

多晶硅薄膜干氧氧化特性的研究

张 爱 珍

(北京半导体器件研究所)

王 阳 元

(北京大学微电子研究室)

1984年7月22日收到

本文在 800—1200℃ 的温度范围内, 对 LPCVD 生长的未掺杂和重磷掺杂的多晶硅薄膜进行了干氧氧化特性的系统研究, 并与轻掺杂和重磷掺杂的单晶硅的热氧化规律进行了比较。发现在 900℃ 以下时, 未掺杂多晶硅氧化规律不能完全用 Deal-Grove 模型描述, 并存在着一个快速氧化的特征阶段。在这个阶段中多晶硅氧化速率比〈111〉单晶快, 而重磷掺杂多晶硅却相反。掺杂、未掺杂, 单晶、多晶间氧化规律的差异, 在 $T = 1200^\circ\text{C}$ 时, 全部消失。本文讨论了产生上述现象的物理机理。

一、引言

多晶硅膜在大规模集成电路中得到了日益广泛的应用, 包括高值电阻器、栅电极、有源器件的扩散源和接触互连。随着集成度的提高, 多层多晶硅膜也已广泛地应用于动态、静态随机存贮器, CCD 摄象器件和各种微处理机中。这些应用中, 在生长较厚的多晶硅氧化膜作为双层多晶硅之间隔离的同时, 要在 P 型硅表面形成一个薄栅氧化层, 因此对未掺杂的和重磷掺杂的多晶硅膜氧化动力学的研究就显得很必要了。用来描述单晶硅氧化特性的 Deal-Grove 模型是从平坦的硅表面上推导出来的, 它不能直接描述多晶硅膜的热氧化性质, 特别是当氧化温度低于 900℃ 的时候。这主要是因为多晶硅膜中晶粒间界的存。很多文章^[1,2]已经提到了这一现象, 但他们没有对未掺杂多晶硅膜和重磷掺杂多晶硅膜在宽的温度和时间范围内给出规律性研究, 并与单晶硅膜氧化性质进行比较, 从而难以区分多晶硅膜晶粒间界和掺杂对氧化性能的影响。作者在另一篇^[3]文章中报道了未掺杂的和重磷扩散掺杂的多晶硅膜在 740℃—1200℃ 的温度范围内湿氧氧化的规律。本文是继文献 [3] 的工作, 进一步给出未掺杂的和重磷掺杂的多晶硅膜在 800—1200℃ 的温度范围内, 时间从 1 分钟到 50 小时的干氧氧化结果。为了比较, 同时给出了〈111〉和〈100〉单晶硅氧化的结果。并就多晶硅氧化特征的物理机理进行了讨论。

二、实验方法

1. 样品制备 原始硅片为 P 型, 〈111〉晶向单晶。其中一部分热生长 1000 Å 二氧化

硅。用LPCVD, 625°C, 硅烷热分解方法分别在单晶硅衬底上和二氧化硅上淀积 0.7 μm 和 1.5 μm 两种厚度的未掺杂多晶硅。

2. 磷掺杂 用 1160°C, POCl₃ 液态源扩散 14 分钟。样品分两组：第一组是 1.5 μm 厚多晶硅膜, $R_{\square} = 8-15 \Omega/\square$, 同炉扩散的〈111〉单晶硅的薄层电阻为 3-5 Ω/□。第二组是为高温短时间干氧氧化之用, 多晶硅膜厚度有 0.7 μm 和 1.5 μm 两种, 用来作对比实验, 以研究多晶硅厚度对氧化规律的影响。扩磷后样品全部用缓冲 HF 除去表面相层。

3. 干氧氧化 氧气中水含量为 1.4 ppm 或 2.6 ppm。氧化温度为 800—1200°C。氧化时间为 1 分钟到 50 小时。实验硅片在干氮中慢推, 3 分钟进入等温氧化区, 预热 7 分钟, 待温度平衡后开始通氧气。

4. 测量 氧化层厚度用 Taylay-Hobson 台阶高度剖面仪和 TP-77 型椭偏仪测量。用 B-D74 型 X 光衍射仪测量了多晶硅膜的择优晶向。用 TEM 测量了多晶硅膜的晶粒结构, 用其电子衍射图给出了多晶硅膜及其扩磷和氧化后表面结构的变化。

三、实验结果

1. 未掺杂的 1.5 μm 多晶硅薄膜干氧氧化的结果如图 1 所示。作为对比, 同时画出了〈111〉单晶硅氧化的结果。〈111〉单晶为 P 型, 电阻率为 7—15 Ω·cm。

