






平成29年 2月 22日

豊橋技術科学大学長 殿

電気・電子情報工学 専攻
学位審査委員会
委員長 大平 孝 

論文審査及び最終試験の結果報告

このことについて、学位審査会を実施し、下記の結果を得ましたので報告いたします。

学位申請者	土山 和晃		学籍番号	第 103326 号
申請学位	博士 (工学)	専攻名	大学院工学研究科博士後期課程 電気・電子情報工学 専攻	
博士学位論文名	窒化物半導体-シリコン異種ウエハ接合を用いた高密度光電子集積回路の基盤技術 (Monolithic Fabrication Processing of Large-Scale Optoelectronic Integrated Circuits using Si/SiO ₂ /III-Nitride Wafer)			
論文審査の期間	平成29年 1月19日 ~ 平成29年 2月20日			
公開審査会の日	平成29年 2月 20日	最終試験の実施日	平成29年 2月 20日	
論文審査の結果*	合格		最終試験の結果*	合格
<p>審査委員会(学位規程第6条)</p> <p>学位申請者にかかる博士学位論文について、論文審査、公開審査会及び最終試験を行い、別紙論文内容の要旨及び審査結果の要旨のとおり確認したので、学位審査委員会に報告します。</p> <p>委員長 澤田 和明 </p> <p>委員 福田 光男  印</p> <p>若原 昭浩  印</p> <p>関口 寛人  印</p>				

*論文審査の結果及び最終試験の結果は「合格」又は「不合格」の評語で記入すること。

論文内容の要旨

本論文は、集積回路の高機能化を目指し、現在の Si 集積回路が直面する微細加工の物理的限界を、光素子と集積回路を自在に組み合わせた光電子集積回路により解決を目指している。従来の Si 集積回路製造工程では電氣的に活性な不純物汚染を避けるため、異種材料の導入は集積回路とは別の工程で作製された素子を集積回路に貼り付ける方法がとられており大規模化に適していない。これに対し、本論文では、Si 集積回路作製時の熱工程に耐性を有する GaN を光素子の構成材として取り上げ、GaN 系光素子形成層を内蔵するウエハを実現し、Si 層中への不純物汚染防止策を講じつつ、集積回路と光素子を一連の作製工程で一括形成することで集積回路内に発光素子を大規模かつ自在に組み合わせできる異種材料素子形成技術の基礎を築いている。

第 1 章では、関連分野の研究動向と当該研究の目標と位置づけを示し、第 2 章では、当該研究で用いた素子作製技術および評価・解析手法を述べている。第 3 章では、GaN による微小発光ダイオードを形成し、微細化による問題を実験的に明らかにしている。第 4 章では、表面活性化ウエハ接合により Si ウエハと GaN 発光ダイオード層を一体化した Si/SiO₂/GaN ウエハを実現し、大面積接合に求められる条件、および素子作製時の熱工程に対する安定性などの制約条件を実験的に明らかにしている。第 5 章では、前章までの検討結果を踏まえて、Si/SiO₂/GaN ウエハを用いた光電子集積回路の作製工程を提案するとともに、GaN 微小発光ダイオードを有する基本単位回路を試作し、素子特性と共に回路設計方針について述べている。第 6 章では、大規模光電子集積回路内の光配線を、配線層最上部に形成することを念頭に置いた高分子系光導波路の作製について検討を行っている。第 7 章で、論文全体を総括するとともに、今後の課題と展望について記述している。

審査結果の要旨

現在、Si 集積回路は、集積度向上による高機能化が素子寸法の物理的限界により制限されている。この問題解決のため、各種機能を一つのチップ内に集積する道が模索されているが、異種材料が必要とされる機能の搭載は、個別素子の集積回路への貼り付けにとどまっておらず、社会が要請する大規模集積化に対応する研究はほとんど行われていない。

本研究では、Si 集積回路と発光素子を大規模かつ自在に組み合わせるために、個別素子の貼り合わせではなく、集積回路作製用基板に集積する機能を組み込んだ構造を作製し、この構造を基にした一連のデバイス作製工程で集積回路と光素子を同じ加工精度をもって実現する手法を提案している。具体的には、大規模な集積回路実現を見据えて Si 層に作製する集積回路の設計自由度を担保するため、Si 回路形成層と GaN 系発光ダイオード層との接合部に SiO₂ 絶縁層を挿入した Si/SiO₂/GaN ウエハを、室温における表面活性化ウエハ接合法により実現している。この工程を用いて高い接合強度をもつ大面積接合を実現するために必要な表面平坦性を調べ、その判定基準を明確に示している点は、他分野への応用にも有効である。次に、Si/SiO₂/GaN ウエハを用いて提案手法による試作を行い、光素子と集積回路の一体形成が可能であることを実証している。本研究で開発された作製工程による集積回路と発光ダイオードの一括形成技術は、異種材料による集積デバイスおよびシステムを開発する際に問題となる不純物の相互汚染抑制法の基本的原理となるものである。この原理の適用範囲は、本研究で実現した Si と GaN によるデバイスの集積にとどまらず、従来は一括形成ができないとされてきた材料を組み合わせた集積デバイス開発の道を拓くものであり、学術的、工学的に高く評価できる。

以上により、本論文は博士（工学）の学位論文に相当するものと判定した。

(各要旨は 1 ページ以上可)