

高响应度 GaN 肖特基势垒紫外探测器的性能与分析

刘宗顺<sup>†</sup> 赵德刚 朱建军 张书明 段俐宏 王 海 史永生 刘文宝 张 爽 江德生 杨 辉

(中国科学院半导体研究所 集成光电子学国家重点联合实验室, 北京 100083)

**摘要:** 制作了反向饱和电流为  $5.5 \times 10^{-14} \text{ A/cm}^2$ , 势垒高度为 1.18eV 的 GaN 肖特基势垒紫外探测器. 测量了探测器分别在零偏压及反向偏压下的光谱响应度, 响应度随反向偏压无显著变化, 零偏压下峰值响应度在波长 358.2nm 处达到了 0.214A/W. 利用波长 359nm 光束横向扫描探测器的光敏面, 测量了探测器在不同偏压下的空间响应均匀性, 相应偏压下的光响应在光敏面中央范围内响应幅值变化不超过 0.6%. 光子能量在禁带边沿附近的光束照射下, GaN 肖特基势垒紫外探测器存在势垒高度显著降低现象, 这种现象在肖特基透明电极边沿及其压焊电极附近表现得更为突出. 探测器在 368 和 810nm 波长光一起照射时的开路电压比只有 368nm 光照射时的开路电压大, 而零偏压下两者的光电流近似相等. 利用这种开路电压变化效应估算了探测器在 368nm 光照射下, 表面被俘获空穴的面密度变化量约为  $8.4 \times 10^{10} \text{ cm}^{-2}$ .

**关键词:** 肖特基势垒; 紫外探测器; GaN; 开路电压; 禁带边; 表面态

**PACC:** 7220J; 7240; 7330

**中图分类号:** TN304.2<sup>+</sup>3

**文献标识码:** A

**文章编号:** 0253-4177(2007)04-0592-05

1 引言

利用 GaN 材料制作紫外探测器是 GaN 材料应用的一个重要方面, 已有许多研究人员研制了各种类型的 GaN 紫外探测器<sup>[1~4]</sup>, 测试和分析了相关探测器的特性<sup>[5~8]</sup>. 测试和分析探测器特性对认识材料质量、器件工艺状况和了解器件特性及使用都有重要的参考意义. 本文利用蓝宝石衬底生长的 GaN 材料制作了具有低反向饱和电流、高响应度的肖特基势垒紫外探测器, 对其特性进行了测量和分析. 该探测器在无偏压和反向偏压下空间响应比较均匀, 在反向偏压下无明显增益<sup>[5,7,8]</sup>.

2 材料的生长与器件的制备

采用 Thomas Swan 低压 MOCVD 系统在蓝宝石衬底上依次低温下生长一薄层 GaN 缓冲层, 高温下生长  $3\mu\text{m}$  厚掺杂浓度约为  $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  的  $\text{n}^+\text{-GaN}$ ,  $0.4\mu\text{m}$  厚未故意掺杂  $\text{n}^-\text{-GaN}$  (电子浓度约为  $2 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ ). GaN 材料的 X 射线双晶衍射摇摆曲线(0002)对称衍射和(10 $\bar{1}2$ )斜对称衍射半宽分别为 230''和 245''. 探测器器件工艺过程如下: 首先对外延片进行第一次光刻, 利用感应耦合等离子刻蚀设备刻蚀 GaN, 深度为  $0.8\mu\text{m}$ , 刻蚀出探测器的光接受区台面. 接着生长  $\text{SiO}_2$  介质膜, 进行第二次光刻, 刻出肖特基透明电极窗口, 利用电子束蒸发先后镀肖特基透明电极 3nm Ni, 3nm Au, 在氮气和氧

气混合气氛 500℃ 下退火 5min, 在此过程中除透明电极区域外均有  $\text{SiO}_2$  介质膜起钝化保护作用, 减小了 GaN 材料表面在透明电极退火过程中的氧化程度. 然后进行第三次光刻, 在相应区域刻蚀出 n 型欧姆接触和肖特基透明电极的压焊电极窗口, 依次溅射 15nm Ti, 250nm Al, 50nm Ti, 150nm Au, 分别形成 n 型欧姆接触和肖特基透明电极的压焊电极. 芯片大小是  $1.2\text{mm} \times 1.2\text{mm}$ , 光接受区面积为  $1.24\text{mm}^2$ . 器件具体尺寸如图 1 所示(单位:  $\mu\text{m}$ ).

