

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H01L 31/09 (2006.01)

G01J 1/02 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200510065762.0

[45] 授权公告日 2008 年 11 月 12 日

[11] 授权公告号 CN 100433372C

[22] 申请日 2005.4.15

[21] 申请号 200510065762.0

[73] 专利权人 香港理工大学

地址 香港九龙红磡

[72] 发明人 徐星全 方伟强

[56] 参考文献

JP2003188407A 2003.7.4

CN1371133A 2002.9.25

审查员 高铭洁

[74] 专利代理机构 隆天国际知识产权代理有限公司

代理人 王玉双 王艳江

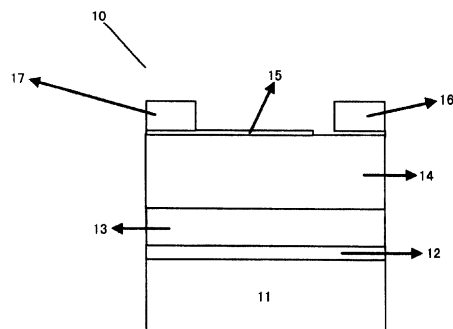
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 3 页

[54] 发明名称

一种紫外线检测装置

[57] 摘要

一种紫外线检测装置，包括如下的结构：一蓝宝石基底层；一高温氮化铝缓冲层，生长在该蓝宝石基底层之上，所述高温氮化铝缓冲层是在 740℃~820℃ 的温度下获得的；一中温氮化镓缓冲层，生长在该高温氮化铝缓冲层之上，所述中温氮化镓缓冲层是在 600℃~700℃ 的温度下获得的；一氮化镓外延层，沉积在该中温氮化镓缓冲层之上；一肖特基结层，形成在该氮化镓外延层之上；多个电阻触点，也形成在该氮化镓外延层上；该高温氮化铝缓冲层和该中温氮化镓缓冲层形成了双重缓冲层结构，从而提高了该紫外线检测装置的稳定性和耐辐射性。其中该高温氮化铝缓冲层和该中温氮化镓缓冲层由射频等离子体增强分子束磊晶生长技术形成。



- 1、一种紫外线检测装置，其特征在于，包括如下的结构：
 - 一蓝宝石基底层；
 - 一高温氮化铝缓冲层，生长在该蓝宝石基底层之上，所述高温氮化铝缓冲层是在 $740^{\circ}\text{C}\sim 820^{\circ}\text{C}$ 的温度下获得的；
 - 一中温氮化镓缓冲层，生长在该高温氮化铝缓冲层之上，所述中温氮化镓缓冲层是在 $600^{\circ}\text{C}\sim 700^{\circ}\text{C}$ 的温度下获得的；
 - 一氮化镓外延层，沉积在该中温氮化镓缓冲层之上；
 - 一肖特基结层，形成在该氮化镓外延层之上；
 - 多个电阻触点，也形成在该氮化镓外延层上；该高温氮化铝缓冲层和该中温氮化镓缓冲层形成了双重缓冲层结构，从而提高了该紫外线检测装置的稳定性和耐辐射性，其中该高温氮化铝缓冲层和该中温氮化镓缓冲层由射频等离子体增强分子束磊晶生长技术形成。
- 2、如权利要求 1 所述的紫外线检测装置，其特征在于，该高温氮化铝缓冲层的厚度为 20nm 到 50nm。
- 3、如权利要求 1 所述的紫外线检测装置，其特征在于，该中温氮化镓缓冲层的厚度为 400nm 到 $1.2\mu\text{m}$ 。
- 4、如权利要求 1 所述的紫外线检测装置，其特征在于，该氮化镓外延层是掺杂浓度为 $5\times 10^{16}\text{cm}^{-3}$ 到 $5\times 10^{17}\text{cm}^{-3}$ 的轻微的 N-型半导体层。
- 5、如权利要求 1 或 4 所述的紫外线检测装置，其特征在于，该氮化镓外延层的厚度为 $0.5\mu\text{m}$ 到 $1.5\mu\text{m}$ 。
- 6、如权利要求 1 所述的紫外线检测装置，其特征在于，该肖特基结层是半透明的，该紫外线检测装置的有效区域由该肖特基结层构成。

