

軟X線発光分光法による遷移金属(Ti, Ni, Fe, Cr) / -SiC 接合界面の研究

平井正明, 亀澤智博, S. Azatyan, 安 振連, 日下征彦, 岩見基弘

岡山大学大学院自然科学研究科

-SiC(4H, 6H)は、一般的半導体であるSiと比べて絶縁破壊電界強度、飽和電子ドリフト速度、熱伝導度などの物性値が大きいワイドギャップ半導体である。さらに、耐熱性や耐放射線性があることから高温、高電界などの過酷な環境下で動作可能な電子素子として注目されている。電子素子の観点から、金属/半導体接合は必要不可欠な基本的構造である。従って、この構造の界面電子状態と熱処理効果を非破壊で調べることは、ショットキー接合やオーム性接合などの電気的特性の鍵を得るための重要な基礎的研究である。

この研究で用いる軟X線発光分光法の手法は薄膜/基板接合系試料の表面や埋もれた界面の電子状態を非破壊で測定する強力なツールである。さらに、発光を引き起こす電子遷移が双極子選択則に従うために、電子軌道の対称性(s, p, d, ...)を分離した部分電子状態密度で得られる特徴をもつ。特に、浅い内殻準位を励起すると化学結合に直接関与する価電子帯からの遷移による情報が得られるため非常に興味深い結果が期待できる。

金属として、熱処理温度によりショットキー接合とオーム性接合どちらもできる遷移金属のTi, Niおよびショットキー接合が期待できるFe, Crを選んだ。熱処理温度は600~1000℃、真空中もしくはN₂+H₂ガスを流しながら電気炉で5~30分行った。測定はフotonファクトリーのBL-19Bに設置されている軟X線発光分光装置で行った。h_ν=135(145)eVの光を励起光としてSi-L_{2,3}放射帯スペクトルとh_ν=350eVの光を用いてC-K線を測定した。

Ti/SiC接合系試料を1000℃で熱処理した場合、放射光の入射角が45°では基板SiCの寄与が大きいため入射角を75°にするとSiCとは異なるスペクトルが得られた。その結果、標準試料にしたTi₅Si₃シリサイドとスペクトル形状、ピークエネルギー位置などほぼ似ているが、完全には一致しなかった。従って、表面層はTi₅Si₃シリサイドとTi_xSi_{1-x}のようなTiシリサイドの混合物で形成されていると考えられる。また、C-K信号からはTiCである結果が得られた。

Ni/SiC接合系試料を600~950℃で熱処理した場合、表面層はNi₂Si構造のシリサイドで構成されており、遊離したC原子は凝集し600~800℃の熱処理では、SiC、グラファイトとは異なる化学結合状態を示し、950℃の熱処理でグラファイト構造の寄与が増えるが、全体としては異なるカーボン層、例えば、カーバイドもしくは3元化合物で構成されていると考えられる。

Cr/SiC接合系試料を750℃で熱処理した場合、Si-L_{2,3}放射帯スペクトルからCrシリサイドあるいはCrカーバイドの存在を示唆する結果が得られた。しかし、C-K信号からCr₃C₂の組成をもつカーバイドではないことを示していた。

Feの場合、Si-L_{2,3}放射帯およびC-Kスペクトルから700℃前後の加熱過程でまず界面付近にFe₃Cが生成される。遊離Siが多くなったところで熱エネルギーを得てβ-FeSi₂が生成される。β-FeSi₂の生成は加速され、Fe₃Cを取り込んでなおも生成は促進される。このときCは部分的に凝集してグラファイト的な組成になることがわかった。

これらの結果から、Ti, Ni, Crは遊離した過剰なSi, C原子を含まない安定した界面構造を持つことから電子素子への応用が期待される。