

Title	SiC/SiO ₂ 構造の低温作成とその物性
Author(s)	櫻井, 岳暁
Citation	大阪大学, 2001, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/2150
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	さくら い たけ あき 櫻 井 岳 暁
博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)
学位記番号	第 16521 号
学位授与年月日	平成13年9月26日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 理学研究科化学専攻
学位論文名	SiC/SiO ₂ 構造の低温作成とその物性
論文審査委員	(主査) 教授 小林 光 (副査) 教授 松尾 隆祐 教授 笠井 俊夫

論 文 内 容 の 要 旨

シリコンカーバイド (SiC) は、耐絶縁破壊電界強度、熱伝導率などの物性が極めて優れたワイドギャップ半導体であり、これをパワーデバイスに適用すれば、通電状態での抵抗値の低減や放熱効果が可能になる。また SiC は、熱酸化により SiO₂ 膜が生成することから MOS 構造が作成可能であり、パワー MOS デバイスの実用化が期待されている。しかし、現時点では電力損失が大きく実用化に至っておらず、Si/SiO₂ 界面に比べ一桁高い SiC/SiO₂ 界面準位がこの主要原因とされている。SiC の熱酸化膜を作成するためには、Si に比べ200°C以上高い温度が必要であり、この高温処理が界面準位の生成原因と考えられている。私は、SiC を低温で酸化して SiO₂ 膜を創製する新規方法を開発し、この方法を用いて SiC-MOS デバイスの高性能化を目指した。

SiC は化学的に大変安定であり、これまでは溶液との反応では SiO₂ 膜が生成しないと報告されてきた。私は、酸化力のきわめて強い過塩素酸 (HClO₄) との反応という新規な発想に基づき、SiO₂ 膜の低温創製を試みた。この結果、共沸状態 (72%、203°C) の HClO₄ を使用すれば、70nm を超える SiO₂ 膜が形成可能になることを初めて見出した。SiO₂ 膜は酸化時間に対して直線的に増加して、界面での反応が律速過程であることが分かった。また、SiO₂ 膜中には過塩素酸から分解した塩素が少量存在することが明らかになった。これより、共沸状態の過塩素酸は、分解により反応活性の高い解離酸素イオンが生成するため、低温でも特異的に SiC の酸化反応が進行するという反応モデルを提案した。さらにこの新規な SiO₂ 創製法を用いて MOS 構造を作製したところ、界面準位密度が $1 \times 10^{11} \text{cm}^{-2} \text{eV}^{-1}$ (伝導帯より0.5eV 下方) であることが判明した。この値は、熱酸化法に比べても十分低い。これらの結果より、低温で SiO₂ 膜形成およびアニール処理を行うことは、SiC/SiO₂ 界面準位を低減して良好な電気特性を達成するのに重要であることが示された。

一方、SiC はワイドギャップ半導体であり、深い界面準位にトラップされた電子の脱出寿命 (時定数) が極めて長い。このため、従来の C-V 法などの電気的手法では、バンドギャップ全域の界面準位を観察することが不可能とされてきた。私は、バイアス印加 XPS 法を用いることにより、SiC の全バンドギャップ領域の界面準位が観測可能であることを見出した。1000°C で SiC の熱酸化を行った場合、乾燥酸素で形成した dry SiO₂ 膜では価電子帯より 1.7eV 上方に高準位密度の界面準位ピークが存在するが、加湿酸素ガスで形成した wet SiO₂ 膜では界面準位ピークが存在しないことが明らかになった。これは酸素ガスに含まれる H₂O 分子が、界面準位の起源であるグラファイト様カーボンと反応してこれを効率良く除去したためと説明される。また、同じ wet SiO₂ 膜でも、酸化温度を1000°C

から1150°Cへと上昇すると、1.7eVの界面準位でピークが観測された。これらの結果より、界面準位の生成を抑制するためには、wet 酸素による酸化と酸化温度の低下が重要であることが示された。

論文審査の結果の要旨

本論文は、シリコンカーバイド上に二酸化シリコン膜を低温で作成する方法として、過塩素酸との反応という新しい方法を開発し、その形成機構及び界面準位の原因を解明し、更に金属-酸化物-半導体 (MOS) デバイスに応用できるように電気特性を向上させるという一連の研究を完成させており、学問的にも応用面からも重要な成果を得ており、博士 (理学) の学位論文と十分価値のあるものとして認める。