

電子情報工学専攻	学籍番号	009303
申請者氏名	徐 光鍾	

指導教員氏名	若原 昭浩 石田 誠 金 熙濬
--------	-----------------------

論 文 要 旨(博士)

論文題目	パルスレーザ堆積法で作製した酸化亜鉛(ZnO)系混晶半導体に関する研究 (A Study on Zinc Oxide and Related Compounds Grown by Pulsed Laser Deposition)
------	---

(要旨 1,200字程度)

酸化亜鉛(ZnO)はII-VI族半導体の一種であり、ZnOの結晶構造はGaNと同じく、天然に閃亜鉛鉱として産出するウルツ鉱型(六方晶系)を持ち、P63mcの結晶群に属する。室温で約3.37 [eV]の直接遷移型のバンドギャップを有している。ZnOは工業的な応用を考えると低価額、埋蔵量が豊富、環境に優しいなどの多くの利点をもっている。ZnOは、直接遷移型バンド構造に加え、励起子結合エネルギーが60 [meV]と非常に大きいことから光電子材料として注目を集め、紫外線発光素子、透明なトランジスタ、バリスタ、表面弾性波デバイス、太陽電池などの研究が盛んに行われている。幅広い応用分野の中でも、特に、ZnOは低温成長が可能なことからポリマー基板上へのデバイスや、希薄磁性を利用したデバイスへの期待が高い。

本研究では、様々な電子デバイス中で、ポリマー基板上へ形成された光電子集積回路の実現を目指し、高品質ZnO系半導体の低温成長技術の確立と疑似格子整合系異種接合構造の実現、さらに希薄磁性半導体を用いた光電子デバイスの実現を目指しその基礎的特性を明らかにする事を目的とした。

まず、パルスレーザ堆積法をもちいて、ポリマー基板上へ低温成長させたZnOの特性を評価し、多結晶Si並の性能をもつ薄膜トランジスタを実現するための検討を行った。PTFE/ガラス基板上にAl添加ZnOをパルスレーザ堆積法で基板温度473 [K]にて形成した。ZnO膜の電気特性は、成長中の酸素分圧の減少に伴い向上し、酸素濃度0.1 [mTorr]において、自由電子濃度 4.3×10^{20} [cm⁻³]、Hall移動度26 [cm²/V·s]、抵抗率 5.3×10^{-4} [Ω·cm]が得られた。アモルファスSi以上の特性が得られていることから、透明導電膜のみならずポリマー基板上にZnOをチャンネルとして用いた高性能薄膜トランジスタの実現も可能であることが分かった。PTFE基板上のZnO膜は可視光領域について80 [%]以上の優れた透過度を示した。次に、フレキシブルなポリマー基板としてポリイミドを用い、ZnO薄膜の堆積を行い、その特性について検討を行った。作製されたZnO膜の柔軟性を調べるために、ポリイミド基板を曲げながら抵抗測定を行った。曲率半径が4 [cm]まではZnO膜を繰り返して曲げても、抵抗には大きな変化は見られなかった。

次に、ヘテロ接合型のTFT構造の実現の可能性を検討するため、サファイア基板上へZn_{1-x}Mg_xO薄膜を成膜した。Zn_{1-x}Mg_xO薄膜の組成分析はElectron probe microanalysisで測定を行った。X-ray diffraction測定結果から求めたZn_{1-x}Mg_xO薄膜のc軸方向の格子定数は膜中のMg組成が増えるに従って小さくなった。Zn_{1-x}Mg_xO薄膜の光学的バンドギャップは、Mg組成x=0.35のZn_{1-x}Mg_xO薄膜で3.72 [eV]まで広がった。Zn_{1-x}Mg_xO薄膜を利用したヘテロ接合型TFTデバイスの実現可能性が十分あることが分かった。

ZnO系希薄磁性半導体を用いたデバイス実現の可能性について検討するため、サファイア基板上に高品質なZnOテンプレート層を作製し、その上にMnを添加したZn_{1-x}Mn_xO薄膜を作製した。平坦性に優れた高品質のZnOテンプレート薄膜が得られた。Zn_{1-x}Mn_xO薄膜のX線回折の半値全幅は、Mn濃度の増加に従いx=0.34の0.5°まで増加したが、α-Al₂O₃基板上に直接成長した場合に比べ約2分の1程度であった。Mn濃度の増加に従い、Mnに関連する吸収が起こったからである。Zn_{1-x}Mn_xO薄膜の磁化特性を測定した結果、わずかながら強磁性を示唆するヒステリシス特性が観測された。