

論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)	氏名	Vuong Van Cuong
学位授与の要件	学位規則第4条第①・2項該当		
論 文 題 目			
<p>Low Specific Contact Resistance and High-Temperature Reliability of Ni/Nb Ohmic Contacts on 4H-SiC for Harsh Environment Applications (極限環境応用のための4H-SiC半導体上の低抵抗・高信頼Ni/Nbオーミック接触形成)</p>			
論文審査担当者			
主 査	教 授	黒 木 伸一郎	印
審査委員	教 授	東 清一郎	印
審査委員	教 授	寺 本 章 伸	印
〔論文審査の要旨〕			
<p>本論文は4H-SiC(シリコンカーバイド)デバイスの極限環境応用のための、高温信頼性を有する4H-SiC上に形成したNi(ニッケル)/Nb(ニオブ)合金によるオーミック接触形成に関する研究をまとめたものである。</p> <p>産業応用として、300℃以上の高温や高い放射線下でも駆動可能な半導体集積回路が求められている。4H-SiCは3.26 eVのバンドギャップを持ち、300℃以上の高温でも真性キャリア密度が極めて低いため、半導体デバイスとして使用可能である。しかし半導体デバイスがデバイスとして機能するためには、高温耐性をもつ電極が必要である。</p> <p>著者は高温でのデバイス駆動のために、ニッケルとニオブを用いた合金電極の研究を行い、具体的には400℃での100時間信頼性評価を行い、どのような物性が半導体デバイスとしての信頼性確保に必要なのかを示した。またプラズマ処理によるオーミック接触低抵抗化の研究結果も示している。さらに同時に高温信頼性を有するゲート電極の研究も行い、総括して4H-SiC半導体を用いた増幅回路の実証と高温動作評価の結果を示した。各章の構成は以下のとおりである。</p> <p>第1章では、ワイドバンドギャップ半導体の有用性、4H-SiC半導体の電気特性、オーミック接触を説明し、求められる課題、それに対する本研究の目的、条件について説明している。</p> <p>第2章では4H-SiC上のNi/Nb電極の信頼性評価の研究結果を示している。NiとNbの層状態によりオーミック接触電極としての信頼性が大きく変化することが示され、これにはSiCに対するNb層の相対位置と、SiCとの金属カーバイドとしての反応状態が重要であることを示している。</p> <p>第3章では第2章の議論を更に進め、接触抵抗値と信頼性に、NiとNbの膜厚変化がどのような影響を及ぼすか研究を行い結果が示されている。特にNiとNbの膜厚変化による結晶性評価と原子結合状態評価を2次元X線回折法と、硬X線光電子分光法(HAXPES)などを用いて評価している。</p>			

第4章ではオーミック接触電極形成前での $\text{CF}_4:\text{O}_2$ プラズマ照射効果の研究結果を示している。4H-SiC にプラズマ照射を行うことでオーミック接触抵抗の低減が示され、これが4H-SiC 表面での炭素原子脱離によるものであることを示している。

第5章では高温信頼性を有するゲート電極の研究結果を示している。TiN、TiC および Al をゲート電極として作製した MOS キャパシタを用いて、仕事関数変化、界面準位リーク電流の評価を行った結果を示している。このゲート電極においても 400°C での100時間信頼性評価を行い、TiN と Al では十分な信頼性が得られることを示した。

第6章では以上の研究の総括として、4H-SiC MOSFETs 等のデバイスと1段増幅回路の、高温特性評価と高温信頼性評価の結果を示している。 400°C 雰囲気にて100時間放置された後も4H-SiC MOSFETs と1段増幅回路は駆動可能であることが示された。

第7章は結論である。

上記の要約通り、著者は4H-SiC 上の Ni/Nb 合金電極の研究を行い、どのような物性が半導体デバイスとしての信頼性確保に必要なのかを示した。またプラズマ処理によるオーミック接触低抵抗化の研究の結果も示している。同時に高温信頼性を有するゲート電極の研究も行い、さらに総括して4H-SiC 半導体を用いた増幅回路の実証と高温動作評価の結果、工学的寄与を示している。

学術的には、Ni/Nb と SiC 界面との反応物性を明らかにしており、特に 400°C 雰囲気にてサンプルを100時間放置した信頼性評価実験では、金属シリサイド・カーバイドの熱的な安定性を構造的・結晶学的観点から明らかにしている。またプラズマ処理によるオーミック接触低抵抗化の研究により、SiC 界面近傍での炭素欠損が低抵抗化に重要であることを示した。これらの成果は半導体プロセス工学における知見と、これら物性と電気特性の相関という電子工学的知見を示しており、極限環境応用の半導体集積回路の発展に貢献できると考えられ、高く評価できる。

以上、審査の結果、本論文の著者は博士(理学)の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。