

# 半绝缘 GaAs 光电导开关的击穿特性\*

施 卫 田立强

(西安理工大学应用物理系, 西安 710048)

**摘要:** 研究了在不同触发条件下半绝缘 GaAs 光电导开关的击穿特性。当触发光能量和偏置电场不同时, 半绝缘 GaAs 光电导开关的击穿损坏程度也不同, 分别表现为完全击穿、不完全击穿和可恢复击穿三种类型。通过对击穿实验结果的分析认为, 电子俘获击穿机制是导致半绝缘 GaAs 光电导开关击穿损坏的主要原因。偏置电场和陷阱电荷所产生热电子的数量和动能决定了 Ga—As 键的断裂程度, Ga—As 键的断裂程度则反映半绝缘 GaAs 光电导开关的击穿类型。

**关键词:** 砷化镓; 光电导开关; 击穿机理

**PACC:** 7220H

中图分类号: TN256

文献标识码: A

文章编号: 0253-4177(2004)06-0691-06

## 1 引言

近几年来, 随着雷达、通信、激光核聚变等技术的迅速发展, 对高压大功率脉冲发生系统及其开关技术提出了更高的要求。半导体光电导开关(photo-conductive semiconductor switches, PCSS's)就是利用超快脉冲激光器与光电导体(如 GaAs, InP 等)相结合形成的一类新型器件, 与传统开关相比, PCSS's 具有开关速度快、触发无晃动、寄生电感电容小、结构简单紧凑等优点, 特别是耐高压及其大功率容量使其在超高速电子学和大功率脉冲产生与整形技术领域(大功率亚纳秒脉冲源、超宽带射频发生器等)具有广泛的应用前景<sup>[1~5]</sup>。

实际应用中, 在开关电极间隙一定的情况下, 提高 PCSS's 功率容量的主要途径就是增加开关的偏置电压和输出电流强度。那么, 在强电场触发条件下, GaAs 芯片可以承受的击穿强度究竟有多大? 如果发生击穿, 触发光强度对击穿有什么影响? 击穿的物理机理又是什么? 这些问题无论对开关的研制还是应用都是亟待解决的。通常介质的击穿是指作用于介质上的外部电场强度超过其本身的介电强度

从而导致介质失去介电性的现象。根据介质击穿机理的不同, 介质击穿可划分为本征电击穿和热击穿。对横向半绝缘 GaAs 光电导开关而言, 本征电击穿是材料两端所加电场高于表面击穿电场强度造成的<sup>[6]</sup>, 击穿表现为沿表面放电。另外, 由于开关偏置电压和触发光能量的不同以及砷化镓材料自身缺陷等因素也会引起开关芯片局部电场畸变从而使该处电场强度突然增高, 在过高电场的作用下, 产生热电子, 热电子与材料分子发生剧烈碰撞, 致使材料的结合键断裂, 引起材料损坏。PCSS's 击穿的典型现象是: 在强电场偏置下开关处于阻断状态, 当用一定能量的光脉冲触发开关时, 开关不仅在光照期间导通, 且光脉冲消失后始终维持低阻状态, 伴随有丝状电流产生, 直到材料损坏。GaAs 光电导开关击穿的物理机制比较复杂, 它与电极的接触性质和几何形状、GaAs 体内和表面性质、光的触发条件、偏置电压以及热学条件都有关系。本文的工作指出, 在不同的触发光能量和偏置电场实验条件下, 横向 GaAs PCSS's 的击穿表现为完全击穿、不完全击穿及可恢复击穿三种不同的开关击穿类型。结合实验结果, 本文从理论上对横向 GaAs PCSS's 的击穿机理在微观上做了分析。

\* 国家自然科学基金资助项目(批准号: 50077017, 10376025/A06)