为了更清楚地揭示 890°C, 1000°C 和 1100°C 时多晶硅膜的氧化规律, 图 2(a)—(c) 分别表示了它们短时间氧化的结果。为了比较, 同时给出了同炉氧化的〈111〉和〈100〉单晶硅的氧化结果。其中〈100〉单晶硅也为 P 型, 电阻率为 6—8 Ω·cm。

从图 1 和图 2 可以看到, 当氧化温度在 1000°C 以下时, 多晶硅膜的氧化规律与单晶硅很不相同, 表现在两个方面:

(1) 多晶硅膜氧化有一个不同于单晶硅氧化的迅速氧化阶段, 我们称之为 x_1 。在这个氧化阶段内, 多晶硅膜的氧化不仅比〈100〉单晶硅快, 而且也比〈111〉单晶硅快, 随着氧化时间的增长, 多晶硅氧化速率才逐渐界于〈111〉单晶硅与〈100〉单晶硅之间。这点在图 1 800°C 曲线和图 2(a)(b) 中特别明显。与 x_1 相应的氧化时间 t_1 , 随着氧化温度的增加而指数地减少, 当氧化温度为 800°C 时, $t_1 = 4$ 小时; $T = 890^\circ\text{C}$ 时, 降为 $t_1 = 1$ 小时; $T = 1000^\circ\text{C}$ 时, $t_1 = 0.2$ 小时; $T = 1200^\circ\text{C}$ 时, $t_1 \rightarrow 0$ 。

(2) 在这个温度范围内, 氧化规律不能完全用 Deal-Grove 模型来描述, 从图 1 可以看到氧化温度越低偏离越明显。如果用 $x = kt^n$ 关系来描述, 那么 n 值将随着氧化时间和氧化温度而改变, n 值可以小于 0.5。

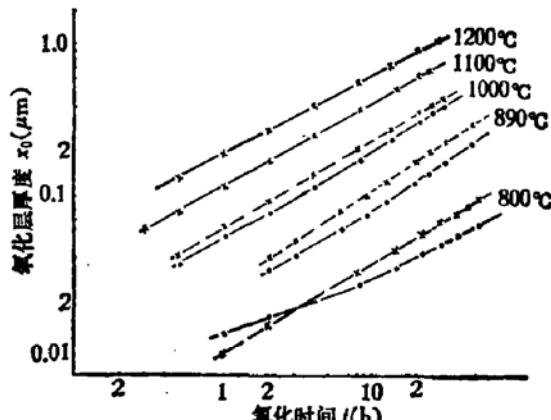


图 1 未掺杂多晶硅膜的干氧氧化, 温度为 800—1200°C, 时间为 10 分钟到 50 小时。为了比较同时给出了同炉氧化的〈111〉单晶硅的氧化结果。
× 〈111〉单晶硅 ● 1.5 μm 未掺杂多晶硅

当氧化温度高于 1000°C 时, 例如 1100°C , 除有一个比单晶硅快的氧化初始阶段外, 其氧化规律可以用 Deal-Grove 模型来描述, 当 $T = 1200^{\circ}\text{C}$ 时, 多晶硅氧化与单晶硅氧化规律一致。