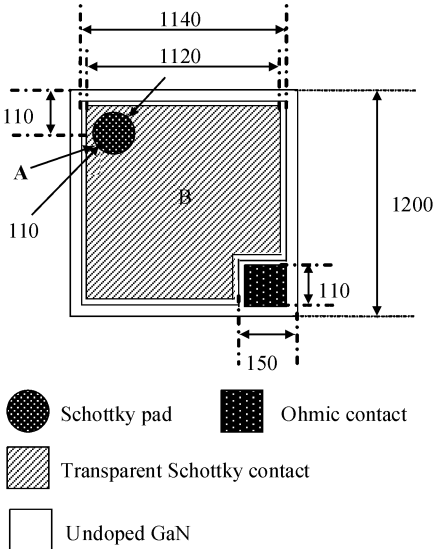


图 1 GaN 肖特基势垒探测器芯片示意图  
Fig.1 Schematic diagram of the GaN Schottky barrier detector chip

<sup>†</sup> 通信作者. Email: zslu@red.semi.ac.cn  
2006-08-21 收到, 2006-11-29 定稿

3 器件性能测量与分析

3.1 暗电流

探测器在无光照时的  $I$ - $V$  曲线如图 2 中的  $I_d$  所示,采用  $I$ - $V$  特性测量肖特基势垒的方法<sup>[4]</sup>,进行探测器正向  $I$ - $V$  曲线拟合,如图 2 中的曲线  $I_f$  所示.由此得到了制作的探测器肖特基势垒高度是 1.18eV,理想因子  $n$  为 1.5.从  $I$ - $V$  曲线拟合得到的反向饱和电流  $I_{ST}$  约为  $6.8 \times 10^{-16}$  A,反向饱和电流密度为  $5.5 \times 10^{-14}$  A/cm<sup>2</sup>,这一结果比本组以前报道的结果好得多,是文献[4]中报道的反向饱和电流的  $7 \times 10^{-6}$  倍.探测器在反向偏压 1V 时的暗电流为 27pA,相应的暗电流密度为 2.2nA/cm<sup>2</sup>.由于制作探测器芯片过程中加入了 SiO<sub>2</sub> 介质膜,在透明电极、压焊电极区域以外均有 SiO<sub>2</sub> 介质膜作钝化处理,减小了 GaN 材料表面在透明电极退火过程中的氧化程度,减小了透明电极边沿的表面漏电.

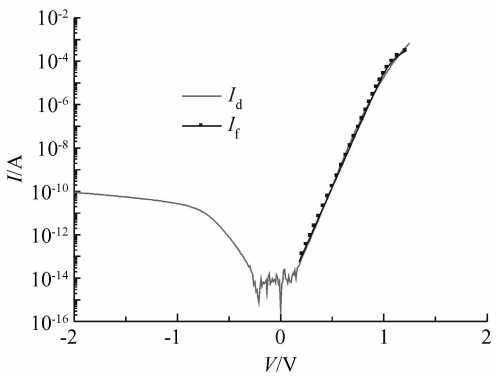


图 2 GaN 肖特基势垒探测器的暗电流与电压曲线  
Fig.2 Dark  $I$ - $V$  curve of a Schottky barrier detector

3.2 光谱响应度

利用紫外探测器光谱响应度测量系统<sup>[4]</sup>测量了探测器在 0 和 -1V 偏压下的光谱响应度,分别如图 3 中的曲线  $R_{0V}$  和  $R_{1V}$  所示.探测器在 0 和 -1V 偏压下峰值响应度在波长 358.2nm 处分别是 0.214 和 0.218A/W,相应的外量子效率为 74.1% 和 75.5%,反向偏压 1V 下的响应比零偏压下的增加约 1.9%,这主要由于加反向偏压使耗尽区宽度变宽,导致响应度随着反向偏压的增加而增加.从测试结果看探测器加反向偏压后无明显增益<sup>[8]</sup>.当波长大于 380nm 后光谱响应度下降了 3 个多数量级.