施 卫 男, 1957 年出生, 博士, 教授, 博士生导师, 从事光电子器件研究。E-mail: swshi@mail.xaut.edu.cn

2003-06-31 收到, 2003-10-21 定稿

©2004 中国电子学会

## 2 实验

实验用半绝缘 GaAs PCSS's 采用横向结构, 如图 1 所示。它主要由三部分构成: 开关芯片、开关电极和高压脉冲传输微带线。为便于连接, 开关的输入和输出采用微带同轴过渡, 同轴连接的输入、输出形式, 传输线带宽设计为 200ps。PCSS's 的芯片材料是半绝缘 GaAs, 其电阻率  $\rho \geq 5 \times 10^7 \Omega \cdot \text{cm}$ , 材料的本征击穿强度  $\geq 250\text{kV/cm}$ , 载流子浓度  $n \approx 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ , 迁移率  $\mu > 5000 \text{ cm}^2/(\text{V} \cdot \text{s})$ , 半绝缘 GaAs 晶片厚度为 0.6mm, 电极尺寸为  $6\text{mm} \times 4\text{mm}$ , 电极圆角半径为 1.1mm, 电极材料为 Au/Ge/Ni 合金, 与 GaAs 芯片形成欧姆接触。开关芯片分经过绝缘封装和无绝缘封装两种。经绝缘封装的开关芯片采用多层透明绝缘结构。开关电极间隙分别为 3mm 和 8mm。在无光照射开关的情况下, 经过绝缘封装的开关其绝缘强度可达  $35\text{kV/cm}$ <sup>[5, 7, 8]</sup>。

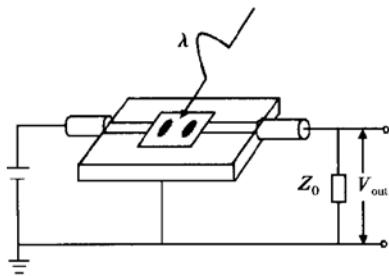


图 1 半绝缘 GaAs 光电导开关结构

Fig. 1 Schematic diagram of PCSS's

分别用波长 1064nm, 脉宽 15ns, 脉冲能量可调的 YAG 激光器和波长 800nm, 脉宽 75fs, 重复频率为 80MHz, 输出功率 0.9W 的钛宝石激光器作为触发光源, 对开关进行触发击穿实验。PCSS's 触发测试电路如图 2 所示。在实验过程中, 开始时偏置电压为 500V, 然后每隔 50V 逐渐增大偏置电压, 直到开关被击穿, 以寻找开关所能承受的最大电压。

(1) 电极间隙为 3mm 且没有绝缘封装的开关的实验情况

用钛宝石飞秒激光器触发开关, 当偏置电压升至 1750V 时, 开关表面出现沿面放电击穿, 并伴随有丝状电流和电火花现象。击穿后的开关芯片照片见图 3(a), 在图 3(a) 中可观察到丝状电流在芯片表面留下的拉丝痕迹, 其中两道拉丝贯穿整个芯片, 另一道丝有部分区域没有穿通芯片。同时测试了该开关

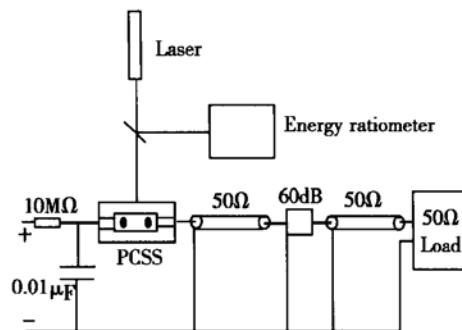


图 2 PCSS's 测试线路图

Fig. 2 Diagram of the electrical circuit for testing PCSS's

在击穿实验前后的绝缘电阻, 击穿前开关暗态电阻为  $200\text{M}\Omega$ , 击穿后的暗态电阻为  $192\text{M}\Omega$ 。将图 2 测试电路中的负载电阻换为示波器, 用这只暗态电阻变为  $192\text{M}\Omega$  的开关在小于 1650V 的偏置电压下被钛宝石飞秒激光器触发的反复实验表明, 开关表面虽然受到击穿损伤, 但开关输出的线性电流波形与未受到击穿的开关相比没有明显区别, 均与触发光脉冲的波形是一致的。

(2) 电极间隙为 3mm 且经过绝缘封装的开关的实验情况

用同样的钛宝石飞秒激光器触发开关, 当偏置电压升至 3000V 时, 开关出现伴随有丝状电流和电火花现象的沿面放电击穿。击穿后的开关芯片见图 3(b), 所观察到的因丝状电流留下的拉丝痕迹不仅明显, 而且可以看到芯片材料被破坏的沟渠痕迹, 拉丝痕迹宽度约为 1mm。击穿前后开关暗态电阻的测试数值分别为  $200\text{M}\Omega$  和  $26\text{k}\Omega$ , 开关已表现出实质性击穿。与参考文献[5]报道的实验结果相比较, 在偏置电场和触发光能量基本相同的情况下, 触发光脉冲宽度的大幅度减小(从 200ps 减小到 75fs)会使开关的触发击穿强度降低。

