

用局域寿命控制技术改善功率快恢复 二极管性能的仿真研究*

吴 鹤 吴 郁 亢宝位 贾云鹏

(北京工业大学电子信息与控制工程学院, 北京 100022)

摘要: 针对局域低寿命区的参数对快恢复硅功率二极管性能的影响进行了系统的仿真研究, 得到了全面系统的研究结果, 其中包括局域低寿命区在二极管中的位置不同和局域低寿命区中复合中心能级在禁带中的位置不同对快恢复二极管的反向恢复时间(t_{rr})、反向恢复软度因子(S)、正向压降(V_F)、漏电流(I_R)等各个单项性能的影响, 以及对 t_{rr} - S 、 t_{rr} - V_F 和 t_{rr} - I_R 等各项性能综合折衷的影响. 这些结果对高速功率器件寿命工程研究和器件制造工程都有重要的参考价值.

关键词: 局域寿命控制; 参数折衷; 轴向位置; 复合中心能级位置

EEACC: 2550; 2560 **PACC:** 6170; 6180; 7155

中图分类号: TN31 **文献标识码:** A **文章编号:** 0253-4177(2003)05-0520-08

1 引言

作为功率开关器件, 高压快恢复二极管(FRD)的最重要的性能参数是反向恢复时间(t_{rr}). 为了减小 t_{rr} , 长期以来是采用扩金、扩铂、电子辐照等技术来降低器件中过剩载流子寿命, 这被称为寿命控制或寿命工程. 但这些技术都是在二极管中大范围甚至是整体均匀地引入复合中心, 它在降低 t_{rr} 的同时, 也显著地增大了二极管的漏电流(I_R)和正向压降(V_F), 使二极管在电路中静态功耗增大. 随着电力电子技术中工作频率的日益提高, 必须追求更短的 t_{rr} , 它造成的 I_R 、 V_F 变劣更加严重而难以接受. 近年来特别关注一种新的寿命控制技术——局域寿命控制技术. 它是有选择地只在垂直于 pn 结结面方向(以下称为轴向)上一定深度处的一个很小的距离内, 引入局域区域的高密度复合中心(在平行于 pn 结结面方向上复合中心密度是均匀的), 形成一个具有一定厚度的片状局域低寿命区. 例如, 用质子或氦

离子进行离子注入, 在不同能量时就会在不同深度处(射程末端附近)产生高密度缺陷, 从而形成局域低寿命区^[1,2](以下简称 L³R, local low lifetime region). L³R 的轴向空间位置和引入的复合中心能级位置都对 FRD 的性能参数和参数间的折衷具有很大影响, 其中, L³R 轴向空间位置对 FRD 的性能参数和参数间的折衷的影响已有一些研究结果发表^[3-6].

以前的研究集中于 L³R 轴向位置及宽度对 FRD 性能的影响, 并且都是几个特定位置和宽度的相互比较, 并未见系统的研究结果. 此外 L³R 中复合中心能级位置与轴向空间位置联合作用对 FRD 性能影响尚未见有研究结果发表. 本文以仿真的方法, 全面系统地研究了 L³R 轴向空间位置和能级位置联合作用对 FRD 各项性能和性能折衷的影响, 得到了有价值的结果.

* 北京市自然科学基金(批准号: 4022004), 北京市教委(批准号: 2002KG009)资助项目

吴 鹤 男, 1976 年出生, 硕士研究生, 目前主要从事功率半导体器件的研究工作.

吴 郁 男, 1970 年出生, 副教授, 博士研究生, 目前主要从事功率半导体器件的研究和教学工作.

亢宝位 男, 1938 年出生, 博士生导师, 教授, 长期从事功率半导体器件的研究和教学工作.

2 仿真工具与模型选取

本研究所用仿真工具是国际广为流行的 Avanti 公司的 MEDICI, 它是二维器件仿真工具. 软件包中有很多应用模型可供 MEDICI 使用者选择. 按照本工作实际需要, 仿真时选取了以下应用模型: 通过

$$U_{SRH} = \frac{p n - n_{ic}^2}{\tau_p \left[n + n_{ic} \exp \left(\frac{ETRAP}{kT} \right) \right] + \tau_n \left[p + n_{ic} \exp \left(\frac{-ETRAP}{kT} \right) \right]} \quad (1)$$

式中 ETRAP 表示复合中心能级 E_i 与本征费米能级 E_i 的差, 即 $ETRAP = E_i - E_i$, 是可设定参数. 在计算中我们通过变化 ETRAP 值来研究复合中心能级位置对二极管性能的影响. 模型中的本征载流子浓度 n_{ic} 用 BGN 模型, 考虑了重掺杂效应.

