

强激光辐照下集成电路 Si 片的椭圆偏振光研究

李元恒

王振明

(中国科学院力学研究所) (一机部自动化所)

Study on elliptical polarizing light of IC Si strips under intense laser irradiation

Li Yuanheng

(Institute of Mechanics, Academia Sinica)

Wang Zhenming

(Institute of Automatization, the First Ministry of Machine Building)

用强激光辐照的方法对集成电路用的离子注入 Si 进行退火是近几年大力研究的一个问题。至今为止绝大多数的激光退火都是采用红宝石、YAG、氩离子等波长较短的激光器。实验虽已证实 CO₂ 激光的退火效果完全可与其他激光比美, 然而研究者甚少, 且基本上限于最后结果的观测。激光作为电磁波, 其趋肤深度

$$\delta = \frac{C}{\sqrt{\mu\epsilon} \cdot \omega} \left[\frac{1}{2} \left(\sqrt{1 + \frac{16\pi^2 \sigma^2}{\epsilon^2 \omega^2}} - 1 \right) \right]^{-\frac{1}{2}}$$

对于 He-Ne 光和材料 Si, δ 与注入层的厚度同量级, 很适合表面性状的检测。本文以注砷的 Si 为例, 测量了连续 CO₂ 激光辐照过程中硅片椭圆光偏振参数 ψ 、 Δ 随时间的变化, 窥视到离子注入 Si 的 CO₂ 激光退火是在一定的时间、温度条件下突然完成的, 而不是任何线性的或渐进的过程。

实验用的样片是以电阻率 6~8 欧姆·厘米的 P 型 (100) 硅作基底, 正面抛光并在 150 千电子伏的能量下注入剂量为 1×10^{16} /厘米² 的砷 (As⁺) 离子。片厚 0.35 毫米, 面积 $\leq 1 \times 1$ 厘米²。激光器是输出功率 40 瓦、光束直径 ~8 毫米的封离型连续 CO₂ 激光器。对各样片分别施以 1、2、3、5、10、20 秒的激光辐照后用椭圆光偏振仪 (光源波长 0.6328 微米) 测其椭圆偏参数 ψ 、 Δ 。实验发现辐照时间 ≤ 3 秒的硅, ψ 、 Δ 值大抵未改变, 但到 5 秒时 ψ 、 Δ 均有很大幅度的下降, 从非晶 Si 的值 ($\psi = 13.5$, $\Delta = 181$) 降到与晶态 Si 的值 ($\psi = 10.17$, $\Delta = 171.0$) 很接近。当辐照时间从 5 秒延长至 20 秒时, 虽样片温度继续上升, 但并不引起 ψ 、 Δ 有新的变化。我们对实验样片用透射-反射仪和四探针仪测其 He-Ne 光反射率和表面薄层电阻时也看到类似的现象。上述实验结果表明, CO₂ 激光作用下 Si 片注入层的退火是在温度达到一定值 (~600°C) 后 1、2 秒钟内迅速完成的。并且只要结晶一旦完成, 不论质量好坏, 进一步延长激光辐照的时间将不起什么作用, 呈现一种不可逆的转变特性。椭圆偏振光这一简便、无损的方法可作为激光退火的检测手段, 为退火的完成情况提供可靠的信息。