流为 I_S，则由光产生的倍增电流大小为 $I_C=I_S-I_B$，这就是所述紫外光雪崩管成像阵列像元得到的电信号大小。

紫外光雪崩管成像阵列像元工作在线性放大模式或盖革模式（Geiger Mode）【D. Renker, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 567 (2006) 48–56】下。

所加负偏压大小为 10V 到 100V。

所述雪崩管成像阵列，由多个所述的紫外光雪崩管成像阵列像元组成。

由于 UV-APD 300 由多个 UV-APD 200 并联得到，可以将 UV-APD 200 的面积做的很小，这样提高了 UV-APD 200 的良率，且不影响 UV-APD 300 的感光面积。如果 UV-APD 300 是由合适个数的 UV-APD200 并联构成，则 UV-APD 300 中总有一定个数品质好的 UV-APD 200。如果 GaN 的缺陷密度为 10^7cm^{-2}，且 UV-APD200 的面积为 $5\times5\mu m^2$，则根据良率公式 UV-APD200 的良率为 13%，若 UV-APD 300 由 10×10 个 UV-APD 200 单元构成，则像元 UV-APD 300 中有 13 个 UV-APD 200 是品质好的，这样 UV-APD 300 总能对光信号进行探测，故这种结构的紫紫外光雪崩管成像阵列像元良率接近于 100%，克服了 GaN 和 AlGaN 材料本身缺陷密度大而造成的问题。如图 4 所示 UV-APD 300 由 16 个 UV-APD 200 并联构成，若该像元中总有品质好的 UV-APD 200，则 UV-APD 300 就是一个品质好的成像像元，它能对光信号进行探测，并且良率近乎达到了 100%，可以实现紫外光雪崩管成像阵列。

由前面分析得到，本发明紫外光雪崩管成像阵列像元 UV-APD 300 的良率接近于 100%，所以利用 UV-APD 300 作为成像单元，可以制成雪崩管成像阵列。如图 5 所示， UV-APD ARRAY 500 是由 N×N 个 UV-APD 300 组成的雪崩管成像阵列，在上面提到由于像元 UV-APD 300 的良率接近于 100%，所以成像阵列 UV-APD ARRAY 500 中，所有的像素单元都是品质好的，因此本发明所述紫外光雪崩管成像阵列像元 UV-APD 300 克服了由于 GaN 和 AlGaN 材料本身缺陷密度大而造成的无法实现紫外光雪崩管成像阵列的问题。

同时本发明提出的新型结构也可以用来制造大感光面积紫外光雪崩管成像阵列像元，由于 GaN 和 AlGaN 材料本身的缺陷密度比较大，故大面积的紫外光雪崩管非常难制造成功，但本发明中 UV-APD 300 是由多个 UV-APD 200 并联构成，可以将 UV-APD 200 的面积做的很小，提高了 UV-APD 200 的良率，同时由多个 UV-APD 200 构成 UV-APD 300，使感光面积增大且不影响良率。比如我们需要制成 $100\times100\mu m^2$ 大小的紫外光雪崩管成像阵列像元，若用传统的结构，其良率不到 1%，如果采用本发明，若 UV-APD 200 的面积为 $5\times5\mu m^2$（随着工艺的进步，尺寸可以做的更小），则 UV-APD 200 的良率是 10%左右，那么可以用 20×20 个 UV-APD 200 构成 UV-APD 300，使像元面积到达 $100\times100\mu m^2$，且其良率可以接近于 100%，这是目前的雪崩管结构无法达到的。假若材料技术的发展使得 AlGaN 和 GaN 等材料的缺陷密度减小，那么制造同样 $50\times50\mu m^2$ 大小的紫外光雪崩管成像阵列像元，传统结构的良率与本发明紫外光雪崩管成像阵列像元的良率随缺陷密度的关系如图 6 所示（图中本发明紫外光雪崩管成像阵列像元由 10×10 个 $5\times5\mu m^2$ 大小的 UV-APD 200 单元构成），可以发现只有当 AlGaN 和 GaN 材料的缺陷密度减小到 10^4cm^{-2} 时，传统结构的紫外光雪崩管的良率才能与本发明相比拟。所以利用本发明提出的紫外光雪崩管成像阵列像元结构，可以制成大感光面积

的紫外光雪崩管像元，且避免了由于面积较大而导致良率下降的问题。

本发明的有效效果为：

本发明所述紫外光雪崩管成像阵列像元结构克服了 GaN，AlGaN 等多缺陷材料本身缺陷密度大而造成的良率过低的问题，该新型结构紫外光雪崩管成像阵列像元良率可以接近并达到 100%，利用该紫外光雪崩管成像阵列像元作为成像单元，可以制成紫外光雪崩管成像阵列。

本发明中紫外光雪崩管成像阵列像元结构克服了大面积雪崩管良率过低的问题，该紫外光雪崩管成像阵列像元可以由几十或者数百个较小的基本单元结构 UV-APD 200 组成，所以可以制成大感光面积的紫外光雪崩管成像阵列像元，且没有因为面积过大而良率降低的问题。