由于多复合中心并存时不能使用 MEDICI 直接进行仿真, 本文只研究了单能级复合中心. 实际情况下可能会有多能级并存, 但研究单能级使我们对问题的物理本质的理解更清晰.

3 仿真结果与分析

3.1 仿真所用的器件结构参数

仿真以非穿通型二极管为例, 击穿电压大约为 1200V, 器件截面积为 1mm^2 , n^- 区掺杂浓度为 $1.32 \times 10^{14}\text{cm}^{-3}$, 宽度为 $130\mu\text{m}$, p^+ 区表面浓度为 $6 \times 10^{19}\text{cm}^{-3}$, 结深为 $60\mu\text{m}$, n^+ 区表面浓度为 $3 \times 10^{20}\text{cm}^{-3}$, 结深为 $60\mu\text{m}$, 其中低寿命区过剩载流子寿命设为 10ns , 宽度为 $10\mu\text{m}$, 起始位置设为 L , 其它区域过剩载流子寿命设为 $50\mu\text{s}$, 结构如图 1 所示.

3.2 局域低寿命区轴向位置和复合中心能级位置对二极管各个单项参数性能的影响

L^3R 轴向空间位置和复合中心能级位置都是影响二极管参数的关键因素. 当 L^3R 位置在轴向方向变化时, 器件各个参数也会有相应的变化, 其中有一个位置对于一个特定的参数是最优的. 目前已经有很多文献对这方面的内容进行了研究^[4-7], 但是这些工作都不完整, 或者是只对部分参数, 或者是只对少数几个轴向位置进行了对比研究, 而且都是在特定能级下进行研究的. 还没有人对 L^3R 复合中心能级位置对参数的影响进行研究, 本文用仿真的方法

复合中心复合的肖克莱-理德-霍尔复合模型 (SRH); 考虑了重掺杂时禁带变窄的禁带宽度模型 (BGN); 俄歇复合模型 (AUGER) 和隧穿模型 (R. TUNNEL); 考虑了掺杂浓度和温度影响的迁移率模型 (ARORA); 考虑了与电流方向平行的电场强度对迁移率影响的迁移率模型 (FLDMOB); 碰撞电离模型 (IMPACT. I). 其中 SRH 模型为:

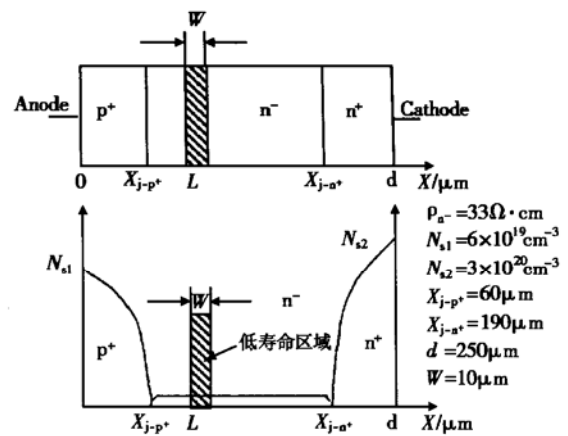


图 1 用于仿真的具有局域低寿命区的快恢复二极管结构示意图

Fig. 1 Schematic diagram of diode

对 L^3R 的轴向位置和复合中心能级位置对二极管各个参数性能的影响进行了全面系统的研究.