3.3 空间响应均匀性

探测器分别在 0 和 -3V 偏压下,利用波长 359nm 光束(光斑直径约为 170 $\mu$ m)对探测器的光

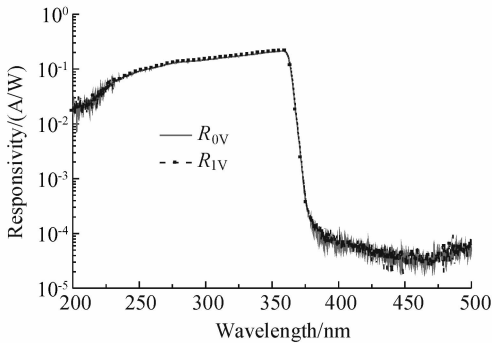


图 3 GaN 肖特基势垒探测器的光谱响应度曲线  
Fig.3 Optical spectral responsivity curve of a GaN Schottky barrier detector

敏面进行横向扫描,不同位置的光响应分别如图 4 中曲线  $R_{b0V}$ ,  $R_{b-3V}$  所示.从测试结果可以看出,除光敏面边沿外,探测器在 0 和 -3V 偏压下空间响应比较均匀,对波长 359nm 光在光敏面中央范围内响应幅值变化分别不超过 0.6%;反向偏压 3V 下的光响应比零偏压下增加了约 2.5%.在探测器的光敏面边沿响应曲线不对称,是由于 359nm 波长光束在光斑尺寸内光强分布不均匀造成的.

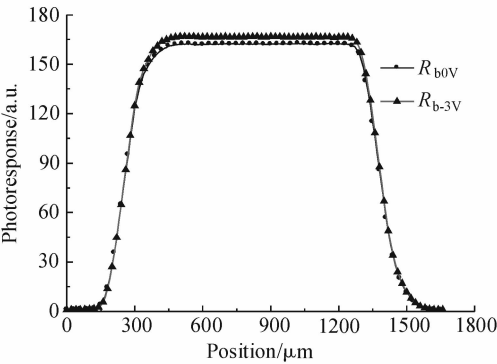


图 4 GaN 肖特基势垒探测器的空间响应均匀性  
Fig.4 Spatial photoresponse of a Schottky barrier detector

3.4 光照后开路电压及边沿效应

分别用 368 和 359nm 波长光照在探测器有源区肖特基压焊电极边沿附近的位置 A,如图 1 所示,测到的  $I$ - $V$  曲线如图 5 中的  $I_{sp68}$ ,  $I_{sp59}$  曲线所示,产生的开路电压分别约是 0.13 和 0.54V,在零偏压下的光电流分别为  $2.01 \times 10^{-9}$  和  $3.83 \times 10^{-8}$  A.如在测量时再相应外加 810nm 波长激光照射探测器,相应的  $I$ - $V$  曲线如图 5 中的  $I_{sp6881}$ ,  $I_{sp5981}$  曲线所示,开路电压分别变为 0.51 和 0.68V,在零偏压下的光电流分别为  $2.65 \times 10^{-9}$  和  $3.98 \times 10^{-8}$  A.从测试结果看,用 368 和 359nm 光分别和有无 810nm 光照

在探测器有源区肖特基压焊电极边沿附近的位置,零偏压下的光电流相应变化不大,但相应的开路电压变化较大,附加 810nm 光照下的开路电压相应变化  $\Delta V_{oc}$  分别达到 0.38 和 0.14V.