附图说明

图 1 为现有技术中 AlGaN 材料传统结构雪崩管探测器良率与器件面积的关系；

图 2A 为典型的硅基 MRS 结构雪崩管探测器结构示意图；

图 2B 为图 1A 中描述的硅基 MRS 结构雪崩管探测器的等效电路图；

图 3A 为本发明一种紫外光雪崩管成像阵列像元的结构示意图；

图 3B 为图 3A 中紫外光雪崩管成像阵列像元中的基本组成单元结构示意图；

图 3C 为图 3A 中紫外光雪崩管成像阵列像元的基本工艺过程；

图 3D 为图 3A 中紫外光雪崩管成像阵列像元的等效电路图；

图 4 为本发明一种具体的紫外光雪崩管成像阵列像元的结构示意图；

图 5 为本发明一种雪崩管成像阵列；

图 6 为面积为 $50\times50\mu m^2$ 的传统结构雪崩管探测器良率与本发明紫外光雪崩管成像阵列像元的良率对比图。

具体实施方式

如图 3A 所示是本发明所述紫外光雪崩管成像阵列像元的一个示意图。

若所述紫外光雪崩管成像阵列像元 UV-APD 300 由多个基本单元 UV-APD 200（如图 3B）并联构成，UV-APD 200 的半径可以为 1μm 到 50μm。在图 3B 中，我们可以由下而上形成衬底 201，衬底 201 可以是 SiC、蓝宝石以及硅衬底等材料，但要求衬底透光；n 型半导体 202 和 p 型半导体 204，材料可以是 GaN，AlN 和 AlGaN 等材料，可以采用 MOCVD 的方式外延生长 n 型半导体 202 和 p 型半导体 204，其中也有缓冲层，从而降低材料中的晶格位错，减小缺陷密度；然后刻蚀 p 型半导体露出部分 n 型半导体，再形成 n 型接触电极 203，电极可以采用 Ti/Au 合金等材料；淀积绝缘钝化层 205 并且形成接触孔 206，钝化层可以用氧化物等材料；淀积形成薄膜电阻 207 使薄膜电阻 207 和 p 型半导体形成电接触，薄膜电阻

207 可以采用 SiC 或 Si_xO_y 等材料，其电阻值约为几百 KΩ 到 1MΩ；淀积介质层 208 和形成接触孔 209，金属层 210 和薄膜电阻 207 形成电接触，211 是接触电极。

本发明紫外光雪崩管成像阵列像元 UV-APD 300 可以由数十个到数百个 UV-APD 200 构成，若构成 100×100μm^2 大小的紫外光雪崩管成像阵列像元，可以用 20×20 个面积为 5×5μm^2 大小的 UV-APD 200 构成，其工艺流程如图 3C 所示。

简单的工艺流程为：

在衬底 201 上形成 n 型半导体 202 以及 p 型半导 204，可以用 MOCVD 的方式外延生长 GaN，AlN 和 AlGaN 等半导体材料；

刻蚀 p 型半导体 204，形成多个光电二极管阵列结构，阵列大小为 20×20，光电二极管的面积为 5×5μm^2。

然后在 n 型半导体 202 上形成接触电极 203，所有的 n 型接触电极 203 可以通过金属线连接在一起作为紫外光雪崩光成像阵列像元的一个电极；

淀积绝缘钝化层 205 并在光电二极管单元上方刻蚀形成接触孔 206；

淀积并刻蚀形成 20×20 个薄膜电阻 207，薄膜电阻通过接触孔与相应的光电二极管单元形成电接触；

淀积介质层 208 并在所有的薄膜电阻 207 上方刻蚀形成接触孔 209；

淀积金属层 210 并通过接触孔 209 与所有的薄膜电阻 207 形成电接触，金属层 210 构成另一个电极 211。

前面诉述 100×100μm^2 大小紫外光雪崩管成像阵列像元 UV-APD 300 在具体操作时，电极 301 上加上负偏压 Vbias，使像元 UV-APD 300 工作在线性放大模式或者 Geiger Mode 下，其电压大小可以为 10V 至 100V，根据不同的掺杂浓度以及工艺参数，其工作电压亦不同。无光时，在电极 301 上测得像元 UV-APD 300 的电流大小为 I_B，这是紫外光雪崩管成像阵列像元 UV-APD 300 的背底电流；有光时，在电极 301 上测得雪崩管的电流为 I_S，则由光信号转化成的电流的大小为：

$$I_C=I_S-I_B$$

即 I_C 为雪崩管像元 UV-APD 300 读出的电信号的大小。

权利要求书

1. 一种紫外光雪崩管成像阵列像元，其特征在于由多个雪崩管探测器并联而成，所述雪崩管探测器由光电二极管、薄膜电阻、金属层顺序连接而成，每个雪崩管探测器中，光电二极管的 n 型半导体与接触电极连接，成像像元中各个雪崩管探测器的接触电极之间形成电连接作为一个电极，各个雪崩管探测器共用一块完整的金属层，金属层形成紫外光雪崩管成像阵列像元的另一个电极。

2. 如权利要求 1 所述的紫外光雪崩管成像阵列像元，其特征在于，所述紫外光雪崩管成像阵列像元由下至上依次包括独立的多个光电二极管、钝化层、与多个光电二极管一一对应的独立的多个薄膜电阻、介质层和金属层，钝化层中设有多个第一接触孔，使每个光电二极管的 p 型半导体端与相应的薄膜电阻通过第一接触孔形成电接触，介质层中设有多个第二接触孔，使每个薄膜电阻与金属层通过第二接触孔形成电接触。

3. 如权利要求 2 所述的紫外光雪崩管成像阵列像元，其特征在于，所述紫外光雪崩管成像阵列像元的制备方法包括如下步骤：

（1）在衬底上依次形成 n 型半导体以及 p 型半导体；

（2）刻蚀 p 型半导体，形成多个独立的光电二极管结构，并于刻蚀后的区域内在 n 型半导体上形成多个与光电二极管一一对应的接触电极；

（3）淀积钝化层并在光电二极管上方刻蚀形成第一接触孔；

（4）淀积并刻蚀形成薄膜电阻，薄膜电阻通过第一接触孔与相应的光电二极管单元形成电接触；

（5）淀积介质层并在所有的薄膜电阻上方刻蚀形成第二接触孔；

（6）淀积金属层并通过第二接触孔与所有的薄膜电阻形成电接触。

4. 如权利要求 1-3 中任一项所述的紫外光雪崩管成像阵列像元，其特征在于，光电二极管由 GaN，AlGaN 或 AlN 中的至少一种制得。

5. 如权利要求 1-3 中任一项所述的紫外光雪崩管成像阵列像元，其特征在于，成像阵列像元中雪崩管探测器单元的半径为 1 至 50μm。

6. 如权利要求 1-3 中任一项所述的紫外光雪崩管成像阵列像元，其特征在于，每个独立的薄膜电阻的阻值为 100KΩ 至 10MΩ，优选薄膜电阻的材料为 SiC 或 Si_xO_y。

