

SiC 抛光片表面氧化行为的 XPS、SEM 研究

章安辉 李雨辰

(中国电子科技集团公司第四十六研究所 天津 300192)

摘要 本文利用扫描电子显微镜和 X 光电子能谱研究 SiC 抛光片表面氧化行为,发现 Si 面比 C 面的氧化更显著,产生更多的氧化产物,提出利用扫描电子显微镜和 X 光电子能谱来鉴别 SiC 晶片的 Si 面和 C 面的新方法。

关键词 SiC 表面 氧化行为

引言

SiC 是由 Si、C 双原子层密排而成。 α -SiC 沿 (0001) 方向密排,而 β -SiC 为 (111) 方向,因此对于 (0001) α -SiC 和 (111) β -SiC 单晶片一定一面是 Si 面,另一面是 C 面。对 SiC 晶片的 Si 面和 C 面的鉴别,无论对 SiC 晶片的生产、加工以及器件制作都十分重要。过去的方法是利用 α -SiC、 β -SiC 的极性和在熔融的盐中的腐蚀形貌之间的关系,后来又发现用碱性溶液腐蚀来测定晶体的极性比熔融的盐更加有效和快捷^[1]。但这些方法都要使用化学试剂腐蚀,且过程复杂。我们借助扫描电子显微镜和 X 光电子能谱来研究 SiC 抛光片 Si 面和 C 面的氧化行为的差异,并以此实现鉴别。

1 实验

实验样品为双面抛光的低阻(0001)6H-SiC 单晶片,由瑞典林雪坪大学提供。

实验仪器为 PHI 4300 X 光电子能谱仪(XPS)、STEREOSCAN 200 扫描电子显微镜(SEM)。首先,用扫描电子显微镜对晶片两面分别拍摄表面形貌的照片,加速电压 20kV,放大倍数 700X;然后,用 X 光电子能谱采集 Si 面的能谱图,用 He 离子束做表面剥离后再采集 X 光电子能谱,用同样的方法采集 C 面的能谱图;然后将晶片垂直置于铂坩埚中,放进马弗炉,在 1100℃ 高温氧化 10h;最后取出晶片再次拍摄两面的表面形貌照片和采集晶片两面表面剥离前后的 X 光电子能谱。

数据处理 利用 XPS 定量分析计算表面化学计量比,影响光电子谱峰的因素相当复杂,归纳起来有三方面:光电子谱仪、光电离过程、样品性质,因此,光电子谱峰强度 I 可以表示为三因素的乘积。对样品中任意元素 A 的相对原子浓度可由 (1)^[2] 式获得:

$$C_A = (I_A / S_A) / \sum (I_n / S_n) \quad (1)$$

采用光谱仪的 Multipak 软件对能谱图进行平滑和分峰,

以 CO₂ 中的 C 峰为基准,获得能谱图中各峰的准确峰位。

2 结果和讨论

SiC 单晶片的 Si 面和 C 面的化学活性的差异导致其 Si 面比 C 面更容易被氧化,利用这一性质,我们用高温来加速 SiC 晶片表面的氧化,突显这种差异,然后用扫描电子显微镜和 X 光电子能谱进行观测,区分晶片的 Si 面和 C 面。图 1 中 a、b 分别是 SiC 晶片氧化前 Si 面和 C 面的表面形貌,两者没有明显的差别;图 2 中 a、b 分别是 SiC 晶片氧化后 Si 面和 C 面的表面形貌,可以看到 Si 面有大量的氧化产物,即图 2a 中的白色针状物,而 C 面没有。

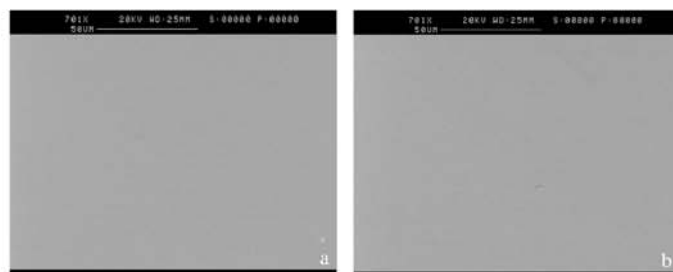


图 1 SiC 晶片氧化前 Si 面和 C 面的表面形貌

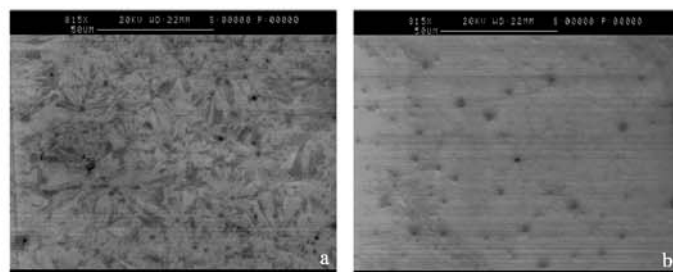


图 2 SiC 晶片氧化后 Si 面和 C 面的表面形貌

图 3~5 分别给出 SiC 抛光片 Si 面、C 面氧化前后的 X 光电子能谱测量图谱,从这些图谱可以看出:氧化后 Si 面 Si2p 峰和 O1s 峰明显强于 C 面对应的峰,而氧化后 Si 面 Cls 峰弱于 C 面 Cls 峰,计算 Si 面和 C 面氧化前后 Si 原子和 O 原子的百分浓度,结果(见表 1),从

表中我们看出 Si 面的 Si2p 从氧化前的 25.96% 增加到氧化后的 34.23%, 而 C 面的 Si2p 只是从 24.39% 到 26.52%, 这与 SEM 表面形貌照片相吻合。

