

審 査 の 結 果 の 要 旨

氏 名 孫 大利

アモルファス酸化物半導体 In-Ga-Zn-O_4 (aIGZO)は透明薄膜トランジスタ (TFT)の重要な構成材料として現在携帯電話やPC等の日常製品に広範囲に利用されている。この材料は低温合成が可能でありかつデバイスの低消費電力動作が実現可能な高機能性を有している。しかしバイオセンシングを目的とした研究はほとんどない。本研究ではバイオセンシングへの aIGZO の応用を目指して、最適な表面化学処理法を開発し、薄膜抵抗素子および薄膜電界効果トランジスタ素子を作製した。

具体的には DNA の固定方法及び効率について aIGZO と、広くに工業的に利用されている $\text{Sn-In}_2\text{O}_3$ (ITO) を比較した。蛍光発光強度により ssDNA の吸着量を定量化した結果、aIGZO 薄膜の吸着力は ITO より 6.7 倍大きいことがわかった。本研究では、DNA 固定率を制御するため、表面処理の OH 溶液濃度と aIGZO 薄膜の熱結晶化による影響を調べた。この論文では、DNA 固定率を制御するための 3 つの実用的な手法として、表面処理溶液の OH 濃度、熱アニール及び成膜時の酸素分圧制御を提案する。pH=6.8 の洗浄緩衝液で超音波処理を導入することにより、薄膜表面の DNA 吸着量の 67%まで回復することがわかった。従って DNA バイオセンシングのために再利用することができる。本研究の重要な発見は、aIGZO 薄膜表面の高い OH 親和性とその制御法である。aIGZO 薄膜の優れた OH 親和性を利用し、強アルカリ溶液処理条件下でインピーダンス、接触角を計測することや DNA 吸着を介した OH センサを開発した。100 mM 以上の領域における OH 感度は 1.5 mM の極めて高感度の OH センサを実現した。最後に、aIGZO 薄膜を用いた DNA センサを、本論文で提案した。aIGZO 薄膜を用いたインピーダンス DNA センサは、光と電気による同時検出と自己検証を可能であることを示した。aIGZO を用いた TFT バイオセンサの特性はシミュレーションにより提案した。aIGZO を用いたインピーダンスと蛍光より同時センシングを実現し、透明 TFT バイオセンシングへの応用の可能性を示した。

以上要するに、本研究では低消費電力動作が可能なアモルファス酸化物半導体をバイオデバイスへ適用し、薄膜抵抗素子としてはアルカリ領域 (pH>12) で従来型 pH センサと比して 10 倍以上の高感度を有する事を新規発見し、また薄膜電界効果トランジスタ素子ではその透明性を活用して光学的蛍光観察と電気信号計測の同時測定を実現し、非蛍光修飾 DNA センサを可能とした。このよ

うに、バイオエンジニアリング研究分野における貢献は少なくない。よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。