7. 权利要求 1-6 中任一项所述的紫外光雪崩管成像阵列像元的应用方法，其特征在于，在所述紫外光雪崩管成像阵列像元上加负偏压，使紫外光雪崩管成像阵列像元工作，无光时，测得紫外光雪崩管成像阵列像元电流为 I_B，将它作为像元背底电流；有光时，测得紫外光雪崩管成像阵列像元电流为 I_S，则由光产生的倍增电流大小为 $I_C=I_S-I_B$，这就是所述紫外光雪崩管成像阵列像元得到的电信号大小。

8. 如权利要求 7 所述的紫外光雪崩管成像阵列像元的应用方法，其特征在于，紫外光雪崩管成像阵列像元工作在线性放大模式或盖革模式下。

9. 如权利要求 7 或 8 所述的紫外光雪崩管成像阵列像元的应用方法，其特征在于，所加负偏压大小为 10V 到 100V。

10. 一种雪崩管成像阵列，由多个权利要求 1-7 中任一项所述的紫外光雪崩管成像阵列像元组成。

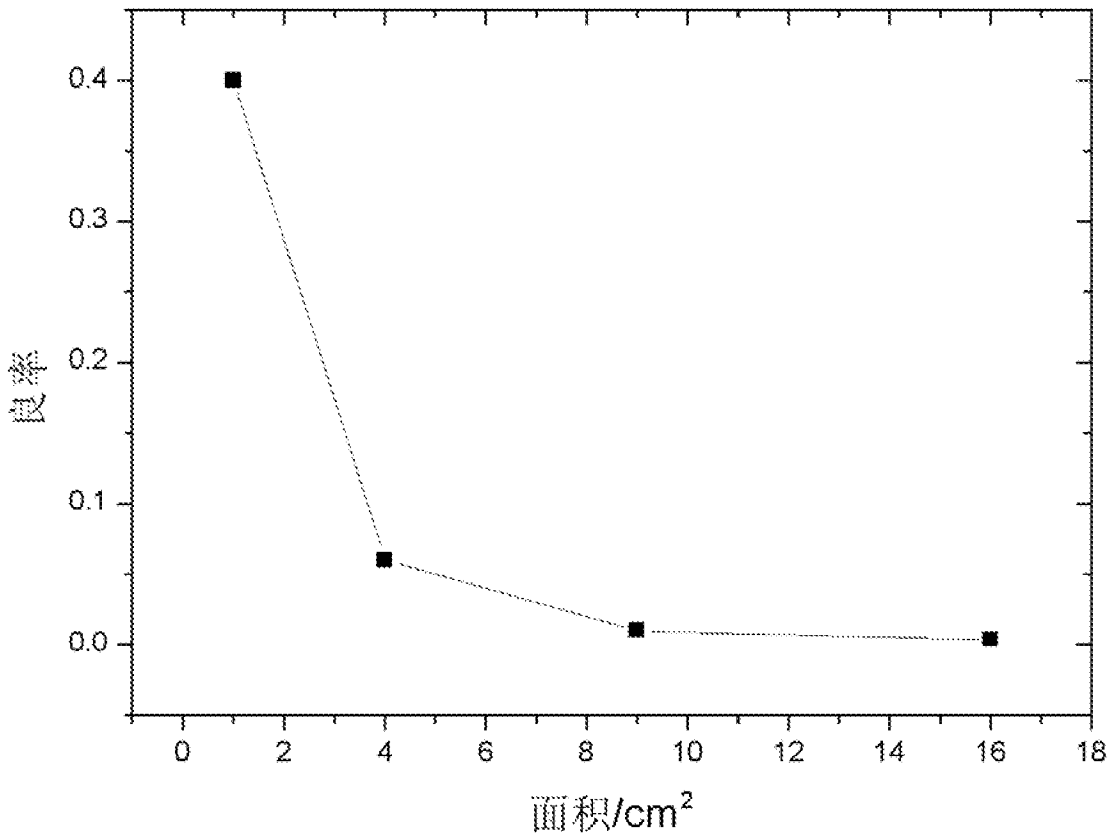


图 1

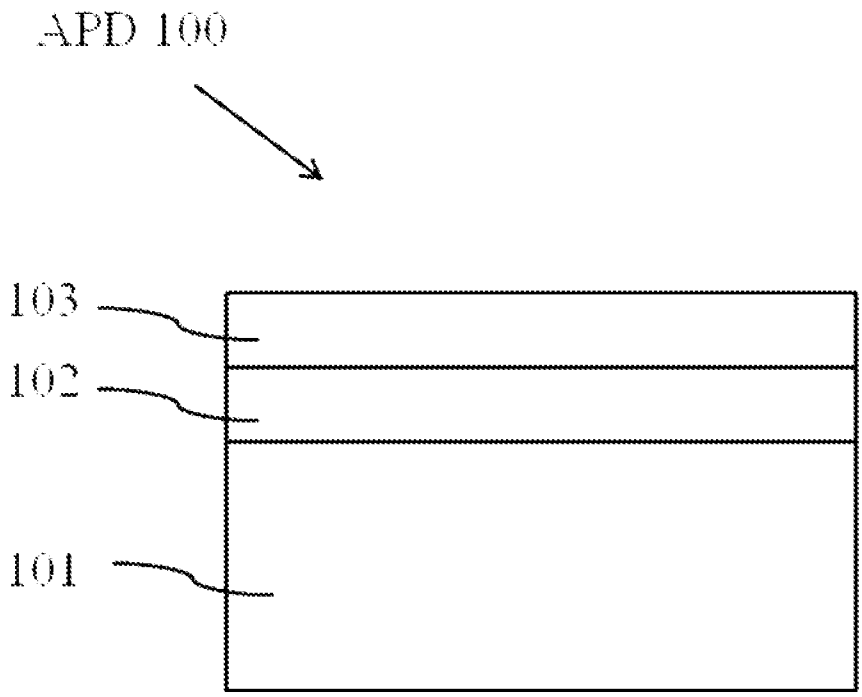


图 2A

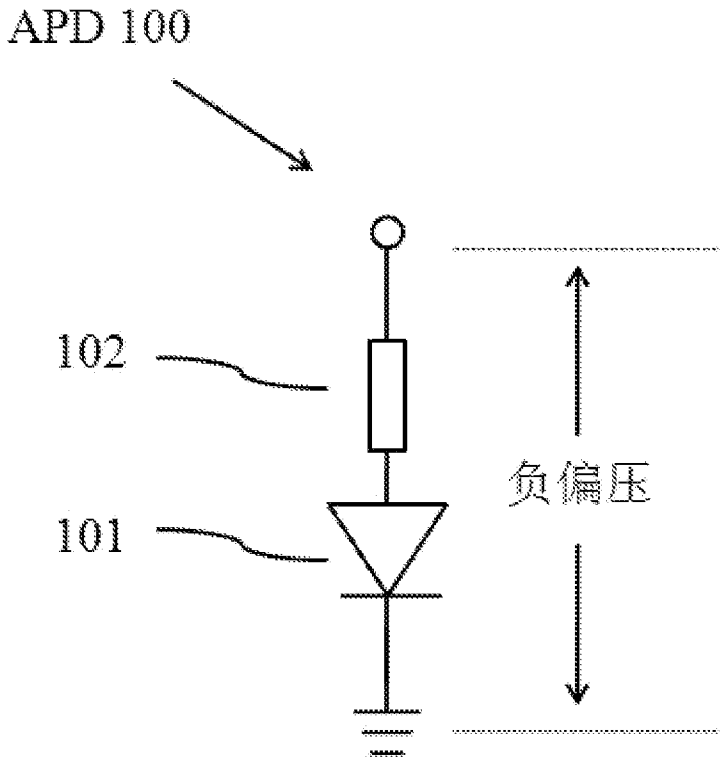


图 2B

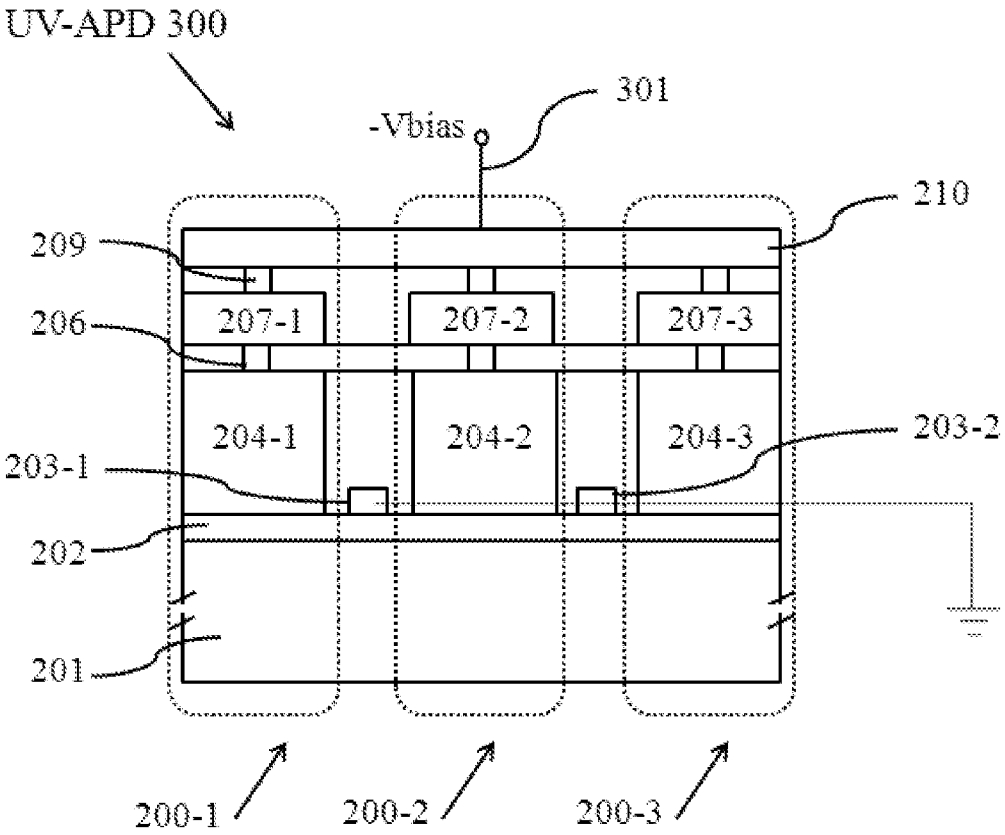

UV-APD 300
-Vbias
301
210
209
206
207-1
207-2
207-3
204-1
204-2
204-3
203-2
203-1
202
201
200-1
200-2
200-3