反向恢复时间是快恢复二极管的最重要参数, 它与 L^3R 的轴向位置和复合中心能级位置有密切关系. Avanti 软件中有电路模拟功能, 因此对反向恢复时间的仿真很方便. 仿真用的反向恢复时间的测试电路如图 2 所示, 测试条件为正向电流 2A , $di/dt = 15\text{A}/\mu\text{s}$, 典型反向恢复的波形如图 3 所示. 仿

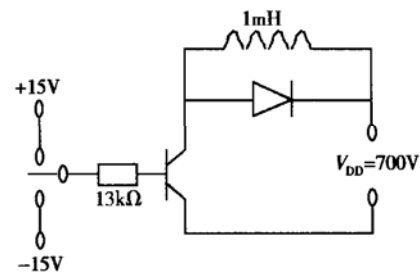


图 2 二极管开关特性仿真中所用的电路图

Fig. 2 Circuit used in simulation for switch property of diode

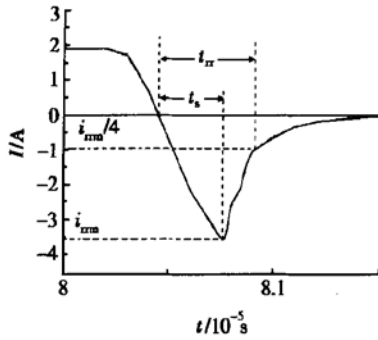


图 3 典型反向恢复时间的波形

Fig. 3 Typical waveform of reverse recovery time

真结果如图 4 所示. 从图中可以看出, 在各个特定能级的情况下, 与其他仿真位置相比, L^3R 轴向位置位于 pn 结附近时 ($L = 65\mu\text{m}$), 反向恢复时间最小. 二极管的反向恢复过程是过剩载流子的抽取和复合的

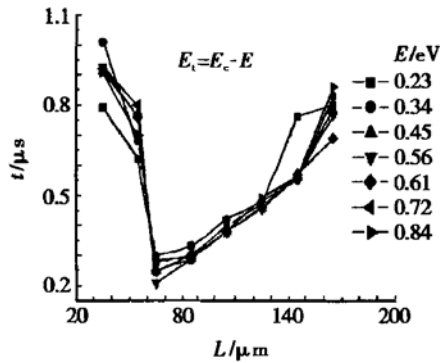


图 4 L^3R 的轴向位置不同和 L^3R 中复合中心能级位置不同对反向恢复时间的影响

Fig. 4 Influence of different axis locations of L^3R and different location of the recombination center level in the energy gap in L^3R on the reverse recovery time

过程, 从器件本身参数考虑, 缩短少子寿命是减小反向恢复时间的有效方法, 因此少子的复合对减小 t_{rr} 起主要作用. 图 5 显示的是没有低寿命区情况下反向关断前载流子在基区的分布, 从图中可以看出, 电子和空穴在基区的浓度远远大于本征载流子浓度 n_i . 为了便于分析, 设定低寿命区能级位置位于禁带中央, 则复合率的公式((1)式)可简化为

$$U = \frac{np}{\tau_p n + \tau_n p} \quad (2)$$

图 6 显示了低寿命区在基区不同位置上时 L^3R 中复合率的变化, 可以看出, 低寿命区越接近 pn 结, 复合率越大, 因此反向恢复时间越小. 同时在器件

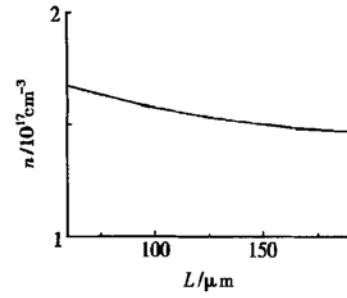


图 5 没有低寿命区情况下, 反向关断前载流子在基区的分布

Fig. 5 Carrier concentration in the n^- region which on L^3R in diode before turn off

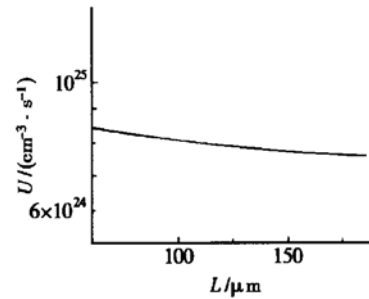


图 6 L^3R 位于基区中不同轴向位置时 L^3R 中复合率在基区中的变化

Fig. 6 Rate of recombination in L^3R in n^- base region when L^3R in different location