一种紫外线检测装置

技术领域

本发明涉及一种紫外线检测装置，通过使用双重缓冲结构而大大提高了该紫外线检测装置的可靠性和寿命。

背景技术

紫外线的应用很广泛，如紫外线杀菌消毒，紫外线理疗，紫外线荧光分析和鉴别侦破，紫外线曝光光刻等。紫外线的破坏作用在某些场合是非常危险的。如文物书画，橡胶塑料，在长期照射下会发生老化，紫外线还会伤害眼睛，皮肤和花木等等。因此检测紫外线的辐射强度和辐射量就显得很重要了。

氮化镓（GaN）材料具有能隙宽、耐电压及耐温等特性，可用于开发紫外线检测组件。由该材料制成的紫外感测组件可应用于能测量各种环境中的紫外线辐照剂量，例如侦测火灾、生物检测、空气污染侦测等工业用途。

通常，是通过在分子束磊晶生长（MBE-grown）的氮化镓薄膜上制造氮化镓（GaN）肖特基结（Schottky junction）来制造紫外线检测装置。传统的紫外线检测装置仅仅在蓝宝石基底和氮化镓外延层之间包含有一个高温氮化铝（AlN）缓冲层。如此构造的紫外线检测装置的可靠性和寿命均很不理想，在长时间照射高强度的紫外线之后，紫外线的检测精度会大幅下降。

美国专利 US5677538 公开了一种紫外线检测装置，其中该紫外线检测装置是金属—半导体—金属的结构形式（背对背的两个肖特基结），其在正常操作过程中需要施加偏置电压。该装置是通过位于两个相互交叉的肖特基结中间的半导体材料来进行紫外线检测的。该两个肖特基结是通过在氮化镓薄膜上沉积较厚的金属层而形成的。另外，该装置的材料是通过 ECR 等离子体源（ECR plasma source）技术来形成的。尤其重要的是，该检测装置的氮化镓外延层是生长在单一的缓存层上的，具有如此结构的紫外线检测装置对紫外线的检测性能随着时间的推移会逐渐降低。

因此，需要提供一种稳定可靠、具有较强耐紫外线能力的检测装置。

发明内容

本发明的目的是提供一种稳定性和耐紫外线能力均比现有技术有显著提高的紫外线检测装置，其可在高强度的紫外线的长时间照射后，仍保持良好的响应度。

为了实现上述目的，本发明提供了一种紫外线检测装置，包括如下的结构：一蓝宝石基底层；一高温氮化铝缓冲层，生长在该蓝宝石基底层之上，所述高温氮化铝缓冲层是在 $740^{\circ}\text{C}\sim 820^{\circ}\text{C}$ 的温度下获得的；一中温氮化镓缓冲层，生长在该高温氮化铝缓冲层之上，所述中温氮化镓缓冲层是在 $600^{\circ}\text{C}\sim 700^{\circ}\text{C}$ 的温度下获得的；一氮化镓外延层，沉积在该中温氮化镓缓冲层之上；一肖特基结层，形成在该氮化镓外延层之上；多个电阻触点，也形成在该氮化镓外延层上；该高温氮化铝缓冲层和该中温氮化镓缓冲层形成了双重缓冲层结构，从而提高了该紫外线检测装置的稳定性和耐辐射性。其中该高温氮化铝缓冲层和该中温氮化镓缓冲层由射频等离子体增强分子束磊晶生长技术形成。

如上所述的紫外线检测装置，其中，该高温氮化铝缓冲层在 $740^{\circ}\text{C}\sim 820^{\circ}\text{C}$ 的温度下生长为 20nm 到 50nm 的厚度。

如上所述的紫外线检测装置，其中，该中温氮化镓缓冲层在 600°C 到 700°C 的温度下生长为 400nm 到 $1.2\mu\text{m}$ 的厚度。

如上所述的紫外线检测装置，其中，该氮化镓外延层是掺杂浓度为 $5\times 10^{16}\text{cm}^{-3}$ 到 $5\times 10^{17}\text{cm}^{-3}$ 的轻微的 N-型半导体层。

如上所述的紫外线检测装置，其中，该氮化镓外延层的厚度大约为 $0.5\mu\text{m}$ 到 $1.5\mu\text{m}$ 。

如上所述的紫外线检测装置，其中，该肖特基结层是半透明的，该紫外线检测装置的有效区域由该肖特基结层构成。

本发明的有益效果是，通过在紫外线检测装置中使用三层结构（氮化镓外延层/氮化镓中温缓冲层/氮化铝高温缓冲层），大大提高了该肖特基结的紫外线检测装置的可靠性和寿命。这使得该检测装置可用于长时间检测紫外线辐射。相反，对于不具有该中温缓冲层的现有技术中的检测装置，在长时

