

中子辐照硅单晶中一组新的红外吸收峰

祁明维 施天生 白国仁 谢雷鸣 蔡培新
(中国科学院上海冶金研究所)

高集金 李石岭
(中国科学院原子能研究所)

1985年10月22日收到

N型中子辐照区熔硅单晶中,在与双空位(V_2^-)有关的 2770cm^{-1} 吸收峰的低频侧发现一组文献中从未报道过的新的吸收峰。对这组吸收峰的性质及其退火行为进行了研究。

在低剂量中子辐照N型区熔硅单晶中,在与双空位(V_2^-)有关的 2770cm^{-1} ($3.61\mu\text{m}$)吸收峰的低频一侧发现一组文献中未报道过的新的吸收峰。这里我们简述对于这组吸收峰的性质及其退火行为研究的初步结果。

在不同气氛下(氢气,氩气)生长的N型区熔硅单晶, $\langle 111 \rangle$ 取向,电阻率大于 $400\Omega\text{-cm}$,切割成5毫米厚片经双面抛光后在轻水堆中进行中子辐照。辐照剂量为 3.69×10^{17} 中子/厘米 2 ,镉比为10:1。辐照时样品温度维持在~40°C。

所有光吸收测试都是用NiC-7199C傅里叶变换红外光谱仪在低温下进行的。测试时用微型循环致冷器将样品冷却至所需温度,保温10分钟后,再进行低温测试。

1. 一组新的红外吸收峰的发现

在上述所有中子辐照样品的低温(10K)红外光谱中,都观察到二个与双空位(V_2^-)有关

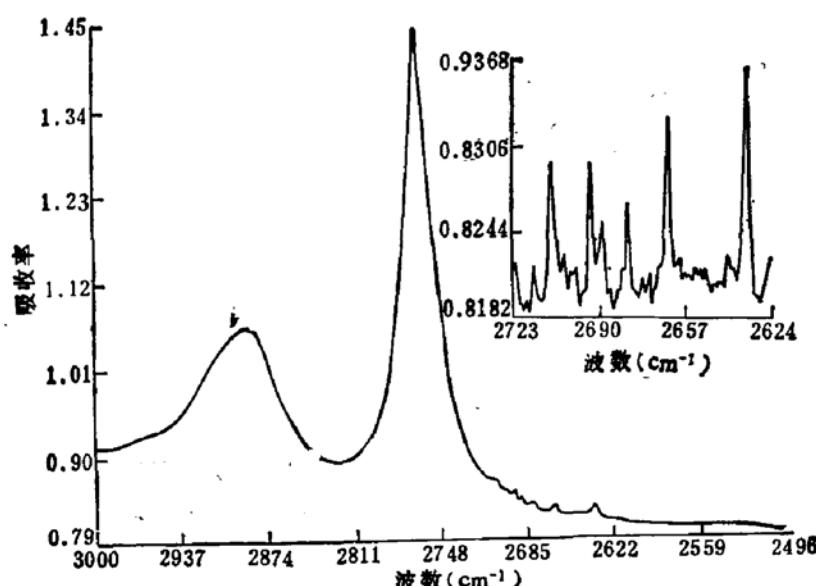


图1 中子辐照样品的低温(10K)红外光谱 右上方小图是一组新峰的放大光谱图

的红外吸收峰,即 2890cm^{-1} ($3.45\mu\text{m}$)和 2770cm^{-1} ($3.61\mu\text{m}$)。同时,在 2770cm^{-1} 吸收峰的低频侧发现一组新的吸收峰,见图1。它们的频率位置分别为 $2708, 2693, 2688, 2679, 2644$ 及 2634cm^{-1} 。但它们的吸收强度要比 2770cm^{-1} 吸收峰约小二个数量级。在以往的文献中^[1-4],虽都测到 2890 及 2770cm^{-1} 这二个吸收峰,但在 2770cm^{-1} 吸收峰的低频侧都为平坦的基线。这表明他们所使用的仪器灵敏度太低,使这组峰湮没在噪音之中。由于这组新峰普遍出现在上述各中子辐照样品中,从而排除了它们与氢相关的可能性。

2. 这组新峰是电子跃迁峰

业已肯定 2890 与 2770cm^{-1} 吸收峰只能在 150K 以下才能出现的电子跃迁峰^[5]。我们测定了这组新峰随温度的变化,发现这组新峰在 50K 以下才能观察到。从 50K 到 10K 随测试温度下降,这六个吸收峰的强度逐渐增强,但其半宽度及频率位置保持不变。这说明这组新峰与 $2890, 2770\text{cm}^{-1}$ 吸收峰一样具有电子跃迁峰的性质。经测定 2890 与 2770cm^{-1} 吸收峰的半宽度分别为 52 及 22cm^{-1} ,而这组新峰的半宽度为 $\sim 2\text{cm}^{-1}$,说明这组新峰起源于与双空位不同的缺陷中心。经受相同条件辐照的样品,它们的 $2890, 2770\text{cm}^{-1}$ 吸收峰的强度相近,而这组新峰的强度彼此之间却有明显的差别,这表明它们可能与硅单晶中杂质有关。看来这组新峰是中子辐照产生的缺陷,或缺陷-杂质复合体所引起的电子跃迁峰。