中, 空穴的迁移率小, 寿命也比电子长, 所以空穴的抽取和复合就决定了反向恢复时间的大小. 图 7 显示的是 L^3R 位于不同轴向位置时反向关断前空穴在基区的分布. 二极管在反向恢复过程中, 空穴从 n 区向 p 区移动, 经过低寿命区时与电子复合, 当低寿命区位于 n^- 区中时, 低寿命区左侧靠近 p 区这一部分区域中的空穴不经过低寿命区复合, 只是被抽取走, 而低寿命区右侧的空穴在关断过程中都要经过低寿命区进行复合. 在仿真的各种情况中, 当低寿命区位于 $L = 65\mu\text{m}$ 时, 这时 n^- 区中空穴经过低寿命区进行复合的量最多, 因此低寿命区在这个位置上时二极管的反向恢复时间较小. 随着低寿命区远离 pn 结, 不经过低寿命区进行复合的空穴越来越多, 因此反向恢复时间越来越大. 当低寿命区在某一特定位置上而复合中心能级位置变化时, 可以看到反向恢复时间的最小值发生在复合中心能级位于禁带中心附近, 这是因为禁带中央的深能级是最有效的复合中心. 随着能级位置远离禁带中心, 反向恢复时间变大.

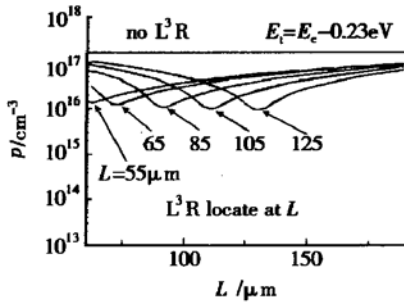


图 7 L³R 位于不同轴向位置时反向关断前空穴在基区的分布

Fig. 7 Hole concentration in the n⁻ region where L³R different location before turn off

软度因子(S)也是非常重要的参数. 在仿真反向恢复时间的同时, 也可以得到软度因子, 本文所取软度因子的计算方法为

$$S = (t_{rr} - t_s) / t_s \quad (3)$$

其中 t_s 为存储时间, 各符号含义见图 3. 如果软度比较小(即所谓的硬恢复), 很容易造成反向恢复过程中的电压过冲, 而造成器件的击穿以及电磁辐射大等一系列问题. 图 8 是 L³R 轴向位置和复合中心能级位置对 S 的影响的仿真结果. 从图中可以看出, 在特定能级下, 低寿命区域位于 n⁻ 区中时 S 大致都相同, 而位于 pn 结两侧边缘附近时 S 较大, 尤其以位于 p⁺ 区这侧边缘时更大. 这是因为当低寿命区位于 p⁺ 区时, 减小了 p⁺ 区的载流子浓度, 使得该区的注入效率降低, 从而使软度变大. 在考虑复合中心不同能级位置的情况下, 从图中可以看出, 对于所取的 8 个能级, 能级位置处于导带下 0.34eV 时, 软度有最大值, 几乎接近于 7, 这是非常有利的.

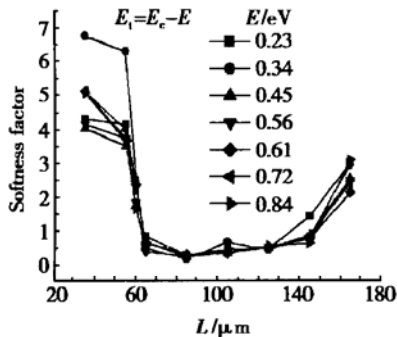


图 8 L³R 轴向位置不同和复合中心能级位置不同对软度的影响

Fig. 8 Influence of different axis locations of L³R and different location of the recombination center level in the energy gap in L³R on the softness

正向压降(V_F)是二极管另一个重要参数. 图 9 是 L³R 轴向位置不同和复合中心能级位置不同对正向压降的影响, 测试条件为 $I_F = 1A/mm^2$. 从图中

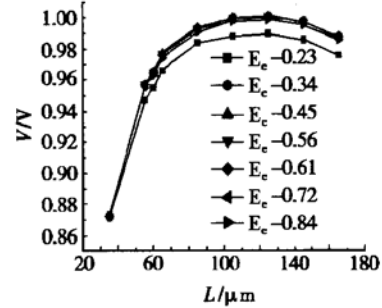


图 9 L³R 轴向位置不同和复合中心能级位置不同对正向压降的影响

Fig. 9 Influence of different axis locations of the L³R and different locations of the recombination center level in the energy gap in the L³R on the forward voltage drop

