



「半導体の電子回路に光を取り込む」

(平成 15～17 年度 特別推進研究

「無転位 III-V-N 混晶-シリコン融合システムのデバイスプロセス」)

所属(当時)・氏名：豊橋技術科学大学工学部・教授・米津宏雄

(現所属：豊橋技術科学大学・客員教授、名誉教授)

1. 研究期間中の研究成果

・背景

コンピューターを始め、携帯電話やありとあらゆる電気製品の心臓部はシリコン(Si)という半導体の中に作られた電子回路(集積回路という)で動いている。ここに、半導体のレーザーやLEDといった発光素子を取り入れると、もっと速く動くコンピューターや新しい機能が生まれる。しかし、その夢の実現はこれまで阻まれてきた。我々はこの夢を実現するための基礎技術を原点に立ち返って研究した。

・研究内容及び成果の概要

夢を阻んできた最大の原因は、Si と発光素子の材料の化合物半導体とでは原子の並び間隔(格子定数という)が異なるために、両材料を一体化したときに高密度の結晶欠陥が発生することであった。我々はSi と格子定数が一致するGaPN という化合物半導体を用い、その結晶品質を向上する研究を進めた。また、集積回路と発光素子ではこれまで別々であった製作技術を共通で使えるように条件を整えた。その結果、Si の電子素子(MOSFET)と GaPN の発光素子(LED)を、Si 基板上に成長した Si 層と GaPN 層を用いて自在に作製することに初めて成功した(図1)。これにより、Si の集積回路に発光素子を取り込める見通しが得られた。

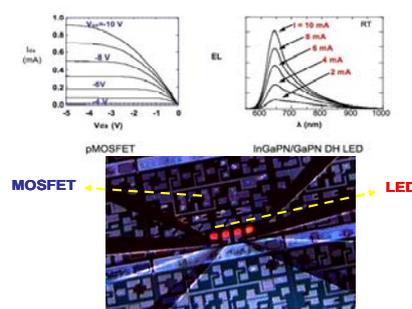


図1. MOSFET とLED の混載チップ (4個のLEDが赤色に発光)

2. 研究期間終了後の効果・効用

・研究期間終了後の取組及び現状

研究期間終了後、最も重要な結晶欠陥の一層の低減に注力した。残存する結晶欠陥の発生原因を徹底的に調べ、新たな結晶成長手法を見出して、欠陥密度を市販の化合物半導体基板並みに低減した。これらの成果のもとに、Si の集積回路に GaPN LED を取り込み、計数回路の出力をLEDの光出力として取り出すという機能をSi基板上で初めて実証した(図2)。

今後は、LEDに代えて微小なレーザーを取り入れ、より高機能な光と電子の素子・回路を混載した光-電子融合回路を目指したいと考えている。

・波及効果

この研究成果によって、Si と化合物半導体を一体化することに対する障壁は大きく下がった。発光素子だけでなく、高速動作に優れる化合物半導体の電子素子もSiの集積回路に取り込んで、高機能なシステムを実現しようとする大規模な研究プロジェクトが米国で進められている。他にも多くの関連する研究開発が活発になっており、それらの研究の発展に一層貢献できるようにしたいと思っている。

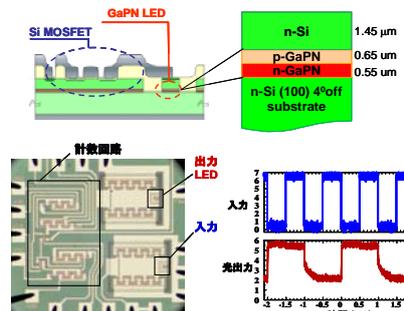


図2. LEDを組み込んだ集積回路