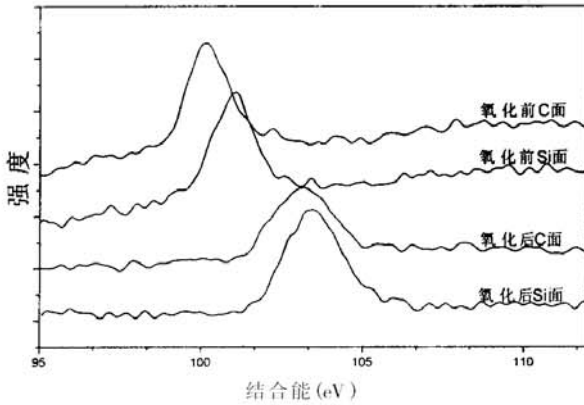


图3 SiC 表面 Si2p X 光电子能谱图

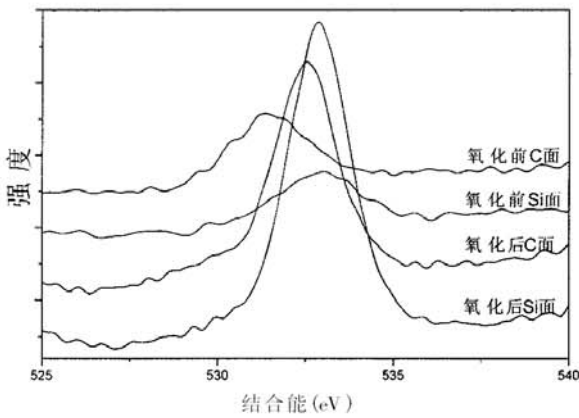


图4 SiC 表面 O1s X 光电子能谱图

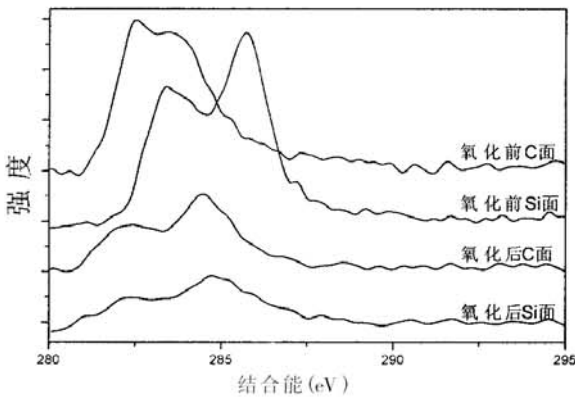


图5 SiC 表面 C1s X 光电子能谱图

表 2 给出氧化前后晶片两面 Si2p 的 X 光电子能谱峰位, 对比表 2 中 SiO₂ 中 Si2p 的峰位, 氧化后的试验结果更接近 SiO₂ 中 Si2p 的峰位, 尤其是氧化后的 Si 面。

表 1 碳化硅抛光片氧化前后 Si、O 原子百分浓度计算结果

原子浓度	Si 面		C 面	
	O1s	Si2p	O1s	Si2p
氧化前	17.59	25.96	13.64	24.39
氧化后	53.45	34.23	49.95	26.52

表 2 碳化硅抛光片氧化前后 X 光电子能谱 Si2p 峰位

Si2p 的峰位 (eV)	氧化前	氧化前	氧化后	氧化后	SiO ₂ 中
	Si 面	C 面	Si 面	C 面	
	101.12	100.18	103.45	103.20	103.4

这表明在氧化后的 Si 面, X 光电子能谱中 Si2p 基本上完全来自于氧化产物 SiO₂, 而 C 面尽管氧化前后 Si2p 峰强度没有明显增加, 但峰位移动十分明显, 比较表 1 中 C 面 O1s 峰的强度变化, 可得出结论: 氧化前 Si2p 峰主要来自碳化硅, 而氧化后, 其来自氧化硅。同时, 由于氧化试验以前样品表面已在空气中自然氧化, 从表 2 可看到氧化前 Si 面的 Si2p 的峰位比 C 面的更趋向 SiO₂ 中 Si2p 的峰位, 这也证明 SiC 晶片的 Si 面比 C 面更容易被氧化, 只是这种差异表现试验结果没有氧化试验后明显。

3 结论

对 (0001) 6H 双面抛光碳化硅晶片的表面氧化行为进行研究, 比较常温氧化和高温氧化 Si 表面氧化态的异同, 实验中发现: (0001) 6H 双面抛光碳化硅晶片的 Si 面、C 面氧化行为存在明显差异, 由此可见, 扫描电子显微镜法和 X 光电子能谱分析都可以很好的确定 SiC 晶片的 Si 面和 C 面, 而且这两种方法更加直观和方便, 这为确定 SiC 晶片的 Si 面和 C 面的方法上提供更多的选择。

参考文献

- 1 K KIJIMA, H KOMATSU, On the identification of the Polar Surfaces of SiC Crystal, JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE, 1972, 7 (1): 19~22
- 2 任殿胜, 博士论文《砷化镓表面特性及紫外光激发下表面氧化反应研究》, 天津大学化工学院, 2003

Study on the oxidation on surfaces of the polished SiC wafer by SEM XPS

Zhang Anhui Li Yuchen

(The 46th Institute of Electronic Group company, Tianjin 300192)

Abstract The oxidation on surfaces of the polished SiC wafer was studied by SEM and XPS. It is found that the oxidation and the oxidation production on the silicon surface are more than those on the carbon surface. The identification of the silicon surface and carbon surface of SiC wafer using SEM or XPS was proposed.

Key words Silicon carbide Surface Oxidation