

氏名	亀澤 智博
授与した学位	博士
専攻分野の名称	理学
学位授与番号	博甲第2685号
学位授与の日付	平成16年 3月25日
学位授与の要件	自然科学研究科基盤生産システム科学専攻 (学位規則第4条第1項該当)
学位論文の題目	光電子顕微鏡による SiC 表面における遷移金属薄膜の 熱変化の研究
論文審査委員	教授 岩見 基弘 教授 澤田 昭勝 教授 大嶋 孝吉

学位論文内容の要旨

現在半導体電子デバイスにシリコンが広く用いられているが、近年の高速・高密度化の傾向はますます度合いを深め、技術だけでは解決できないシリコンの物理的限界まで到達しつつある。早急に次の汎用デバイス材料を選定しなければならない。ここへきて、半導体材料としての炭化珪素 (Silicon Carbide; SiC) が脚光を浴びている。SiC はIV-IV族の二元化合物半導体の一種でもある。半導体としての魅力に注目が集まったのは SiC の持つ高い絶縁耐圧を利用した電力デバイスへの応用からであるが、幅の広いバンドギャップは高温動作を保証し、さらに熱伝導率が良好なために耐高温デバイスとしても優秀であった。だが、電子デバイスにおいて欠かせない金属-半導体接合に未解明な点が多いことが、実用における目下の障害になっている。とくに高温動作の場合、SiC の性能はほとんど金属との接合部で制限されることになる。本研究では上記のような状況を踏まえ、金属と SiC の接合界面に注目し、そこに熱が加えられた場合にどのような変化をするか、新しい顕微法である光電子顕微鏡を用いて研究した。

光電子顕微鏡は光電子放出による試料表面からの光電子を映像とするため、表面の仕事関数の差を二次元の画像として得ることができる。また加熱過程であっても観察ができるので、表面の熱的な変化をリアルタイムに捉えることができる。

本研究ではジルコニウム、鉄、銅の3種の遷移金属を選び、SiC 表面上にそれぞれの金属薄膜を形成し、加熱しながら光電子顕微鏡によって観察した。さらに、軟X線発光分光などを用いて SiC と金属薄膜の界面に熱による組成変化が起こるか可能性を探った。

SiC 上のジルコニウムでは光電子顕微鏡と軟X線発光分光による分析結果から、温度変化に対して1100℃まで安定であることが確認された。また、光電子顕微鏡のための励起光源を放射光とすることで、新たな光電子顕微法を提案した。

SiC 上の鉄では光電子顕微鏡と軟X線発光分光による分析結果から、650℃以上の加熱でβ-FeSi₂を生成したと考えられる。また、光電子顕微鏡による観察では温度によってコントラストが反転する現象を確認し、そのメカニズムに迫った。

SiC 上の銅を光電子顕微鏡と走査電子顕微鏡を用いて観察したところ、600℃から700℃の間で銅薄膜が凝集することがわかった。

以上の結果によって、SiC のデバイス応用における金属接合界面の熱に対する基礎的な知識を得ると同時に、光電子顕微鏡の有効な利用法を提案した。

論文審査結果の要旨

IV-IV族化合物半導体の一つである SiC は、絶縁耐圧が高い、バンドギャップが広い、熱伝導率が良好などの特性から次世代電子デバイス材料として注目されている。しかし、電子デバイスにおいて欠かせない金属／半導体接合に未解明な点が多いことが、実用化の障害のひとつになっている。本研究ではこのような状況を踏まえ、金属と SiC の接合界面に注目し、それが加熱された場合にどのような変化をするかを、新しい顕微鏡である光電子顕微鏡 (PEEM: photoemission electron microscope) などを用いて研究している。

申請者の成果の一つは、PEEM 測定系を広島大学放射光科学研究センターの岡山大学ビームラインにおいて立ち上げることに重要な貢献をしたことである。

PEEM は光電効果により試料表面から放出された光電子を映像とするため、表面の光電子放出能の差を二次元の画像として得ることができる。また試料加熱過程の観測も可能であることを利用し、試料表面の熱的な変化のリアルタイム観察を試みている。

金属/SiC 接合系の研究ではジルコニウム、鉄、銅の3種の遷移金属を選び、SiC 表面上にそれぞれの金属薄膜を形成させ、加熱過程を観察している。また、軟X線発光分光法 (SXFS: soft X-ray fluorescence spectroscopy) を用いて、PEEM とは相補的な試料表面層の化学状態を明らかにすることも試みている。

Zr/SiC 系では PEEM と SXFS による分析結果から、温度変化に対して 1100℃まで安定であることを明らかにしている。

Fe/SiC 系では SXFS による分析結果から、650℃以上の加熱で β -FeSi₂ のシリサイド相が生成したこと、また、PEEM による観察からシリサイド層のクラスター化を示した。

Cu/SiC 系の PEEM と走査電子顕微鏡 (SEM: scanning electron microscope) を用いて観察した結果、600℃から 700℃の間で銅薄膜が凝集することを示した。

以上のように、PEEM 系を立ち上げるとともに、金属 (Zr, Fe, Cu) /SiC 接合界面の熱耐性に対する基礎的な知識を得ており、博士の学位に値すると判断する。