

エキシトントランジスタ実現に向けたZnIn₀Nの創製

松島, 宏一

<https://doi.org/10.15017/1807054>

出版情報：九州大学, 2016, 博士（工学）, 課程博士
バージョン：
権利関係：全文ファイル公表済

氏 名 : 松島 宏一

論文題名 : エキシトントランジスタ実現に向けたZnInONの創製

区 分 : 甲

論 文 内 容 の 要 旨

近年、情報通信量は急激に増加しており、発展途上国等でのインターネットの普及に伴い、今後さらに増加するとみられる。この情報通信量の増加に対応するため、情報処理デバイスの更なる高速化・高性能化が求められる。これまで、大規模集積回路(LSI)などのデバイスは微細化により、高速化・高性能化を実現してきた。しかし、微細化に伴い、電気配線による伝送遅延や電力消費が無視できない課題となっている。そこで、電気配線の光化が進められている。光配線をボード間・ボード内に導入するにあたって、光配線 - デバイス間の光電変換による伝送遅延や電力消費が課題となる。そこで、光電変換を必要としない光伝送に適した「エキシトントランジスタ」が注目されている。

従来のトランジスタが電流を制御するのに対して、エキシトントランジスタはエキシトン流を制御する。エキシトンは光励起により生成し、再結合により発光するため、光信号による入出力が可能である。エキシトントランジスタサイズは~10 nmで作製可能であり、従来のトランジスタと同様に集積可能である。また、1 nsec以下の動作速度が報告されている。しかしながら、現在のエキシトントランジスタは励起子束縛エネルギーが小さいGaAs系材料の連結量子井戸構造を用いているため、動作温度は150K以下の極低温に限られている。本研究では、エキシトントランジスタの室温動作実証を行うため、励起子束縛エネルギーの大きな材料ZnInON、エキシトンの寿命を大幅に延ばすピエゾ電界誘起構造を開発した。

本論文は、6章から構成されている。第1章では、エキシトントランジスタの特長およびその実用化に向けた課題を述べ、この課題を解決するため「ZnInON」、「ピエゾ電界誘起構造」を提案した。

第2章では、(i) ZnInONのバンドギャップが膜組成により制御可能であること、(ii)光通信波長帯域のバンドギャップを実現するため精緻な膜組成制御が必要であることを明らかにした。また、ZnInON膜のZnOテンプレート上へのヘテロエピタキシャル成長を実現させた。

第3章では、スパッタリングプラズマ中のラジカル計測結果から算出した表面反応確率と膜組成の関係について述べた。この結果から、精密な膜組成制御を実現し、擬化学量論組成 $(\text{ZnO})_x(\text{InN})_{1-x}$ において、ZnInON膜がZnOテンプレート上へコヒーレント成長することを示した。

第4章では、ZnInON膜がZnOテンプレート上へStranski-Krastanovモードで成長す

ることを明らかにした。さらに、積層欠陥を導入することにより、ステップ-テラス構造から3次元島構造に変化する臨界膜厚が制御可能であることを示した。さらに、臨界膜厚を増加させたZnInON膜において初めてフォトルミネッセンスを確認した。

第5章では、コヒーレント成長、格子緩和したZnInON膜($E_g=3.1$ eV)それぞれを井戸層とした歪量子井戸、無歪量子井戸にエキシトン生成光、制御光(2.3 eV)を重畳照射し、その光導電率を評価した結果を述べた。ピエゾ電界が発生している歪量子井戸でのみ、重畳照射により、光導電率の増加が確認された。これは室温で歪量子井戸層に高密度のエキシトンが存在し、光照射によりエキシトン流をスイッチングできることを示唆している。

第6章では、本研究によって得られた結論をまとめ、今後の課題について述べた。