可以看出, 在考虑复合中心能级位置变化的情况下, 其变化基本对正向导通电压没有什么影响, 只是导带下 0.23eV 情况下有一点下降, 下降最大幅度也只有 0.011V. 在固定能级下, L³R 位于 p⁺ 区 $L = 35\mu m$ 处, 与其它位置时相比, 正向压降最小, 当 L³R 位于 n⁻ 区的中心位置时, 正向导通电压有最大值. 图 10 显示了在导通状态下, L³R 在不同轴向位置上时 n⁻ 区内的载流子浓度分布. 从图中可以看出, 当

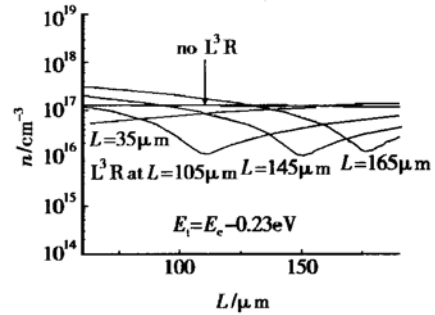


图 10 开通状态下, 低寿命区在不同轴向位置上时 n⁻ 区内的载流子浓度分布

Fig. 10 Carrier concentration in the n⁻ region while L³R in different location during the ON state

L³R 位于三个不同的位置时, 与没有低寿命区时相比, 载流子浓度分布都有一定的变化. 而当 L³R 位于 n⁻ 基区中心位置时, 与没有低寿命区时相比, 载流子浓度分布变化较大, 即对电导调制的影响较大,

削弱了电导调制的效果,因此正向压降值较大.而当 $L = 35\mu\text{m}$ 时,对载流子分布的影响较小,因此,在这个位置上正向压降值比较小,这个结论与文献[4]的结论是不一致的.文献[4]的结果指出,低寿命区域的轴向位置位于 n^- 区中心时,正向压降有最小值,当低寿命区位于 pn 结附近时有最大值.经验证明,两种仿真结果不同的原因可能是在设定低寿命区以外区域的载流子寿命上不同造成的,文献[4]设定器件中 L^3R 区之外的寿命为 200ns ,这相当于在做局域寿命控制之前,已经进行了整体寿命控制(如电子辐照),而本文中 L^3R 以外区域的寿命设定为 $50\mu\text{s}$,这相当于 L^3R 以外未进行过寿命控制的情况,也就是更为普遍的情况.

漏电流也是二极管的一个重要参数,其大小直接影响到关断状态下功耗的大小,因此一般功率快恢复二极管都要求漏电流尽可能地小.如果在器件中不引入深能级复合中心,漏电流会很小,但要想提高反向恢复时间,就必须引入深能级杂质,因此研究 L^3R 在二极管中轴向位置的变化以及复合中心能级位置的变化对漏电流的影响就很重要.图 11 给出了 L^3R 不同轴向位置和不同复合中心能级位置对高温漏电流影响的情况,温度为 300K ,测试条件

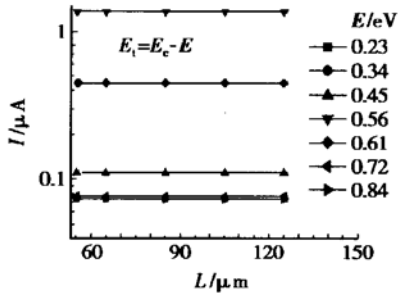


图 11 L^3R 不同轴向位置和不同复合中心能级位置对高温漏电流影响
Fig. 11 Influence of different axis locations of L^3R and different location of the recombination center level in the energy gap in L^3R on the high temperature leakage current

为反向电压 820V .从图中可以看出,在特定能级位置,局域低寿命区域位置从 $55\mu\text{m}$ 处到 $140\mu\text{m}$ 之间时,漏电流是恒定的. $52\sim 140\mu\text{m}$ 之间的范围是耗尽区范围(见图 12), L^3R 位于这个范围之外时,漏电流急剧减小.二极管在反向偏置时,空间电荷区对载流子进行抽取,同时复合中心变为产生中心,因此

