

NTD CZ-Si 708cm^{-1} 、 742cm^{-1} 、 776cm^{-1} 中照缺陷红外吸收带特性

何秀坤 王 琴 李光平

(天津电子材料研究所, 天津, 300192)

1989年11月30日收到, 1990年8月14日修改定稿

本文报道了 NTD CZ-Si 708cm^{-1} 、 742cm^{-1} 、 776cm^{-1} 中照缺陷红外吸收带退火特性和温度性的研究结果。三个带产生的退火温度为 $350\text{ }^\circ\text{C} \sim 550\text{ }^\circ\text{C}$, $500\text{ }^\circ\text{C}$ 退火效应最明显, 峰强达到最大值; $10\text{--}95\text{ K}$ 变温测量峰位频移为零。 $10\text{--}60\text{ K}$ 时, 峰强随温度升高而平缓增加, 60 K 时达到最大值。在 $60\text{--}95\text{ K}$ 温区, 峰强随温度升高而迅速下降, 至 100 K 时已全部消失。

主题词 中照直拉硅, 缺陷, 退火, 红外吸收带, 退火特性, 温度特性

一、引言

由于中照硅辐照缺陷对材料、器件及集成电路的重要影响, 几十年来, 对此开展了广泛的研究^[1-3]。

本文报告用 FT-IR 和低温测量技术对 CZ-Si 708cm^{-1} 、 742cm^{-1} 、 776cm^{-1} 中照缺陷红外吸收带的研究结果。

二、实验

红外光谱由 Nicolet 170 SX FT-IR 光谱仪测得, 光谱分辨率 2cm^{-1} 。低温测量用 Air 公司氦气循环致冷系统, 控温精度优于 $\pm 0.5\text{ K}$ 。

样品为 NTD CZ-Si 单晶, N型, 目标电阻率 $6\text{--}7\text{ }\Omega\cdot\text{cm}$ 。样品双面磨抛, 厚度 2 mm , 间隙氧含量 $1.2\text{--}1.4 \times 10^{18}\text{ atom/cm}^3$ (ASTM-86)。替位碳含量小于 $5 \times 10^{16}\text{ atom/cm}^3$ 。中照剂量为 $0.3\text{--}10 \times 10^{18}\text{ n/cm}^2$, 镍比为 10。

三、结果和讨论

1. 退火特性

图 1 是 50 分钟退火, 一组退火温度样品的低温红外光谱。

图2为 $\alpha_{708\text{cm}^{-1}}$ 、 $\alpha_{742\text{cm}^{-1}}$ 、 $\alpha_{776\text{cm}^{-1}}$ 退火曲线。

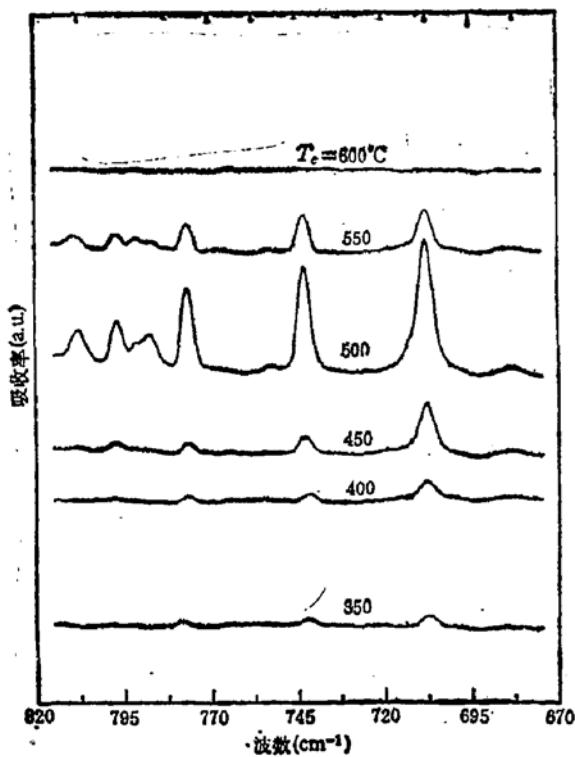


图1 NTD CZ-Si 50分钟等时退火样品的低温红外光谱
 $\Phi_n = 2 \times 10^{18}\text{n/cm}^2$; $T_c = 10\text{K}$

