

# SOI 基双级 RESURF 二维解析模型 \*

郭宇锋 方 健 张 波 李泽宏 李肇基

(电子科技大学 IC 设计中心, 成都 610054)

**摘要:** 提出了 SOI 基双级 RESURF 二维解析模型. 基于二维 Poisson 方程, 获得了表面电势和电场分布解析表达式, 给出了 SOI 的双级和单级 RESURF 条件统一判据, 得到 RESURF 浓度优化区 (DOR, doping optimal region), 研究表明该判据和 DOR 还可用于其他单层或双层漂移区结构. 根据此模型, 对双级 RESURF 结构的降场机理和击穿特性进行了研究, 并利用二维器件仿真器 MEDICI 进行了数值仿真. 以此为指导成功研制了耐压为 560V 和 720V 的双级 RESURF 高压 SOI LDMOS. 解析解、数值解和实验结果吻合得较好.

**关键词:** SOI; 双极 RESURF; 击穿电压; 模型

EEACC: 2560B; 2560P

中图分类号: TN386 文献标识码: A 文章编号: 0253-4177(2005)04-0764-06

## 1 前言

击穿电压和导通电阻之间的矛盾是半导体功率器件中最主要的矛盾之一. 采用单级 RESURF (single reduce surface field) 技术虽然可以提高击穿电压, 但必须保证足够低的漂移区浓度以使外延层全部耗尽<sup>[1,2]</sup>. 研究表明高掺杂的漂移区将使  $p^+n$  结电场过早达到临界值而使击穿电压降低<sup>[3,4]</sup>. 为此, 人们发展了一种新的高压低导通电阻设计技术——双级 RESURF 技术 (double RESURF)<sup>[5~9]</sup>, 其特点是在单级 RESURF 结构的漂移区表面引入导电类型相反的高掺杂区, 以降低表面电场, 改善击穿特性, 因此该技术又称为降场层技术<sup>[8]</sup>. 当前人们对双级 RESURF 技术从数值仿真和实验研制两方面进行了大量研究<sup>[5~9]</sup>. 结果表明, 该技术可以在提高漂移区浓度两倍时仍能保持较高的耐压, 从而获得击穿电压和导通电阻的良好折中<sup>[8,9]</sup>. 但是关于双级 RESURF 理论模型的研究近 20 年来进展缓慢, 迄今人们普遍采用的仍是基于 Appels 等人在研究外延型体硅器件时提出的一维模型<sup>[1,2,9]</sup>. 然而由于 RESURF 结构的纵向电场和横向电场存在强烈的耦合作用, 采用简单的一维分析很难准确地揭示 RESURF 效应的物理机制. 尤其对于 SOI 基器件而言, 由于埋氧层阻止了耗尽区向衬底扩展, 使 SOI

层的二维电场分布和体硅器件有很大不同<sup>[10,11]</sup>, 其 RESURF 机理更具特殊性, 建立其二维模型显得尤为必要.

本文通过分区求解二维 Poisson 方程, 得到了 SOI 基双级 RESURF 结构的表面电势和电场分布解析模型, 进而导出了新的双级 RESURF 判据, 该判据综合考虑了纵向和横向电场的相互作用以及埋氧层厚度的影响. 建立了 RESURF 浓度优化区 (DOR, doping optimal region), 并探讨了其在其他单层或双层漂移区结构中的适用性. 然后利用该模型和二维器件仿真器 MEDICI, 研究了  $p$ -top 结构参数和耐压的关系, 并以此为指导, 成功研制了耐压为 560V 和 720V 的 SOI 基双级 RESURF 高压 LDMOS. 解析、仿真和实验的一致性验证了模型的正确性.

