

氧在 a-GaAs(:H) 表面吸附的光电子谱研究

汪 兆 平

(中国科学院半导体研究所)

1985年4月15日收到

本文首次报道 a-GaAs(:H) 膜暴露于激活态氧之后的光电子谱的测量结果。样品是在超高真空系统中, 在 Ar 和 H₂ 的混合气体中用直流溅射方法原位制备的。氧的吸附在 a-GaAs(:H) 的价带谱中诱导一个在价带顶 (VBM) 之下 4.7eV 的峰和位于 7—9eV 的一个弱结构。通过与晶态 GaAs 表面氧的吸附结果的比较, 我们推测, 在非晶态 GaAs 表面可能只存在离解态氧的吸附。

氧在晶态 GaAs 表面的吸附已经引起人们广泛的注意并进行了大量的研究。Ranke 等^[1,2]系统地研究了离子轰击并退火的 GaAs 表面的氧的吸附。他们的研究结果表明, GaAs 表面氧的吸附涉及到两种不同形态的氧。一种是 α 氧(非离解态氧), 在价电子谱上诱导两个 O_{2p} 有关的峰, 分别位于价带顶之下 5.3 和 9.8eV, 并且从 100°C 左右的热退火就开始脱附。另一种是 β 氧(离解态氧), 在价电子谱上引起一个在 4.7eV 的尖峰和在 7—9 eV 间的弱结构, 到 300°C 左右的热退火才开始脱附。他们利用一块圆柱形的 GaAs 样品研究了氧的吸附对晶向的依赖关系, 发现对所有低指数的晶面都具有基本类似的吸附特性, 仅仅相对强度有些变化^[2], Spicer 等^[3,4]着重研究了解理的 GaAs (110) 面的氧的吸附。他们关于价带谱的测量结果几乎与 Ranke 等的结果相同。他们从氧吸附引起的 Ga_{3d} 和 As_{3d} 能级的化学位移, 以及与 Ga₂O₃ 和 As₂O₃ 的价带谱的比较, 提出一个新的吸附模型。并认为, 前一种形态的氧的吸附发生在 As 欠缺有关的缺陷位置上, 以 Ga-O-Ga 桥键组态存在。后一种形态的氧的吸附主要以 Ga-O-As=O 的组态存在。

本文首次报道, 在超高真空系统中原位制备的 a-GaAs(:H) 膜暴露于激活态的氧后的光电子谱的研究结果。分析表明, 在非晶态 GaAs 表面可能只存在一种形态的氧的吸附。

样品的制备和测量是在 Vacuum Generators ESCA3 光电子谱仪中进行的。系统的基本真空中好于 1×10^{-9} Torr。样品是用直流溅射方法在 Ar 或 Ar 和 H₂ 的混合气体中沉积在不锈钢衬底上的。总的气压 $P = 1 \times 10^{-7}$ Torr 保持不变。先沉积一层 Mo 膜, 再沉积非晶态 GaAs 膜。衬底未加热。靶材料用掺 Se 的 n-GaAs, $n \sim 2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 。沉积后, 样品随即在超高真空条件下, 传送到光电子谱仪的分析室进行测量。价带谱主要用 Ne II (26.9eV) 源, 因为这一能量范围 O_{2p} 能级可能有较大的光电离截面^[4]。Ga_{3d}, As_{3d} 和 O_{1s} 谱用 Alk. (1486.6eV) 源。氧的暴露也是在样品制备室进行的。实验上,

氧的暴露包括两类。一类是对非激活态氧(分子氧)的暴露，另一类是对激活态氧，即对热灯丝的暴露。前人的工作主要是对非激活态氧的暴露。Ley 等^④已经证明，对 a-Si:H 膜，直到 10^6LO_2 的分子氧的暴露，也未观察到氧的吸附。因此，我们研究了对激活态氧(热灯丝)的暴露。