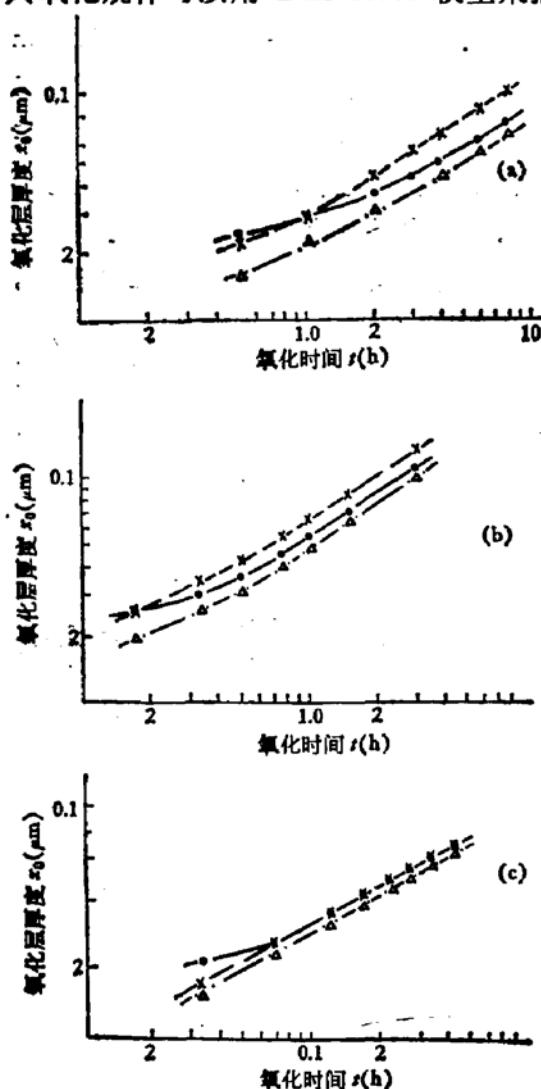


图 2 未掺杂多晶硅膜的干氧氧化结果。为了比较, 还给出了同炉氧化的 $\langle 111 \rangle$ 和 $\langle 100 \rangle$ 单晶硅的结果。
(a) 890°C , (b) 1000°C , (c) 1100°C .
 $\times \langle 111 \rangle$ 单晶硅 $\triangle \langle 100 \rangle$ 单晶硅
● $1.5\mu\text{m}$ 未掺杂多晶硅

2. 重磷掺杂的多晶硅薄膜氧化结果如图 3 所示。可以看出, 当氧化温度低于 900°C 时, 掺磷多晶硅的氧化速率正与未掺杂多晶硅相反, 在整个实验时间内, 都明显地低于掺磷单晶硅, 在氧化温度为 1000°C 和 1100°C 时, 也存在着一个氧化初始特征阶段, 在这个阶段内, 掺磷多晶硅的氧化速率仍低于掺磷单晶硅。

3. 为了研究重磷掺杂多晶硅与轻掺杂单晶硅、重磷掺杂单晶硅、未掺杂多晶硅的氧化速率之间的关系, 用第一组样品在 $800\text{--}1200^{\circ}\text{C}$ 温度范围内进行了干氧氧化。结果示于图 4。

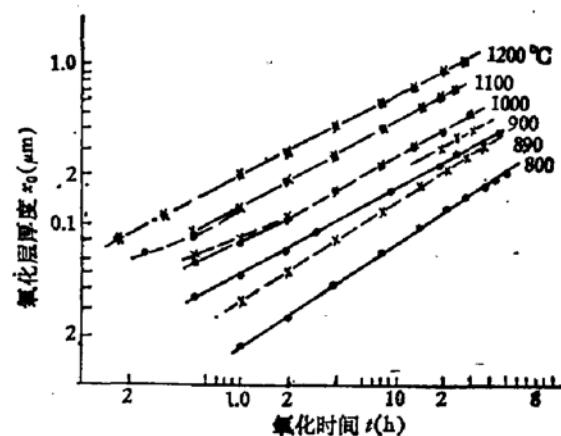


图 3 掺磷多晶硅干氧氧化层厚度与氧化时间的关系。为了比较, 也给了同炉扩磷与氧化的 $\langle 111 \rangle$ 单晶硅的实验结果。
 $\times \langle 111 \rangle$ 掺磷单晶硅
● $1.5\mu\text{m}$ 厚掺磷多晶硅

其中 x_{OPD} 和 x_{OSD} 分别表示重磷掺杂的多晶硅和单晶硅的氧化层厚度, x_{OPU} 表示未掺杂多晶硅氧化层厚度, x_{OSU} 表示轻掺杂的 $\langle 111 \rangle$ 单晶硅的氧化层厚度。从图中看出:

(1) x_{OPD}/x_{OSU} , 即重磷掺杂多晶硅对轻掺杂单晶硅氧化层厚度的比例, 这是在多层次 MOSRAM 研制过程中最关心的一个量。其值随氧化温度的升高和/或氧化时间的延长而降低。如 800°C 氧化 4 小时, 其值约为 3.0, 随着时间的延长降到 2.1。 900°C 、30 分钟时约为 2.5, 随着时间的延长降到 1.4 左右。 1000°C 、30 分钟时约为 1.4, 随着时间的延长降到 1.1 左右。 1100°C 、30 分钟时约为 1.1, 随着时间的延长趋近于 1。而当氧化温度为

