T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ
Science Tokyo Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Materials design and development of novel amorphous oxide semiconductors for light-emitting diodes
著者(和文)	Kim Junghwan
Author(English)	Junghwan Kim
出典(和文)	学位:博士（工学）, 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10186号, 授与年月日:2016年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:神谷 利夫,多田 朋史,小田原 修,舟窪 浩,東 正樹,細野 秀雄,平松 秀典
Citation(English)	Degree:, Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10186号, Conferred date:2016/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

（博士課程）

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第　　号		学位申請者氏名		Kim Junghwan	
論文審査 審 査 員		氏　名	職　名		氏　名	職　名
	主査	神谷利夫	教授	審査員	東正樹	教授
	審査員	多田朋史	准教授		細野秀雄	教授
		小田原修	教授		平松秀典	准教授
		舟窪浩	教授			

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は“Materials design and development of novel amorphous oxide semiconductors for light-emitting diodes (発光ダイオード用新規アモルファス酸化物半導体の設計と開発)” と題し、近年実用化が進んでいる有機 EL (OLED) ディスプレイに関連し、新しい無機半導体材料を開発することで OLED の課題を解決することを提案したものであり、全 6 章と Appendix から構成されている。

第1章 “General introduction (緒論)”では、本研究の背景と目的を記している。

第2章 “ZnS:(Cu,Al) thin film phosphors on glass substrates (ZnS:(Cu,Al)薄膜蛍光体のガラス基板上への作製)”では、OLED 中の有機発光層を置き換える無機蛍光薄膜の開発を目的とし、代表的なバルク蛍光体である ZnS:(Cu,Al)の薄膜化を試みた。その結果、室温で作製した多結晶膜を後熱処理することにより、室温でも光励起で発光する蛍光体薄膜が得られた。しかしながら、650°C 以上の高温が必要であることが課題として残ったとしている。

第3章 “Room-temperature fabrication of light-emitting thin films based on amorphous oxide semiconductor (アモルファス酸化物半導体をホストとする蛍光薄膜の室温形成)”では、第 2 章の課題を解決すべく、室温で作製しても欠陥密度の低いアモルファス酸化物半導体 a-In-Ga-Zn-O (a-IGZO)と a-In-Mg-O (a-IMO)に着目し、これらをホストとし、Eu を発光中心とすることで蛍光薄膜の作製を試みた。その結果、室温でガラス上に作製したアモルファス薄膜でも、室温で明瞭な 614 nm の発光が見られた。発光効率を上げるために、自由キャリア密度を下げるとともに、過剰酸素の導入を抑えることが重要であることを指摘している。さらに、熱処理により発光効率が改善することを見出すとともに、共鳴光電子分光法と励起スペクトルにより電子構造と発光機構を明らかにしている。

第4章 “Ultra wide bandgap amorphous oxide semiconductor, Ga-Zn-O (超ワイドギャップアモルファス酸化物半導体, Ga-Zn-O)” では、OLED におけるキャリア注入・輸送層を無機材料で置き換えることを念頭に、アモルファス酸化物半導体でもっとも大きなバンドギャップをもつ薄膜の作製を試みた。特にアモルファス Ga_2O_3 (a-Ga_2O_3)は、これまで電子伝導性が実現されてこなかったが、酸素欠損にともなう電子捕獲準位と過剰酸素による電子捕獲準位の両方を低減することを指針として作製条件を最適化した結果、室温でガラス上に作製したバンドギャップ 4.1 eV の薄膜で半導性を実現した。さらに、ZnO との混晶系 a-Ga-Zn-O のキャリア輸送特性およびバンドアライメントの解析から、この系では伝導帯下端エネルギーはほぼ変化せず、バンドギャップの変化は価電子帯上端エネルギーの変化によるものであることを明らかにしている。このことから、a-Ga-Zn-O は正孔側のバンド構造変調には利用できるが、電子注入・輸送層として利用することは難しいと判断している。

第5章 “Bandgap engineering in amorphous In-Ga-Zn-(O,S) (アモルファス In-Ga-Zn-(O,S)におけるバンドギャップエンジニアリング)”では、アモルファス酸化物半導体のカチオンではなくアニオンを元素置換することにより、バンドエンジニアリングを試みた。その結果、O: S 比が 2.5: 1.5 においてバンドギャップが 1.6 eV と、エンドメンバーの 3.0 eV、2.6 eV よりもはるかに小さくなるバンドギャップボーイングが生じていることを明らかにした。さらに、この電子構造モデルを提案している。

Appendix “Highly efficient inverted OLEDs using a new transparent amorphous oxide semiconductor (新しい透明アモルファス酸化物半導体を用いた高効率逆転構造 OLED)"では、超ワイドギャップアモルファス酸化物半導体である a-12CaO･7Al_2O_3:e^- (a-C12A7:e^-)を電子輸送層に、新しいワイドギャップアモルファス酸化物半導体を電子注入層に用いることで、動作電圧を下げることが困難であった逆転構造 OLED について、従来の有機電子注入・輸送層を用いた場合よりも動作電圧を低減することを実証している。

第6章 “ General conclusions (総括)” では、本研究で得られた知見をまとめ、これからの展開の可能性について述べている。

以上を要するに、本論文は OLED への応用を念頭に、アモルファス酸化物半導体が低欠陥密度であること、および、これまでに知られている酸素欠損及び過剰酸素による欠陥の知見を基に、精細な欠陥制御を行うことで、室温でガラス上に作製しても光る蛍光薄膜や 1.6 ~ 4.1 eV の広い範囲でバンド変調できる半導体薄膜系を開発している。さらに、この系において予期しなかったバンドボーイングやバンド変調が起きる原因を電子構造から理解することにも成功しており、工学上貢献するところが大きい。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として十分な価値があるものと認められる。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ（T2R2）にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。