图 1 给出 a-GaAs 膜对激活态氧暴露后的价带和 O_{1s} 光电子谱。为了与前人的工作比较，这里以价带顶为参考能级。我们已经指出，对 a-GaAs，费米能级在价带顶之上

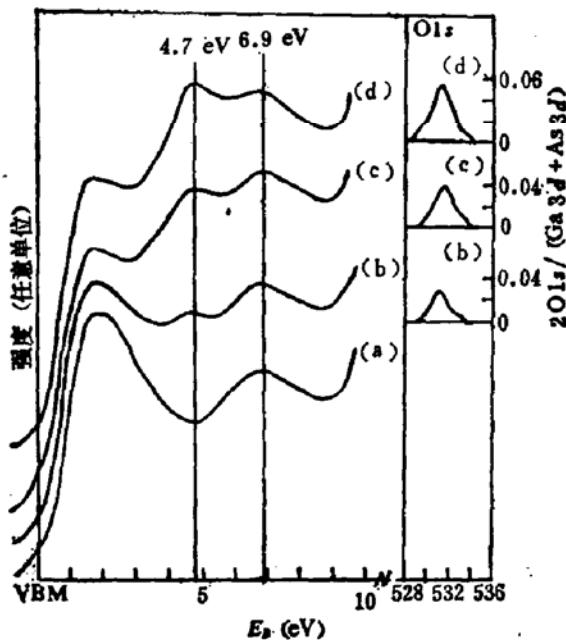


图 1 a-GaAs 膜的价带和 O_{1s} 能级谱
曲线 (a): 未暴露，曲线 (b)–(d): 暴露后

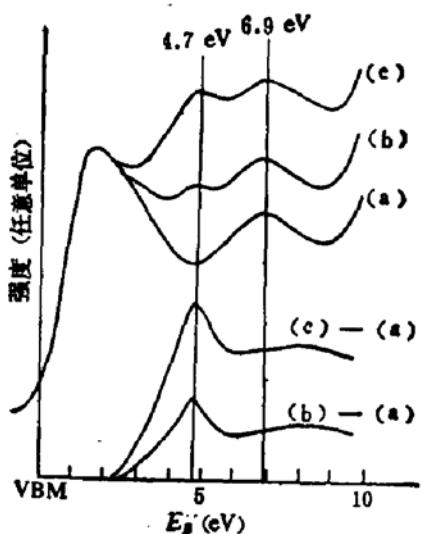


图 2 a-GaAs 膜暴露前后的价带谱的差谱样品同图 1

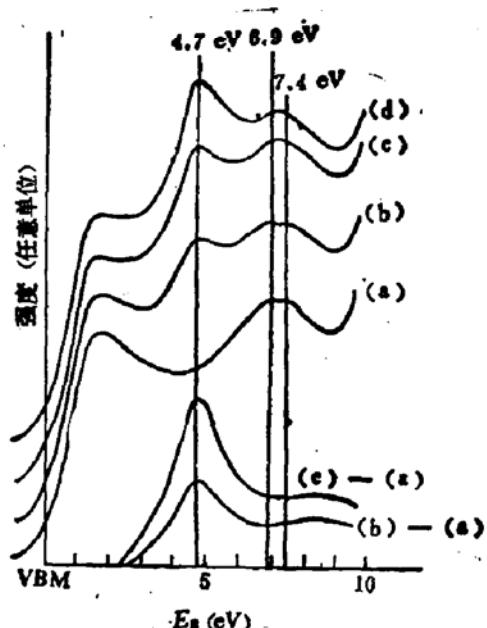


图 3 a-GaAs:H 膜的价带谱及其差谱
曲线 (a): 未暴露，曲线 (b)–(d): 暴露后

0.57eV, 对 a-GaAs:H, 费米能级在价带顶之上 0.63eV, 与氢的含量基本无关^[6]. 在 O1s 谱中, 由 O1s 峰对 Ga3d 和 As3d 峰的积分强度之比给出了氧的相对吸附量. 在图 1 的价带谱中, 在 6.9eV 处的峰是本体 GaAs 的 s·p 电子杂化带引起的. 氧的吸附主要在价带顶之下 4.7eV 处诱导一个 O2p 有关的峰. 这一特点在图 2 所示的暴氧对未暴氧的价带谱之间的差谱更清楚地显示出来. 并且除此峰以外, 在价带顶之下 7—9eV 的范围内还有一个弱结构. 图 3 表示 a-GaAs:H 膜对激活态氧暴露后的价带谱及其差谱. 非晶膜是在 20% H₂ + 80% Ar 的混合气体中原位制备的. 在价带顶之下 7.4eV 处的峰是氢诱导的峰^[6]. 氧的吸附所引起的特征峰类似于 a-GaAs 的情况.

与晶态 GaAs 表面氧的吸附结果不同, 非晶态 GaAs 表面氧的吸附仅仅引起两个 O2p 有关的峰. 其结合能与晶态 GaAs 表面离解态氧(β 氧)的吸附所诱导的两个峰的位置很好地一致. 我们推测, 在非晶态 GaAs 表面仅存在离解态氧的吸附. 这和非晶态 Si 中未观察到分子氧(非激活态氧)的吸附^[9]是相似的.

Su 等^[4]研究了用 Ar 离子轰击 GaAs (110) 解理面所得到的无序表面对非激活态氧的暴露. 他们的结果表明, 也只存在一种形态的氧的吸附, 但却是另一种形态的氧的吸附. 他们同时测量了 Ga3d 和 As3d 谱, 从其相对积分强度的变化, 推断离子轰击造成的表面 As 原子欠缺, 大到 22%. 这有利于形成 Ga-O-Ga 桥键的配置. 我们通过 Ga3d 和 As3d 谱和原子发射光谱的测量证明, 在我们的样品中, Ga 和 As 原子是接近配比的^[6]. 而且我们的样品是对激活态氧的暴露. 这些都与 Su 等^[4]的情况不同, 因而, 得到不同的结果是可以理解的.

