

論文内容要旨

報告番号	甲先第 277 号	氏名	王磊
学位論文題目	AlGaIn/GaN ISFET を用いた pH センサに関する研究		
<p>内容要旨</p> <p>pH センサは、Si 基板上 ISFET (Ion Sensitive Field Effect Transistor) イオン感応性電界効果トランジスタの発展によって小型化、集積化が進んでいる。現在、ISFET を用いた pH センサは低コストや再現性の良さなどの理由から、Si-MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor) が主流となって実用化もされている。しかし、Si を基づいた ISFET は、高温動作が不可能であることやある溶液で腐食してしまうなどの欠点があるため、実際に使用する際に限りがある。窒化ガリウム(GaN)は、半導体材料として Si の代わりに ISFET の開発が期待されている。理由はワイドバンドギャップ材料なので、高温耐性が優れているためである。そのほか GaN は化学的に安定であり、放射線耐性もよいため、厳しい環境での化学センサとして用途が広がる可能性が高まる。また、GaN は人体に無害であることで、生体センサとして容易に利用できる。さらに、AlGaIn/GaN Heterojunction field-effect transistor (HFET)は、2次元電子ガス(2DEG)による高電子濃度および高電子移動度を提供することができるので、高応答速度や高出力電流を有する ISFET を用いた pH センサが開発できる可能性がある。本研究では、AlGaIn/GaN ISFET を用いた pH センサにおいて表面処理による感度の安定と向上を目指したものである。本研究により得られた主な知見を以下にまとめる。</p> <p>AlGaIn/GaN ヘテロ構造を用い、ISFET 構造を有する新型 pH センサを作り、評価した。デバイス表面を酸素プラズマ (100 W) で処理することで、AlGaIn/GaN ISFET 表面の親水角度が 5~7°程度改善した。短時間 (処理時間 2 分程度) 酸素プラズマで処理したサンプルにおいて感度が向上したことが分かった。酸素プラズマ処理後、デバイス表面にアルミ酸化膜が圧倒的に多くなったことは感度が向上した要因であると考えられる。一方、長時間 (処理時間 3 分以上) で酸素プラズマ処理したサンプルにおいてデバイス感度は低くなり、デバイス表面にガリウム酸化膜が多くなったのが原因である。従って、短時間酸素プラズマ処理することで、AlGaIn/GaN ISFET を用いた pH センサの表面状態および感度が改善したことが判った。また、600, 700 及び 800 °C (処理時間 5 分) で表面酸化実験も行った。700 °C で熱酸化処理することで、最高感度 (57.7 mV/pH) を得た。未処理のサンプルの表面において (Ga)Al(OH)₃ が沢山に存在することはノイズの発生により解像度が低下する要因である。熱酸化処理をすることで (Ga)Al(OH)₃ 量の減少につれ、解像度の低下を改善した。熱酸化処理温度の上昇につれ、表面酸化膜において Al(OH)₃ から Al₂O₃ に変化し、特に 700 °C で熱酸化処理した場合に純粋な α-Al₂O₃ の形成は最高感度を得た要因である。一方、800 °C で熱酸化処理し場合は、Ga₂O₃ の形成が感度を減少した要因である。最後に、アルミ酸</p>			

化膜を用いた MOS 型 AlGaIn/GaN ISFET を作るため、AlGaIn/GaN ISFET 用低温プロセスを開発した。500 度 20 分のアニール条件で、最低コンタクト抵抗 (0.69 W mm) が得られた。この低温プロセスを用い、 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{AlGaIn/GaN}$ ISFET を作り、55.2 mV/pH の感度を得られた。AlGaIn/GaN ISFET において、表面にアルミ酸化膜を付けることで感度の向上も確認できた。

AlGaIn/GaN ISFET を用いて高性能の pH センサの開発及び実用化に有望であるが、表面準位による不安定現象の解決には、表面状態の改善を最適化にする必要である。まだ、長時間及び高温環境で動作の検証が重要である。