(3) 电极间隙为 8mm 且经过绝缘封装的开关的实验情况

用 YAG 激光器触发开关, 调节激光器输出光脉冲能量为 1mJ, 当偏置电压升至 5000V 时, 用示波器作为测试电路中的负载, 开关输出电流波形表现出具有长锁定(Lock-on)时间的非线性输出, 锁定时间长达 2.4ms, 如图 4 所示。在偏置电压 5000V、触发光脉冲能量 1mJ、光脉冲宽度 15ns 的相同触发条件下, 触发 1230 次时, 开关的性能发生较为明显的变化, 表现在开关偏置电压下降, 输出的波形紊乱。在这一过程中, 没有观察到开关沿表面放电的现象(放电火

花). 此时观察开关芯片, 芯片有损伤痕迹, 见图 3 (c). 实验前后开关暗态电阻的测试数值分别为  $500\text{M}\Omega$  和  $86\text{M}\Omega$ , 绝缘电阻下降, 但开关没有被完全击穿.

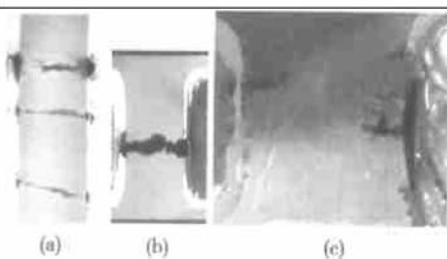


图 3 PCSS's 击穿样品

Fig. 3 Samples of breakdown PCSS's

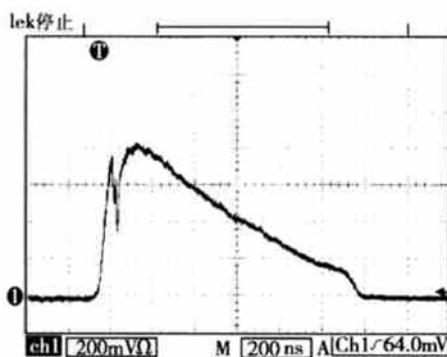


图 4 具有长锁定时间的非线性电流波形 ( $Y/\text{div } 200\text{mV}$ ,  $X/\text{div } 200\text{ns}$ )

Fig. 4 Current waveform with long lock on time of nonlinear mode

在以上三种实验条件下, 开关均都表现出光触发瞬间的击穿现象, 但击穿的程度不同, 击穿前后开关芯片的损坏特征以及开关暗态电阻的变化也不同, 其中开关暗态电阻的变化见表 1. 可以将上述三种击穿实验的击穿性质区分为: 可恢复击穿、完全击穿和不完全击穿三种类型.

表 1 PCSS's 击穿前后暗态阻值变化及触发条件

Table 1 Condition of excitation and the dark resistivity of pre-breakdown and post-breakdown

开关电极间隙	3mm (无绝缘封装)	3mm (绝缘封装)	8mm (绝缘封装)
实验前阻值	$200\text{M}\Omega$	$200\text{M}\Omega$	$500\text{M}\Omega$
实验后阻值	$192\text{M}\Omega$	$26\text{k}\Omega$	$86\text{M}\Omega$
击穿电场强度	$5.83\text{kV/cm}$	$10\text{kV/cm}$	$6.25\text{kV/cm}$
触发光能	$11.25\text{nJ}$	$11.25\text{nJ}$	$0.3\text{nJ}$
击穿类型	可恢复击穿	完全击穿	不完全击穿

### 3 结果与讨论

通常 PCSS's 的击穿是热击穿与电击穿两种不同性质的击穿同时发生, 导致开关损坏, 但两者在不同的触发光能量和偏置电压条件下所起的作用并不相同, 热击穿是 PCSS's 在高压下应用时存在的主要问题<sup>[9]</sup>. 决定光电导开关热击穿的主要因素为: 开关比热、热导率、电导率和偏置电场. 纯热击穿的基本方程为:

$$c_V \frac{dT}{dt} - \text{div}(\kappa \text{grad}T) = \sigma \epsilon^2 \quad (1)$$

其中  $c_V$  为 PCSS's 芯片的比热;  $\kappa$  为热导率;  $\sigma$  为 GaAs 电导率;  $\epsilon$  为偏置电场. (1) 式中第一项表示单位时间芯片温度升高时所需的热量, 第二项为向外发散的能量, 右边是开关电流产生的焦耳热.

