

# $^{60}\text{Co}$ $\gamma$ 射线辐照对肖特基二极管 $1/f$ 噪声的影响<sup>\*</sup>

杨丽侠<sup>1)†</sup> 杜 磊<sup>1)</sup> 包军林<sup>2)</sup> 庄奕琪<sup>2)</sup> 陈晓东<sup>1)</sup> 李群伟<sup>1)</sup> 张 莹<sup>1)</sup> 赵志刚<sup>1)</sup> 何 亮<sup>1)</sup>

1) 西安电子科技大学技术物理学院, 西安 710071)

2) 西安电子科技大学微电子学院, 西安 710071)

(2007 年 10 月 10 日收到, 2008 年 3 月 23 日收到修改稿)

在肖特基二极管(Schottky barrier diode, SBD)辐照损伤机理和总剂量效应分析的基础上, 利用  $1/f$  噪声的迁移率涨落和载流子数涨落模型, 深入研究辐照损伤对器件  $1/f$  噪声的影响. 研究表明, 辐照诱生新的界面态, 改变界面态密度分布, 进而调制了肖特基势垒高度, 增大表面复合速度是引起器件性能退化主要原因, 也是  $1/f$  噪声剧烈增加的主要原因. 正因为如此, 噪声与器件退化存在相关性, 即噪声拟合参数  $B$  越大, 偏离标准值越多, 器件可靠性越差, 抗辐照能力越低, 在辐照环境下工作越容易失效. 由此可知,  $1/f$  噪声特性可以用作 SBD 辐照损伤机理的研究工具, 并有可能用于 SBD 抗辐射加固的无损评估.

关键词: 肖特基二极管,  $1/f$  噪声,  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$  射线, 界面态

PACC: 7270, 6180E, 7340N, 7340

## 1. 引 言

随着半导体技术和航天航空事业的迅速发展, 肖特基二极管(Schottky barrier diode, SBD)以其低压大电流、低功耗、高速开关等优良特性被广泛应用于军事和航天等重要领域的高频整流、开关电源和保护电路<sup>[1]</sup>, 尤其是高速开关电路和低压大电流输出电路<sup>[2]</sup>.

在太空高辐照环境下, 器件和电路会受到来自宇宙射线、太阳等离子气, 以及各种射线辐照<sup>[3,4]</sup>. 对于 SBD, 辐照在金属与半导体材料的界面处形成界面陷阱电荷, 使器件性能降低, 甚至失效<sup>[5]</sup>, 进而影响模块电路、板级电路, 甚至整个系统的正常工作, 严重时可能造成高造价的航天器的失效<sup>[4]</sup>. 关于 SBD  $\gamma$  辐照研究表明<sup>[6-10]</sup>, 辐照产生的电离效应主要表现为器件性能退化, 击穿电压降低, 漏电流增大. 目前国内外对 SBD 辐照性能研究基本上局限于电学特性<sup>[6-10]</sup>. 对 SBD 噪声特性的研究也侧重于偏置条件和温度的影响<sup>[11-13]</sup>, 而且缺少合理的机理解释, 关于辐照对 SBD 噪声特性影响的报道很少.

本文首先选用 $^{60}\text{Co}$   $\gamma$  射线对 SBD 进行了辐照实验, 同时检测其正反向特性, 计算理想因子、串联电

阻、反向漏电流、击穿电压等参数随辐照总剂量的变化关系. 特别测量了 SBD 噪声特性, 分析不同偏置条件和辐照总剂量下的器件噪声特性. 实验结果表明, 辐照后的器件噪声比辐照前的幅值大 1—2 个数量级, 在小偏置条件下 SBD 噪声幅值和偏置电流有明显的线性关系, 并随偏置电流增大而减小, 大偏置条件下, 器件噪声幅值随偏置电流的平方增加. 接着详细分析了 SBD 受  $\gamma$  辐照损伤机理, 在迁移率涨落和载流子数涨落机理的基础上, 建立了 SBD 的  $1/f$  噪声模型, 该模型与上述实验结果符合.

