

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 14235 号
------	---------------

氏 名 永田 賢吾

論 文 題 目

AlGaNホモ接合トンネルジャンクション深紫外線発光素子に関する研究
(Study on AlGaN homojunction tunnel junction deep UV light emitting diode)

論文審査担当者

主査	名古屋大学	未来材料・システム研究所	教授	天野 浩
委員	名古屋大学	工学研究科	教授	須田 淳
委員	名古屋大学	未来材料・システム研究所	准教授	本田 善央
委員	名城大学	理工学部	教授	上山 智
委員	京都大学	工学研究科	教授	川上 養一

論文審査の結果の要旨

永田賢吾君より提出された博士論文「AlGaInホモ接合トンネルジャンクション深紫外線発光素子に関する研究」は、空気感染対策としてのウィルスの不活化や水の浄化のためのコンパクト光源として期待されるAlGaIn系発光波長265-280nmの深紫外線LEDの高出力化を目指した研究の成果をまとめている。同じ材料系であるInGaIn系青色LEDの電力変換効率は既に60%以上に達しているが、AlGaIn系深紫外線LEDはたかだか10%程度である。長年の研究で、深紫外線LEDでは青色LEDと比較して光取り出し効率が低いことが原因であることがわかっている。光取り出し効率を向上するには深紫外線に対して透明であるAl組成の高いp型およびn型AlGaInの利用が求められるが、特にp型AlGaInはオーム性接触を形成できる金属材料が無く、動作電圧が極めて高くなることから、p型GaInを電極とのコンタクト層として利用せざるを得ない。その場合、p型GaInは深紫外線を吸収してしまうため、光取り出し効率が制限される。その課題を克服するために高Al組成のAlGaInトンネル接合に着目し、p型AlGaInからn型AlGaInへトンネル接合し、n型AlGaInに対して電極形成することによって動作電圧の上昇を抑えつつ、光取り出し効率の改善を試みたことが本論文の主題である。本博士論文は7章より構成されている。

第1章は、深紫外線によるウィルスの不活化における深紫外線の出力依存性を紹介し、目標となる出力を設定している。またこれまでのAlGaInホモ接合のトンネル接合を用いた深紫外線LEDの報告例は1件のみであり動作電圧が40V以上と非常に高いことを紹介している。別の方法として、途中でGaInやInGaInを用いた例もあるが、光取り出し効率の改善にはつながらないことも紹介している。

第2章では、深紫外線LEDの構造のうち、特に高電子濃度n型AlGaInの成長方法、特に成長温度やドナー不純物であるSi濃度と電子濃度の関係を明らかにし、特に高濃度領域で発生する内因性欠陥とSiとの複合欠陥形成や炭素混入に関して、カソードルミネッセンスを用いて検証している。

第3章では、AlGaIn系深紫外線LEDの作製方法に言及し、比較的高い出力を得ていることを紹介している。

第4章では、ファインセラミックセンターと共同で行った電子線ホログラフィを用いたAlGaInのpnトンネル接合の電位分布測定の結果を紹介し、世界で初めてAlGaIn系トンネル接合での測定に成功したこと、および少し電位分布の分散が見られることから、その原因として測定時の試料の傾きや不純物であるSiとMgの熱拡散の影響の可能性について言及している。

第5章では、pnトンネル接合の最適化に取り組んでいる。n型AlGaInのSi濃度、p型AlGaInのMg濃度を最適化し、次に直列抵抗分の増加につながる高Si濃度n型AlGaInおよび高Mg濃度p型AlGaInの膜厚をできるだけ薄くして動作電圧を低減させ、8.8Vで動作する深紫外線トンネル接合LEDを実現させている。

第6章では、第4章で得られた電位分布から電界分布を算出し、トンネル電流を算出している。また別の可能性としてキャリアがホッピングする深い準位を想定し、深い準位を介した電気伝導機構の可能性についても言及している。

第7章では、本論文で得られた結果をまとめ、今後に向けての課題について言及している。

本研究によって、AlGaInホモ接合トンネル深紫外線LEDの動作電圧を大幅に低減することに成功している。電力変換効率は、水銀ランプと比較するとまだまだ低いものの、本博士論文ではAlGaInホモ接合でトンネル接合が可能であること、および今後に向けての課題を明確化しており、学術的価値はもちろんのこと、産業応用についても次への道筋を示した点で高く評価される。以上により本博士論文提出者である永田賢吾君は博士（工学）の学位を授与されるに十分な資格があると判断した。