由于开关在触发瞬间击穿, 因此该过程进行很快, 可认为焦耳热全部用来使温度上升而无热量散发, 于是(1)式可简化为:

$$\rho V c \Delta T = \frac{U^2 t_p}{R_{on} \tau_p} \Delta t \quad (2)$$

其中  $\rho$  为 GaAs 材料的密度;  $V$  为开关的体积;  $c$  为 GaAs 材料比热;  $\Delta T$  为 PCSS's 由于焦耳热温度增量;  $U$  为导通状态下开关两端电压;  $R_{on}$  为 PCSS's 通态电阻;  $\Delta t$  为导通时间;  $t_p$  为电脉冲宽度;  $\tau_p$  为相邻两个电脉冲间隔时间, 如图 5 所示.

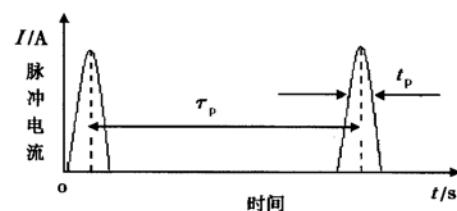


图 5 电脉冲示意图

Fig. 5 Schematic diagram of the electrical pulse

又因:

$$R_{on} = \frac{L^2 h \nu}{E e \mu} \quad (3)$$

其中  $L$  为开关间隙;  $h$  为普朗克常数;  $\nu$  为入射光频率;  $E$  为入射光单脉冲能量;  $e$  为电子电量;  $\mu$  为电子的迁移率.

由(2), (3)式可得开关芯片升温与时间的关系为:

$$\Delta T = \frac{\varepsilon^2 e \mu E t_p}{\rho c V h \tau_p} \Delta t \quad (4)$$

其中  $\varepsilon = U/L$ , 对间隙为 3mm 开关, (4) 式各物理量的取值为:  $U = 1750V$ ,  $\mu = 5000cm^2/(V \cdot s)$ ,  $E = 12nJ$ ,  $L = 3mm$ ,  $t_p = 200ps$ ,  $\tau_p = 12ns$ ,  $\rho = 5.316g \cdot cm^{-3}$ ,  $c = 0.36J/(g \cdot K)$ ,  $v = 3.75 \times 10^{14}Hz$ , PCSS' s 的宽度和厚度分别为 1.2cm 和 0.6mm.

纯热击穿理论认为: 靠电场施加给固体的能量使固体温度上升, 到达临界温度时, 发生绝缘击穿. 固体的熔点一般作为临界点考虑<sup>[10]</sup>. 砷化镓的熔点为 1238 °C, 根据(4)式, 从室温到熔化所需时间为 2.3s, 又因在 620 °C 左右砷因蒸气压高而开始蒸发, 形成纯金属镓区. 另一方面, Au 为主的合金接触的熔点为 350 °C, 即使在稍微低一点温度下开关也会失效. 因此, PCSS' s 的最高允许温度大约为 200 °C<sup>[11]</sup>. 将以上数据代入(4)式, 则在室温下, 升高到 200 °C, 所用时间为 0.33s. 从热击穿所需时间考虑, 在开关损坏过程中热击穿应起到主导作用. 从开关击穿实验现象及击穿程度不同作进一步考虑, 开关还应存在特殊的击穿机理.