间暴露于紫外线之下时，性能会很快下降，并且测量结果变得不精确。

本发明采用射频等离子体增强分子束磊晶生长 (rf-plasma enhanced MBE growth) 技术来形成氮化镓缓冲层和氮化铝缓冲层。发现通过利用该双层的缓存结构，可提高氮化镓薄膜的电子和光学特性。另外，实验证明该中温缓冲层的最初的厚度增长导致该薄膜的电子和光学特性的稳定提高。也就是说，该氮化镓薄膜的光电特性随着该中温缓冲层的厚度的增大而提高。该中温缓冲层的最佳厚度是大约 800nm。

与美国专利 US5677538 中的紫外线检测装置相比，本发明仅包括一个肖特基结，其通过沉积一个非常薄的半透明金属层来形成。本发明的紫外线检测是通过让紫外线穿过该形成肖特基结的薄金属膜而在该肖特基结上进行的。另外，本发明是利用射频等离子体源来形成的。因此，本发明无论在结构上，还是工作原理上，均与该对比文件公开的装置明显不同。其结果是，本发明的装置具有比该对比文件的装置具有更加优异和稳定的性能。

下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步说明。

附图说明

图 1 是根据本发明实施例的紫外线检测装置的结构示意图；

图 2 是本发明的紫外线检测装置的典型响应曲线示意图；

图 3 是显示本发明的紫外线探测器与现有技术的探测器的噪声功率谱密度的对比曲线图；

图 4 是显示本发明的紫外线探测器与现有技术的探测器的响应度的对比曲线图；

图 5 示出了用于放大光电流的一种典型电路。

具体实施方式

如图 1 所示，本发明的紫外线检测装置 10 的结构为：首先在蓝宝石基底 11 上生长一高温氮化铝 (AlN) 缓冲层 12，该氮化铝层 12 在大约 780°C 的温度下生长为 20nm 到 50nm 的厚度；其次，在该氮化铝层 12 上生长一中温氮化镓 (GaN) 缓冲层 13，该氮化镓缓冲层 13 在大约 600°C 到 680°C 的

温度下生长为 400nm 到 800nm。在该中温缓冲层 13 的上面，沉积有掺杂浓度为 $5 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$ 到 $5 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 的轻微的 n-型氮化镓外延层 14，该外延层 14 的厚度大约为 0.5 μm 到 1.5 μm ；随后在该外延层 14 之上沉积半透明的肖特基结层 15，该紫外线检测装置的有效区域由该肖特基结层 15 构成，该肖特基结层 15 由大约 5nm 厚的镍 (Ni) 的薄层构成。为了便于与该半透明的镍层形成外部接触，在该由半透明的镍薄膜构成的肖特基结层 15 上沉积有厚的铝结合垫 17。该半透明层上的铝垫 17 方便了与该肖特基结的线连接和电接触。在该外延层 14 之上也形成有电阻触点 (Ohmic contact) 16，从而构成完整的紫外线检测装置 10。

另外，本发明采用射频等离子体增强分子束磊晶生长技术来形成氮化镓缓冲层和氮化铝缓冲层，该技术的工作频率为 13.6 MHz。

由上述本发明的紫外线检测装置的结构可知，本发明由氮化铝层 12 和一中温氮化镓缓冲层 13 组成了一双重缓冲结构。经验证，使用独特的该双重缓冲结构而在薄膜上形成该装置时，检测装置的可靠性会显著地提高。另外，具有中温缓冲层 13 的该装置，还显著地提高了暴露于高功率的紫外线下的耐辐射性。

具有上述结构的紫外线检测装置的典型响应显示在图 2 中。从图 2 可以看出，该紫外线测试设备仅仅对紫外线敏感，不对可见光敏感。在该设备的正常操作过程中，不需要施加偏压到该测试设备上。当该设备受到紫外线的照射时，在该设备内就会产生光电流。该光电流通过一放大器进行放大，并从电流信号转换为电压信号。从而得出紫外线的辐射强度。图 5 示出了用于放大该光电流的一种典型电路。