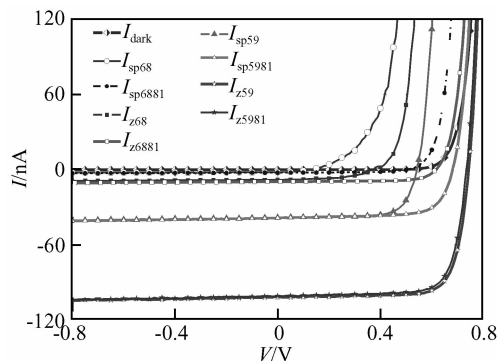


图 5 GaN 肖特基势垒探测器不同波长 (359 或 368nm) 光照时的  $I$ - $V$  曲线

Fig.5  $I$ - $V$  characteristics of Schottky barrier detector under various wavelength light illumination

分别用 359, 359 与 810nm 波长光照在探测器光敏面中央的 B 位置, 相应的  $I$ - $V$  曲线如图 5 中  $I_{z59}$ ,  $I_{z5981}$  所示, 相应的开路电压、零偏压下的光电流变化不大; 而分别用 368, 368 与 810nm 波长光照该位置, 相应的  $I$ - $V$  曲线如图 5 中  $I_{z68}$ ,  $I_{z6881}$  所示, 产生的开路电压变化较大, 由只有 368nm 光照产生的开路电压 ( $V_{oc1}$ ) 0.37V 升到由 368 与 810nm 同时照射产生的 0.61V ( $V_{oc2}$ ), 开路电压变化  $\Delta V_{oc}$  为 0.24V, 相应的零偏压下的光电流变化不大, 由  $8.1 \times 10^{-9}$  升到  $9.6 \times 10^{-9}$  A.

探测器经 368nm 波长光照后, 表面俘获中心俘获光生载流子中的空穴, 形成表面电荷积累<sup>[5]</sup>, 降低了肖特基势垒高度. 从测试结果看, 这种效应在透明电极及其压焊电极的边沿显得更为突出, 经过表面的电流也相应增加. 359 和 368nm 波长光分别照在光敏面中央区域时引起的势垒高度变化量小于照在透明电极边沿及其压焊电极附近的区域引起的势垒高度变化量. 这是探测器肖特基势垒、耗尽区宽度在透明电极的边缘附近和中央区域分布不一样造成的.

### 3.5 探测器在不同偏压下的光响应

光照在探测器肖特基压焊电极附近区域时, 利用文献[4]的测试方法, 斩波器的斩波调制频率是 143Hz, 探测器分别在偏压 -5, -2, 0, 0.25, 0.59 和 0.60V 时不同波长下的光响应分别如图 6 中的  $R_{-5V}$ ,  $R_{-2V}$ ,  $R_{0V}$ ,  $R_{0.25V}$ ,  $R_{0.59V}$ ,  $R_{0.60V}$  曲线所示. 从图 6 中可以看出, 探测器在从反向偏压到正向偏压的变化过程中, 光子能量大于禁带的光响应依次减

小, 这是因为探测器的耗尽区的宽度随着偏压的变化也依次减小. 而正向偏压下, 在禁带内, 368nm 波长附近有一光响应峰值.

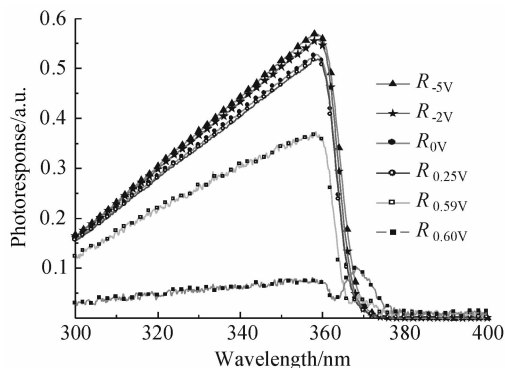


图 6 探测器在不同偏压下, 斩波频率为 143Hz 时的光响应

Fig.6 Photoresponse of the detector at different bias voltages with chopping frequency 143Hz