## 2. 理论模型

SBD 中的低频噪声与体陷阱、界面态、迁移率、串联电阻波动等密切相关. 噪声产生机理可分为与单电子性质相关的扩散  $1/f$  噪声<sup>[14]</sup>和与体陷阱、界面态有相关的复合  $1/f$  噪声<sup>[14]</sup>. 前者表现为小电流时  $1/f$  噪声功率谱与电流成线性关系, 遵循迁移率涨落模型<sup>[15-17]</sup>; 后者表现为大电流时  $1/f$  噪声功率谱与电流的平方成正比, 遵循载流子数涨落模型<sup>[15, 18, 19]</sup>.

根据 Hsu<sup>[18, 19]</sup>提出的数涨落理论, SBD 中  $1/f$  噪声是由空间电荷区的热激发和多级隧穿引起的载流

<sup>\*</sup> 国家自然科学基金(批准号: 60676053)和西安应用材料创新基金(批准号: XA-AM-200603)资助的课题.

<sup>†</sup> E-mail: sunsky02@sina.com

子浓度的变化而引起的. 为了提高 SBD 器件的反向特性, 一般采用低掺杂, 在掺杂浓度很低的情况下, 电子主要靠翻越势垒顶部的方式来越过势垒. 于是, 热激发是电子的主要输运机理, 体陷阱的热激发噪声模型为<sup>[19, 20]</sup>:

$$S_{I_a} = \frac{1}{f} \left( \frac{qI_F}{4\epsilon_s} \right)^2 \frac{qD_t}{\pi N_d A W (V_{bi} - V_F)}. \quad (1)$$

$\gamma$  辐照对 SBD 的影响主要表现在电离效应产生的界面态和位移效应产生的点缺陷. 由于  $\gamma$  辐照产生的点缺陷密度比较低, 相对体陷阱密度可以忽略, 因此, 电离效应引发界面态对  $1/f$  低频噪声的贡献是最值得关注的. 通常情况下, 电子随机运动至界面态调制势垒高度, 使电流随指数变化, 此时, 界面态的电流噪声密度谱可以表示为<sup>[21, 22]</sup>

$$S_{I_t} = \frac{G\beta}{f} \left( \frac{qI_F}{4\epsilon_s} \right)^2 \frac{qD_{is}}{\pi N_d W A}. \quad (2)$$

其中,  $G$  为常数, 其值为 0.1.

$\gamma$  辐照过程中, 随着辐照总剂量的增加, 在 SBD 中产生的缺陷不同, 相应体陷阱和界面态对 SBD 非基本  $1/f$  噪声的贡献大小也不同. 从二者的比例关系可以看出, 只有当界面态密度远大于体陷阱密度时, 界面态电流才占主导地位.

$$\frac{S_{I_t}}{S_{I_a}} = \frac{G\beta q D_{is}}{(V_{bi} - V_F) D_t}. \quad (3)$$

辐照产生的电离效应引发界面态, 并影响界面态密度的分布, 致使辐照后势垒高度的费米能级往禁带的中间方向移动, 最后当费米能级被界面态“钉”在价带顶上面  $1/3$  处时, SBD 的性能完全取决于界面态的性质<sup>[23]</sup>. 此时, 界面电流占主导作用, 界面电流效应和产生复合的界面态直接相关, 噪声特性完全由界面态密度决定. 根据 Jantsch 提出的理

论<sup>[24]</sup>, 涉及肖特基接触的界面态电子的随机运动,  $1/f$  噪声与偏置电流的关系

$$S_I \propto \frac{GD_{is}}{f} \left[ \left( \frac{I_F + I_s}{I_s} \right)^{n/2} - 1 \right]^2. \quad (4)$$

对于 SBD 中的基本  $1/f$  噪声产生在低偏置电流条件下, 它的产生是由空间电荷区的载流子迁移率的涨落引起的. 根据迁移率涨落理论<sup>[16, 17]</sup>, 建立相应的迁移率和扩散系数涨落模型如下:

$$S_{I_m} = \frac{\alpha I_F}{16\pi f} \left( \frac{1}{\beta (V_{bi} - V_F)} \right)^{5/2} \cdot \left( \frac{q}{\mu m^*} \right)^2 \cdot \left( \frac{m^* \epsilon_s}{\pi N_d} \right)^{1/2}, \quad (5)$$

其中,  $\mu$  是迁移率,  $\alpha$  是 Hooge 常数<sup>[25]</sup>.