1200℃时，比值则为1。

(2) x_{OPD}/x_{OSD} 重磷掺杂多晶硅对重磷掺杂单晶硅氧化层厚度的比例在1000℃以下小于1的，且氧化温度越低，比值越小。随氧化温度的升高向1趋近，1100℃以上时约等于1。如800℃时，约为0.5到0.6。900℃时约为0.7到0.8。1000℃时则趋近于1。而当氧化温度为1100℃及其以上时，均为1.0。

(3) x_{OPD}/x_{OPU} 重磷掺杂多晶硅对未掺杂多晶硅氧化层厚度的比例，反映了掺杂对多晶硅膜氧化速率的影响。这一比例随氧化温度的升高而降低。如800℃时为3.2左右。900℃时为2.1左右。1000℃时为1.3左右。1100℃时趋近于1。1200℃时则等于1。

(4) 不管是否掺杂，不管是单晶硅还是多晶硅，在高温时，特别是1200℃时氧化规律都趋于一致。即 x_{OPD}/x_{OPU} ， x_{OPD}/x_{OSU} ， x_{OPD}/x_{OSD} 这三条曲线随氧化温度的升高彼此靠近，并向1接近。在1200℃时，这三条曲线基本重合，即掺杂影响和多晶硅晶粒间界的影响全部消失。

4. 多晶硅薄膜厚度对氧化速率的影响。用第二组未掺杂的 $0.7\mu m$ 较薄多晶硅膜和 $1.5\mu m$ 较厚多晶硅膜实验。其氧化速率的比较见表1。其中氧化温度890℃的，有湿氧氧化、含水量2000ppm的干氧氧化、含水量1.4ppm的干氧氧化。1000℃的有含水量2000ppm和含水量1.4ppm的干氧氧化。

从表中数据可以看出，薄的与厚的未掺杂多晶硅膜氧化速率的差别随氧化气氛中水含量的减少而减小。湿氧氧化中差别较大，薄的多晶硅膜氧化速率明显地比厚的多晶硅膜快。在1.4ppm水含量的干氧中氧化时，没有观察到膜厚度的差别对氧化速率的影响。

5. 表面形貌变化。TEM照片1—4给出了氧化样品的表面形貌和电子衍射图形。其中照片1和照片3取自样品表面的碳膜复型，照片2和照片4取自样品表面本身。照片

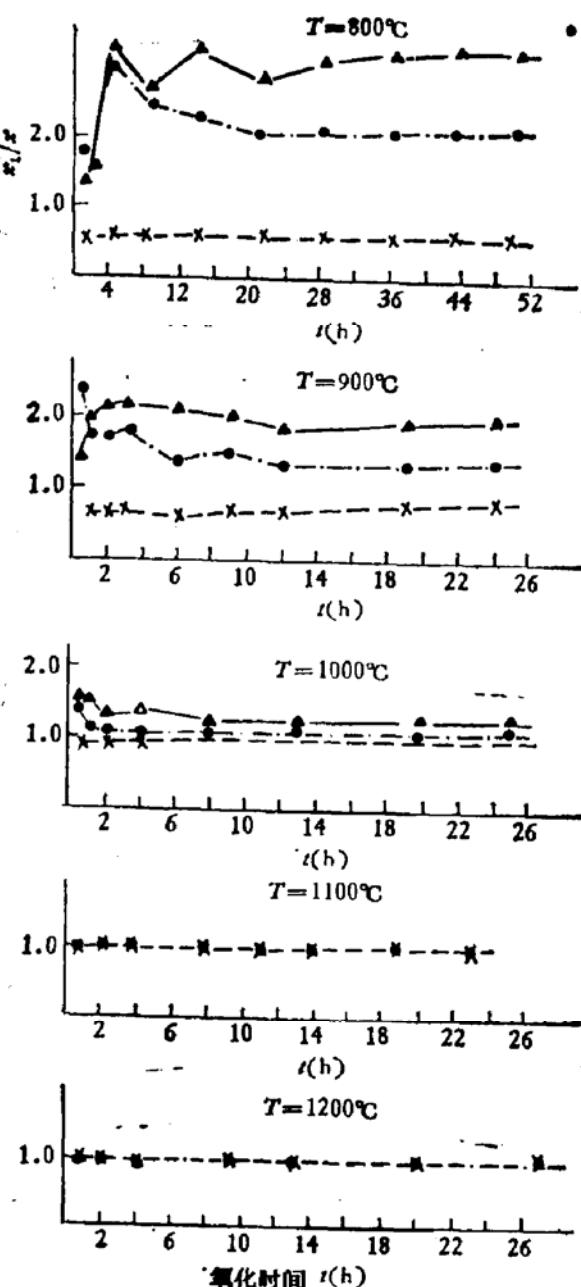
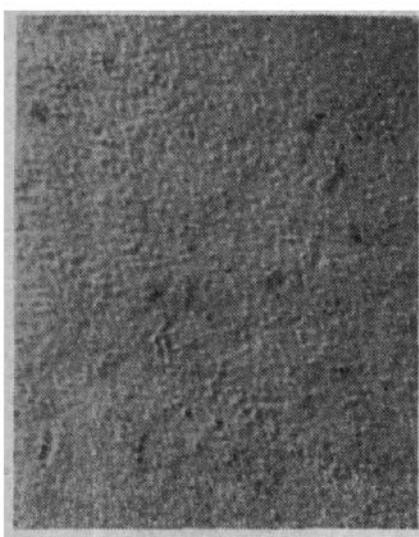