图 3 示出了本发明的紫外线探测器与现有技术的探测器的噪声功率谱密度的对比曲线图。其中显示了噪声功率谱密度作为作用时间（该检测装置暴露在高强度 UV 辐射源之下的时间）函数的变化情况。

低频噪声是衡量检测装置性能的重要的品质因数。由于该低频噪声正比于该材料的捕获密度，该噪声功率谱密度反映了由于高频紫外线辐射而造成的该氮化镓薄膜的缺损密度。

半导体设备中的电压低频噪声频谱密度由下式给出：

$$S_v(f) = \frac{V^2}{N^2} \iint 4N_T(E) \frac{\tau}{1 + 4\pi^2\tau^2} dx dy dE \quad (1)$$

其中， $N_T(E)$ 是能量 E 的捕获密度， T 是波动时间常数， V 是施加到该设备的直流电压， N 是该设备有效区域内的全部载流子的密度。该公式 (1) 示出了低频噪声功率谱密度是直接和诸如晶体缺陷成比例的。这种缺陷对该紫外线检测装置的效率有显著的影响。该缺陷密度是该设备的响应度。较大温度范围内的噪声测量的结果显示，通过使用该中温缓冲层 (ITBL)，降低了系统的低频噪声。该中温缓冲层的最佳厚度被确定为 800nm，在该厚度下噪声最小。

在图 3 示出的情形下，该紫外线辐射的强度大约是阳光中紫外线功率的 1000 倍。从图 3 可以看出，没有形成该中温缓冲层的检测装置（由空心三角形和空心菱形表示），在暴露于紫外线辐射下 45 小时之后，该噪声功率谱密度显著劣化，这说明了该氮化镓薄膜的材料质量相应地恶化了。形成有中温缓冲层的检测装置的功率谱密度甚至在 90 小时之后也没有明显的变化。由此可见，本发明的该双重缓冲结构可以极大地氮化镓薄膜不受高强度紫外线的损坏，从而提高装置的稳定性和寿命。

图 4 是显示本发明的紫外线探测器与现有技术的探测器的响应度 (Responsivity) 的对比曲线图。其中显示了在高强度紫外线辐射之前和之后，典型的响应度变化情况。其中实线示出了形成有中温缓冲层的检测装置在紫外线辐射之前的响应度曲线，点线示出了形成有中温缓冲层的检测装置在紫外线辐射了 90 小时之后的响应度曲线；而细实线示出了没有形成有中温缓冲层的检测装置在紫外线辐射之前的响应度曲线，虚线示出了没有形成有中温缓冲层的检测装置在紫外线辐射了 57 小时之后的响应度曲线。

从图 4 可以看出，形成有中间缓冲层的检测装置在高强度的紫外线照射了 90 小时之后，响应度没有任何下降。可能由于该辐射过程的退火效应 (annealing effect)，该检测装置的响应度反而有所上升。对于没有形成有中温缓冲层的检测装置，在紫外线照射了 57 小时之后，在 350nm 处响应度下降了大约 50%。更重要的是，该检测装置在可见区域（波长大于 400nm）的信号显著增大了。这会增大妨碍该检测装置正常操作的背景电流。从图 3 进一步可以看出，在进行了 35 小时的紫外线辐射之后，不具有中温缓冲层的

该检测装置就变得不能正常工作了。没有必要将该检测装置暴露在高强度紫外线下超过 90 小时，这是因为在假定每天接受日光辐射 10 小时的情况下，90 小时的紫外线辐射总量相当于大约 30 年的日光中的紫外线的辐射量。