根据电流噪声和电压噪声关系可知<sup>[14]</sup>

$$S_V = \left( \frac{\partial V}{\partial I} \right)^2 \cdot S_I = R_d^2 \cdot S_I, \quad (6)$$

其中  $R_d$  为微分电阻, 可以表示为

$$R_d = \frac{nkT}{Iq} + R_s. \quad (7)$$

将 (7) 式及相应的  $1/f$  噪声电流功率谱密度代入 (6) 式即可得  $1/f$  噪声电压功率谱密度.

### 3. 辐照实验

#### 3.1. 样品

辐照实验选用济南半导体所研制生产, 采用宽 S 形弯曲触须压力接触的镀金引线、DO-7 玻壳封装的普军级 SBD 2DK180, 2DK140 及台湾生产的塑封工业品 1N5819. 辐照样品的性能参数见表 1.

表 1 辐照实验样品性能参数及信息

| 参数<br>器件 | $I_{FM}/A$<br>( $T = 25^\circ C$ ) | $V_{FM}/V$<br>( $I_F = I_{FM}$ ) | $V_{BR}/V$<br>( $I_R = 1 \text{ mA}$ ) | $V_{RWM}/V$<br>( $T = 25^\circ C$ ) | $I_R/\mu A$<br>( $0.8 V_{RWM}$ ) | 器件类型 | 封装形式       |
|----------|------------------------------------|----------------------------------|--|-------------------------------------|----------------------------------|------|------------|
| 2DK180   | 1                                  | $\leq 0.60$                      | $\geq 40$                              | 30                                  | $\leq 5$                         | 普军级  | D2-03E(玻封) |
| 2DK140   | 1                                  | $\leq 0.55$                      | $\geq 80$                              | 60                                  | $\leq 5$                         | 普军级  | D2-03E(玻封) |
| 1N5819   | 1                                  | $\leq 0.60$                      | $\geq 40$                              | 28                                  | 1000                             | 工业级  | D0-4K(塑封)  |

#### 3.2. 辐照试验

通常, 器件正常工作环境中的剂量值非常小 (50—100 rad/h, 1 rad =  $10^{-2}$  Gy). 器件标称寿命为 35 年, 得到器件无故障工作的累计辐照剂量需要相

当长的时间. 采用加速实验来节省时间, 增强剂量是由不同的可靠性模型给出的, 测量相当于服役寿命的 50 倍. 加速测量器件的退化与正常剂量下的退化相似, 有助于准确预测器件寿命及分析损伤机理.

根据太空辐照环境分析 ,SBD 器件辐照实验采用西北核技术研究所<sup>60</sup>Co  $\gamma$  射线辐照源 , $\gamma$  射线剂量率为 10.9 rad(Si)s ,辐照累积总剂量( radiation total dose ,RTD )为 25 kGy ,辐照剂量率采用热释光法标定 .在未加偏置下进行辐照 ,采用移位常温测量 ,通过器件噪声特性测量和辐照损伤分析 ,研究<sup>60</sup>Co  $\gamma$

射线辐照对 SBD 的  $1/f$  噪声特性的影响 .