3. 退火行为

为比较,将 2770cm^{-1} 吸收峰与这组新峰的退火曲线示于图2。

从图中可见, 2770cm^{-1} 吸收峰的退火温度为 $\geq 300^\circ\text{C}$,而这组新峰的退火温度却远低于 300°C ,再次表明它们有别于双空位,至少是有别于 2770cm^{-1} 吸收峰所对应的那个组态。同时它们本身之间的退火行为也是不一致的。如 $2708, 2688, 2679\text{cm}^{-1}$ 这三个吸收峰随退火温度升高而单调下降,于 $150\sim 175^\circ\text{C}$ 间消失。而 $2693, 2664\text{cm}^{-1}$ 这两个吸收峰则随退火温度升高而逐渐增强。在 $150\sim 175^\circ\text{C}$ 之间达峰值后迅速下降,至 200°C 消失。对 2634cm^{-1} 吸收峰则开始随退火温度升高而几乎不变,在 150°C 开始增强, 200°C 达峰值后下降,至 250°C 消失。从上述实验事实,可以将这组新峰分成三组,即 $2708, 2688, 2679\text{cm}^{-1}$ 吸收峰为一组。 2693 和 2664cm^{-1} 吸收峰为另一组,而 2634cm^{-1} 吸收峰为第三组。在这三组之间存在着一定的转化关系。这表示它们代表不同的缺陷中心。

根据Corbett^[6],可知在上述温度范围内退火

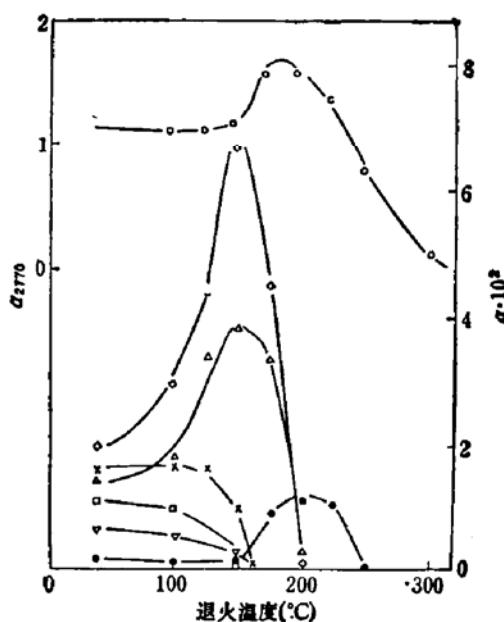


图2 双空位吸收峰(2770cm^{-1})与6个新吸收峰的退火行为

- 2770cm^{-1} , × 2708cm^{-1} , △ 2693cm^{-1}
- ▼ 2688cm^{-1} , □ 2679cm^{-1} , ◇ 2664cm^{-1}
- 2634cm^{-1}

的可能辐照缺陷有四空位, 空位-杂质对(磷空位等)和杂质间隙。已知四空位的退火温度为 $\sim 170^{\circ}\text{C}$, 磷空位为 $\sim 150^{\circ}\text{C}$, 间隙铁则为 $\sim 160^{\circ}\text{C}$ 。但仅仅根据退火行为还不足以正确鉴别缺陷中心, 要搞清这组新峰的本质还需要作更多的研究。

本工作得到中国科学院科学基金的资助。

参 考 文 献

- [1] L. J. Cheng, J. C. Corelli, J. W. Corbett and G. D. Wathins, *Phys. Rev.*, **152**, 761(1966).
- [2] L. J. Cheng and P. Vajda, *Phys. Rev.*, **186**, 816(1969).
- [3] C. S. Chen and J. C. Corelli, *Phys. Rev.*, **B5**, 1505(1972).
- [4] K. Sahu, T. R. Reddy and A. V. R. Warrier, *J. Appl. Phys.*, **54**, 710(1983).
- [5] J. C. Corelli, J. W. Corbett, "Neutron-Transmutation-Doped Silicon", Ed. Jens Guldbury, p. 35(1981).
- [6] J. W. Corbett, J. C. Bourgoin, L. J. Cheng, J. C. Corelli, P. M. Mooney and C. Weigel, "Radiation Effects in Semiconductors", Inst. Phys. Conf. Ser., **31**, 1(1977).

A Set of New Radiation-Induced IR Absorption Bands in the Neutron-Irradiated FZ-Si Crystal

Qi Mingwei, Shi Tiansheng, Bai Guoren

Xie Leiming, Cai Peixin

(Shanghai Institute of Metallurgy, Academia Sinica)

Gao Jijin and Li Shiling

(Institute of Atomic Energy, Academia Sinica)

Abstract

In the neutron-irradiated N-type FZ crystal, a set of new radiation-induced IR absorption bands not reported in the literature so far are observed at the low-frequency side of the band 2770cm^{-1} related to the divacancy. The properties and the annealing behavior of this set of IR bands are investigated and presented.