利用直流光照射探测器测试了探测器在 0.8V 偏压下随波长变化的短路电流, 如图 7 中的  $I_{0.8V}$  曲线所示. 图 7 中的  $I_{0V}$  曲线是探测器在零偏压下相应波长的光电流, 它的电流方向与  $I_{0.8V}$  方向相反. 探测器在偏压 0.8V 时的暗电流  $I_{d0.8V} = 3.47 \times 10^{-7}$  A, 可以看出同一波长下的  $I_{0.8V} - I_{d0.8V} \gg I_{0V}$ ; 探测器分别在调制光、直流光照射下相应采用锁相测量仪器、直流测量仪器测量调制光、直流光的响应存在较大的区别. 直流光照射探测器, 引起探测器势垒高度的降低和表面电流的增加, 从而导致正向电流的增加, 尤其在禁带边附近有一响应峰 368nm, 波长在 368nm 附近的光照引起势垒的降低量更大.

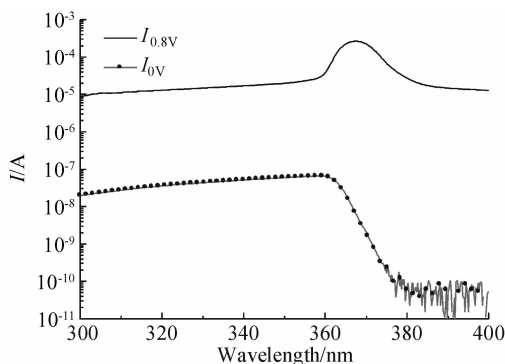


图 7 探测器分别在 0 和 0.8V 偏压下的直流光响应

Fig.7 Photoresponse of the detector at 0, 0.8V bias voltages under CW light illumination

光子能量在禁带宽度  $E_g$  (对应波长 362nm) 附近时, 例如用波长 368nm 附近的光照射探测器时,

引起的空穴俘获几率和其寿命不同于小于 362nm 的光照引起的空穴俘获几率和寿命. 它们的俘获机理可能不同. 俘获中心更容易俘获波长 368nm 附近的光照射探测器引起的空穴, 被俘空穴寿命也更长. 产生这种现象的具体机理有待于进一步研究.

### 3.6 肖特基势垒高度和表面态浓度状况的分析

GaN 肖特基势垒高度会受到表面态状态变化的影响. 探测器经短波长光照后, 表面俘获中心俘获光生载流子, 形成表面电荷积累<sup>[5]</sup>, 肖特基势垒高度降低.  $I$ - $V$  特性与无光照时相比, 正向特性变化比较大.

受光照时肖特基探测器的电流  $I_{\text{illu}}$ :

$$I_{\text{illu}} = I_{\text{st}} \exp\left(\frac{\Delta\phi_{\text{bm}}}{kT}\right) \exp\left(\frac{qV_{\text{b}}}{nkT} - 1\right) - I_{\lambda} \quad (1)$$

式中  $\Delta\phi_{\text{bm}}$  是肖特基探测器受光照引起的肖特基势垒高度降低量;  $I_{\lambda}$  是探测器在 0V 偏压时的光照电流;  $q$  是电子电荷量;  $V_{\text{b}}$  是探测器的偏置电压;  $n$  是理想因子;  $k$  是玻耳兹曼常数;  $T$  是绝对温度.  $I_{\text{st}}$  是反向饱和电流, 其为:

$$I_{\text{st}} = A^* AT^2 \exp\left(-\frac{\phi_{\text{b}}}{kT}\right) \quad (2)$$

式中  $A^*$  是理查德森常数;  $A$  是二极管的面积.  $I_{\text{st}}$  与肖特基势垒  $\phi_{\text{b}}$  密切相关.