图4 800℃到1200℃干氧氧化。重磷掺杂多晶硅的氧化层厚度 x_{OPD} 分别对未掺杂多晶硅、未掺杂单晶硅、重磷掺杂单晶硅的氧化层厚度的比例 x_{OPD}/x_{OPU} (▲)， x_{OPD}/x_{OSU} (●)， x_{OPD}/x_{OSD} (X) 与氧化时间的关系
 $\blacktriangle x_{OPD}/x_{OPU}$ $\bullet x_{OPD}/x_{OSU}$ $\times x_{OPD}/x_{OSD}$

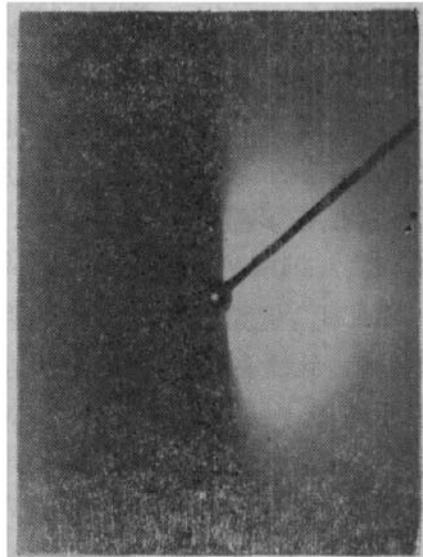
表 1 $0.7\mu\text{m}$ 和 $1.5\mu\text{m}$ 未掺杂多晶硅膜氧化速率的比较

氧化方式	T (°C)	膜厚 (μm)	x_0 (\AA)	30'	1(h)	2(h)	3(h)	4(h)	6(h)	8(h)	10(h)
				30'	1(h)	2(h)	3(h)	4(h)	6(h)	8(h)	10(h)
2000 (ppm) 水	890	0.7	283.2	330.4	424.7	487.7	550.9	723.6	833.7	959.6	
		1.5	251	330.4	424.7	503.4	550.6	723.6	833.7	959.6	
1.4 (ppm) 水	890	0.7	236.0	283.2	361.8	424.7	487.7	597.8	723.6	826.0	
		1.5	236.0	283.2	361.8	424.7	503.4	613.5	723.6	826.0	
氧化方式	T (°C)	膜厚 (μm)	x_0 (\AA)	10'	20'	30'	45'	1h	1.5h	2.0h	3.0h
				10'	20'	30'	45'	1h	1.5h	2.0h	3.0h
2000 (ppm) 水	1000	0.7	283.2	346.3	409.1	519.2	613.5	723.6	896.7	1132.6	
		1.5	251.7	346.3	409.1	519.2	613.5	723.6	896.7	1132.6	
1.4 (ppm) 水	1000	0.7	251.7	314.6	377.5	456.2	534.9	707.9		1070.0	
		1.5	251.7	314.6	377.5	456.2	534.9	707.9		1070.0	
氧化方式	T (°C)	膜厚 (μm)	x_0 (\AA)	5'	10'	15'	20'	30'	45'	1h	
				5'	10'	15'	20'	30'	45'	1h	
95(°C) 水	890	0.7	157.3	204.5	260.0	298.0	409.5	597.8	802.3		
		1.5	110.1	141.6	188.8	251.7	377.5	597.8	802.3		