反向漏电流包括反向扩散电流和产生电流,因为在常温下扩散电流远远小于产生电流,因此反向漏电流以产生电流为主.产生电流的计算公式^[8]如下:

$$I_{sc} = \frac{qAWn_i}{\tau_{sc}} \quad (4)$$

$$\tau_{sc} = \tau_{p0}\exp\left[\frac{E_i - E_i}{kT}\right] + \tau_{n0}\exp\left[\frac{E_i - E_i}{kT}\right] \quad (5)$$

式中 W 为耗尽区宽度; A 为管芯面积.因为在固定反向电压下耗尽区宽度是一致的,因此低寿命区不论在耗尽区什么位置,产生电流都是恒定的.在能级位置不同的情况下,能级位于禁带中心时,此时的复合中心是最有效的复合中心,其漏电流最大,比位于导带下 0.23eV 和价带上 0.28eV 时大了一个数量级.随着能级位置远离禁带中心,漏电流也逐渐减小.

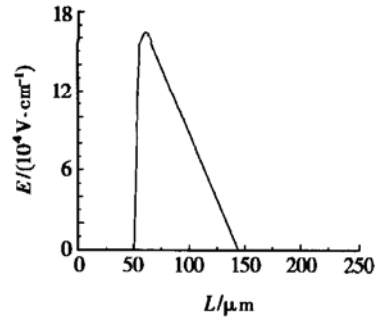


图 12 820V 时二极管电场强度分布
Fig. 12 Electrical field distribution of diode when reverse voltage being 820V

3.3 局域低寿命区位置和能级对二极管各个参数之间折衷的影响

高频电力电子技术中使用的快恢复二极管最重要的性能要求是 t_{rr} 要小,因为 t_{rr} 太大不仅增加二极管自身功耗,而且还增加电路中其他元件(如 IGBT)的功耗.除 t_{rr} 小外,其他主要性能要求还有:反向漏电流 I_r 小(减小关断状态下功耗),正向压降 V_F 小(减小导通状态下功耗)和反向恢复的软度 S 大(减小瞬时感生的电压脉冲)等.几十年来,寿命控制技术的中心问题就是如何能获得这些参数间的良好折衷,而不是追求单一参数的最优.局部寿命控制技术是能够获得这些参数很好折衷的最新的有力手段.当 L^3R 位于一个特定的轴向位置时,这些参数之间的折衷能有最好的效果. L^3R 中复合中心能级位置也会对参数的折衷有很大的影响.本节将对这些参数的折衷进行研究.

现定义以下特征参数分别表示参数间三种不同折衷的优势:

$$M_1 = \frac{S}{t_{rr}}, M_2 = \frac{1}{t_{rr}V_F}, M_3 = \frac{1}{t_{rr}I_R}$$

显然, 对 M_1 、 M_2 、 M_3 的要求都是越大越好.

图 13 显示了 L^3R 在不同轴向位置和不同复合中心能级位置时对特征参数 M_1 的影响. 从图中首先看到, 采用局域寿命控制技术后, M_1 值比没有采用局域寿命控制技术时大了很多. 在特定能级下, 与仿真的其他位置相比, 当 L^3R 位于 pn 结上时 ($L = 55\mu\text{m}$), M_1 值最大, 当复合中心能级位置变化时, 与仿真的其他能级位置相比, 只有复合中心能级位置位于导带下 0.34eV 时, M_1 有最大值. 这是因为在特定能级位置下, L^3R 位于 pn 结上时 ($L = 55\mu\text{m}$), 反向恢复时间较小, 而软度较大. 因此可以得到这样的结论, 当 L^3R 位于 pn 结 ($L = 55\mu\text{m}$) 附近, 且引入的复合中心能级位置位于导带下 0.34eV 时, 反向恢复时间和软度的折衷较好.

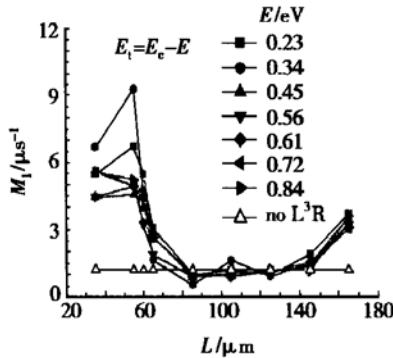


图 13 L^3R 不同轴向位置和不同复合中心能级位置对特征参数 $M_1 (= S/t_{rr})$ 的影响

Fig. 13 Influence of different axis locations of L^3R and different location of the recombination center level in the energy gap in L^3R on the M_1

