

論文審査の結果の要旨

報告番号	甲 先 第369 号	氏 名	李 小波
審査委員	主査 直井 美貴 副査 永瀬 雅夫 副査 原口 雅宣 副査 敖 金平		
学位論文題目 Development of GaN Diodes with NiN Electrodes for Power Electronics and Temperature Sensing Applications (NiN 電極を有するパワーエレクトロニクス及び温度センシング用 GaN ダイオードの研究)			
審査結果の要旨 <p>半導体ショットキーバリアダイオード (SBD) は、マイクロ波無線電力伝送システムにおけるアンテナ整流器 (レクテナ) 回路の重要なデバイスである。しかし、GaN SBDに最も一般的に使われているNiアノードは、熱処理後Ni-N合金を形成し、界面劣化によって熱安定性が低下することが報告されている。本論文ではGaN電子デバイスへの応用のため、窒化ニッケル (Ni<sub>3</sub>N) の合成と応用について研究した。また、温度センサー用途向けのGaN pnダイオードとSBDも調べた。</p> <p>Ni<sub>3</sub>N膜はさまざまな窒素分圧を用い、0.005 Paから0.184 Paまでの圧力範囲でマグネトロン反応性スパッタリングによって堆積された。窒素分圧を増加すると、堆積速度が低下したものの、膜の抵抗率と表面粗さが改善された。X線回折 (XRD) およびX線光電子スペクトル解析によって、膜中Ni<sub>3</sub>NおよびNi<sub>2</sub>N相がそれぞれ低等および中等窒素分圧で支配することを示す。さらに、Ni<sub>2</sub>N相は高窒素分圧で得られる。エネルギー分散型X線スペクトルから評価されたNi/N比は、さまざまな窒素分圧のXRDスペクトルで示されたNi<sub>3</sub>N相と一致する。NiアノードGaN SBDと比較すると、Ni<sub>3</sub>Nを有するSBDのショットキー障壁高さとオン電圧は、それぞれ0.03~0.18 eVと0.03~0.15 Vを増加した。容量-電圧測定には顕著なヒステリシスのない良好な界面が実現されることを実証した。特に、中等窒素分圧で得られたNi<sub>3</sub>Nアノードダイオードは、高い障壁バリアと低い逆漏れ電流を持ち、有望なアノード材料と見なされる。電流-電圧の温度依存特性には、Ni<sub>3</sub>N-SBDがNi/GaN界面反応を抑制するため、Ni-SBDよりも熱安定性が優れていることを示した。さらに、Ni<sub>3</sub>NアノードGaNダイオードの熱安定性からは、約1.3 mV/Kの感度を持つ温度検出への応用が可能であるとみられる。</p> <p>p-NiO/n-GaN pnダイオードとTiN/GaN SBDは、デバイスの直径と電流レベルを変化させることで広範囲に調べた。NiO/GaN pnダイオードの場合、完全なオン状態で、直列抵抗と理想因子が感度を支配することが実証された。ただし、完全なオン状態で、直列抵抗はTiN/GaN SBD温度センサーの感度にわずかな影響を与えた。直列抵抗の成分を差し引いた後、デバイス直径が大きくなるにつれて、p-NiO/n-GaN pnダイオード温度センサーの感度は減少、TiN/GaN SBD温度センサーの感度は増加したことが判った。両方のタイプの温度センサーでは、異なるデバイス直径とサブスレッショルド状態で、感度と対応する電流密度の間に良好な線形関係が観察された。低電流密度は高感度に対応する。25~200度で良好な熱安定性と直線性を示すNiO/GaN pnダイオードとTiN/GaN SBDは、温度検出応用に有望な候補であると言える。また、NiN/GaN SBDについても温度センサーとして調べた。サブスレッショルド領域では、直径200μmのNiN/GaN SBD温度センサーで感度と対応する電流密度の間に良好な線形関係が観察された。TiN、Ni、NiN電極のGaN SBD温度センサーの間で比較すると、NiN電極を有するGaN SBD温度センサーの感度はGaN SBDを基づいたTEモデルによって計算した理論感度に近いことを示した。</p> <p>ArとN<sub>2</sub>の混合ガス雰囲気中、Niターゲットを用い、マグネトロン反応性スパッタリングによりNiNゲートAlGaIn/GaN HFETを製造した。ゲートリーク電流特性には、従来のNiゲートHFETと比較すると、NiNゲートHFETの逆リーク電流が約1桁減少し、ON/OFFドレイン電流比が2桁増加することを示した。温度に依存するゲートリーク電流-電圧特性より、NiNゲートHFETの熱安定性が優れていることを示した。</p> <p>本研究では、GaNパワーエレクトロニクス及び温度センシングへの応用のため、Ni<sub>3</sub>N電極の合成、デバイス設計、試作及び評価について、優れた成果が得られている。本論文は博士 (工学) の学位授与に値するものと判定する。</p>			