

審査の結果の要旨

氏名 渡邊 冬馬

本論文は、集積赤外フォトダイオード実現に向けた Si 上 InGaAs 選択成長プロセスと題し、微小領域選択成長技術による Si 上 InGaAs マイクロ結晶の成長技術を発展させて、III-V 族化合物半導体と Si のハイブリッド赤外センサの作製に向けた基礎検討を行ったものであり、和文 8 章から構成される。

第 1 章では Si フォトニクスをはじめとした現代の半導体技術における III-V 族化合物半導体の必要性と、化合物半導体を用いた赤外フォトダイオードに求められる特性について述べている。

第 2 章では、Si 基板上 III-V 族化合物半導体の成長手法について述べ、本研究の基盤である微小領域選択成長技術の特徴とその課題についてまとめた。

第 3 章では、本研究で使用する有機金属気相成長装置をはじめとした実験手法を述べている。

第 4 章では、微小領域選択成長法における InGaAs マイクロ結晶の形状・サイズの決定メカニズムおよび制御法について検討した。さらに、マルチチャネル赤外センサへの応用に際して重要となる多数のマイクロ結晶のサイズ・形状分布を評価する手法を構築した。また、結晶の格子整合関係および組成の評価を X 線回折逆格子マッピングにより試みた。

第 5 章では、フォトダイオード形成の根幹となる InGaAs マイクロ結晶への不純物ドーピング法および不純物空間分布の評価法を検討した。サブマイクロメートルの面内分解能をもつ二次イオン質量分析法を用いて、単一マイクロ結晶への不純物取り込みが結晶面に依存する異方性を持つことを明らかにした。さらに、この現象を克服して 3 次元状の p n 接合を形成するために成長後の Zn 拡散が有効であることを示した。

第 6 章では、フォトダイオードの感度低下要因である逆バイアス下のリーク電流低減を試みた。断面透過電子顕微鏡観察により、Si 上で最初に成長する InAs 結晶から InGaAs 成長に以降する際に結晶転位が発生していることを発見し、Si 上に直接 InGaAs を成長する手法を開発した。これにより、結晶転位とリーク電流の低減に成功した。また、白色光照射したでの光電流を観察しフォトダイオ

ードとしての動作を実証した。

第 7 章では、マイクロ結晶の形状不均一性がフォトダイオード特性に与える影響を精査するため、光学顕微鏡マニピュレーション法を用いた InGaAs マイクロ結晶単体のダイオード特性測定を試みた。マイクロ結晶の形状と電流電圧特性の間に明確な相関を見出し、マルチチャネル受光素子の実現にはマイクロ結晶のさらなる形状均一化が不可欠であることを示した。

第 8 章は結論であり、上記の取り組みを総括した。

以上のように、本論文は、微細パターンを形成した Si 基板上に InGaAs マイクロ結晶を成長し、形状制御と不純物導入によりフォトダイオードとして機能させるとともに、リーク電流低減など素子特性向上の指針を示したものであり、半導体結晶成長およびデバイス作製プロセスの観点から電気電子工学に貢献するところが少なくない。

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。