在强电场下, 根据 GaAs 材料的物理性能特点和 GaAs PCSS' s 击穿实验结果, 电子俘获击穿机理<sup>[12]</sup> 在 PCSS' s 的击穿损坏中起到主导性作用. 从开关损坏的拉丝痕迹可知电流通过开关芯片时并非均匀流过, 电流通过芯片时对路径具有选择性, 实验证明, 未掺杂半绝缘砷化镓中深能级中心 EL2 是对材料的电学补偿和半绝缘性起决定性作用的本征缺陷<sup>[13]</sup>. 它的一个显著特点是在低温下的 EL2 的基态 (EL2<sup>0</sup> 或 EL2) 与亚稳态(EL2<sup>\*</sup>)之间的相互转换而产生的光淬灭和热恢复等电学补偿特性<sup>[14~16]</sup>. 这一现象可通过光导实验<sup>[17]</sup>、光电容<sup>[18]</sup>、光致发光<sup>[19]</sup>、电子顺磁共振<sup>[20]</sup> 等许多实验观察到. 通常 EL2 能级对电子具有俘获和发射两种作用, 分别是被电子占据的电子陷阱向 GaAs 导带发射电子以及未被电子占据的电子陷阱从 GaAs 导带俘获电子. 若在加应力或注入电子期间, GaAs 材料导带内自由电子密度较高, 因而可以忽略电子陷阱向导带发射电子的过程, 主要是电子陷阱俘获电子. 在注入电子的同时, 由于自由电子和晶格作用而产生新的陷阱, 使得陷阱密度增大, 进一步对电子产生俘获作用. 这种电子的陷入、累积造成 PCSS' s 的局部产生大量的空间电荷. 这一过程可在光触发的瞬间完成. 于是, 空间电荷激发的电场与原电场叠加, 使该处场强剧烈

增加, 同时在强电场的作用下, 使电子加速, 而形成大量热电子, 热电子再受晶格散射, 从而打破 Ga-As 键引起新的缺陷, 其中一些成为电子陷阱. 电子陷入陷阱, 使陷阱带负电. 不考虑陷阱电荷的退陷阱效应, 随着应力时间的增加, 电子陷入热电子引起的电子陷阱的数量随之增加. 当陷入电子数达到某一阈值时, 一个陷入电子形成的链扩展到 PCSS' s 的两端, 所有链中的电子沿着链向阳极移动, 形成一个由空穴陷阱组成的小电流导电路径, 电子跳跃通过缺陷而形成小电流路径, 这就相当于在 PCSS' s 电流通路上并联了一个小电阻, 引起电流的突然增大, 导致 PCSS' s 击穿, 同时在 PCSS' s 上形成丝状击穿痕迹, 如图 6 所示. 由以上分析可知, 由于开关导通后, 电流主要由电流路径通过开关, 因此所产生的焦耳热主要使这部分材料升温, 电流路径的有效宽度即拉丝宽度, 电流路径的有效厚度主要由材料对光的吸收深度 ( $10^{-6}m$ ) 决定, 因此开关体积应由电流流经的实际体积(即电流路径的体积)代替. 若 GaAs 材料的吸收深度为  $1\mu m$ , 拉丝宽度约为开关宽度的十分之一, 则电流流经的有效体积为开关体积的六千分之一, 由(4)式可知, 开关热击穿所需时间为  $55\mu s$ .

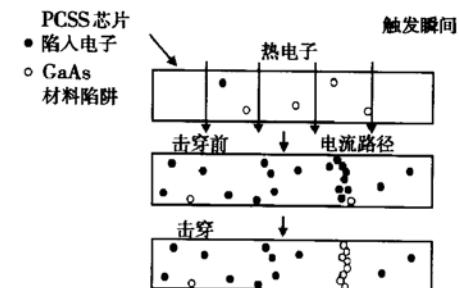


图 6 热电子陷阱中心形成从阳极到阴极的链时导致击穿的示意图

Fig. 6 Schematic illustration of chain from anode to cathode formed by electron traps

对间隙为 8mm 的开关, (4) 式各物理量的取值为:  $U = 5000V$ ,  $E = 0.3mJ$ ,  $L = 8mm$ ,  $t_p = 2.4\mu s$ , 其他量值与 3mm 间隙开关相同, 由于在非线性工作模式中, 开关的导通时间远大于线性模式, 因此, 可暂不考虑电脉冲的占空比, 将以上数值代入(4)式, 开关温度由室温升高到最高允许温度(200 °C) 所需时间为 6ns.

依据以上分析可知, (1) 光触发引起 PCSS' s 击穿的实质是: 在强电场应力的作用下, 在芯片中形成陷阱, 光注入大量电子在强电场作用下形成热电子,

热电子的形成加速了陷阱的恶化, 从而使材料的介电特性退化。当芯片材料中 Ga 原子上的两个 Ga—As 键同时断裂就会引起晶格的永久破坏, 而这种破坏不断积累就会使芯片击穿。(2) 电流对路径的选择性主要决定于热电子流经芯片时所产生陷阱的分布, 以及热电子陷阱中心形成从阳极到阴极的链的位置。

