

## 論文内容要旨

報告番号	甲 先 第 <b>222</b> 号	氏 名	李 柳暗
学位論文題目	Synthesis and application of titanium nitride for gallium nitride electron devices (窒化チタンの合成と窒化ガリウム電子デバイスへの応用)		
<p>内容要旨</p> <p>The thesis is divided into the following sections:</p> <p>Chapter 2 elucidates the evaluation of the thermal stability of TiN used as Schottky electrodes on GaN. The results demonstrate that TiN possess barrier heights of 0.56 eV and good thermal stability at 850 °C for 1 min. Then, several TiN films are deposited using different N<sub>2</sub>/Ar reactive/inert sputtering gas ratios. The average Schottky barrier height is about 0.5 eV, and remains virtually constant with varying nitrogen deposition content. The increase in the film resistivity after thermal treatment is attributed to oxidation and/or nitridation. Films deposited with a medium nitrogen content show the best thermal stability.</p> <p>Chapter 3 establishes the GaN Schottky barrier diodes (SBDs) with low turn-on voltage are developed for microwave rectification. The diodes with reactively-sputtered TiN electrodes have a lower turn-on voltage compared with the diodes with Ni electrode, while the on-resistance, the reverse leakage current and the reverse breakdown characteristics are comparable to each other. Theoretically, the SBDs with TiN electrodes can enhance the efficiency of a rectenna circuit at 2.45 GHz from 84% to 89%.</p> <p>In Chapter 4, we evaluated the annealing temperature and time-dependent electrical properties of AlGaIn/GaN HFETs utilizing TiN/W/Au as the gate electrode. With the annealing temperature increasing from 750 to 900 °C for the annealing time of 1 min, the sheet resistance of TiN/W/Au films increased gradually while that of the ohmic contact was minimum (0.66 Ω mm) at 800 °C. From the current-voltage characteristics of the Schottky diode and HFETs, it is demonstrated that annealing at 800 °C showed the lowest on-resistance and highest maximum drain current. These results demonstrated that the TiN/W/Au gate is suitable for application in the gate-first process.</p> <p>In Chapter 5, the influence of deposition conditions and post annealing upon the device performance of the sputtering deposited TiN/AlO<sub>x</sub>/AlGaIn/GaN metal-oxide-semiconductor heterostructure field-effect transistors is reported. The AlO<sub>x</sub> deposited with a medium O<sub>2</sub>/Ar ratio on GaN possessed the smallest interfacial state density and reverse leakage current. The metal-oxide-semiconductor heterostructure field-effect transistors with a small hysteresis and a low leakage current were obtained by depositing AlO<sub>x</sub> with a medium O<sub>2</sub>/Ar ratio and post-annealing at 600°C for 1min.</p> <p>The dissertation is concluded in Chapter 6.</p>			

## 論文審査の結果の要旨

報告番号	甲 先 第 222 号	氏 名	李 柳暗
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 titanium nitride for gallium nitride electron devices (窒化チタン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 <p>本研究は反応性スパッタリング方法を用い、窒化チタン (TiN) の合成とショットキー電極として窒化ガリウム (GaN) 電子デバイスへの応用を目的にした。</p> <p>まず、GaNショットキー電極として用いられる種々の金属窒化物を合成し、その膜を用いたGaNショットキーの熱安定性を評価した。Tiコンタクトはオーミック特性と観察され、窒素ガスを有する試料にはショットキー特性を示した。平均ショットキー障壁高さは約0.5 eVと窒素流量によらず実質的に一定のままであった。中位の窒素比 (40 %と60 %) で堆積した膜は最高の膜質と熱安定性を示した。次に、TiN/W/Auをゲート電極としてのAlGaIn/GaNヘテロ構造電界効果トランジスタ (HFET) における電気特性のアニール温度と時間依存性を評価した。ショットキーダイオードとHFETの電流-電圧特性から、800度で最低のオン抵抗と最大ドレイン電流を得た。短時間でアニールすると、良好なデバイス性能を示した。TiN/W/Auゲートを用い、自己整合ゲートを有するAlGaIn/GaN HFETを試作し、良好なデバイス特性が得られた。さらに、低ターンオン電圧を持つマイクロ波整流用GaNショットキーバリアダイオード (SBD) を開発した。TiN電極のダイオードには、Ni電極と比較して低いターンオン電圧を持ち、オン抵抗、逆方向リーク電流、破壊電圧が互いに相当することが判った。TiN電極を用いたレクテナ回路で、Niダイオードの52.8%に対し、56.0%の変換効率を達成し、効率向上することが確認できた。最後に、トランジスタのゲートリーク電流を低減するために、反応性スパッタで形成したTiN/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜を用いたAlGaIn/GaN MOS型 HFETにおいて、成膜条件やポストアニールのデバイス性能への影響を調べた。特にアルゴンと酸素の組成比について、中位な組成比で一番安定なデバイス特性を得た。その組成比を用いたデバイスを600度でアニールすると、ゲート電流が減ったことも判った。</p> <p>以上本研究は、窒化チタンの合成とGaN電子デバイスへの応用に関する研究であり、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>			