受光照的肖特基探测器开路时,  $n$  型半导体端带负电, 金属表面带正电, 产生由金属指向半导体的光电压  $V_{\text{oc}}$ . 当使探测器处于正向偏置  $V_{\text{oc}}$  时, 肖特基探测器的电流  $I_{\text{illu}}$  为零. 由(1)式得到:

$$V_{\text{oc}} = \frac{nkT}{q} \ln\left[\exp\left(-\frac{\Delta\phi_{\text{bm}}}{kT}\right) \frac{I_{\lambda}}{I_{\text{st}}} + 1\right] \quad (3)$$

当  $I_{\lambda} \gg I_{\text{st}} \exp\left(\frac{\Delta\phi_{\text{bm}}}{kT}\right)$  时, (3)式近似有:

$$V_{\text{oc}} \approx \frac{nkT}{q} (\ln I_{\lambda} - \ln I_{\text{st}}) - \frac{n\Delta\phi_{\text{bm}}}{q} \quad (4)$$

由(4)和(2)式可知, 开路电压  $V_{\text{oc}}$  随着光电流  $I_{\lambda}$  的增加而增加, 也随着  $\phi_{\text{b}}$  的增加而增加.

对同一个探测器, 只有紫外光照射, 探测器产生的开路电压为  $V_{\text{oc1}}$ , 同一束紫外光加 810nm 波长光照后产生的开路电压为  $V_{\text{oc2}}$ , 根据(4)式两者产生的开路电压差  $\Delta V_{\text{oc}} = V_{\text{oc2}} - V_{\text{oc1}}$ , 得到:

$$\Delta V_{\text{oc}} = \frac{n(\Delta\phi_{\text{b1}} - \Delta\phi_{\text{b2}})}{q} + \frac{nkT}{q} \ln \frac{I_{\lambda2}}{I_{\lambda1}} \quad (5)$$

式中  $\Delta\phi_{\text{b1}}, \Delta\phi_{\text{b2}}, I_{\lambda1}, I_{\lambda2}$  分别是探测器被紫外光、紫外光加 810nm 波长光照时引起的肖特基势垒高度的降低量、零偏压下的光电流.

由(5)式可以推出  $\Delta\phi_{\text{b1}}$  与  $\Delta\phi_{\text{b2}}$  的差  $\Delta\phi' = \Delta\phi_{\text{b1}} - \Delta\phi_{\text{b2}}$  为:

$$\Delta\phi' = \frac{q\Delta V_{\text{oc}}}{n} - kT \ln\left(\frac{I_{\lambda2}}{I_{\lambda1}}\right) \quad (6)$$

当  $I_{\lambda1}, I_{\lambda2}$  近似相等和  $V_{\text{oc}}$  变化时, 由(6)式近似得到:

$$\Delta\phi' = \frac{q\Delta V_{\text{oc}}}{n} \quad (7)$$

由本文的 3.4 节中知道, 368nm 光、368nm 光再加 810nm 光照射探测器中央区域相应的开路电压  $V_{\text{oc1}}$  和  $V_{\text{oc2}}$  分别为 0.37 和 0.61V, 开路电压变化  $\Delta V_{\text{oc}}$  为 0.24V, 相应零偏压下的光电流近似相等. 由于  $n = 1.5$ , 根据(7)式可以得到  $\Delta\phi' = 0.16\text{eV}$ , 即波长 368nm 光加 810nm 光同时照射探测器中央区域引起的势垒高度变化量比 368nm 光单独照射探测器中央区域引起的势垒变化量小 0.16eV.

根据文献[5,6]可以知道, 探测器在紫外光照射时, 肖特基势垒的降低量  $\Delta\phi_{\text{b}}$  与探测器的表面态俘获空穴形成的表面电荷密度存在如下关系:

$$\Delta\phi_{\text{b}} = \frac{qN_{\text{ss}}d}{2\epsilon_0\epsilon_r} \quad (8)$$

式中  $N_{\text{ss}}$  是因光照引起的表面被俘获空穴的面密度变化量;  $d$  是零偏压时的耗尽区宽度;  $\epsilon_0$  是真空介电常数;  $\epsilon_r$  是 GaN 的相对介电常数. 零偏压时耗尽区宽度  $d$  约为  $0.2\mu\text{m}$ . 对于波长 368nm 光、368nm 光再加 810nm 光分别照射探测器中央区域引起的势垒高度的降低量  $\Delta\phi_{\text{b1}}, \Delta\phi_{\text{b2}}$ , 由(8)可以得到:

$$\Delta\phi' = qN_{\text{ss1}}d/2\epsilon_0\epsilon_r - qN_{\text{ss2}}d/2\epsilon_0\epsilon_r \quad (9)$$