本实验工作是在西德马普协会固体所完成的. 作者感谢 Prof. Cardona 对本工作的支持, Dr. Ley 和 Kärcher 的帮助和邢益荣同志的有益的讨论.

参 考 文 献

- [1] W. Ranke and K. Jacobi, *Surf. Sci.*, 81(1979) 504.
- [2] W. Ranke, Y. R. Xing and G. D. Shen, *Surf. Sci.*, 122(1982) 256.
- [3] P. Pianetta, I. Lindau, P. E. Gregory, C. M. Garner and W. E. Spicer, *Surf. Sci.*, 72(1978), 298.
- [4] C. Y. Su, I. Lindau, P. W. Chye, P. R. Skeath and W. E. Spicer, *Phys. Rev.*, B25(1982) 4045.
- [5] L. Ley, H. Richter, R. Kärcher, R. J. Johnson and J. Reichardt, *J. Physique*, 42(1981) C4-753.
- [6] R. Kärcher, Z. P. Wang and L. Ley, *J. Non-Cryst. Solids*, 59/60(1983), 629.

Photoelectron Spectroscopy of Oxygen Adsorption on a-GaAs (:H) Surface

Wang Zhaoping

(Institute of Semiconductors, Academia Sinica)

Abstract

The photoelectron spectroscopy of a-GaAs(:H) films after being exposed to excited oxygen is presented for the first time. The samples are prepared in situ by d.c. sputtering in a mixture of Ar and H₂. Two oxygen induced structures, a peak at 4.7 eV and a weak structure at 7—9 eV below the valence band maximum, are observed. Comparing with the results of oxygen adsorption on the crystalline GaAs surface we presume that only dissociated oxygen is adsorbed on the surface of a-GaAs(:H).