

|           |                                       |
|-----------|---------------------------------------|
| 氏 名       | かわ 川 上 俊 之                            |
| 学位(専攻分野)  | 博 士 (工 学)                             |
| 学 位 記 番 号 | 工 博 第 2266 号                          |
| 学位授与の日付   | 平 成 15 年 3 月 24 日                     |
| 学位授与の要件   | 学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当               |
| 研究科・専攻    | 工 学 研 究 科 材 料 工 学 専 攻                 |
| 学位論文題目    | p 型 ZnSe および p 型 GaN に対するオーム性電極に関する研究 |

(主 査)  
論文調査委員 教 授 村 上 政 紀 教 授 足 立 裕 彦 教 授 栗 倉 泰 弘

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、次世代の DVD に必須なデバイスである青色 LD の候補材料である ZnSe および GaN の、p 型半導体への低接触抵抗オーム性電極材に関して、今後の開発指針を与えることを目的として、従来明らかになっていなかった基本的物性値である SBH 値を求める手法を開発すると共に、DA 法によるオーム性電極材開発の指針を与えるために行ったものであり、7 章からなっている。

第 1 章では、本研究の背景と青色発光素子の開発状況について整理し、現状での青色 LD の実用化に際して大きな問題点となっている p-ZnSe および p-GaN へのオーム性電極の要求特性を踏まえ、本研究の位置づけと目的の設定を行っている。

第 2 章では、半導体/金属界面を記述する非常に重要な物性値である SBH 値について、ショットキー障壁形成理論、ショットキー接合における電流注入機構をまとめ、SBH 値測定法について詳細に記述している。

第 3 章では、種々の電極材料に対して、これまでに測定例のなかった p-ZnSe 上の電極の包括的な SBH 測定を行うことに成功している。この結果、どの電極材を用いても SBH 値が  $1.2 \pm 0.1 \text{ eV}$  という非常に高い値にピンニングされることという重要な事実を明らかにした。

第 4 章では、DA 法により Li や O をアクセプタ元素として電極材から p-ZnSe 中に注入し、電極作製できる可能性があるかどうか模索した。その結果、アクセプタ元素を注入しようとして電極材と p-ZnSe が反応を起こすと、それに伴って逆に p-ZnSe の実効的なアクセプタ密度が下がるという現象を見出した。DA 法を用いることで、信頼性が高く、簡便な電極作製を行なうことが本質的に困難であることを明らかにした。

第 5 章では、p-GaN 上電極の SBH 値測定に関して、新たな熱活性化手法による SBH 値測定方法を考案し、実際に数種の金属で SBH 値の測定に成功した。この結果、仕事関数の大きな金属で電極が作製しやすいことが明らかになった。SBH 値を元にした接触抵抗計算では、現状のキャリア密度を 2～3 倍程度にまで高めることができればほぼすべての電極で十分低接触抵抗なオーム性電極の作製が可能になる事を明らかにした。

第 6 章では、DA 法によりホール濃度を高める検討を行なった。熱処理温度の上限が  $600^\circ\text{C}$  であることを示すと共に、Mg と共にドーピングするとホール濃度が高まるという報告のあった Si、および、アクセプタである Mg を補償する働きをし、p-GaN 中に大量に残存する H を除去するという二通りの方法で評価した。 $600^\circ\text{C}$  以下という温度では接触抵抗を低減するには至らず低接触抵抗オーム性電極の作製は現状では難しいことが判明した。

第 7 章は結論であり、DA 法による低接触抵抗オーム性電極作製に本質的な問題を抱える p-ZnSe に対して、p-GaN では必要なホール濃度が現状の 2～3 倍の増加で達成出来る事を結論づけた。

### 論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文は、次世代デジタルディスクの光源となる青色レーザダイオードの実親をめざし、p 型 ZnSe および p 型 GaN と

金属の接触界面の基礎物性研究と、オーム性電極材の開発を行ったものである。得られた主な結果は次の通りである。

- 1) p-ZnSe/金属界面に対して、重要な基礎物性であるショットキー障壁高さ (SBH) を種々の金属について測定する事に成功した。測定を行った結果、p-ZnSe/金属界面では SBH 値が金属の種類に依存せず、 $1.2 \pm 0.1 \text{ eV}$  という非常に大きな値にピンニングされることを明らかにした。
- 2) この SBH 値から、p-ZnSe に対して要求される  $1 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}^2$  以下の接触抵抗を持つオーム性電極を作製するには、① SBH 値を  $0.3 \text{ eV}$  以下に引き下げるか、あるいは、② アクセプタ密度を現状の100倍に引き上げるか、のどちらかが必要であることを明らかにした。
- 3) 電極側からドーパントを注入することでアクセプタ密度を増加させる検討を行った。電極金属が p-ZnSe と反応することにより、p-ZnSe 中の実効的なアクセプタ密度が逆に減少するという現象を見いだした。
- 4) p-GaN/金属界面の SBH 値の測定は、GaN 中のホール濃度を調整する事により成功した。この手法で測定された p-GaN 上の金属の SBH は、仕事関数に依存して変化していることを明らかにし、仕事関数の大きな Ni で測定値が  $0.9 \text{ eV}$  程度になることを示した。
- 5) この SBH 値から、p-GaN に対して要求される  $1 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}^2$  以下の接触抵抗を持つオーム性電極を作製するには、① SBH 値を  $0.4 \text{ eV}$  以下にまで下げるか、あるいは、② ホール濃度を現状の2～3倍程度にまであげるか、のどちらかが必要であることを明らかにした。
- 6) DA 法により p-GaN 上に良好なオーム性電極を作製するための電極の熱処理温度として、 $600^\circ \text{C}$  が上限であることを明らかにした。

以上、本論文は、p 型 ZnSe および p 型 GaN と金属界面に形成されるショットキー障壁高さを新しい手法で測定することに成功し、良好なオーム性電極材を作製する指針を与えたものであり、学術上、実用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) の学位論文として価値あるものと認める。また、平成15年2月20日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。