

論文審査の結果の要旨

報告番号	甲 先 第 <b>304</b> 号	氏 名	張 形
審査委員	主査 酒井 士郎 副査 永瀬 雅夫 副査 直井 美貴 副査 敖 金平		
学位論文題目 Synthesis and Application of Oxide for Gallium Nitride Electron Devices (酸化膜の合成と窒化ガリウム電子デバイスへの応用)			
審査結果の要旨 窒化ガリウム (GaN) 系AlGaN/GaNヘテロ構造トランジスタ (HFET) において、ノーマリーオフ動作やhigh-k絶縁体を用いたゲートリーク電流の低減は重要な課題である。本論文は金属酸化膜の合成とGaN電子デバイスへの応用を目的にした。 まず、異なるO <sub>2</sub> /Ar比率と基板温度で反応性スパッタによる金属酸化膜を合成した。原子間力顕微鏡 (AFM)、X線回折 (XRD)、X線光電子分光 (XPS) と紫外-可視透過率スペクトルによって薄膜を分析した。結晶方位は酸素の割合によって異なり、結晶の品質は酸素割合の増加に伴い低下した。基板温度の増加により、NiO薄膜の結晶性と化学量論が改善され、バンドギャップと比抵抗も高くなった。NiOの成長に常温で最適な酸素比は25%であった。 次に、NiO/GaNヘテロ接合ダイオードの電気輸送特性を検討した。Ni/GaNショットキーダイオードと比較すると、NiO/GaNヘテロ接合ダイオードのON電圧は比較的に高くなった。また、NiO/GaNダイオードには逆方向リーク電流が低くなり、温度依存性も示した。常温で合成したNiOは3.2 eVのバンドギャップを持つ立方結晶構造であることが判った。バイアス電圧と温度に強く関連する3種類の輸送機構を提案した。一方、デバイスは常温から175度までの温度範囲で安定した動作を示し、高温高出力環境で広く使用することにも有利であろう。 続いて、常温で成長した低抵抗NiO膜をゲート電極としてAlGaN/GaN HFETに試みた。Ni/Auゲートと比べると、NiOゲートの閾値電圧は約1 V程度正にシフトした。NiO薄膜はP型伝導性をもち、GaNとの伝導帯オフセットが存在するためである。NiOのバンドギャップを3.57 eVにし、価電子帯が1.25 eV、伝導帯バンドオフセットが1.42 eVになったことがXPS測定によって判った。リセス構造でNiとNiOゲートAlGaN/GaN HFETの閾値電圧は正にシフトし、NiOゲートの閾値電圧は約0 Vになり、ノーマリーオフ動作が確認できた。 最後に、最も有望なhigh-k絶縁体としてHfO <sub>2</sub> とHfONを検討した。異なる酸素流量で反応性スパッタによる膜を合成した。成長率は酸素流量の増加と共に減少した。酸素流量の増加につき膜はHfNからHfO <sub>2</sub> に変更し、小さい酸素流量でHfONが形成された。このHfON膜を用いたMOSダイオードに、最小な逆方向リーク電流を示した。それはより多くの反応性窒素ガスでHfON膜は作られていることを示している。TiN/HfONゲートを用いたAlGaN/GaN HFETを試作したところ、ショットキー接触、HfO <sub>2</sub> MOSHFET、HfON MOSHFETの閾値電圧はそれぞれ-3.0、-5.0、および-7.0 Vになった。HfON誘電体の導入によって、負の閾値電圧シフトやリーク電流の低減が得られた。HfO <sub>2</sub> MOSHFETの600度で顕著な劣化に対して、HfON誘電体は900度でも熱安定性を示した。バルク誘電体にHfN結合の存在と誘電体/GaN界面にNの存在が熱安定性を改善するためである。HfON誘電体が自己整合プロセスに有望な候補であることを示している。 本研究は、酸化膜の合成と窒化ガリウム電子デバイスへの応用に関する研究であり、優れた成果が得られた。本論文は博士 (工学) の学位授与に値するものと判定する。			