图 3A

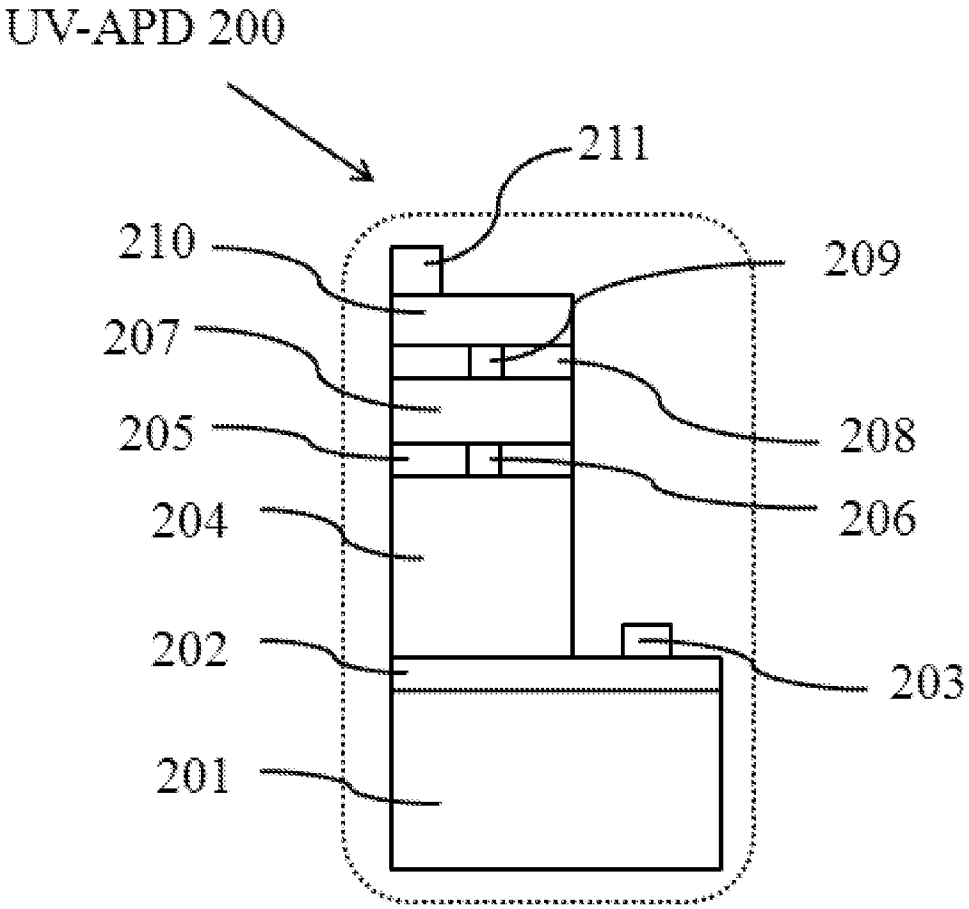


图 3B

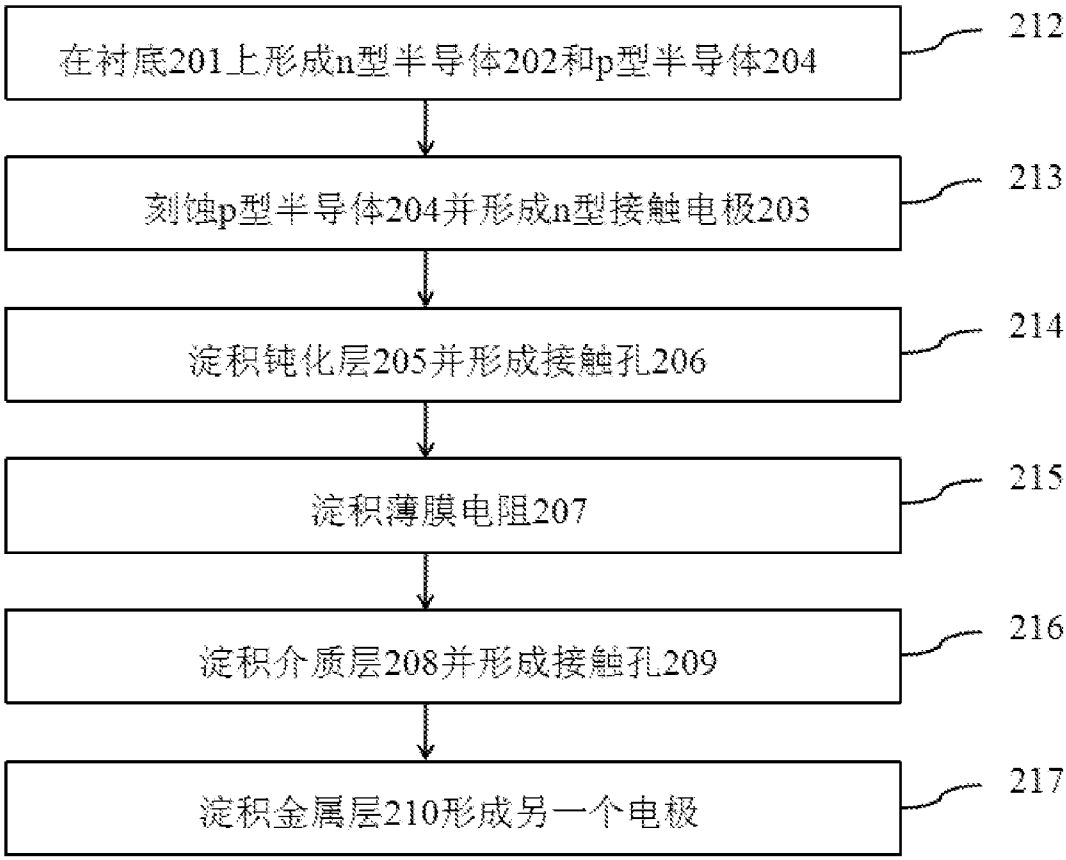

在衬底201上形成n型半导体202和p型半导体204
212
刻蚀p型半导体204并形成n型接触电极203
213
淀积钝化层205并形成接触孔206
214
淀积薄膜电阻207
215
淀积介质层208并形成接触孔209
216
淀积金属层210形成另一个电极
217