图 14 显示了 L^3R 位于不同轴向位置和不同复合中心能级位置对特征参数 M_2 的影响. 从图中可以看出, 在特定能级下, 与仿真的其它位置相比, 当 L^3R 位于 $65\mu\text{m}$ 时, M_2 有最大值, 当复合中心能级位置变化时, 只有复合中心能级位置位于禁带中心时, 与仿真的其它能级位置相比, M_2 有最大值, 这是因为当能级位置位于禁带中心时, 反向恢复时间有最小值, 而正向导通电压基本不随能级位置的变化而变化, 因此可以得出结论, 当 L^3R 位于 n^- 区靠近 pn 结且复合中心能级位置位于禁带中心时, 反向恢

复时间和正向压降之间的折衷较好.

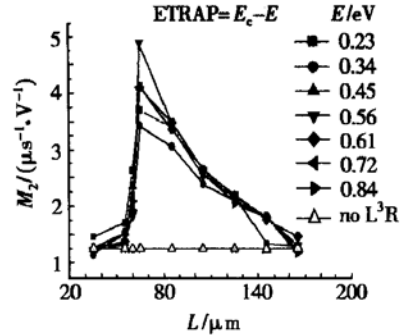


图 14 L^3R 不同轴向位置和不同复合中心能级位置对特征参数 M_2 的影响

Fig. 14 Influence of different axis locations of L^3R and different location of the recombination center level in the energy gap in L^3R on the M_2

作为二极管最重要的两个参数, 反向恢复时间和漏电流之间的冲突最为明显, 因此这两者之间的折衷最为关键. 在以往的文献中^[4,5,7], 一般都回避这个问题, 未见有研究这两者之间的折衷的文章发表. 本文详细地研究了这个问题. 图 15 显示了 L^3R 在不同轴向位置和不同复合中心能级位置时对特征参数 M_3 的影响. 从图中可以看出, 在特定能级下,

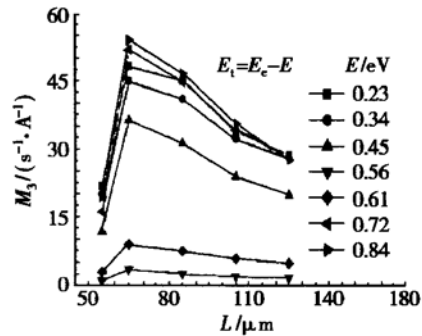


图 15 L^3R 不同轴向位置和不同复合中心能级位置对特征参数 M_3 的影响

Fig. 15 Influence of different axis locations of L^3R and different location of the recombination center level in the energy gap in L^3R on the M_3

与仿真的其它位置相比, 当 L^3R 位于 $L = 65\mu\text{m}$ 处时, M_3 值最大. 考虑复合中心能级位置变化的情况, 当能级位置处于导带下大约 0.4eV 到价带上 0.4eV 之间时, 不论低寿命区域位于二极管耗尽区的什么位置, M_3 的值都很小, 因此在追求反向恢复时间和高温漏电流的最佳折衷时, 所引入的复合中

心的能级位置不能位于导带下大约 0.4eV 到价带上 0.4eV 之间. 在此范围之外的已仿真的其他能级中, 当复合中心能级位置位于导带下 0.84eV (即价带上 0.28eV) 时, M_3 值最大. 因此可以得出结论, 当 L^3R 位于 $85\mu\text{m}$ 左右且复合中心能级位置位于导带下 0.84eV 时, 反向恢复时间和高温漏电流之间折衷较优.

4 结论

局域寿命控制技术作为提高二极管性能的新兴技术已变得越来越受到关注, 和以往的寿命工程(掺铂、掺金、电子辐照)相比, 该技术能够对器件参数之间的折衷起到很好的效果. 本文全面系统地仿真了 L^3R 不同轴向位置和不同复合中心能级位置对二极管各个单项参数以及各个参数之间的折衷结果的影响. 仿真结果表明, 对于本文所仿真的耐压 1200V 左右的高压 $p^+n^-n^+$ 二极管, 在仿真的各种情况中, 当 L^3R 位于 pn 结 ($L = 55\mu\text{m}$) 附近, 且引入的复合中心能级位置位于导带下 0.34eV 时, t_{rr} 和 S 的折衷较好; 当 L^3R 位于 $L = 65\mu\text{m}$ 时且复合中心能级位置位于禁带中心时, t_{rr} 和压降 V_F 之间的折衷较好; 当 L^3R 位于 $85\mu\text{m}$ 时且复合中心能级位置位于导带下 0.84eV 时, t_{rr} 和高温漏电流 (I_R) 之间的折衷较好.