## 2 模型

图 1 是一个典型的双级 RESURF SOI 高压二极管,  $n^-$  型漂移区施主浓度为  $N_D$ , 长度为  $L_d$ , SOI 层厚度为  $t_s$ , 介电常数是  $\epsilon_s$ , 埋氧层厚度为  $t_{ox}$ , 介电常数为  $\epsilon_{ox}$ ,  $p$ -top 层平均受主浓度为  $P_{top}$  (由于  $p$ -top 层通常为注入形成, 其纵向分布是高斯分布, 为简化分析本文用平均浓度代替<sup>[9]</sup>), 结深为  $t_{top}$ , 长度为

\*国家自然科学基金资助项目 (批准号: 60276040)

郭宇锋 男, 1974 年出生, 博士研究生, 研究方向为 SOI 功率器件设计与建模. Email: guoyufeng@sina.com

2004-05-22 收到, 2004-09-19 定稿

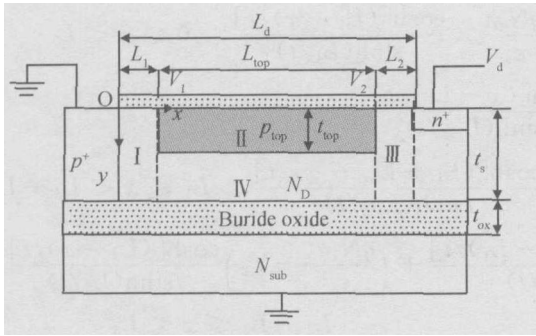


图 1 SOI 双级 RESURF 结构示意图

Fig. 1 Cross section of SOI double RESURF device

$L_{top}$ , 距  $p^+n$  结和  $n^+n$  结距离分别为  $L_1$  和  $L_2$ . 沿  $p$ - $top$  区边界把漂移区分成 I, II, III, IV 四个区. 在器件反偏漂移区全耗尽时, 各区电势满足二维 Poisson 方程:

$$\frac{\partial^2 \phi_i(x, y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi_i(x, y)}{\partial y^2} = - \frac{qN_i}{s}, \quad i = I, II, III, IV \quad (1)$$

边界条件为

$$\frac{\partial \phi_i(x, y)}{\partial y} \Big|_{y=0} = 0, \quad i = I, II, III, IV \quad (2)$$

$$\frac{\partial \phi_i(x, y)}{\partial y} \Big|_{y=t_s} = - \frac{\phi_i(x, t_s) - \phi_i(x, t_s + t_{ox})}{Kt_{ox}}, \quad i = I, II, III, IV \quad (3)$$

$$(L_1, 0) = (L_1, 0) = V_1, \quad \frac{\partial \phi_i(L_1, y)}{\partial x} \Big|_{y=0} = \frac{\partial \phi_i(L_1, y)}{\partial x} \Big|_{y=0} \quad (4)$$

$$(L_d - L_2, 0) = (L_d - L_2, 0) = V_2, \quad \frac{\partial \phi_i(L_d - L_2, y)}{\partial x} \Big|_{y=0} = \frac{\partial \phi_i(L_d - L_2, y)}{\partial x} \Big|_{y=0} \quad (5)$$

$$\phi_i(x, t_{top}) = \phi_i(x, t_{top}), \quad \frac{\partial \phi_i(x, t_{top})}{\partial y} = \frac{\partial \phi_i(x, t_{top})}{\partial y} \quad (6)$$

$$\phi_i(x, 0) = \begin{cases} \left[ V_1 - \frac{qN_D t^2}{s} \right] \frac{\sinh(x/t)}{\sinh(L_1/t)} - \frac{qN_D t^2}{s} \times \frac{\sinh[(L_1 - x)/t]}{\sinh(L_1/t)} + \frac{qN_D t^2}{s}, & 0 \leq x < L_1 \\ \left[ V_2 - \frac{q(N_D - P_{top}) t^2}{s} \right] \frac{\sinh[(x - L_1)/t]}{\sinh(L_{top}/t)} - \left[ \frac{q(N_D - P_{top}) t^2}{s} - V_1 \right] \frac{\sinh[(L_1 + L_{top} - x)/t]}{\sinh(L_{top}/t)} + \frac{q(N_D - P_{top}) t^2}{s}, & L_1 \leq x < L_d - L_2 \\ \left[ V_d - \frac{qN_D t^2}{s} \right] \frac{\sinh[(x - L_{top} - L_1)/t]}{\sinh(L_2/t)} - \left[ \frac{qN_D t^2}{s} - V_2 \right] \frac{\sinh[(L_d - x)/t]}{\sinh(L_2/t)} + \frac{qN_D t^2}{s}, & L_d - L_2 \leq x \leq L_d \end{cases} \quad (13)$$