图 7 是由热电子引起的材料损坏的示意图。图 7(a) 表示可恢复的击穿情形, 图 7(b) 表示不可恢复或永久性击穿的情形。从图 7(a) 中可以看出, 在 GaAs 中化学键的断裂几率与热电子的数量有很大关系, 随着电子数量的增加断裂几率也明显地加大了。在图 7(b) 中, 砷化镓晶格中的一个 Ga 原子上的两个 Ga—As 键同时断裂, 就会引起晶格的永久破坏, 导致 GaAs 材料永久击穿。

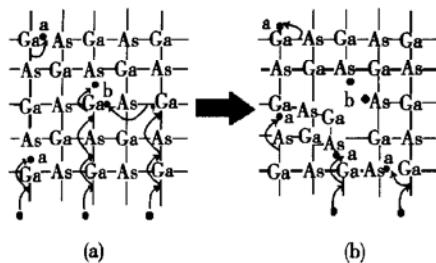


图 7 GaAs 芯片中晶格不可恢复破坏引起介质击穿的示意图

Fig. 7 Schematic illustration of simultaneous bond breakage model accompanied with irreversible network relaxation

开关击穿后, 图 7(a) 和(b) 所表示的两种击穿所占比例的大小, 则反映了开关的损坏程度。在图 7(a) 击穿情况下, 当光导开关两端电压下降为零时, 开关内自由电子或空穴浓度下降, 陷阱发射电子或空穴的过程占主导地位, 陷阱电荷密度下降, 直到与导带电子、价带空穴密度达到平衡为止, 退陷电荷数量则反映了开关可恢复损伤的程度。

## 4 结论

通过横向 GaAs PCSS's 在不同触发光能量和偏置电场触发条件下的击穿实验和对实验结果的分析, 得到了以下结果: (1) 横向 GaAs PCSS's 在无光照射时的暗态击穿强度与用激光脉冲触发条件下的击穿强度是不同的。光触发条件下的击穿强度小于其暗态击穿强度。(2) 横向 GaAs PCSS's 在不同触发条件下的击穿特性分别表现为完全击穿、不完全击穿和可恢复击穿三种类型。(3) 热击穿和电子俘获击穿机制在开关损坏中均起到一定作用, 电子俘获击

穿机制是热击穿产生的原因, 而热击穿是开关损坏的最根本的因素。偏置电场和陷阱电荷是产生热电子的主要机制, 热电子的数量和动能决定 Ga—As 键的断裂程度, Ga—As 键的断裂程度则反映 PCSS's 的击穿类型。退陷电荷数量反映了开关可恢复损伤的程度。

## 参考文献

- [1] Loubriel G M, Zutavern F J, Baca A G, et al. Photoconductive semi-conductor switches. IEEE Trans Plasma Science, 1997, 25(2): 124
- [2] Islam N E, Schamiloglu E, Fleddermann C B. Characterization of semi-insulating GaAs photoconductive semiconductor switch for ultra wide band high power microwave applications. Appl Phys Lett, 1998, 73(14): 1988
- [3] Huang Yunian. High power microwave generation using photoconductive semiconductor switches. Semiconductor Optoelectronics, 1998, 19(2): 101 [黄裕年. 用光导半导体开关产生高功率微波. 半导体光电, 1998, 19(2): 101]
- [4] Shi Wei, Zhang Xianbin, Li Qi, et al. High gain lateral semi insulating GaAs photoconductive switch triggered by 1064nm laser pulses. Chin Phys Lett, 2002, 19(3): 351
- [5] Shi Wei, Zhao Wei, Zhang Xianbin, et al. Investigation of high power subnanosecond GaAs photoconductive switches. Acta Physica Sinica 2002, 4(51): 867 [施卫, 赵伟, 张显斌, 等. 高功率亚纳秒 GaAs 光电导开关的研究. 物理学报, 2002, 4(51): 867]
- [6] Loubriel G M, Helgeson W D, McLaughlin D L, et al. Triggering GaAs lock on switches with laser diode arrays. IEEE Trans Electron Devices, 1991, ED-38(4): 692
- [7] Shi Wei, Liang Zhenxian. Optically activated charge domain phenomena in high gain ultra fast high voltage GaAs photoconductive switches. Chinese Journal of Semiconductors, 1999, 20(1): 53 [施卫, 梁振宪. 高倍增高压超快 GaAs 光电导开关中的光激发畴现象. 半导体学报, 1999, 20(1): 53]
- [8] Shi Wei, Liang Zhenxian. Fabrication of high voltage ultra fast photoconductive switches. Acta Electronica Sinica, 1998, 26(11): 104 [施卫, 梁振宪. 高压超快 GaAs 光电导开关的研制. 电子学报, 1998, 26(11): 104]
- [9] Niu Yanxiong, Tan Jichun. Thermal runway of the GaAs photoconductive switch. Optronics•Lasers, 1994, 5(5): 305 [牛彦雄, 谭吉春. GaAs 光电导开关的热击穿试验研究. 光电子•激光, 1994, 5(5): 305]
- [10] Xiaoqi Zhengguang. High voltage and insulation engineering. Beijing: Science Press, 2001: 41 [小崎正光. 高电压与绝缘技术. 北京: 科学出版社, 2001: 41]
- [11] Bosch B G, H. Engelmann R W. GUNN-effect electronics, Pitman Publishing, 1983: 256
- [12] Liu Hongxia, Hao Yue. Hole breakdown theories of thermal grown super thin gate oxides and the impact ionization mode. Journal of the Xi'an University, 1998, 25(2), 152 [刘红侠, 郝跃. 热生

