

研究简报

用 AES 及椭偏仪研究硅上超薄氧化层

张家慰 赵正平

(南京工学院电子工程系)

1982年1月8日收到

一、引言

硅片上厚度在 6 \AA — 50 \AA 范围内的超薄氧化层的性质已引起人们的广泛注意。因为它不仅在一些半导体器件制造中起关键作用，而且对 Si-SiO₂ 界面性质的研究也有重要意义。

用椭偏仪测量 50 \AA 以下的氧化层厚度，除了仪器的灵敏度外，尚需解决数据处理问题。在此厚度范围内椭偏参数 ψ 非常接近，因此不能像厚膜那样，依据 ψ 、 Δ 同时确定膜的折射率和厚度。我们的计算结果表明，在 10 \AA 以内及在 20 \AA — 50 \AA 范围内，由折射率不同所引起的差异分别为 1.5 \AA 和 $3\text{—}8\text{ \AA}$ 。为此我们用俄歇电子能谱仪对不同样品进行了研究，确定其化学组分，以估算等效折射率。

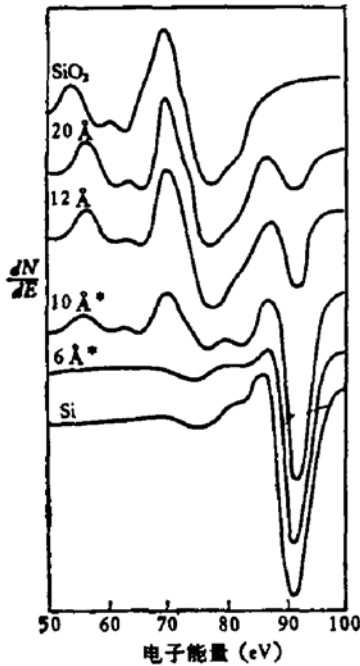


图1 各种样品的 Si LVV 跃迁微分俄歇谱图
• 自然氧化层

二、AES 实验结果

AES 实验是在 PHI-550 型综合能谱仪上进行的。所用硅片为 P 型 $\langle 100 \rangle$ 晶向，电阻率 $2\text{—}2.9\ \Omega\text{-cm}$ 。经特殊的去除残留氧化层工艺获得 $6\text{—}10\text{ \AA}$ 的自然氧化层，及用低温低压氧化生长 $8\text{—}20\text{ \AA}$ 的超薄氧化层。在一次电子能量等于 3 keV ， $I_p < 5\ \mu\text{a}$ ，束斑直径大于 $25\ \mu\text{m}$ 条件下观察了 $0\text{—}2000\text{ eV}$ 的俄歇全谱，并对 $50\text{—}100\text{ eV}$ 范围内的能谱加以扩展，结果见图 1。由图可见，在 SiO₂ 的标准谱中，仅存在特征峰 76 eV 及其附峰 (59 eV ， 63 eV)。而纯硅 (超高真空溅射自然氧化层所得) 只有特征峰 92 eV 及其附峰 (83 eV ， 75 eV)。除 6 \AA 的自然氧化层外，超薄氧化层的谱线中 Si 和 SiO₂ 的特征峰并存，且随厚度增加 76 eV 峰增强， 92 eV 峰减弱。在 6 \AA 样品谱线中看到比纯 Si 更强的 83 eV 峰，而且在 10 \AA 样品中此峰进一步加强。文献[1]认为此峰是来自 Si 和 SiO₂ 界面区的 SiO_x ($0 < x < 2$) 信息。

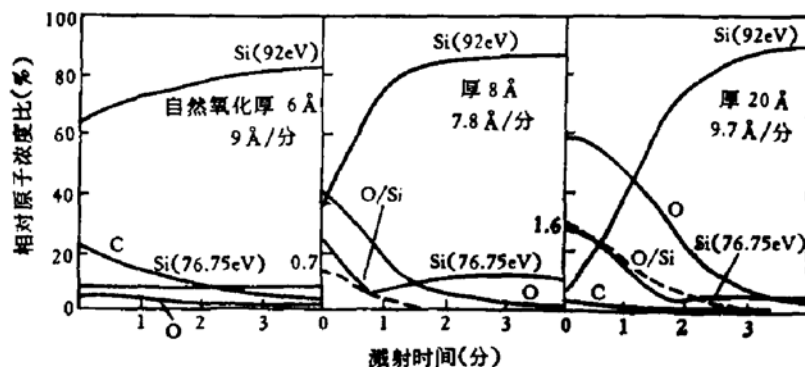


图2 三种样品的组分纵向分布曲线

图2是三种不同厚度的超薄氧化层用氩离子溅射所得的原子相对浓度的纵向分布曲线。由图可见, 20 \AA 以下的超薄氧化层是一过渡层, 不同厚度对应着不同的层次。来自 SiO_2 特征峰 76 eV 的曲线中存在一个特有的凹区, 这是由于 76 eV 信息的减少而 75 eV 信息增加所致。据图1可知, 这正是 Si 和 SiO_2 的界面区。依据图中的 O/Si 比平均得到 20 \AA 膜的等效分子式为 $\text{SiO}_{1.6}$ 。据文献[2]提供的曲线可得相应的等效折射率。图中所标膜厚是按此折射率值用椭偏仪测量计算得到的。

三、超薄氧化层厚度的测量

根据 AES 取得的信息, 对于不同膜厚假设不同的等效折射率值, 用椭偏仪测定 ψ 、 Δ 值就可算得相应的膜厚。我们对不同工艺处理后的残留氧化层厚度进行大量测量表明, 残存膜厚是工艺的敏感参数, 且同一片上厚度有起伏, 范围在 4 \AA 以内, 同一点的多次测量重复性较好, 误差 $\pm 1 \text{ \AA}$ 。对自然氧化层的生长规律进行了定点观察。硅片出水后立即形成一层厚度约 $5-6 \text{ \AA}$ 的膜, 其后半小时生长 $1.5-2 \text{ \AA}$, 再过三小时又长 $1.5-2 \text{ \AA}$, 此后生长速率渐趋缓慢。一个在室温下放置 60 天的样品仅长至 16 \AA 。经 AES 分析表明, 这是碳污染严重的氧化层, 碳的相对原子浓度比高达 20% 以上。

四、结 论

由 AES 分析可得不同膜厚范围的等效折射率, 从而可用椭偏仪测量 50 \AA 以下的超薄氧化层厚度。小于 20 \AA 的氧化层本身是一过渡层, 主要由 Si 和 SiO_2 组成。随着厚度增加 SiO_2 增多, Si 的成分减少。暴露于空气的硅片, 表面必有一层自然氧化层, 其厚度在一定范围内可人为控制。

我们的研究得到南京化工研究院陈文锋等同志的大力协助, 特在此表示感谢。

参 考 文 献

- [1] C. R. Helms, Y. E. Strausser and W. E. Spicer, *Appl. Phys. Lett.*, **33**, 767 (1978).
 [2] S. H. Wemple, *Phys. Rev.*, **B7**, 3767 (1973).

Study of the Ultrathin Oxide Layer on Silicon by AES and Ellipsometry

Zhang Jiawei and Zhao Zhengping
(Nanking College of Technology)

Abstract

The thickness of ultrathin oxide layer on silicon is measured by ellipsometry and the composition of the layer is analyzed by AES.