以上所述，以举例的方式描述了本发明。本发明的保护范围由随后的权利要求书所确定。

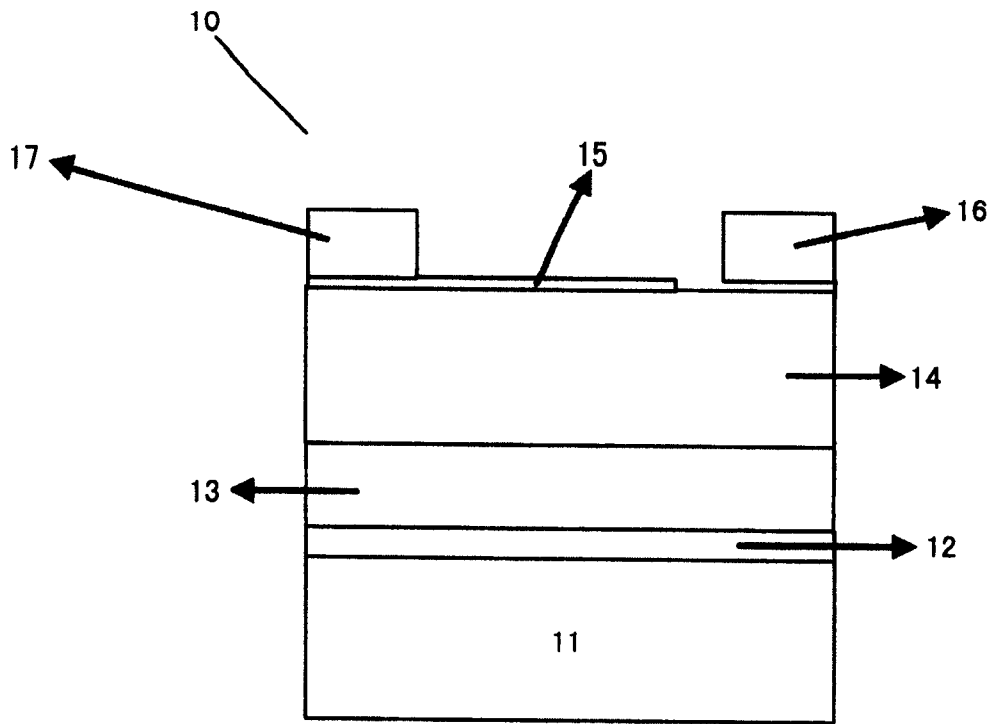


图 1

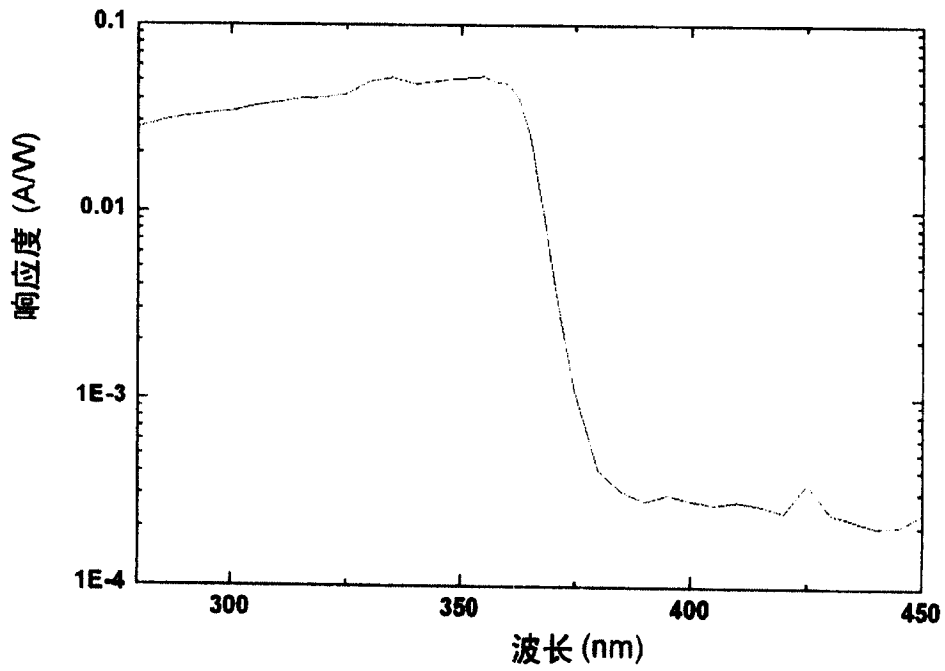


图 2