### 3.3. 测量原理

SBD 器件  $1/f$  噪声测量主要是由偏置电路和测量电路两部分组成的 ,测量方框图如图 1 所示 .信号通过噪声前置放大器 SA-200F3 和 EG&G PARC113

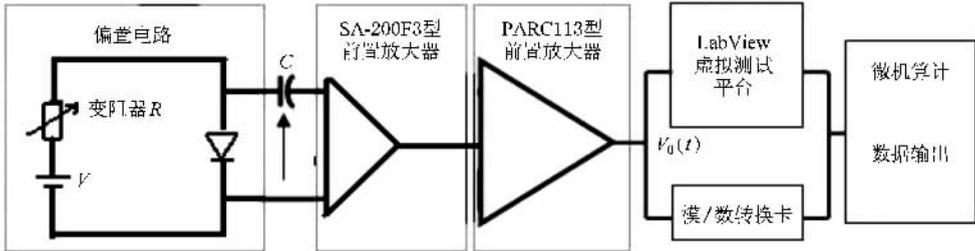


图 1 SBD 低频噪声测量方框图

两级放大 ,再经过 HP3528A 型双通道频谱分析仪 ,对不同 RTD 和偏置电流条件下的器件噪声进行测量 .

## 4. 实验结果及讨论

### 4.1. $1/f$ 噪声特性

在室温条件下 ,对不同 RTD 和偏置电流条件下的器件噪声进行测量 .当辐照剂量达到 10 kGy 时 ,2DK 系列 SBD 的  $1/f$  噪声功率谱随偏置电流先减小后增大 ,和 Meškinis 等研究的结果一致<sup>[26]</sup> .2DK180 2<sup>#</sup> 在同一辐照剂量下 ,器件噪声随偏置电流的变化关系如图 2 所示 ,在不同偏置电流下 ,器件噪声随 RTD 的变化是截然不同的 .

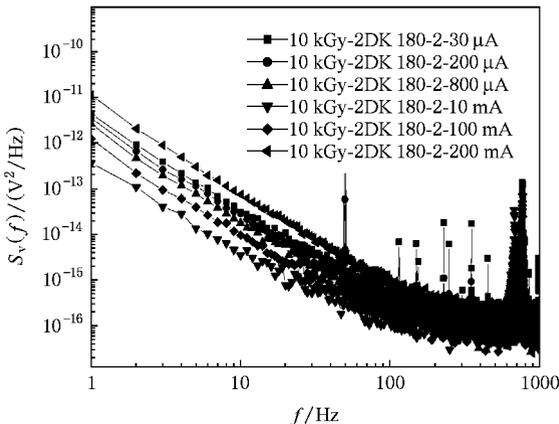


图 2 RTD 为 10 kGy 时 2DK180 2<sup>#</sup> 在不同偏置电流下的低频电压噪声频谱图

在同一偏置条件下 ,器件  $1/f$  噪声随 RTD 的变化关系见图 3 .图 3 ( a)显示的是小偏置电流条件 ,图 3 ( b)显示的是大偏置电流 .小偏置条件下 ,器件噪声随辐照剂量增加而降低 ;大偏置条件下 ,器件噪声随辐照剂量增大而增大 .

### 4.2. $1/f$ 噪声损伤分析

$\gamma$  射线和电子辐射机理相同<sup>[27]</sup> , $\gamma$  射线作用于半导体时 ,首先产生康普顿电子和二次电子 ,再由电子产生体缺陷 .电离损伤是  $\gamma$  射线的光电子效应、康普顿效应或电子对生成效应导致发生电离过程 ,生成电子-空穴对 .电离损伤中 ,绝缘层吸收能量使电子脱离束缚 ,扩散或漂移到其他位置被俘获 ,导致在 Si-SiO<sub>2</sub> 表面建立正电荷从而引起反向击穿电压减小 .辐照过程中电离效应在半导体和金属接触界面及器件表面的钝化层中引入界面态 ,改变界面态密度分布的变化 ,增大表面复合速度 ,使得表面漏电也逐渐变大 ,调制了肖特基势垒高度 ,是引起器件性能退化的主要因素 .