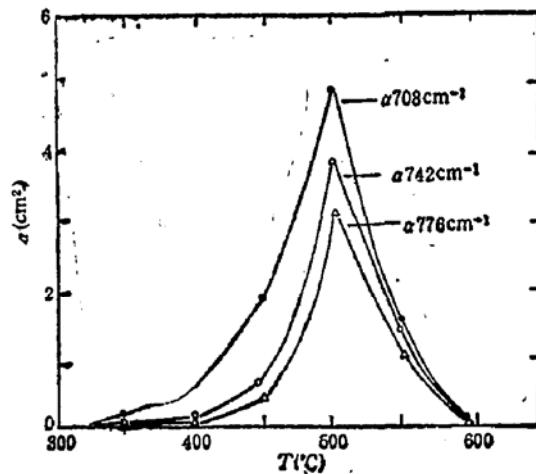


图2 α 50分钟等时退火曲线
 Φ_n, T_c 同图1

2. 温度特性

图3是 500°C 1h 等温退火样品变温测量红外光谱。

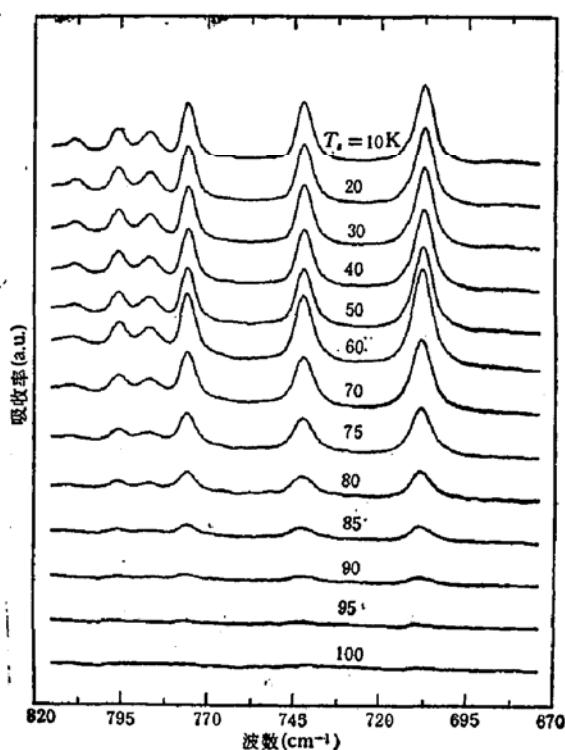


图3 NTD CZ-Si 500°C , 1h 退火变温红外光谱 Φ_n 同图1

图 4 为 $\alpha_{708\text{cm}^{-1}}$ 、 $\alpha_{742\text{cm}^{-1}}$ 、 $\alpha_{776\text{cm}^{-1}}$ 温度特性曲线。

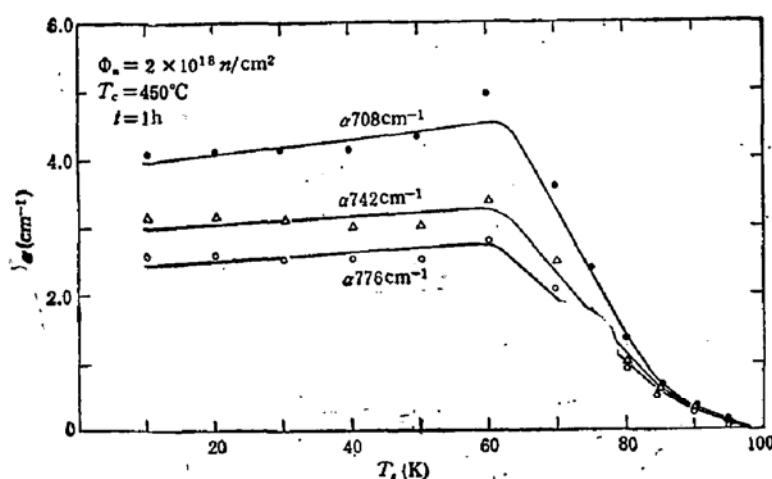


图 4 500°C, 1 h 退火 $\alpha \sim T$ 关系曲线

Φ_n 同图 1

3. 讨论

由图 2 我们可以发现, 在 350—550°C 退火时, α 随退火温度的变化是非常敏感的。在 500°C 时, $\alpha_{708\text{cm}^{-1}}$ 、 $\alpha_{742\text{cm}^{-1}}$ 、 $\alpha_{776\text{cm}^{-1}}$ 同步达到最大值。