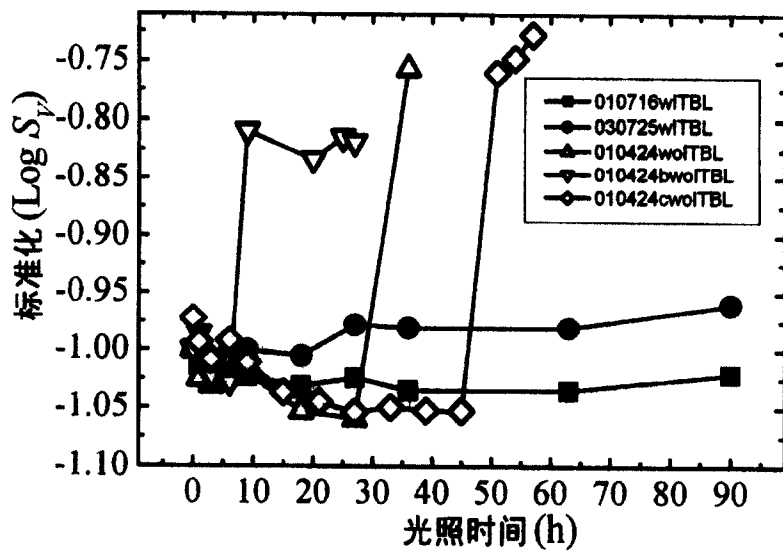


图 3

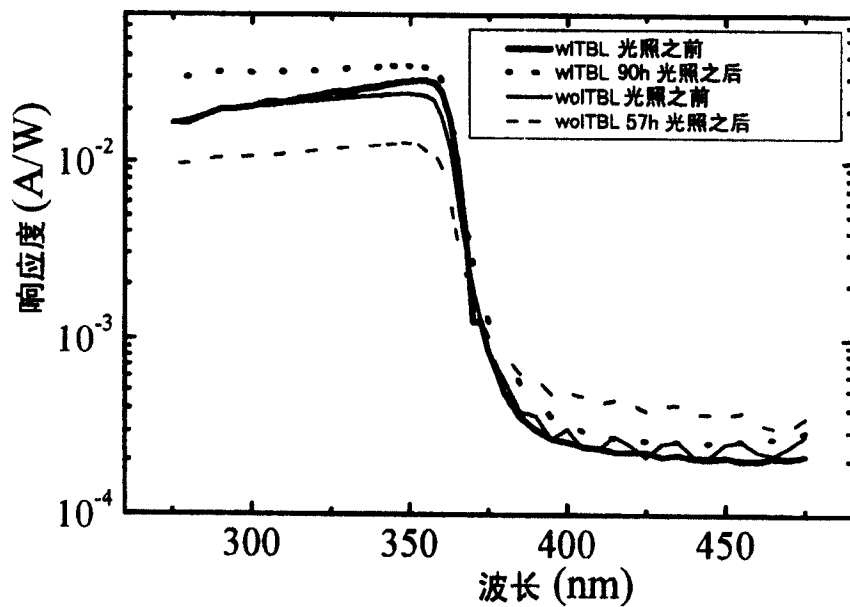


图 4

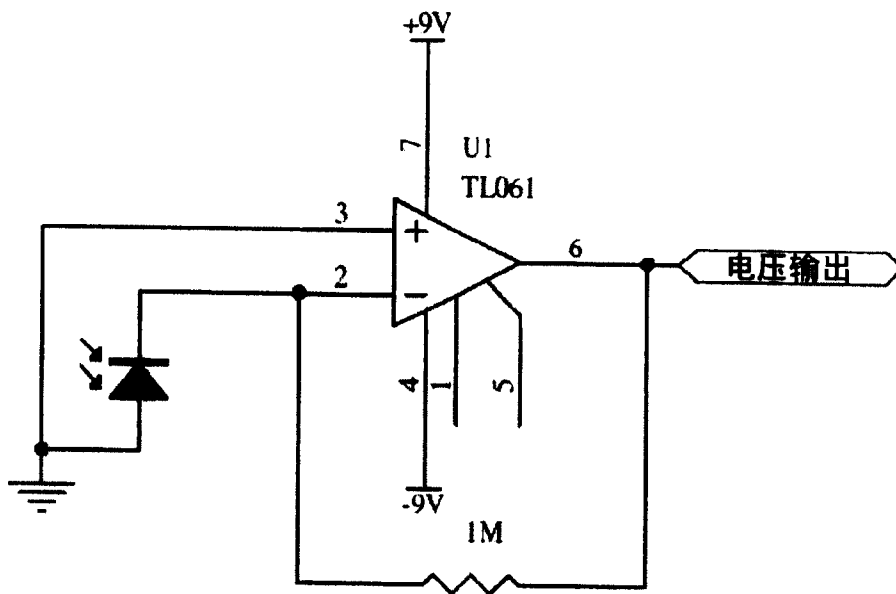


图 5