<sup>60</sup>Co  $\gamma$  射线辐照中 ,当 RTD 达到 10 kGy 时 ,便可以在半导体器件中产生明显的位移效应 . $\gamma$  射线属于电离辐射 ,主要通过库仑散射把能量交与电子 ,它所造成的位移损伤缺陷是均匀分布的点缺陷 .当缺陷成为深能级复合中心时 ,它们总是被多子填满 ,这些被多子所占据的缺陷中心俘获非平衡少数子 ,从而影响了载流子的复合率 (即载流子寿命) .缺陷能级的存在促进了非平衡载流子的复合 ,复合中心浓度增大 ,从而使得反向漏电流增加 .同时 ,缺陷使得

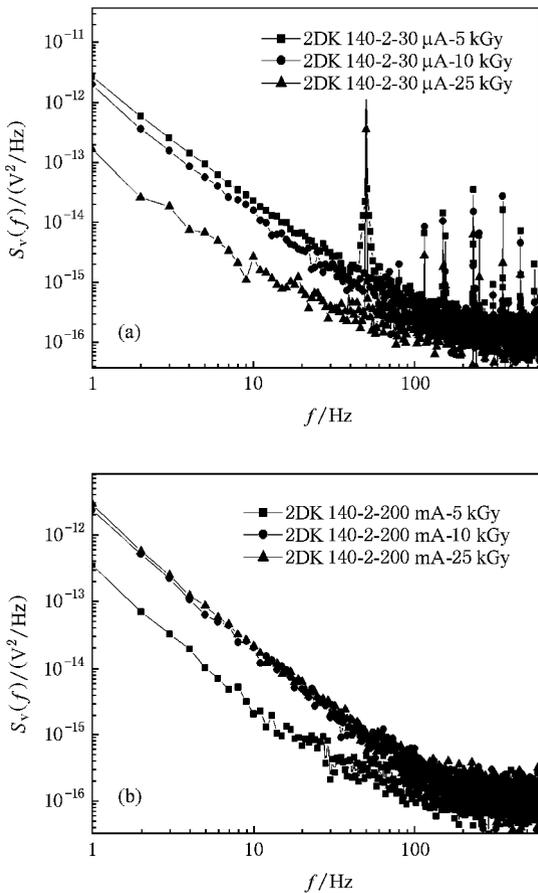


图3 不同RTD下,器件低频电压噪声频谱图 (a)小偏置电流;(b)大偏置电流

载流子迁移率变化导致有效掺杂浓度减小,引起器件阻抗增加.当位移缺陷浓度远低于多子浓度时,多数载流子的去除效应可以忽略.同样,在辐照诱发缺陷浓度不特别大( $\ll$ 多子浓度)的情况下,载流子的迁移率的退化也可以忽略.

根据辐照过程SBD的 $1/f$ 噪声变化规律,分别提取噪声拟合参数 $B$ 随RTD和偏置电流的变化关系.图4显示在大偏置电流条件下,器件噪声拟合参数 $B$ 随RTD增大而增大,而且偏置电流为100 mA的噪声拟合参数 $B$ 大于10 mA的.这是由于辐照产生点缺陷和界面态,引起体缺陷密度增大,进而使体陷阱密度和界面态电荷密度的随机波动引起了金-半接触的电场强度的波动<sup>[18]</sup>,也就导致了肖特基势垒高度的波动,最终致使电流波动,表现为噪声幅值增大.随着RTD的增加,体陷阱对 $1/f$ 噪声的贡献会越来越小,直到辐照诱发的界面态占主导作用时,即可忽略体陷阱的贡献,两者的比例可根据(3)式确定.当RTD增加到一定值时,辐照产生的界

面态足以决定器件的性能,SBD的 $1/f$ 噪声特性由界面态密度决定,理想因子接近2.界面电流效应和产生-复合的界面态直接相关,此时SBD的 $1/f$ 噪声特性可由(4)式描述.由此可见,辐照后噪声幅值增大,并具有 $1/f$ 频谱特性,是属于界面漏电流噪声.因此,影响器件噪声特性的主要原因是辐照电离效应产生的界面态.