$$(0, 0) = 0, \quad (L_d, 0) = V_d \quad (7)$$

其中  $N = N = N = N_D; N = N_D - P_{top}; K = s/ox$ . (2) 式考虑了表面纵向电场远小于横向电场<sup>[12,13]</sup>, (3) 式是基于 SOI 层和埋氧层界面上电位移的连续性, 假定埋氧层  $y$  方向电场为均匀分布<sup>[3,4]</sup>. (4), (5) 和 (6) 式分别表示 I, II, III 和 IV 区界面上电场和电势的连续性, (7) 式是外加电压. 由于  $pn$  结内建势和衬底电压降远远小于外加电压, 在大尺寸高压器件建模中通常将其忽略<sup>[3,12,13]</sup>.

将 SOI 层电势沿  $y$  方向进行 Taylor 展开, 取前三项做为其近似<sup>[12,13]</sup>, 可得

$$\phi_i(x, y) = \phi_i(x, 0) + \frac{\partial \phi_i(x, 0)}{\partial y} y + \frac{\partial^2 \phi_i(x, 0)}{2\partial y^2} y^2, \quad i = I, II, III, IV \quad (8)$$

$$\phi_i(x, y) = \phi_i(x, t_{top}) + \frac{\partial \phi_i(x, t_{top})}{\partial y} (y - t_{top}) + \frac{\partial^2 \phi_i(x, t_{top})}{2\partial y^2} (y - t_{top})^2 \quad (9)$$

把 (8) 和 (9) 式代入 (1), (2) 式, 可获得表面电势满足微分方程

$$\frac{\partial^2 \phi_i(x, 0)}{\partial x^2} - \frac{\phi_i(x, 0)}{t^2} = - \frac{qN_D}{s}, \quad \frac{\partial^2 \phi_i(x, 0)}{\partial x^2} - \frac{\phi_i(x, 0)}{t^2} = - \frac{q(N_D - P_{top})}{s} \quad (10)$$

其中  $t$  和  $t'$  分别为特征厚度和  $p$ - $top$  结深因子, 可通过下式计算

$$t = \sqrt{0.5 t_s^2 + K t_s t_{ox}} \quad (11) \\ = 1 - [0.5(t_s - t_{top})^2 + K(t_s - t_{top}) t_{ox}] / t^2 \quad (12)$$

在边界条件 (2) ~ (7) 下解方程 (10), 可得到双级 RESURF 结构表面电势和电场分布分别为

$$E(x, 0) = / E_x(x, 0) / = \begin{cases} \left[ V_1 - \frac{qN_D t^2}{s} \right] \frac{\cosh(x/t)}{t \sinh(L_1/t)} + \frac{qN_D t}{s} \times \frac{\cosh[(L_1 - x)/t]}{\sinh(L_1/t)}, & 0 < x < L_1 \\ \left[ V_2 - \frac{q(N_D - P_{top})/t^2}{s} \right] \frac{\cosh[(x - L_1)/t]}{t \sinh(L_{top}/t)} + \\ \left[ \frac{q(N_D - P_{top})/t^2}{s} - V_1 \right] \frac{\cosh[(L_1 + L_{top} - x)/t]}{t \sinh(L_{top}/t)}, & L_1 < x < L_d - L_2 \\ \left[ V_d - \frac{qN_D t^2}{s} \right] \frac{\cosh[(x - L_{top} - L_1)/t]}{t \sinh(L_2/t)} + \left[ \frac{qN_D t^2}{s} - V_2 \right] \frac{\cosh[(L_d - x)/t]}{t \sinh(L_2/t)}, & L_d - L_2 < x < L_d \end{cases} \quad (14)$$

其中  $V_1$  和  $V_2$  是 p-top 垂直界面处的表面电势, 可以通过求解下面矩阵方程得到.

$$\begin{pmatrix} \text{cth}(L_{top}/t) + \text{cth}(L_1/t) & -\text{csch}(L_{top}/t) \\ -\text{csch}(L_{top}/t) & \text{cth}(L_{top}/t) + \text{cth}(L_2/t) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \text{th}(0.5L_1/t) qN_D t^2 / s - \text{th}(0.5L_{top}/t) q(N_D - N_{top}) t^2 / s \\ \text{csch}(L_1/t) V_d - \text{th}(0.5L_{top}/t) q(N_D - N_{top}) t^2 / s + \text{th}(0.5L_2/t) qN_D t^2 / s \end{pmatrix} \quad (15)$$