式中  $\epsilon_r = 9.5\text{F/m}$ ;  $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}\text{F/m}$ ;  $N_{\text{ss1}}, N_{\text{ss2}}$  分别是 368nm 光、368nm 光再加 810nm 光照射探测器引起的表面被俘获空穴的面密度变化量. 从图 5 中的  $I_{\text{z68}}, I_{\text{z6881}}$  测试曲线看, 由 368nm 光和 810nm 光同时照射探测器的  $I$ - $V$  曲线  $I_{\text{z6881}}$  在偏压大于开路电压后非常接近它的暗电流曲线  $I_{\text{dark}}$ ,  $N_{\text{ss2}}$  与  $N_{\text{ss1}}$  相比可以忽略, 由(7)和(9)式可得:

$$N_{\text{ss1}} = 2\Delta V_{\text{oc}}\epsilon_0\epsilon_r/nqd \quad (10)$$

这样由(10)式, 可估算探测器经 368nm 波长光照后 GaN 表面被俘获空穴的面密度变化量  $N_{\text{ss}} = 8.4 \times 10^{10}\text{cm}^{-2}$ . 这与文献[9]报道的用  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_x$  处理 n-GaN 表面后做 Ni/Au 接触, 其肖特基势垒高度为 1.099eV (本文制作的探测器肖特基势垒高度是 1.18eV), 表面态面密度为  $8.3 \times 10^{10}\text{cm}^{-2}$  基本相符.

810nm 光照后, 引起表面俘获中心状态的变化, 由俘获空穴状态变为释放空穴状态. 被俘获的空穴在 810nm 光照下被释放出来, 聚集在表面的电荷经 810nm 光照后大部分消失, 肖特基势垒比只有 368nm 光照时的肖特基势垒明显升高. 这说明 810nm 光照射探测器可以减小在禁带附近 368nm 光照引起的势垒高度的降低量.

## 4 结论

制作出了具有低反向饱和电流、高响应度的 GaN 肖特基势垒紫外探测器. 探测器分别在 0 和  $-3\text{V}$  偏压下, 利用  $359\text{nm}$  光束横向扫描探测器光敏面, 在光敏面中央区域其空间响应幅值变化均不大于  $0.6\%$ . 探测器在反向偏压下响应度无明显增益现象. 光子能量在禁带边沿附近的光照下, GaN 肖特基势垒紫外探测器存在势垒高度降低现象, 这种现象在肖特基电极边缘附近表现更为突出. 利用  $368$  与  $810\text{nm}$  波长光束同时照射探测器和  $368\text{nm}$  光束单独照射探测器产生的开路电压不同, 而零偏压下两者的光电流近似相等的物理现象, 估算了探测器被  $368\text{nm}$  光照时表面被俘获空穴的面密度变化量为  $8.4 \times 10^{10} \text{cm}^{-2}$ . 表面态俘获的空穴在  $810\text{nm}$  光照后被释放出来, 可以减小波长在  $368\text{nm}$  附近光照引起的势垒高度降低量. 光子能量在禁带边沿附近的光照射下, 探测器在有、无  $810\text{nm}$  光照射时的开路电压发生变化,  $810\text{nm}$  光照射时开路电压变大, 而零偏压下的光电流在有、无  $810\text{nm}$  光照时变化不大.