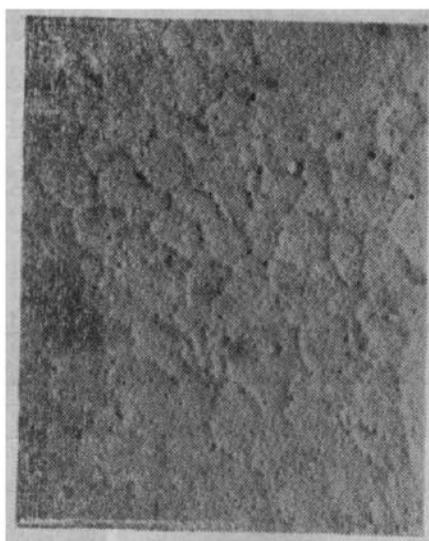
1 为 $1.5\mu\text{m}$ 未掺杂多晶硅膜的表面形貌, 晶粒为小颗粒状, 尺寸约 500\AA . 照片 2 为 $1.5\mu\text{m}$ 未掺杂多晶硅膜的电子衍射图, 衍射环表明此膜为多晶硅膜. 照片 3 是 $1.5\mu\text{m}$ 多晶硅膜经扩散磷后, $R_s = 3.5-4.0Q/\square$ 的表面形貌. 看出经磷扩散后晶粒明显长大, 直径约 2500\AA . 照片 4 是照片 3 样品经 1200°C , 27 小时干氧氧化后的二氧化硅膜的电子衍射图, 衍射环的消失表明多晶硅二氧化硅膜是无定形结构.



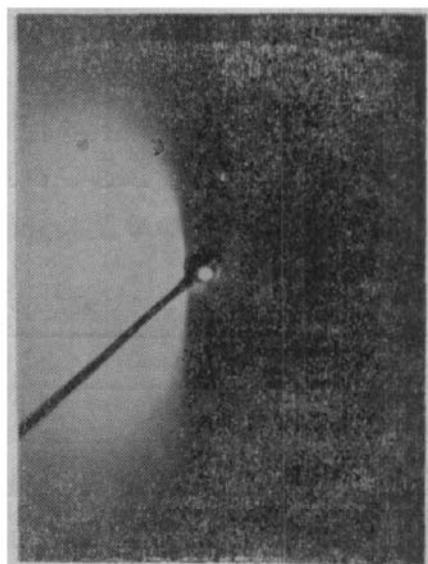
照片1 $1.5\mu\text{m}$ 未掺杂多晶硅膜的表面形貌 ($20000\times$)



照片2 是照片1中样品的电子衍射图



照片3 磷扩散后, 多晶硅表面形貌 ($20000\times$) $R_{\square} = 3.5-4.0\Omega/\square$, 晶粒大小 $\approx 2500\text{\AA}$



照片4 照片3样品经 1200°C 、27小时干氧氧化后的 SiO_2 膜的电子衍射图

四、讨 论

1. 多晶硅膜的特征氧化阶段。多晶硅膜的干氧氧化像湿氧氧化一样, 在氧化温度等于或低于 900°C 时, 其氧化规律能用幂次关系式 $x = Kt^n$ 近似描述。并且存在一个氧化的初始阶段。在这个阶段内, 对未掺杂的多晶硅膜, 其氧化速率不仅比 $\langle 100 \rangle$ 单晶硅快, 同时也比 $\langle 111 \rangle$ 单晶硅快。我们称这个阶段为多晶硅膜氧化的特征阶段, 用 x_1 表示。这个阶段的产生和多晶硅中存在着晶粒间界有关。晶粒间界处存在着高浓度的缺陷和悬挂键。高浓度的缺陷助长了氧化剂的运动。硅的悬挂键倾向于和氧结合形成二氧化硅。这样就降低了晶粒间界处硅氧化的激活能, 从而加速了在晶粒间界处多晶硅的氧化速率。这