值得指出的是, 上述电势和电场分布的解析表达式也可不加修改地应用于具有单层或双层漂移区的其他 SOI 器件. 如单级 RESURF 结构 ( $= 0$  或  $P_{top} = 0$ )<sup>[11]</sup>、双外延层结构 ( $L_1 = L_2 = 0$ )<sup>[14]</sup>、n 缓冲层结构 ( $0 < P_{top} < N_{D, Double}$ )<sup>[15]</sup> 和表面重掺杂结构 ( $P_{top} < 0$ )<sup>[13]</sup> 等. 限于篇幅这里只给出单级 RESURF 的表面电势和电场分布的简化形式:

$$V(x, 0) = \left[ V_d - \frac{qN_D t^2}{s} \right] \frac{\sinh(x/t)}{\sinh(L_d/t)} - \frac{qN_D t^2}{s} \times \frac{\sinh[(L_d - x)/t]}{\sinh(L_d/t)} + \frac{qN_D t^2}{s} \quad (16)$$

$$E(x, 0) = \left[ V_d - \frac{qN_D t^2}{s} \right] \frac{\cosh(x/t)}{t \sinh(L_d/t)} + \frac{qN_D t}{s} \times \frac{\cosh[(L_d - x)/t]}{\sinh(L_d/t)} \quad (17)$$

研究表明<sup>[3,7]</sup>, 当击穿同时发生在  $p^+n$  和  $n^+n$  结表面时横向击穿电压最高, 从而

$$E(0, 0) = E(L_d, 0) = E_c \quad (18)$$

其中  $E_c$  为硅的临界击穿电场.

把(14)和(17)式代入(18)式, 可得

$$(N_{D, Double} - P_{top}) t = N_{D, Single}^{max} t = \text{th}(0.5L_d/t) E_c s / q \quad (19)$$

这里为了不至于混淆, 用  $N_{D, Double}$  代替(14)式中的  $N_D$ , 而  $N_{D, Single}^{max}$  表示单级 RESURF 漂移区最优化浓度. (19)式定义了双级 RESURF 结构的电荷平衡优化条件, 表明为了提高耐压, 漂移区浓度和 p-top 层浓度必须满足一定的匹配条件. 同时该式也隐含了单级 RESURF 结构的浓度优化条件:

$$N_{D, Single} t = \text{th}(0.5L_d/t) E_c s / q \quad (20)$$

在漂移区长度足够长时 ( $L_d \gg t$ ), (19)式可获得进一步化简:

$$(N_{D, Double} - P_{top}) t = N_{D, Single}^{max} t = E_c s / q \quad (21)$$

为了对比, 我们把 Imam 等人对体硅器件在长漂移区时的研究结果表示为与(21)式类似的形式<sup>[9]</sup>, 可得

$$(N_{D, Double} - P_{top}) t_{epi} = N_{D, Single}^{max} t_{epi} = \sqrt{2} E_c s / q \quad (22)$$

其中  $t_{epi}$  是外延层厚度; 结深因子  $= t_{top} / t_{epi}$ .

比较(21)和(22)式可见, 由于电场分布的特殊性, SOI 的 RESURF 条件不能简单借用体硅器件的结论, 必须考虑埋氧层厚度  $t_{ox}$  的作用, 在漂移区较短时甚至要考虑漂移区长度的影响 (见(19)式).

### 3 讨论

为了验证模型的正确性, 图 2 和图 3 分别比较了不同外加电压下 SOI 双级 RESURF 结构的表面电势和电场的解析和仿真结果, 同时也给出了单级 RESURF 结构的相应结果. 可见解析解和仿真解吻合得较好, 而单级的结果稍优于双级. 这是由于双级 RESURF 结构表面多出两个 pn 结, 结曲率半径的影响使结附近电势函数偏离本文假设的抛物线分布, 此外 p-top 层的纵向杂质分布由高斯分布简化为均匀分布也带来了一定的误差. 由图 2 可见, 双级和单级 RESURF 结构的表面电势降最大位置分别位于  $n^+n$  结和  $p^+n$  结附近, 这表明前者的横向耐压主要由  $n^+n$  结承担而后者由  $p^+n$  结承担. 进一步由

图 3 可以看出, p-top 层的作用是把表面峰值电场从 p<sup>+</sup>n 结移向 n<sup>+</sup>n 结, 从而降低了高漂移区浓度时 p<sup>+</sup>n 结的高电场<sup>[3,4]</sup>, 有利于在实现高耐压的同时获得低导通电阻.