由图 4 可以看出, 在 10—95 K 温度范围, α 的变化可分为两个过程。10—60 K, α 随温度升高平缓增加, 60 K 时达到最大值; 在 60—95 K 时, α 随温度升高而迅速下降, 100 K 时全部消失。

在 500°C 等温退火时, α 随退火时间而变。开始 10 分钟退火后, 708cm^{-1} 、 742cm^{-1} 、 776cm^{-1} 吸收带就已明显可见, 且 $\alpha_{708\text{cm}^{-1}} > \alpha_{742\text{cm}^{-1}} > \alpha_{776\text{cm}^{-1}}$ 。随着退火时间增加, α 亦增大, 且 $\alpha_{742\text{cm}^{-1}}$ 和 $\alpha_{776\text{cm}^{-1}}$ 增长速率较 $\alpha_{708\text{cm}^{-1}}$ 增长速率大。三小时退火后 α 达到最大值, 且 $\alpha_{708\text{cm}^{-1}}$ 、 $\alpha_{742\text{cm}^{-1}}$ 、 $\alpha_{776\text{cm}^{-1}}$ 几乎相等, 而后当退火再加长时, $\alpha_{708\text{cm}^{-1}}$ 、 $\alpha_{742\text{cm}^{-1}}$ 、 $\alpha_{776\text{cm}^{-1}}$ 同步减小。在十小时退火后, α 只有其最大值的 20% 左右。

NTD CZ-Si 和 NTD FZ-Si 对比试验结果表明, 氧碳杂质对上述缺陷带没有直接的影响。在中照剂量为 $0.3—10 \times 10^{18} \text{n/cm}^2$ 时, α 随剂量增加而加大。在 $0.8—10 \times 10^{20} \text{n/cm}^2$ 时, 文献 [2] 报导 $\alpha_{708\text{cm}^{-1}}$ 随剂量增加而迅速减小。

由图 4 数据, 我们用计算机拟合了 $\ln \alpha \sim 1000/T$ 关系曲线, 所获得的 708cm^{-1} 、 742cm^{-1} 和 776cm^{-1} 吸收带的热激活能分别为 73 meV、67 meV 和 65 meV。

由上面的讨论我们可以看到 $\alpha_{708\text{cm}^{-1}}$ 、 $\alpha_{742\text{cm}^{-1}}$ 和 $\alpha_{776\text{cm}^{-1}}$ 具有相同的温度特性和退火特性, 它们可能是多空位(空位数大于 5) 缺陷复合体。详细的机理有待进一步的研究。

参 考 文 献

- [1] W. J. Vidinski et al., *J. Appl. Phys.*, 54, 4097(1983).
- [2] Noboru Fukuoka et al., *Radiation Defects*, 51, 215(1980).
- [3] M. R. Broz et al., *J. Phys. C: Solid State Phys.*, 8, 243(1975).
- [4] R. N. Thomas et al., *J. Appl. Phys.*, 49, 2811(1978).

[5] 孟祥提等, 红外研究, 4, 15(1985).

Characteristic of Infrared Absorption Peaks at 708cm^{-1} , 742cm^{-1} , 776cm^{-1} in NTD CZ-Si

He Xiukun, Wang Qin and Li Guangping
(Tianjin Electronic Material Research Institute)

Abstract

Infrared absorption peaks of 708cm^{-1} , 742cm^{-1} , 776cm^{-1} of the neutron irradiated defect and their annealing and temperature characteristics are reported. The annealing temperature region for producing the three absorption peaks are ranging from 350°C to 550°C . The annealing effect is the most remarkable at 500°C and the maximum intensity of the absorption peak is reached. The frequency shift of the absorption peak is zero at temperatures ranging from 10 K to 90 K. The peak intensity increases slowly with increasing temperature between 10 K and 60K. At 60K, the maximum peak intensity is reached, however, the absorption peak intensity decreases quickly as the temperature increases from 10 K to 90 K. The peaks disappear at 95 K.

Key words NTD CZ-Si, Defect, Infrared absorption band, Annealing characteristic, Temperature characteristic