

課題番号 : 2015B-E27
利用課題名 (日本語) : SiC 酸化過程における揮発性分子脱離過程の検討：ダイヤモンドと Si 基板の比較
Program Title (English) : Volatile molecule desorption in SiC oxidation: comparison between diamond and Si substrates
利用者名(日本語) : 小川修一¹⁾, 多賀陵¹⁾, 山田貴壽²⁾, 石塚眞治³⁾
Username (English) : S. Ogawa¹⁾, R. Taga¹⁾, T. Yamada²⁾, S. Ishidzuka³⁾
所属名(日本語) : 1) 東北大学多元物質科学研究所, 2) 産業技術総合研究所, 3) 秋田工業高等専門学校
Affiliation (English) : 1) IMRAM, Tohoku University, 2) AIST, 3) Akita National College of Technology
キーワード : リアルタイム光電子分光、ダイヤモンド、ケイ素、熱酸化

1. 概要 (Summary)

Si(111)基板において、表面に吸着した酸素が完全に脱離した後の Si 2p スペクトルの形状は、1000°Cの高温アニールで形成した清浄表面と比較して、半値幅が大きくなった。この結果は基板に歪みが生じている可能性を示唆している。一方で、ダイヤモンド基板からの酸素脱離は約 900°Cを超えたあたりから始まった。このとき、ダイヤモンド表面の黒鉛化も進行することが示唆された。

2. 実験(目的,方法) (Experimental)

Si や SiC などの Si 系半導体を用いたデバイスにおいて、Si 熱酸化による SiO₂形成プロセスは絶縁膜生成に重要な手法である。パワーエレクトロニクス用基板として利用されている SiC 基板では、熱酸化によって SiO₂が形成されるものの、同時に CO による脱離も生じている。SiC 酸化では、SiO 脱離と CO 脱離の両方が進行するため、その両者がデバイス特性に悪影響を与える恐れがある。

本研究では、これまでに我々が提案している「熱酸化歪みに誘起された点欠陥を介した Si 熱酸化反応モデル」が次世代パワーエレクトロニクス用 SiC 基板にも適用できるかどうか検討を行うため、ダイヤモンド表面における CO 脱離と Si 表面酸化における SiO 脱離過程の比較検討を行う。両者の比較から、揮発性分子脱離過程の速度論的違いを明らかにし、高品質 SiO₂/SiC 界面形成のための指針を得る。

実験は Spring-8 の BL23SU に設置された表面化学分析装置を用いて行った。ダイヤモンド基板はプラズマによって表面を酸素終端したものをを用いた。一方、Si 基板は、真空中で加熱によるクリーニングの後、O₂ガス雰囲気中 (5 × 10⁻⁶ Pa) に 60 分間暴露し、表面を酸化膜で被覆した。それぞれの試料を真空中で加熱し、その時間変化を光電

子分光法で時間分解観察した。

3. 結果と考察 (Results and Discussion)

酸素吸着 Si(111)基板の場合、表面から酸化物を完全に除去するために、610°Cでは約 4 時間、650°Cでは約 2000 秒の真空中アニールが必要であった。このように、Si(111)表面では酸素脱離に要する時間は温度に強く依存した。また、酸素脱離の活性化エネルギーは約 2.8 – 2.9 eV と求まり、これは吸着酸素の脱離は SiO 脱離によって生じることを示している。また、酸素が完全に脱離した後の表面における Si 2p スペクトルの半値幅が清浄表面と比較して大きく、残留歪みが生じていることが示唆された。

一方、酸素終端ダイヤモンド C(111)基板では、酸素の脱離は 900°C程度から見られた。また酸素の脱離に伴って sp²結合由来のピーク強度が減少した。これは酸素脱離が CO や CO₂などの揮発性分子を形成して進行すること、および酸素終端化によってダイヤモンド表面が一部 sp²化することを示唆している。

4. その他・特記事項 (Others)

原子力機構共同研究者：吉越章隆主任研究員