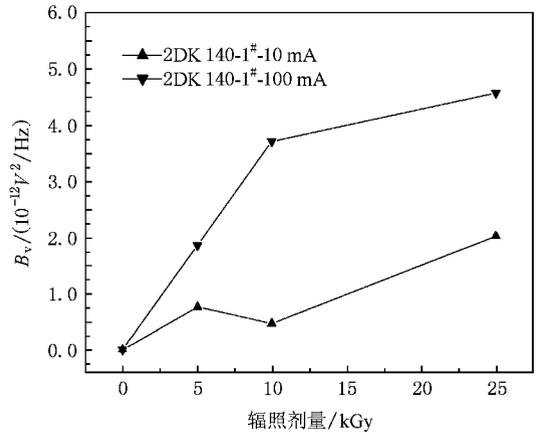


图4  $1/f$ 噪声拟合参数 $B$ 随RTD的变化关系

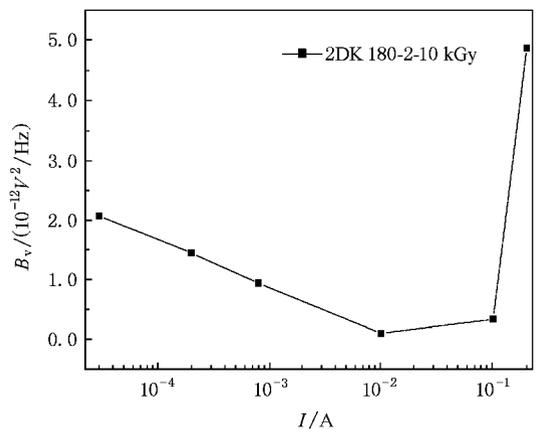


图5 RTD为10 kGy时,SBD的 $1/f$ 噪声拟合参数 $B$ 值

在同一RTD下, $1/f$ 噪声拟合参数先减小后增大,随偏置电流的变化规律如图5所示.在不同偏置电流下,器件噪声随RTD的变化是截然不同的,分析其原因是,小电流下, $1/f$ 噪声遵循迁移率和扩散系数涨落模型,辐照使器件有效掺杂浓度降低,迁移率变小,因此,随RTD噪声幅值减小.辐照影响器件迁移率变化,噪声拟合参数 $B$ 随偏置电流降低并呈线性关系,和噪声迁移率涨落模型(5)式的分析结果一致.小电流偏置条件下,器件噪声主要由迁移率和扩散系数的波动以及胡格常数所确定<sup>[28]</sup>.SBD辐

照后反映出好的  $1/f$  特性归咎于空间电荷区迁移率涨落,同时也是系统内部特性的一个反映。

在大电流时,涉及到体陷阱<sup>[28]</sup>和界面陷阱,不仅体陷阱密度的随机起伏能引起电流的波动,同时辐照诱发的界面态密度的随机起伏,也能导致肖特基势垒高度的波动,最终致使电流的波动,影响 SBD 噪声幅值增大。在此过程中体陷阱的热激发过程及辐照引起界面态电荷密度波动是  $1/f$  噪声的主要来源,器件  $1/f$  噪声遵循载流子数涨落模型, SBD 的  $1/f$  噪声和  $I_f^2$  成比例增加,由(1)式和(2)式给出的两个噪声模型得以验证。

在文献[29]中,对 SBD 低频噪声受陷阱密度的影响进行了研究,得到不同陷阱密度下,噪声幅值与偏置电流的关系。在大偏置电流下,随陷阱密度增多器件低频噪声增大,而在小偏置电流下,器件噪声和电流密度的关系基本不受陷阱密度大小的影响。这与本文得出的结论:小偏置时低频噪声主要由胡格常数及迁移率决定,大偏置时才涉及体陷阱和界面态相符。

由于不同条件下  $1/f$  噪声来源不同,噪声拟合参数  $B$  以及电流指数大小可以有效反映器件内部不同位置的缺陷信息。根据辐照前后 SBD 的  $1/f$  噪声测量结果,分析了 SBD 的  $1/f$  噪声特性受辐照影响的微观机理。研究结果显示, $\gamma$  辐照主要引发器