一点已为 J. C. Bravman 和 R. Sinclair^[4] 的横截面的 TEM 照片所证实。当硅热氧化形成 SiO_2 时，其体积增加 2.2 倍。对于具有平坦表面的单晶硅氧化，这个体积的增加由氧化膜从正在氧化的单晶硅表面向外膨胀而得到。而对于多晶硅的氧化，氧化的自由表面不仅发生在晶粒的表面，也发生、而且优先发生在晶粒间界处。间界处生长的氧化膜导致的体积膨胀必然在多晶硅膜的平面内，在与晶粒自由表面或垂直或成某一角度方向建立起压应力。E. A. Irene^[5] 对这个压应力进行了估计，他指出当晶粒大小为 500 Å，晶粒间界宽度为 10 Å 时，应力可大到 10¹¹ 达因/cm²。当然，实际上，这个应力将被释放而不致于达到这个数值。因为晶粒受到两边晶粒间界氧化所产生的压应力，引起晶粒内硅-硅键形变拉长，从而降低了晶粒表面处形成 SiO_2 的激活能，因而在表面反应控制区内，加速了晶粒表面的氧化。总的来说，多晶硅的氧化是由晶粒和晶粒间界两部分的氧化所构成的。因此晶粒间界的迅速氧化，和晶粒间界处 SiO_2 生成所产生的压应力对晶粒的加速氧化，这两方面的因素构成了多晶硅氧化存在一个迅速氧化的特征阶段的物理原因。在这个阶段内，多晶硅膜中晶粒间界的存在对多晶硅氧化的性质起了决定的作用。而我们在实验上测得的 SiO_2 的厚度则是几千个到几万个晶粒的平均结果。

2. 已有实验^[5,6]证明，965°C 为热生长的 SiO_2 形成粘滞流的温度。在这个温度以上热生长过程中的 SiO_2 将成为粘滞流，且随着温度的升高，粘滞系数下降。 SiO_2 粘滞流的形成将释放应力，从而使多晶硅氧化特性趋近于单晶硅。因此氧化温度在 1000°C 以上时，多晶硅膜的氧化规律可以用 Deal-Grove 模型来描述。在这个范围内，可以求出线性速率常数 B/A 和抛物线速率常数 B 及其相应的激活能 $E_A^{B/A}$ 和 E_A^B ，如表 2 和表 3 所示。

表 2 多晶硅膜干氧氧化的速率常数

温度(°C)	未掺杂		重磷掺杂	
	B	B/A	B	B/A
1000	0.0127	0.043	0.0182	0.0492
1100	0.0274	0.101	0.0275	0.12
1200	0.043	0.54	0.042	0.54

表 3 多晶硅膜干氧氧化的激活能

	未掺杂	重磷掺杂
$E_A^B(\text{kcal/mole})$	29.57	15.47
$E_A^{B/A}(\text{kcal/mole})$	53.43	43.87

3. 掺杂对多晶硅膜氧化速率的影响。和单晶硅同样，掺杂增强了多晶硅膜的氧化。当氧化温度在 1000°C 以下时， $x_{\text{OPD}}/x_{\text{OPU}}$ 明显地大于 1。当氧化温度为 800°C 时， $x_{\text{OPD}}/x_{\text{OPU}}$ 约为 3.2。关于掺杂增强氧化的模型，最广泛被接受的是认为^[7]：高掺杂使费米能级向导带底(n-型)或向价带顶(p-型)移动，从而增加了空位在硅中的平衡浓度。在硅热氧化过程中，在 Si-SiO₂ 界面硅生成 SiO₂ 时，可以是氧占据了硅空位，从而消灭了一个硅空位，也可以是氧占据了硅原子位置，从而创造了一个硅间隙原子，这样 Si/SiO₂ 反

应界面可以认为是一个硅间隙原子流的源或是“空位”的吸收处。而空位浓度的增加提供了更多氧原子可占据的位置，从而加速了硅的氧化（通过 B/A 的增加）。硅空位可以有中性空位 V^* 和带电状态的空位 V^+ , V^- 和 V^{--} 。中性空位浓度 V^* 只与温度有关，而荷电空位浓度则与费米能级位置有关：

$$C_{V^+} \propto \exp\left(\frac{E_{V^+} - E_F}{KT}\right)$$

$$C_{V^-} \propto \exp\left(\frac{E_F - E_{V^-}}{KT}\right)$$

$$C_{V^{--}} \propto \exp\left(\frac{2E_F - E_{V^+} - E_{V^-}}{KT}\right)$$

同时高浓度的杂质的存在也使氧在 SiO_2 中的扩散系数增加，从而有助于提高 B 值，使氧化速率增加。重磷掺杂使 B/A 和 B 增加，而使其相应的激活能 $E_A^{B/A}$ 和 E_A^B 降低。这些从表 3 和表 4 给出的实验数据得到了证明。