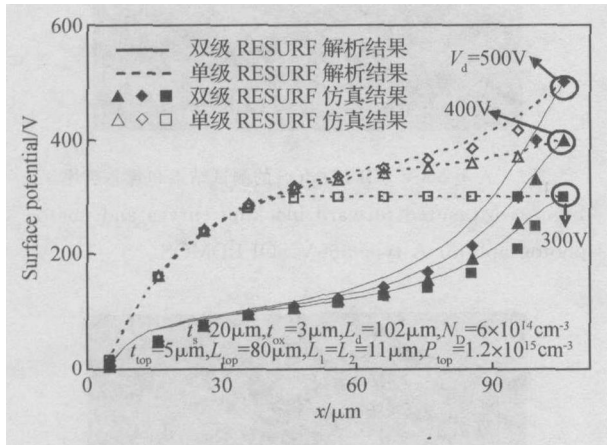


图 2 双级和单级 RESURF 的表面电势分布

Fig. 2 Profiles of surface potential of double and single RESURF devices

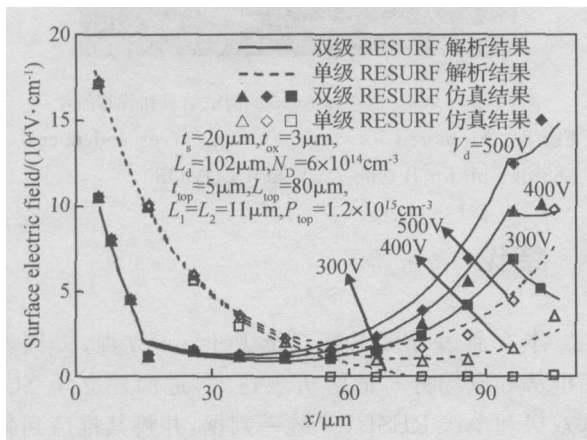


图 3 双级和单级 RESURF 的表面电场分布

Fig. 3 Profiles of surface electric field of double and single RESURF devices

图 4 和 5 分别给出了不同 p-top 结深和不同 p-top 浓度时, 漂移区浓度和击穿电压关系的数值仿真结果. 可见当  $N_D$  较低时, 击穿发生在 n<sup>+</sup>n 结, 击穿电压随  $N_D$  的提高而提高; 当  $N_D$  较高时, 击穿发生在 p<sup>+</sup>n 结, 击穿电压随  $N_D$  的提高而降低. 因此在  $N_D$  取最优值时, p<sup>+</sup>n 结和 n<sup>+</sup>n 结同时击穿, 耐压最高. 该最高击穿电压几乎不随 p-top 结深和浓度的变化而变化, 这与体硅器件类似<sup>[5,7]</sup>, SOI 双级 RESURF 结构也可以在不影响击穿特性的情况下大大提高漂移区最优浓度, 从而改善击穿电压和导通电

阻之间的矛盾. 若要获得更高击穿电压, 就必须采用 MR (multi-region) 或 VLD (varied linear doping) 技术<sup>[3,5]</sup>, 其理论分析更加复杂. 限于篇幅, 我们将另行著文详述.