图 3C

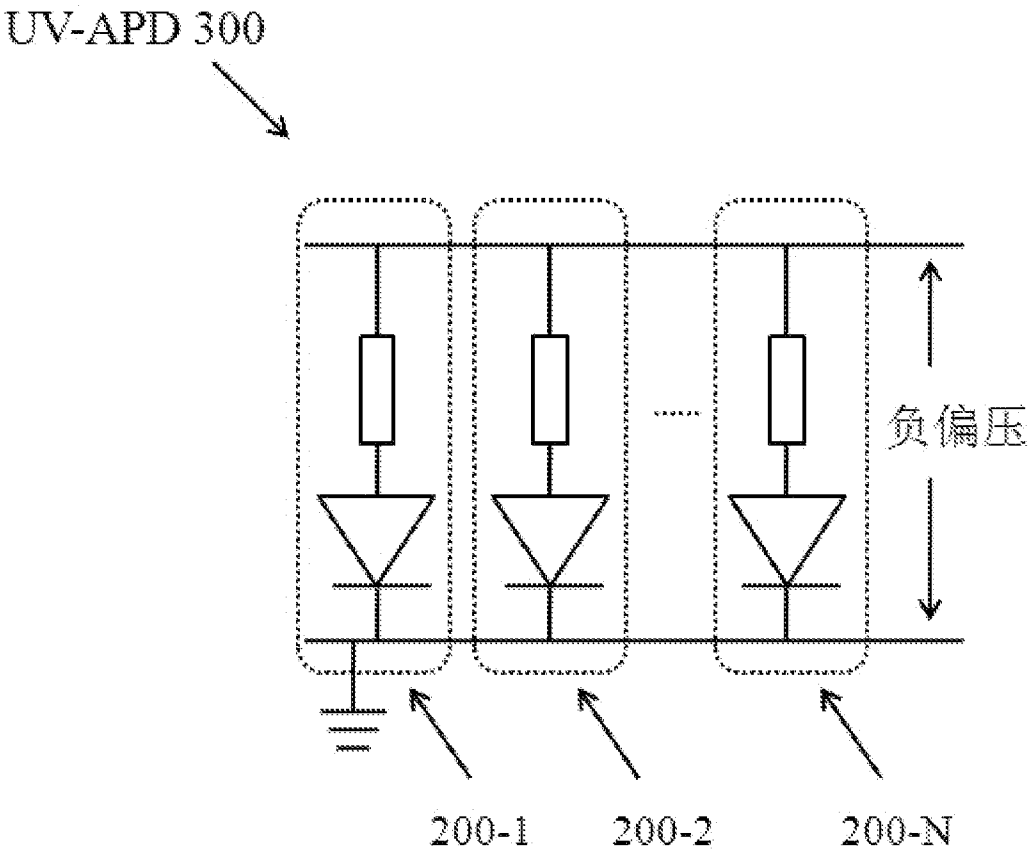


图 3D

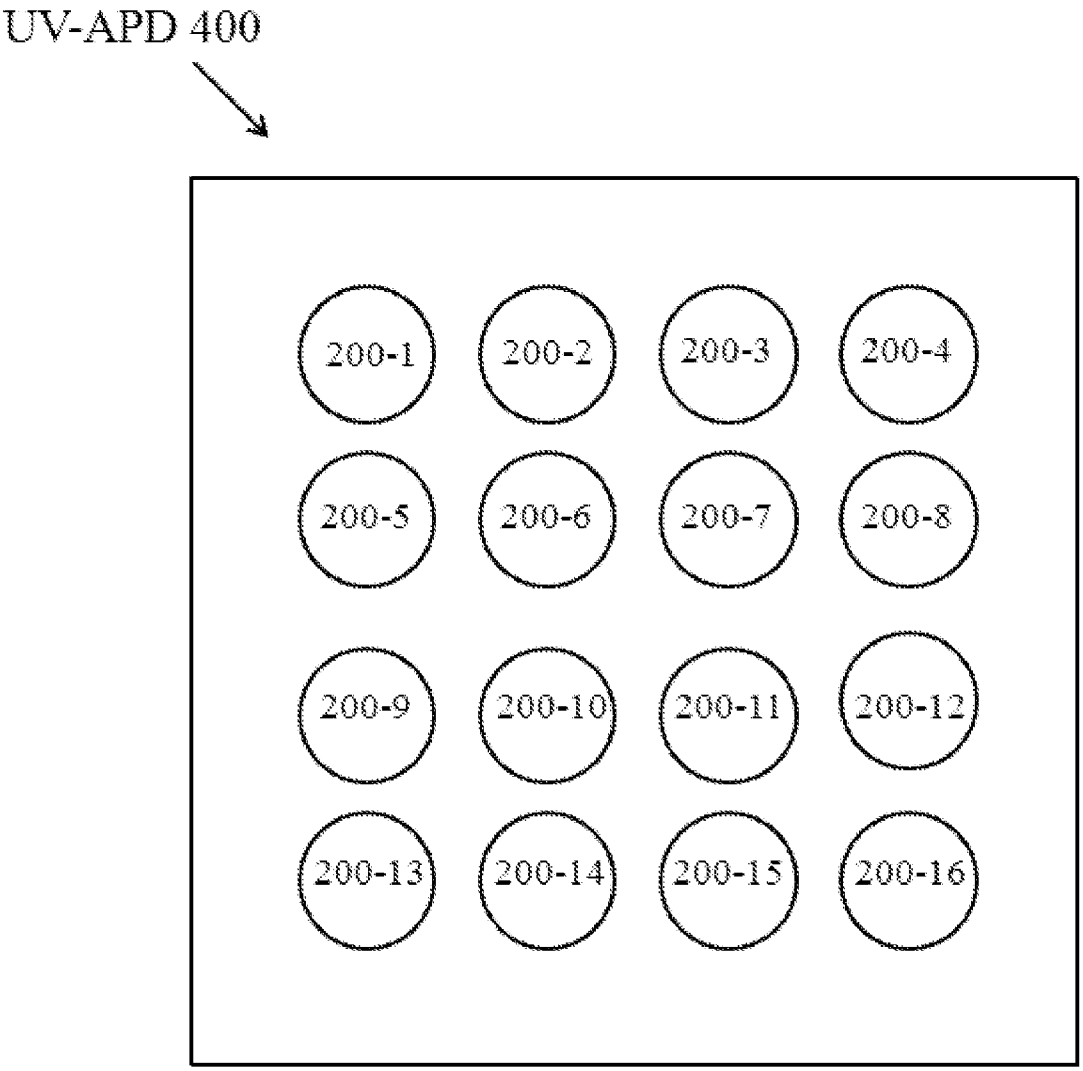

UV-APD 400
200-1
200-2
200-3
200-4
200-5
200-6
200-7
200-8
200-9
200-10
200-11
200-12
200-13
200-14
200-15
200-16

图 4

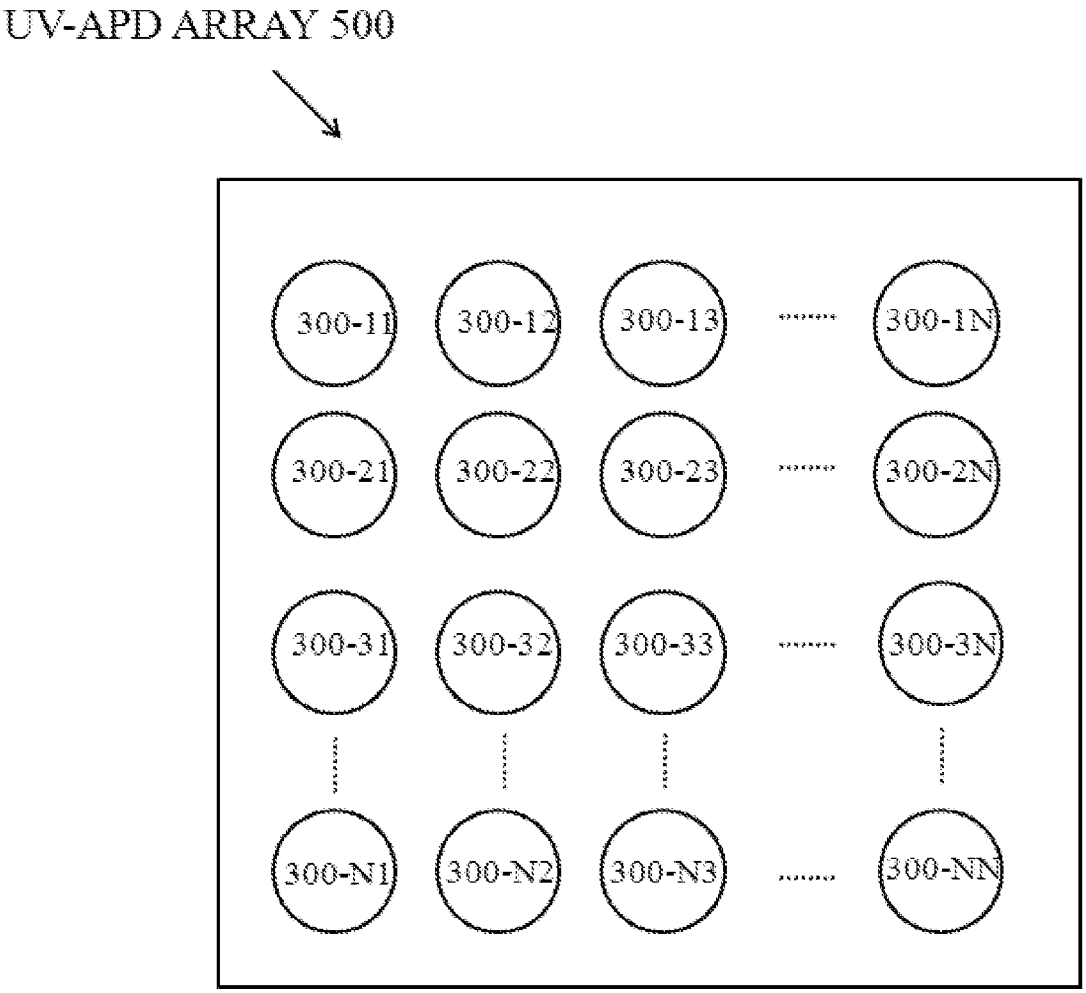

UV-APD ARRAY 500
300-11
300-12
300-13
