

AlGaN/GaN ヘテロ構造を用いた pH センサの温度依存性

Temperature Dependence of pH Sensor on AlGaN/GaN Heterostructure

徳島大院 STS 研 ○新潟 一字, 逢坂 直也, 植野 和宏, 敖 金平

STS Univ. Tokushima, °Kazutaka Niigata, Naoya Aisaka, Kazuhiro Narano, and Jin-Ping Ao

E-mail: niigata-k@ee.tokushima-u.ac.jp

現在の固体 pH センサは半導体材料のシリコンを用いているため、高温での使用には制限があり、特定の溶液に弱い。窒化ガリウム (GaN) は化学的に安定、高速、無害という特徴を持ち、AlGaN/GaN ヘテロ構造を用いた pH センサが開発されている[1, 2]。本研究では AlGaN/GaN ヘテロ構造を用いた pH センサを作製し、その温度特性を評価したため報告する。

サファイア基板上に u-GaN を 3 μm 、この上に u-AlGaN を 24 nm (Al 組成比 0.22) 成長させた AlGaN/GaN ヘテロ構造を用いた。試作プロセスとして、まず、素子間分離のため二次元電子ガス(2DEG)層を除去するメサ (深さ 600 nm) をドライエッチングで形成した。次にドレイン (D) とソース (S) 用オーミック電極として Ti/Al/Ti/Au (50/200/40/40 nm) を成膜した後、窒素雰囲気中で 850°C、1 分間アニールを行った。溶液と接するセンシング部分 (長さ約 60 μm 、幅 300 μm) はオープンゲート構造になっている。最後に、チップを劈開し、専用ホルダに実装した。溶液に接触しないように電極金属はシリコン樹脂で被覆されている

(Fig. 1)。測定には三種類の pH 標準液 (pH4.00 のフタル酸塩, pH6.88 の中性リン酸塩, pH9.22 のホウ酸塩) を用いた。実装したセンサを溶液内に挿入し、同じく溶液内に挿入した作用電極 (白金) から電圧 (V_G) を印可することでセンサを制御した。溶液の電位を測定するために参照電極 (Ag-AgCl 電極) を使用した。水浴バスで溶液の温度を 20°C, 40°C, 60°C, 80°C と変化させていき、センサの電気特性を評価した。

各温度で各溶液中良好なピンチオフ特性が得られた。また、pH 値の増加により、ドレイン電流 (I_D) が減少し、しきい値電圧が浅くなったこともわかった。Fig. 2 はフタル酸塩 pH 標準液 (pH4.00) 中でのセンサの電流-電圧 (I - V) 特性を示す。温度上昇に従ってドレイン電流が減少したことがわかった。これはデバイス内部温度が上昇しチャンネル電子移動度が低下したことが原因だと考えられる。しかし、溶液の温度上昇と共に液中リーク電流の増加

も確認された。Fig. 3 はセンサ感度 ($\Delta V/\text{pH}$) の温度依存性を示す。 $I_D=60 \mu\text{A}$ 、 $V_D=0.1 \text{ V}$ の条件で、各温度の感度が 54.8 (20°C), 61.5 (40°C), 64.4 (60°C), 68.3 (80°C) mV/pH となり、理想値 (虚線) に近い値が得られた。AlGaN/GaN ヘテロ構造を用いた pH センサは高温でも十分な感度を持つことがわかった。

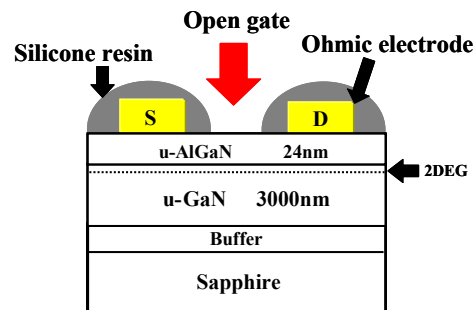


Fig.1 The cross sectional view of pH sensor.

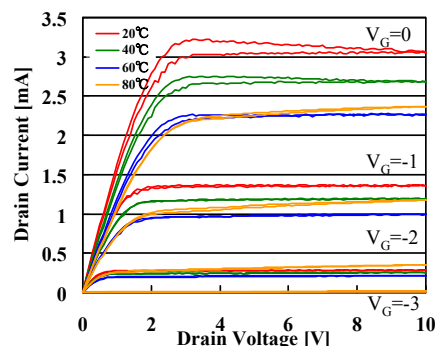
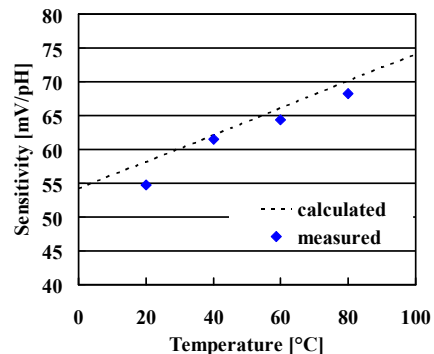
Fig.2 I_D - V_D characteristic of pH sensor (pH4.00).

Fig.3 Temperature dependence of pH sensor sensitivities.

[1] 野崎 他、電子情報通信学会 ED2009-107(2009)

[2] G. Steinhoff, Appl. Phys. Lett. 83, 177(2003)