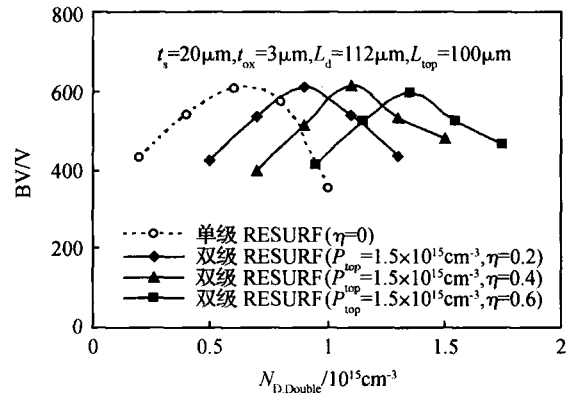


图 4 p-top 结深对漂移区浓度和击穿电压的优化关系的影响  
Fig. 4 Impact of junction thickness of p-top region on optimal relationship between drift region concentration and breakdown voltage

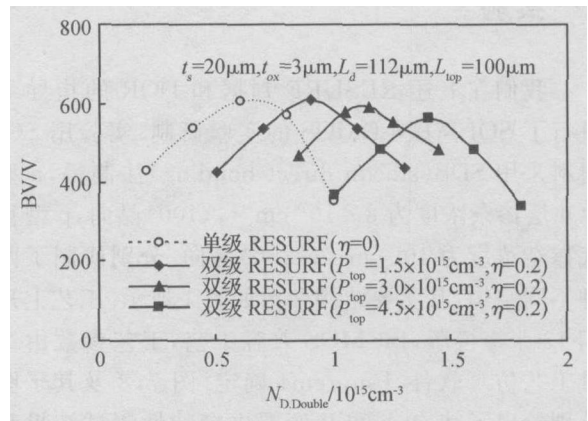


图 5 p-top 浓度对漂移区浓度和击穿电压的优化关系的影响  
Fig. 5 Impact of impurity doping of p-top region on optimal relationship between drift region concentration and breakdown voltage

图 6 给出了由 (19) 式得到的 RESURF 浓度优化区 DOR, 如图中阴影部分所示. 不同的阴影区域对应不同器件结构的 DOR. 第 1 区边界由  $\phi = 0$  和  $N_{D, Double} = N_{D, Single}^{max}$  给出, 在此区域  $N_{D, Double} < P_{top}$ , 对应于双级 RESURF 结构<sup>[6]</sup> 或双漂移区结构<sup>[14]</sup>. 第 2 区由  $\phi = 0$ ,  $\phi = 1$  和  $N_{D, Double} = N_{D, Single}^{max}$  围成, 此区  $N_{D, Double} > P_{top}$ , 低剂量 B 注入尚不足以改变表面的 n 型掺杂类型, 因此对应于表面轻掺杂或 n 缓冲层结构<sup>[15]</sup>. 第 3 区由  $\phi = 0$ ,  $\phi = 1$  和  $N_{D, Double} = 0$  围成,

对应于表面重掺杂结构<sup>[13]</sup>. 而对于单级 RESURF 结构由线段  $OH$  给出. 图中标出了图 3 的仿真结果和 Chung<sup>[13]</sup>, Fang<sup>[15]</sup> 等人的文献报道结果, 可见漂移区浓度和  $p\text{-top}$  浓度都落入了相应的窗口之中, 从而验证了解析模型的正确性.