300-1N
300-21
300-22
300-23
300-2N
300-31
300-32
300-33
300-3N
300-N1
300-N2
300-N3
300-NN

图 5

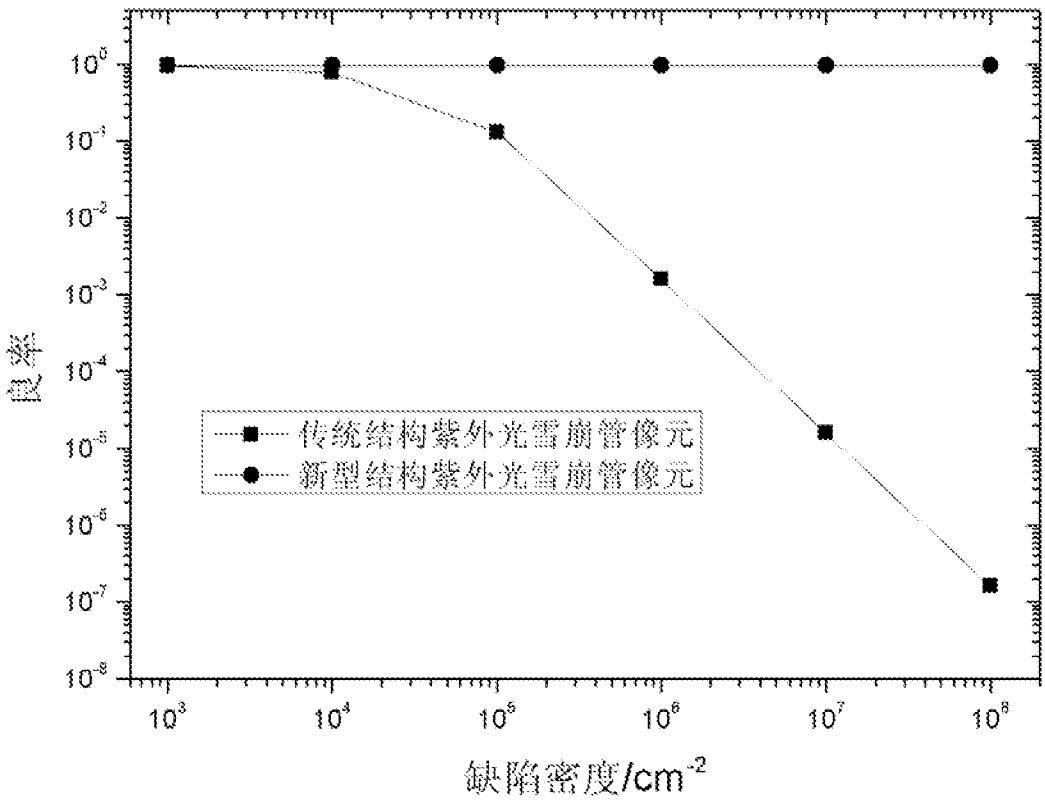

良率
10^{0}
10^{-1}
10^{-2}
10^{-3}
10^{-4}
10^{-5}
10^{-6}
10^{-7}
10^{-8}
10^{3}
10^{4}
10^{5}
10^{6}
10^{7}
10^{8}
传统结构紫外光雪崩管像元
新型结构紫外光雪崩管像元
缺陷密度/cm^{-2}

