

論文審査の結果の要旨

報告番号	甲 先 第 407 号	氏 名	周 継 禹
審査委員	主査 直井 美貴 副査 永瀬 雅夫 副査 安澤 幹人 副査 敖 金平		
学位論文題目 Investigation on Integrated AlGaIn/GaN Ion-Sensitive Field-Effect Transistors (集積化 AlGaIn/GaN イオン感応性電界効果トランジスタに関する研究)			
審査結果の要旨 <p>AlGaIn/GaN ヘテロ構造イオン感応性電界効果トランジスタ (ISFET) は、AlGaIn/GaN 界面の二次元電子ガス (2DEG) によってもたらされる高電子移動度と高電子密度により、高感度かつ高速応答ができる。本論文では AlGaIn/GaN ISFET の研究および集積化に関して研究した。</p> <p>pH センサの良好な性能を達成するために、$Al_xGa_{1-x}N$ 中 Al 組成 X (25%, 35%, 40%) の異なる構造を提案した。40%の Al 組成の試料にはバッファ層がない 7 nm の $Al_{0.4}Ga_{0.6}N$ 層のみがあり、格子不整合が大きく、2DEG 濃度が比較的 low だった。25%と 35%の Al 組成を持つセンサの特性を比較した。25%の Al 組成の 16 nm バッファ層を有する障壁層の Al 組成 (35%) をもつ pH センサは、優れた表面感度 ($S_v=56.01$ mV/pH) を示した。それは 25%の Al 組成をもつセンサ (53.94 mV/pH) より大きくなったが、電流感度 S_A (-0.095 mA/pH vs -0.102 mA/pH) では前者の方が悪くなった。また、アルカリ溶液中で 5 回測定を行った結果、デバイスのしきい値電圧は約 -1.6 V から約 -0.8 V までシフトし、出力電流も減少した。高分解能 SEM 写真から、デバイス表面に約 100 nm の大きさの高密度六角形ピットが現れることを示し、アルカリ検出中の転位のエッチング効果を示すことが判った。XPS 検査では pH 検出測定後に Ga3d と Al2p スペクトルの強度が低下し、上部の AlGaIn 薄膜で化学成分の変化が起こることを示唆した。SEM 観察の結果と似ていて、TEM 写真からも約 100 nm の大きさのポイドが観察された。EDX と組み合わせることにより、電気的性能の劣化には、アルカリ溶液での溶解と同様に AlGaIn 層の酸化物への変換が起因することが判った。表面 Al 成分と溶液の反応を避けるため、3 nm の GaN キャップ層を添加した。センシング特性を維持し、さらに相互コンダクタンスを向上するため、ゲート長 2 μm、深さ 14 nm のリセスゲートを形成した。AlGaIn/GaN 系 ISFET pH センサの電流感度は、リセスゲート構造とアンモニア水処理により、52.25 μA/pH から 84.39 μA/pH になり、61%向上したことが判った。</p> <p>GaN に基づくショットキーバリアダイオード (SBD) は、温度検知のために使用することができ、温度感度も異なる構造設計によって改善され得る。リセスアノードを用いた AlGaIn/GaN SBD は、温度センサ用の GaN 系パワーデバイスと集積化するのに適している。固定電流での順方向電圧の温度依存性は良好な直線性を示し、約 1.0 mV/K の感度が得られた。p-NiO ガードリング構造は、アノード/GaN 界面の電界、そしてアノード端部でのフィールドクラウディングを効果的に抑制することができ、降伏電圧を約 -250 V に高めることができた。同じ材料を使うために、我々は温度と pH を同時に測定するために GaN に基づく集積化センサデバイスを設計することが期待できる。それによって、異なる温度での pH センサの測定偏差を解決する。</p> <p>本研究では、AlGaIn/GaN ヘテロ構造に基づき、pH センサとしての ISFET と温度センサを研究した。溶液中デバイス動作の安定性、劣化メカニズム、集積化に関して独自な見解をもたらす発見を示した。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>			