## 参考文献

- [1] Lee M L, Sheu J K, Lai W C, et al. GaN Schottky barrier photodetectors with a low-temperature GaN cap layer. Appl

- Phys Lett, 2003, 82(17):2913
- [2] Muñoz E, Monroy E, Pau J L, et al. III nitrides and UV detection. J Phys: Condens Matter, 2001, 13:7115
- [3] Wang Jun, Zhao Degang, Liu Zongshun, et al. Metal-semiconductor-metal ultraviolet photodetector based on GaN. Science in China G, 2003, 46(2):198
- [4] Wang Jun, Zhao Degang, Liu Zongshun, et al. GaN Schottky barrier ultraviolet detector. Chinese Journal of Semiconductors, 2004, 25(6):711 (in Chinese) [王俊, 赵德刚, 刘宗顺, 等. GaN 基肖特基结构紫外探测器. 半导体学报, 2004, 25(6):711]
- [5] Katz O, Garber V, Meyler B, et al. Gain mechanism in GaN Schottky ultraviolet detectors. Appl Phys Lett, 2001, 79(10):1417
- [6] Katz O, Bahir G, Salzman J. Persistent photocurrent and surface trapping in GaN Schottky ultraviolet detectors. Appl Phys Lett, 2004, 84(20):4092
- [7] Adivarahan V, Simin G, Yang J W, et al.  $\text{SiO}_2$ -passivated lateral-geometry GaN transparent Schottky-barrier detectors. Appl Phys Lett, 2000, 77(6):863
- [8] Liu Zongshun, Zhao Degang, Zhu Jianjun, et al. Abnormal characteristic measurement of GaN Schottky junction UV detectors. Chinese High Technology Letters, 2005, 15(10):62 (in Chinese) [刘宗顺, 赵德刚, 朱建军, 等. 氮化镓肖特基结紫外探测器的异常特性测量. 高技术通讯, 2005, 15(10):62]
- [9] Lee C T, Lin Y J, Liu D S. Schottky barrier height and surface state density of Ni/Au contacts to  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_x$ -treated n-type GaN. Appl Phys Lett, 2001, 79(16):2573

## Analysis and Performance of a High Responsivity GaN Schottky-Barrier Ultraviolet Detector

Liu Zongshun<sup>†</sup>, Zhao Degang, Zhu Jianjun, Zhang Shuming, Duan Lihong, Wang Hai, Shi Yongsheng, Liu Wenbao, Zhang Shuang, Jiang Desheng, and Yang Hui

(State Key Laboratory of Integrated Optoelectronics, Institute of Semiconductors, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100083, China)

**Abstract:** Schottky barrier GaN ultraviolet detectors are fabricated with a very low reverse saturation current density of  $5.5 \times 10^{-14} \text{A/cm}^2$  and very large Schottky barrier height of  $1.18\text{eV}$ . The spectral responsivity of the detector at  $0\text{V}$  and reverse bias was measured. There are no significant changes in the responsivity at reverse bias voltage. The peak responsivity of the detector at  $0\text{V}$  is  $0.214\text{A/W}$  at a wavelength of  $358.2\text{nm}$ . The spatial photoresponse was measured by  $359\text{nm}$  light beam scanning across the photosensitive area of the detector at  $0\text{V}$  and  $-3\text{V}$ . The changes in the photoresponse are no more than  $0.6\%$  in the central portion of the photosensitive area at biases of  $0\text{V}$  and  $-3\text{V}$ . The Schottky barrier height decreases with near-band-edge ultraviolet illumination, especially near the transparent Schottky contact and near the Schottky contact pad. The open circuit voltage of the detector with  $368\text{nm}$  light illumination is less than that with both  $368$  and  $810\text{nm}$  light illumination, but the photocurrent of the detector with  $368\text{nm}$  light illumination is nearly equal to that with both  $368$  and  $810\text{nm}$  light illumination at  $0\text{V}$ . The variation in occupied trap concentration at the GaN surface is estimated to be  $8.4 \times 10^{10} \text{cm}^{-2}$  by the difference of the open circuit voltage of the detector between cases of illumination with  $368\text{nm}$  light and  $368\text{nm} + 810\text{nm}$  light.

**Key words:** Schottky barrier; ultraviolet detector; GaN; open circuit voltage; near-band-edge; surface states

**PACC:** 7220J; 7240; 7330

**Article ID:** 0253-4177(2007)04-0592-05

<sup>†</sup> Corresponding author. Email: zslu@red.semi.ac.cn

Received 21 August 2006, revised manuscript received 29 November 2006