件发生电离效应,在表面诱发界面态,是器件噪声拟合参数  $B$  增大的主要原因。

## 5. 结 论

本文基于辐照实验及器件性能退化物理机理分析,研究辐照对器件噪声的影响。研究表明:辐照引发电离效应在肖特基界面诱生新的界面态,影响界面态密度分布,使辐照后的器件电性能退化, $1/f$  低频噪声幅值比辐照前的大 1—2 个数量级。在对器件辐照前后噪声分析发现,在小剂量时界面态的影响可以忽略,体陷阱是低频噪声的主要来源,当辐照到一定总剂量时,界面态占主导因素。在不同偏置条件下,产生器件噪声的机理是不同的,大电流下,主要遵循载流子数涨落模型;小电流下,遵循迁移率涨落模型。同时发现,低频噪声幅值大小与器件的可靠性及抗辐照能力有密切的关系,其值越大, SBD 抗辐照能力越差。对 SBD 辐照  $1/f$  噪声特性研究将有助于更好地分析器件辐照损伤机理,确定器件缺陷分布,可以发现 SBD 器件内部存在的潜在问题。从而为采取改进和纠正措施提供重要依据,以便迅速提高器件 SBD 抗辐照加固及其在辐照环境下的使用可靠性和固有可靠性,进而提高航天电子系统的可靠性。

- [1] Zhou H C, Sun X F 2007 *Common Electron Device and Representative Application* (Beijing: Publishing House of Electronics Industry) (in Chinese) [周惠潮、孙晓峰 2007 常用电子器件及典型应用 (北京:电子工业出版社)]
- [2] Zhang Z S, Cai X S 1998 *Principle and Design of Switch Power Supply* (Beijing: Publishing House of Electronics Industry) (in Chinese) [张占松、蔡宣三 1998 开关电源的原理与设计 (北京:电子工业出版社)]
- [3] Lai Z W 1998 *Radiation Hardening Electronics-Radiation Effects and Hardening Principle* (Beijing: National Defense Industry Press) (in Chinese) [赖祖武 1998 抗辐照电子学-辐照效应及加固原理 (北京:国防工业出版社)]
- [4] Wang C H 2001 *Electronic Component & Device Applications* 3 4 (in Chinese) [王长河 2001 电子元器件应用 3 4]
- [5] Wang J P, Xu N J, Zhang T Q et al 2000 *Acta. Phys. Sin.* **49** 1331 (in Chinese) [王剑屏、徐娜军、张廷庆等 2000 物理学报 **49** 1331]
- [6] Umana-Membreno G A, Dell' M, Nener B D et al 2003 *IEEE Transactions on Electron Device* **50** 2326
- [7] Tataroglu A, Altındal S 2006 *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* **252** 257
- [8] Tataroglu A, Altındal S, Bulbul M M 2006 *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A* **568** 863
- [9] Karatas S, Turut A, Altındal S 2005 *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A* **555** 260
- [10] Karatas S, Turut A 2006 *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A* **566** 584
- [11] Hastas N A, Tassis D H, Dimitriadis C A et al 2004 *Semiconductor Science and Technology* **19** 461
- [12] Tsormpatzoglou A, Hastas N A, Tassis D H et al 2005 *Applied Physics Letter* **87** 163109-1
- [13] Bozhkov V G, Kuzakov D Ju 2002 *Journal of Applied Physics* **92** 4502
- [14] Hu J, Du L, Zhuang Y Q et al 2006 *Acta. Phys. Sin.* **55** 1384 (in Chinese) [胡瑾、杜磊、庄奕琪等 2006 物理学报 **55** 1384]
- [15] Zhuang Y Q, Sun Q 1993 *Noise and its Minimizing Technology in Semiconductor Devices* (Beijing: National Defense Industry Press) (in Chinese) [庄奕琪、孙青 1993 半导体器件中的噪声及其低噪声化技术 (北京:国防工业出版社)]
- [16] Luo M Y, Bosman G, Van Der Ziel A, Hench L L 1988 *IEEE Trans Electron Devices* **35** 1351