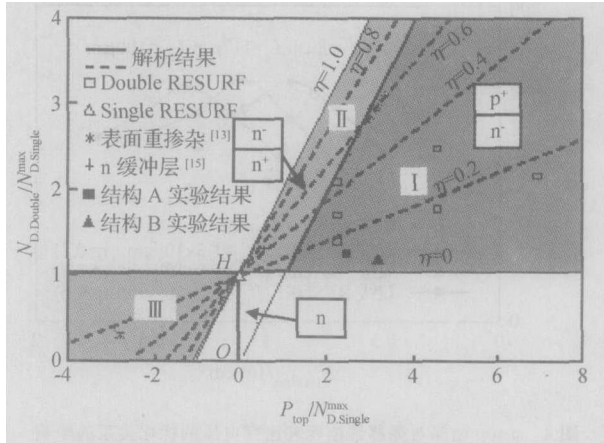


图 6 RESURF 浓度优化区

Fig. 6 RESURF doping optimal region

### 4 实验

我们在上述 RESURF 判据和 DOR 的指导下进行了 SOI 高压 LDMOS 的实验研制. 实验用 SOI 材料采用 SDB (silicon direct bonding) 法制得,  $n$  型 SOI 层掺杂浓度为  $8 \times 10^{14} \text{cm}^{-3}$ ,  $100^\circ$  晶向,  $p$  型衬底掺杂浓度为  $10^{15} \text{cm}^{-3}$ ,  $100^\circ$  晶向. 分别研制了两种不同结构, 其主要结构参数如表 1 所示. 工艺上采用 13 张掩模版, BiCMOS 兼容工艺, 工艺参数由二维工艺仿真软件 Tsuprem4 确定. 图 7, 8 及其子图分别给出了结构 A 和 B 源漏击穿特性测试结果和管芯照片, 其耐压分别为 560V 和 720V. 把从表 1 求得的归一化漂移区浓度和  $p\text{-top}$  浓度标入图 6 中, 可见它们都落入相应的 DOR 之中.

表 1 器件研制结构主要参数

Table 1 Main device parameters used in manufacture

结构参数	结构 A	结构 B
SOI 层厚度/ $\mu\text{m}$	20	25
埋氧层厚度/ $\mu\text{m}$	3	4
漂移区浓度/ $10^{14} \text{cm}^{-3}$	8.0	8.0
漂移区长度/ $\mu\text{m}$	102	155
$p\text{-top}$ 浓度/ $10^{15} \text{cm}^{-3}$	1.6	2.1
$p\text{-top}$ 结深/ $\mu\text{m}$	5	7

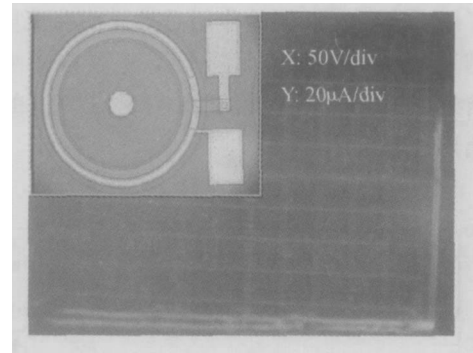


图 7 A 类 560V SOI LDMOS 的测试结果和管芯照片

Fig. 7 Measured forward blocking curves and micro-photograph for A type 560V SOI LDMOS

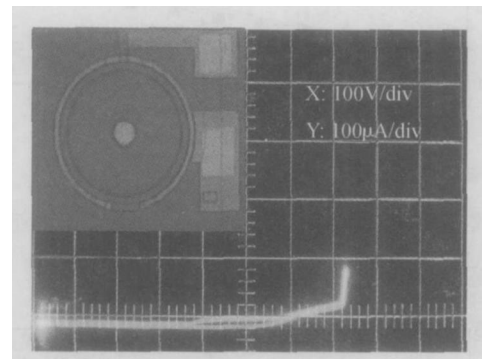


图 8 B 类 720V SOI LDMOS 的测试结果和管芯照片

Fig. 8 Measured forward blocking curves and micro-photograph for B type 720V SOI LDMOS

### 5 结论

本文通过分区求解二维 Poisson 方程, 得到表面电势和电场分布的解析表达式, 进而建立了 SOI 基双级和单级 RESURF 统一判据, 并将其推广到其他单层或双层漂移区 SOI 结构. 借助此模型和二维半导体器件仿真器 MEDICI, 研究了双级 RESURF 结构的降场机理以及  $p\text{-top}$  区结深和浓度对击穿电压的影响规律, 建立了 RESURF 浓度优化区. 以此为指导, 成功研制了耐压为 560V 和 720V 的具有双级 RESURF 结构的高压 SOI LDMOS. 解析结果、MEDICI 仿真结果和实验结果吻合得良好.

### 参考文献

[ 1 ] Appels J, Collet M, Hart P, et al. Thin layer high voltage devices (RESURF Devices). Philips J Res, 1980, 35:1  
 [ 2 ] Ludikhuijsa A W. A review of RESURF technology. Proceeding of ISPSD, 2000:11