- 长超薄栅氧化层的空穴击穿机理与碰撞电离模型. 西安电子科技大学学报, 1998, 25(2) : 152]
- [ 13] Xu Bo, Wang Zhanguo, Wan Shouke, et al. New explanation to EPC phenomenon in EL2 photoquenching. Chinese Journal of Semiconductors, 1994, 15(5) : 322 (in Chinese) [ 徐波, 王占国, 万寿科, 等. EL2 光淬灭过程中光电导增强现象原因新探. 半导体学报, 1994, 15(5) : 322]
- [ 14] Chatterjee A, Polgreen T. A low-voltage triggering SCR for onchip ESD protection at output input pads. IEEE Electron Device Lett, 1991, 12(1) : 21
- [ 15] Ker M D. A gate coupled PTLSR/NTLSCR ESD protection circuit for deep submicron low-voltage CMOS IC's. IEEE Solid-State Circuit, 1997, 32(1) : 29
- [ 16] Fang Z Q, Look D C. Infrared quenching and thermal recovery of thermally stimulated current spectra in GaAs. Appl Phys Lett, 1991, 59(1) : 48
- [ 17] Gong Renxi, Zhang Yimen, Shi Shunxiang, et al. Analysis of lock-on and time delay in high voltage GaAs PCSS's. Acta Optica Sinica, 2001, 21(11) : 1372 (in Chinese) [ 龚仁喜, 张义门, 石顺祥, 等. 高压 GaAs 光导开关的锁定及延迟效应机理分析. 光学学报, 2001, 21(11) : 1372]
- [ 18] Lum R M, Klingert J K. Epitaxial growth of n<sup>+</sup>-n GaAs metal-semiconductor field-effect transistor structures using tertiarybutylarsine. Appl Phys Lett 1990, 56(4) : 379
- [ 19] Mitonneau A, Mircea A. A novel optoelectronic closing and opening switch for pulsed power. Solid State Commun, 1979, 30: 157
- [ 20] Kullendorf N, Jansson L, Ledebot L A. Copper related deep level defects in II-V semiconductors. J Appl Phys, 1983, 54(4) : 3203

## Breakdown Characteristics of Semi-Insulating GaAs Photoconductive Switch\*

Shi Wei and Tian Liqiang

( Department of Applied Physics, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China)

**Abstract:** A theoretical analysis for breakdown of photoconductive switch is proposed according to different breakdown characteristics in the case of different optical trigger energies and bias voltage. A model of electron trapping breakdown theories to analyze the breakdown characteristics of GaAs photoconductive switches is first proposed. The main points are that the bias electric field and the charges in the traps are the main reasons to generate hot electrons, and the number and the kinetic energy of hot electrons are determinative for damage degree of Ga—As bands, that relaxation degree of Ga—As network reflects the degree of breakdown.

**Key words:** GaAs; photoconductive switch; breakdown theories

**PACC:** 7220H

**Article ID:** 0253-4177(2004)06-0691-06

\* Project supported by National Natural Science Foundation of China(Nos: 50077017, 10376025)

Shi Wei male, was born in 1957, PhD, professor. His research interest focuses on the researches of optoelectronics and devices.

Received 31 June 2003, revised manuscript received 21 October 2003

©2004 The Chinese Institute of Electronics