- [ 17 ] Kleinpenning T G M 1979 *Solid-State Electron* **22** 121
- [ 18 ] Hsu S T 1970 *IEEE Trans Electron Devices* **17** 496
- [ 19 ] Hsu S T 1971 *IEEE Trans Electron Devices* **18** 882
- [ 20 ] Crofton J , Sriram S 1996 *IEEE Trans . on Electron Devices* **43** 2305
- [ 21 ] Lee J I , Brini J , Chovet A , Dimitriadis C A 1999 *Solid-State Electron* **43** 2181
- [ 22 ] Hastas N A , Tassis D H , Dimitriadis C A *et al* 2004 *Semiconductor Science and Technology* **19** 461
- [ 23 ] Chang Y C , Zhang Y M , Zhang Y M 2001 *Journal of Xi 'an University* ( Natural Science Edition ) **28** 467 ( in Chinese ) [ 常远程、张义门、张玉明 2001 西安电子科技大学学报( 自然科学版 **28** ) 467 ]
- [ 24 ] Jantsch O 1987 *IEEE Transactions on Electron Devices* **34** 1100
- [ 25 ] Hooge F N 1990 in " *Noise in physical systems* ", *Proc. 10th Int. Conf. on Noise in physical system* , A. Ambrozy. Ed , Budapest 1989 ( Budapest :Akademiai Kiado ) p143
- [ 26 ] Meškiniš S , Balčaitis G , Matukas J , Palenskis V 2003 *Solid-State Electronics* **47** 1713
- [ 27 ] He C H , Geng B , Yang H L *et al* 2003 *Acta . Phys. Sin.* **52** 2235 ( in Chinese ) [ 贺朝会、耿 斌、杨海亮等 2003 物理学报 **52** 2235 ]
- [ 28 ] Lee J I , Han I K , Heo D C *et al* 2000 *Journal for the Korean Physical Society* **37** 966
- [ 29 ] Perez S , Gonzalez T 2005 *Journal of Applied Physics* **97** 073708-1

## The effect of $^{60}\text{Co}$ $\gamma$ ray irradiation on the $1/f$ noise of Schottky barrier diodes \*

Yang Li-Xia<sup>1)</sup> Du Lei<sup>1)</sup> Bao Jun-Lin<sup>2)</sup> Zhuang Yi-Qi<sup>2)</sup> Chen Xiao-Dong<sup>1)</sup> Li Qun-Wei<sup>1)</sup>  
Zhang Ying<sup>1)</sup> Zhao Zhi-Gang<sup>1)</sup> He Liang<sup>1)</sup>

1) *School of Technical Physics , Xidian University , Xi 'an 710071 , China*

2) *School of Microelectronic , Xidian University , Xi 'an 710071 , China*

( Received 10 October 2007 ; revised manuscript received 23 March 2008 )

### Abstract

Based on the analysis of the mechanism of irradiation damage and total dose effect on Schottky barrier diodes ( SBD ) , using the model of the carrier mobility fluctuation and carrier number fluctuation of  $1/f$  noise , the effect of irradiation damage on  $1/f$  noise of SBD was studied in this paper. The research shows that , the irradiation induced interface states change the distributing of interface state density , and , moreover , modulate the Schottky barrier height and increase the velocity of recombination in the surface , leading to the degradation of device performance as well as the significant increasing of  $1/f$  noise level. So ,  $1/f$  noise is closely related to SBD 's degradation , namely , the larger the magnitude of  $1/f$  noise and the deviation from standard value , the worse the reliability of device , and it 's also an indicator of bad radiation-proof performance , which causes its high failure rate in radiation environment. Thus the  $1/f$  noise acts as a researching tool on the mechanism of irradiation damage of SBD , also provides the theoretical basis for nondestructive irradiation hardness assessment.

**Keywords :** Schottky barrier diode ,  $1/f$  noise ,  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$  radiation , interface state

**PACC :** 7270 , 6180E , 7340N , 7340

\* Project supported by the National Natural Science Foundation of China ( Grant No. 60676053 ) and Xi 'an Applied Material Innovation Fund ( Grant XA - AM-200603 ).