以上的研究结果对指导局域寿命控制技术的发展具有参考价值. 尤其随着技术的发展和进步, 局域寿命控制技术将不再局限于氢、氦离子注入, 还可能会有其他更好的局域深能级杂质引入技术出现, 因此本文对复合中心能级位置对参数性能的影响的研究就更加有意义, 可以用于指导局域寿命控制技术

的更新, 对今后的研究有很大的参考价值.

致谢 感谢 Avanti 公司提供 TCAD 仿真工具.

参考文献

- [1] Hazdra P, Vobecky J, Galster N, et al. A new degree of freedom in diode optimization: arbitrary axial lifetime profiles by means of ion irradiation. Proceedings ISPSD'2000, 2000: 123
- [2] Silber D, Nowak W K, Wondrak S. Improved dynamic properties of GTO-thyristors and diodes by proton implantation. IEDM 85, 1985: 162
- [3] Hazdra P, Brand K, Rubes J, et al. Local lifetime control by light ion irradiation: impact on blocking capability of power P-i-N diode. Microelectron J, 2001, 32: 449
- [4] Napoli E, Strollo A G, Spirito P. Numerical analysis of local control for high-speed low-loss P-i-N diode design. IEEE Trans Power Electron, 1999, 14(4): 615
- [5] Vobecky J, Hazdra P, Homola J. Optimization of power diode characteristics by means of ion irradiation. IEEE Trans Electron Devices, 1996, 43(12): 2283
- [6] Hazdra P, Vobecky J. Accurate simulation of fast ion irradiated power devices. Solid-State Electron, 1994, 37(1): 127
- [7] Hazdra P, Vobecky J, Brand K. Optimum lifetime structure in silicon power diodes by means of various irradiation techniques. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, 2002, 186: 414
- [8] Jayant B B. Modern power devices. John Wiley & Sons, Inc, 1987
- [9] Lorenz L. Trends in power integration state-of-the art and future. International Conference on Power Electronics 2002 (PCIM Shanghai), 2002: 1
- [10] MEDICI User Guide. Technology Modeling Associates, Inc., Palo Alto, CA, 1993

Simulation of Power Fast Recovery Diodes Using Local Lifetime Controlling Technique*

Wu He, Wu Yu, Kang Baowei and Jia Yunpeng

(Department of Electronic Science & Technology, Beijing Polytechnic University, Beijing 100022, China)

Abstract: The influence of parameters of the local low-lifetime region on the performance of fast recovery silicon power diodes is simulated. Comprehensive and systematic results are obtained, including the influence of different locations of the low-lifetime region in the diode and the different locations of the recombination center level in the energy gap on the following separate factors: reverse recovery time (t_{rr}), reverse recovery softness factor (S), forward voltage drop (V_F), and high temperature leakage current (I_R). Furthermore, the influence of the parameters of the local low-lifetime region on the tradeoff between t_{rr} and S , t_{rr} and V_F , t_{rr} and I_R is also studied. These results have an important reference value on the research of the lifetime engineering for high-speed power device and device manufacture engineering.

Key words: local lifetime control; tradeoff; axis location; location of recombination center level in energy gap

EEACC: 2550; 2560 **PACC:** 6170; 6180; 7155

Article ID: 0253-4177(2003)05-0520-08

* Project supported by National Science Foundation of Beijing (No. 4022004), Beijing Municipal Education Commission (No. 2002KG009)

Wu He male, was born in 1976, postgraduate student. His research interests are in power semiconductor devices.

Wu Yu male, was born in 1970, associate professor. His research interests are in power semiconductor devices and IC's.

Kang Baowei male, was born in 1938, professor. His research interests are in power semiconductor devices and high speed devices.

Received 20 July 2002, revised manuscript received 10 October 2002

©2003 The Chinese Institute of Electronics