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)	遷移金属基カルコゲナイド超伝導体・半導体に関する研究
Title(English)	Study on Transition Metal-Based Chalcogenide Superconductors and Semiconductors
著者(和文)	半沢幸太
Author(English)	Kota Hanzawa
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11146号, 授与年月日:2019年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:平松 秀典,細野 秀雄,神谷 利夫,大場 史康,一杉 太郎
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11146号, Conferred date:2019/3/26, 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		半沢　幸太	
論文審査 審 査 員		氏　名	職　名		氏　名	職　名
	主査	平松秀典	准教授	審査員	一杉太郎	教授
	審査員	細野秀雄	教授			
		神谷利夫	教授			
		大場史康	教授			

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は、「Study on Transition Metal-Based Chalcogenide Superconductors and Semiconductors（遷移金属基カルコゲナイド超伝導体・半導体に関する研究）」と題して全 9 章から構成され、英文で執筆されている。

第 1 章「General Introduction」では、遷移金属基酸化物・カルコゲナイドに特有の電子状態に由来した機能として、遷移金属の *d* 電子配置の種類ごとにまとめている。さらに、遷移金属基酸化物・カルコゲナイドにおける格子歪みとそれにより変化する電子状態の関係について鳥瞰し、本研究の目的および機能設計のための指針を述べている。

第 2 章「Fabrication of Insulator-Like FeSe Thin Films and Determination of the Origin」では、FeSe 薄膜の電気抵抗率の温度依存性が絶縁体のように振る舞う起源を電子輸送測定と光電子分光測定から実験的に明らかにしている。絶縁体的な振る舞いはキャリア移動度が単結晶に比べて大幅に減少したことに起因し、その起源は電子相関の増加による有効質量の増大とポテンシャル障壁によるキャリア散乱であると結論づけている。

第 3 章「Stability of FeSe Epitaxial Thin Films against Air Exposure」では、FeSe 薄膜の試料大気暴露による表面劣化と、それがゲート電圧印加下における電気二重層トランジスタ（EDLT）特性に与える影響について議論している。FeSe を用いた EDLT の作製には、一貫して試料を大気暴露させなくて済む、本研究で開発した真空・不活性雰囲気下での試料搬送システムが必要不可欠であると結論づけている。

第 4 章「Electric Field-Induced Superconducting Transition of Insulator-Like FeSe Thin Films at 35 K」では、絶縁体様 FeSe 薄膜における電界誘起超伝導転移について述べている。EDLT 構造により、超伝導臨界温度 T_c=35 K というバルク試料に比べ最高で約 4 倍高い T_c の発現に成功している。

第 5 章「Carrier Density Dependence of T_c in FeSe-EDLTs under Electric Field」では、絶縁体様 FeSe 薄膜をチャネル層にした EDLT で観察された高 T_c の起源に迫るため、電界印加下におけるキャリア濃度と T_c の関係を調べている。T_c がキャリア濃度に対してドーム型を形成したことにより、最適なドープ量（n_{2D}=1.4×10^{15}cm^{-2}）でのみ最高 T_c が観察されることを見いだし、最適ドープ量を得るためには、高い結晶性と表面平坦性を併せもつ薄膜の作製、すなわち成長速度の最適化が必要不可欠であることを明らかにしている。

第 6 章「Fabrication of Metastable Tetragonal FeS Heteroepitaxial Thin Film and the

EDLT」では、準安定相である正方晶 FeS のエピタキシャル薄膜成長と電子輸送特性について述べている。得られた薄膜は、バルクの正方晶 FeS とは異なり、全て超伝導を示さず、EDLT を作製しゲート電圧を印加しても超伝導を発現しなかった。構造解析の結果から、エピタキシャル成長により導入された面内圧縮歪みが原因であると結論づけている。

第 7 章「Chemical Design of Green Emitting Semiconductors: Perovskite-Type Sulfide $SrHfS_3$」では、新規緑色発光半導体・ペロブスカイト型 $SrHfS_3$ の材料設計と光電子物性の実験的検証について述べている。合成した $SrHfS_3$ 試料は、III-V 族光半導体で強く望まれている緑色発光に適した 2.3 eV のバンドギャップを有し、さらに La をドナー、P をアクセプターとして添加することで、n 型および p 型伝導をそれぞれ実現している。フォトルミネッセンス測定から、非ドープ $SrHfS_3$ においてバンド端遷移由来の室温でも目視可能な強い緑色発光が観測された。これらの結果により、高効率な緑色発光半導体探索の設計指針の有用性を実験的に実証している。

第 8 章「Heteroepitaxial Growth of Perovskite-Sulfide Semiconductor $AEHfS_3$ (AE = Sr and Ba)」では、$AEHfS_3$ (AE = Sr, Ba)のパルスレーザー堆積法によるエピタキシャル薄膜成長について述べている。電子構造から予想される光物性が得られなかった原因は、オージェ電子分光により薄膜中に酸素が検出されたことから、薄膜内に含まれる酸素が硫黄を置換することに由来したわずかな電子構造変化（とくに間接遷移型への変化など）、もしくは局所的な不均一性であると結論づけている。

第 9 章「General Conclusion」では、本研究で得られた結果を総括している。

以上を要するに、本論文は、遷移金属の違いによって機能発現に直接関与する d 電子数が変化する遷移金属基カルコゲナイドに着目し、バルク FeSe 試料と比べ約 4 倍高い T_c の発現に成功し、そのメカニズムを議論した上で、新たな光機能半導体 $SrHfS_3$ の発見と理論的かつ実験的実証を行っており、まだ未探索相が多数存在する遷移金属基カルコゲナイドの新機能発現に関する今後の重要な知見を得ている。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。