

審査の結果の要旨

氏名 亢健

本論文は、Study on Ge CMOS Photonics Platform using Ge-on-Insulator Substrate (和訳：Ge-on-Insulator 基板を用いた Ge CMOS フォトニクスに関する研究)と題し、基板貼り合わせを用いてフォトニクス応用可能な Ge on Insulator (GeOI)基板の作製技術を確立するとともに、Ge 酸化膜表面パッシベーションによる Ge 受光器の暗電流低減機構を明らかにし、GeOI 基板上に Ge 能動素子とアモルファス Si 受動導波路をモノリシック集積するハイブリッド光集積回路プラットフォームを提案することで、近赤外光で動作する導波路型 Ge 受光器を実証した。また GeOI 基板上に Ge 導波路を用いた中赤外光集積回路を構築するプラットフォームを新たに提案し、中赤外 Ge 受動導波路素子やキャリア注入を用いた光変調器などの能動素子の動作を実証するなど、GeOI 基板を用いた Ge CMOS フォトニクス・プラットフォームについて実験的に調べた研究成果を纏めたものであり、全文 7 章よりなり、英文で書かれている。

第 1 章は序論であり、本研究の背景について議論すると共に本論文の目的と構成について述べている。

第 2 章は、「Fabrication of high-quality Ge-on-insulator wafer」と題し、基板貼り合わせを用いた GeOI 基板の作製手法および加熱処理による高品位化手法が述べられている。

第 3 章は、「Dark current reduction in Ge photodetector by GeO_x passivation」と題して、プラズマ酸化で形成した Ge 酸化膜を用いた表面パッシベーションによる Ge 受光器の暗電流低減機構について述べられている。Ge 酸化膜中の固定電荷量を適切に制御し、Ge 表面を弱蓄積状態にすることで表面生成による暗電流を低減可能であることを示し、最適な Ge 表面パッシベーション層構造を明らかにしたことが述べられている。

第 4 章は、「Demonstration of a-Si waveguide integrated Ge photodetector on Ge-on-insulator substrate for near infrared photonics」と題して、GeOI 基板上に Ge 受光器とアモルファス Si 導波路をモノリシック集積した結果について述べられている。Ge 受光器部とアモルファス Si 導波路を突き合わせ接続することで、近赤外光で動作する光集積回路を GeOI 基板を用いて実現可能であることが述べられている。

第 5 章では、「Design and characterization of Ge passive waveguide components for mid infrared photonics」と題して、GeOI 基板を用いた中赤外光集積回路プラットフォームを提案するとともに、中赤外光で動作する種々の受動 Ge 導波路素子を設計・作製・評価した結果について述べられている。

第 6 章では、「Numerical analysis and demonstration of free-carrier effect based Ge optical modulator for mid-infrared photonics」と題して、中赤外光で動作するキャリア注入型 Ge 光変調器の変調特性を数値計算で明らかにするとともに、GeOI 基板上に作製した素子の実験結果について述べられている。Ge 導波路に沿って PIN 接合を形成することで、Ge 中の自由キャリア吸収を用いた吸収変調動作に成功した結果が述べられている。

第 7 章では、結論と今後の展望が述べられている。

以上要するに本論文は、Ge 層を熱酸化 Si 基板上に貼り合わせた基板を用いて光集積回路を実現する Ge CMOS フォトニクス・プラットフォームを提唱し、高品位貼り合わせ Ge 基板の作製技術を確立するとともに、近赤外光で動作する低暗電流導波路型 Ge 受光器を実証し、中赤外光で動作する種々の Ge 受動導波路素子やキャリア注入型 Ge 光変調器を実証したものであり、電子工学上、寄与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。