掺杂使空位浓度增加的效应，随着氧化温度的提高而指数地降低。这就是当氧化温度增高时（1100°C, 1200°C），掺杂加速氧化的影响消失的原因。

和未掺杂多晶硅相反，当氧化温度低于 1000°C 时，重磷掺杂多晶硅膜的氧化速率比相应的单晶硅的低，即 x_{OPD}/x_{OSD} 小于 1，且温度越低比 1 小的越多。这是由于多晶硅中杂质在晶粒间界处的分凝和迅速扩散降低了表面处的浓度，从而使多晶硅中有效的掺杂水平比单晶硅中的低的缘故。M. M. Mandurah 等人^[8]从化学热力学观点解说了晶粒间界的分凝现象。他们的估计结果指出，一般大于 50% 的杂质含量分凝在晶粒间界处。在我们的实验中，掺磷是在 1160°C 进行的。在较低氧化温度时，由于多晶硅调正固溶度的要求，会有更多的杂质分凝到晶粒间界处，这样就使多晶硅晶粒内部实际的掺杂水平低于单晶硅。至于 x_{OPD}/x_{OSD} 的数值随氧化时间的延长又稍有增加，主要是因为随着氧化时间的增长多晶硅中晶粒尺寸有所增加，部分晶粒间界消失，晶粒内杂质含量相对增加。随着氧化温度提高，分凝在晶粒间界处的杂质，由于固溶度的提高，分凝系数的调正，重新回到晶粒中来，因而使 x_{OPD}/x_{OSD} 向 1 趋近，在 1100°C 以上时等于 1。

五、结 论

1. 当氧化温度等于或低于 900°C 时，未掺杂多晶硅膜的氧化不能用 Deal-Grove 模型来描述。它存在一个特征氧化阶段 x_t ，在这个区域内，多晶硅膜的氧化速率不仅比〈100〉，而且比〈111〉单晶硅的快。特征氧化阶段 x_t 随温度的升高而指数下降。它的存在可用多晶硅膜中晶粒间界的加速氧化来解释。

当氧化温度高于 1000°C 时，由于粘滞流释放应力，使多晶硅氧化规律趋近于单晶硅。也可用 Deal-Grove 模型来描述，并按此计算出速率常数 B ， B/A 和相应的激活能 E_A^B 和 $E_A^{B/A}$ 。

2. 对重磷掺杂多晶硅膜，掺杂增强氧化比氧化应力的影响更重要。在氧化温度低于 1000°C 时，由于多晶硅膜中晶粒间界处杂质的分凝和迅速扩散，而使多晶硅膜中的氧化速

率比单晶硅中的低。且温度越低,低的越多。随着氧化温度的提高,掺杂加速氧化的影响逐步消失。

3. 掺杂的和未掺杂的、多晶的和单晶的氧化特性的差别,随着氧化温度的升高而减少,在氧化温度为1200℃时,差别消失。

参 考 文 献

- [1] E. A. Ivane et al., *J. Electrochem. Soc.*, 127, 705 (1980).
- [2] K. C. Saraswat and Harinder Singh; *J. Electrochem. Soc.*, 129, 2321 (1982).
- [3] Wang Yangyuan and Zhang Aizhen., Presented at International Conference of Advanced Semiconductor Technology, SPIE at LOS Angeles, 1984 and published at processing of SPIE, 1984.
- [4] J. C. Bravman and R. Sinclair, *Thin Solid Films*, 104, 153 (1983).
- [5] E. P. Eernisse., *Appl. Phys. Lett.*, 30, 290 (1977).
- [6] E. P. Eernisse., *Appl. Phys. Lett.*, 35, 8(1979).
- [7] C. P. Ho and J. D. Plummer., *J. Electrochem. Soc.*, 126, 1516 (1979).
- [8] M. M. Mandurah et al., *J. Appl. Phys.*, 51, 5755 (1980).

Study of the Oxidation Characteristics of Polycrystalline Silicon Films in Dry-O₂ Ambient

Zhang Aizhen

(Institute of Semiconductor Devices, Beijing)

Wang Yangyuan

(Microelectronics Research Center, Peking University)

Abstract

The oxidation characteristics of both undoped and heavily phosphorus doped poly-Si films deposited by LPCVD have been systematically investigated in the temperature range of 800—1200°C using dry O₂. It has been observed that the rule of oxidation for undoped poly-Si films can not be described by Deal-Grove model and that there is a characteristic stage of rapid oxidation for poly-Si when the temperature is below 900°C. In this range, the oxidation rate of undoped poly-Si films is not only faster than <100> Si but also faster than <111> Si, while it is opposite in the case of heavily phosphorus doped poly-Si films.

The differences of oxidation characteristics between the single and poly-Si, and between undoped and heavily doped poly-Si films disappear completely when the temperature is 1200°C.

The mechanisms for explaining the phenomena are discussed.