图 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2011/072138

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

See extra sheet

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: H01L

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)

CPRS,CNKI,EPODOC,WPI,CNTXT,Web of Science: avalanche, diode, photodiode, apd, parallel, array, resistor, detect, multiple photons, ultra violet,led

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2008283953 A1 (PRINCETON LIGHTWAVE INC) 20 Nov. 2008 (20.11.2008) pars. 37, 43, 52, 56-73, and 79-80 of the description; figs. 2, 3 and 5	1-10
Y	CN 100505331 C (GENERAL ELECTRIC CO) 24 Jun. 2009 (24.06.2009) line 8 of page 1, lines 2-4 of page 6 of the description; fig. 1	1-10
A	CN 101484999 A (HAMAMATSU PHOTONICS K) 15 Jul. 2009 (15.07.2009) the whole text	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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
13 Dec. 2011 (13.12.2011)	**29 Dec. 2011 (29.12.2011)**
Name and mailing address of the ISA/CN The State Intellectual Property Office, the P.R.China 6 Xitucheng Rd., Jimen Bridge, Haidian District, Beijing, China 100088 Facsimile No. 86-10-62019451	Authorized officer ZHANG, Yue Telephone No. (86-10)62412098

Form PCT/ISA /210 (second sheet) (July 2009)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2011/072138

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2011007693 A (TOSHIBA KK et al.) 13 Jan. 2011 (13.01.2011) the whole text	1-10
A	Akindinov, A. V. et al. Detection of Light Pulses Using an Avalanche- Photodiode Array with a Metal-Resistor-Semiconductor Structure. Instruments and Experimental Techniques. 2005, vol. 48, No. 3, pages 355-363, ISSN 0020-4412	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2011/072138

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
US 2008283953 A1	20.11.2008	US 7719029 B2	18.05.2010
CN 100505331 C	24.06.2009	US 2004108530 A1	10.06.2004
		CA 2451295 A1	10.06.2004
		EP 1435666 A2	07.07.2004
		JP 2004193615 A	08.07.2004
		CN 1507078 A	23.06.2004
		KR 20040050865 A	17.06.2004
		US 6838741 B2	04.01.2005
		INDEL 200301478 A	25.11.2005
		EP 1435666 A3	31.12.2008
		IL 159189 A	11.02.2009
		JP 4440615 B2	24.03.2010
		IL 189233 A	30.12.2010
		KR 100025186 B1	31.03.2011
CN 101484999 A	15.07.2009	WO 2008004547 A1	10.01.2008
		EP 2040308 A1	25.03.2009
		TW 200822354 A	16.05.2008
		US 2009256223 A1	15.10.2009
		JP 2008523687 T2	03.12.2009
		US 8008741 B2	30.08.2011
JP 2011007693 A	13.01.2011	NONE	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2011/072138

CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER:

H01L 27/146 (2006.01) i

H01L 31/107 (2006.01) i

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2011/072138

A. 主题的分类

见附加页

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:H01L

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）)

CPRS,CNKI,EPODOC,WPI,CNTXT,Web of Science: 雪崩，二极管，二极体，led，并联，阵列，光电二极管，光敏二极管，探测，多光子，紫外，avalanche, diode, photodiode, apd, parallel, array, resistor, detect, multiple photons, ultra violet

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	US 2008283953 A1 (PRINCETON LIGHTWAVE INC) 20.11 月 2008 (20.11.2008) 说明书第 37、43、52、56-73、79-80 段，图 2、3、5	1-10
Y	CN 100505331 C (通用电气公司) 24.6 月 2009 (24.06.2009) 说明书第 1 页第 8 行、第 6 页第 2-4 行，图 1	1-10
A	CN 101484999 A (滨松光子学株式会社) 15.7 月 2009 (15.07.2009) 全文	1-10
A	JP 2011007693 A (TOSHIBA KK et al.) 13.1 月 2011 (13.01.2011) 全文	1-10
A	Akindinov, A. V. et al. Detection of Light Pulses Using an Avalanche- Photodiode Array with a Metal-Resistor-Semiconductor Structure. Instruments and Experimental Techniques. 2005, vol. 48, No. 3, pages 355-363, ISSN 0020-4412	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	国际检索报告邮寄日期
13.12 月 2011 (13.12.2011)	**29.12 月 2011 (29.12.2011)**
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 张月 电话号码：(86-10) **62412098**

国际检索报告

关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2011/072138

检索报告中引用的专利文件	公布日期	同族专利	公布日期
US 2008283953 A1	20.11.2008	US 7719029 B2	18.05.2010
CN 100505331 C	24.06.2009	US 2004108530 A1	10.06.2004
		CA 2451295 A1	10.06.2004
		EP 1435666 A2	07.07.2004
		JP 2004193615 A	08.07.2004
		CN 1507078 A	23.06.2004
		KR 20040050865 A	17.06.2004
		US 6838741 B2	04.01.2005
		INDEL 200301478 A	25.11.2005
		EP 1435666 A3	31.12.2008
		IL 159189 A	11.02.2009
		JP 4440615 B2	24.03.2010
		IL 189233 A	30.12.2010
		KR 100025186 B1	31.03.2011
CN 101484999 A	15.07.2009	WO 2008004547 A1	10.01.2008
		EP 2040308 A1	25.03.2009
		TW 200822354 A	16.05.2008
		US 2009256223 A1	15.10.2009
		JP 2008523687 T2	03.12.2009
		US 8008741 B2	30.08.2011
JP 2011007693 A	13.01.2011	无	

主题的分类：

H01L 27/146 (2006.01) i

H01L 31/107 (2006.01) i