- [ 3 ] Guo Yufeng ,Li Zhaoji ,Zhang Bo ,et al. Breakdown model & new structure of SOI high voltage devices with step buried oxide fixed charges. Chinese Journal of Semiconductors , 2004 ,25(12) :1695 (in Chinese) [ 郭宇锋 ,李肇基 ,张波 ,等. 阶梯分布埋氧层固定电荷 SOI 高压器件新结构和耐压模型. 半导体学报 ,2004 ,25(12) :1695 ]
- [ 4 ] Li Wenhong ,Luo Jinsheng. Breakdown voltage analysis for thin film SOI RESURF structure. Chinese Journal of Semiconductors ,2000 ,21(2) :161 (in Chinese) [ 李文宏 ,罗晋生. 薄膜 SOI RESURF 结构击穿电压分析. 半导体学报 ,2000 ,21(2) :161 ]
- [ 5 ] Souza M M D ,Narayanan E M S. Double RESURF technology for HVIC. Electron Lett ,1996 ,32(12) :1092
- [ 6 ] Zngg R P ,Weijland I ,Zwol H V ,et al. 850V DMOS-switch in silicon-on-insulator with specific  $R_{on}$  of  $13 \text{ } \cdot \text{mm}^2$ . Proceeding of International SOI Conference ,2000 :62
- [ 7 ] He Jin ,Zhang Xing ,Huang Ru ,et al. A novel analytical model for surface electrical field distribution and optimization of TFSOI RESURF devices. Chinese Journal of Semiconductors ,2001 ,22(4) :402
- [ 8 ] Hardikar S ,de Souza M M ,Xu Y Z ,et al. A novel double RESURF LDMOS for HVIC 's. J Microelectron ,2004 ,35(3) :305
- [ 9 ] Imam M ,Hossain Z ,Quddus M ,et al. Design and optimization of double-RESURF high-voltage lateral devices for a manufacturable process. IEEE Trans Electron Devices ,2003 ,20(7) :1697
- [ 10 ] Popescu A ,Udrea F ,Milne W. A numerical study of the RESURF effect in bulk and SOI power devices. Proceeding of CAS ,1997 ,1 :127
- [ 11 ] Huang Y S ,Baliga B J. Extension of RESURF principle to dielectrically isolated power devices. Proceeding of ISPSD ,1991 :27
- [ 12 ] Merchant S. Analytical model for the electric field distribution in SOI RESURF and TMBS structures. IEEE Trans Electron Devices ,1999 ,46(6) :1264
- [ 13 ] Chung S K. An analytical model for breakdown voltage of surface implanted SOI RESURF LDMOS. IEEE Trans Electron Devices ,2000 ,47(5) :1006
- [ 14 ] Park I Y ,Choi Y I ,Chung S K. Numerical analysis on the LD-MOS with a double epi-layer and trench electrodes. J Microelectron ,2001 ,32(6) :497
- [ 15 ] Fang Jian ,Li Zhaoji ,Zhang Bo. An analytical model for electric field distribution in SOI RESURF structure with n buffer layer. Microelectronics ,2004 ,34(2) :207 (in Chinese) [ 方健 ,李肇基 ,张波. 有 n 缓冲层 SOI RESURF 结构的电场分布解析模型. 微电子学 ,2004 ,34(2) :207 ]

## A 2D Analytical Model of SOI Double RESURF Effect<sup>\*</sup>

Guo Yufeng , Fang Jian , Zhang Bo , Li Zehong , and Li Zhaoji

(IC Design Center, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 610054, China)

**Abstract :** A new 2D analytical model of the double RESURF effect for the SOI devices is proposed. Based on the 2D Poisson equation ,a new analytical description of the surface potential and field distribution is obtained. A new unified criterion of double and single RESURF effects of SOI devices is developed. According to the model and the semiconductor device simulator MEDICI ,the electric field reduction mechanism and breakdown characteristics of the p-top layer are discussed ,and a RESURF doping optimal region for optimizing the drift region concentration is given. The double REURF SOI LDMOS with 560V and 720V breakdown voltages are manufactured successfully. The numerical simulation and experimental results are shown to support the analytical model.

**Key words :** SOI; double RESURF; breakdown voltage; model

**EEACC :** 2560B ; 2560P

**Article ID :** 0253-4177(2005)04-0764-06

<sup>\*</sup> Project supported by National Natural Science Foundation of China (No. 60276040)

Guo Yufeng male ,was born in 1974 ,PhD candidate. His current researches focus on design and modeling of SOI high voltage devices.

Email :guoyufeng@sina.com

Received 22 May 2004 ,revised manuscript received 19 September 2004