

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Fundamental Technologies for PVD-TMDC Film Based Thermoelectric Generator
著者(和文)	濱田拓也
Author(English)	Takuya Hamada
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11750号, 授与年月日:2022年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:若林 整,宮本 恭幸,筒井 一生,菅原 聡,角嶋 邦之,渡邊 孝信
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11750号, Conferred date:2022/3/26, 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

(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	濱田 拓也	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	若林 整	教授	角嶋 邦之	准教授
	審査員	宮本 恭幸	教授	渡邊 孝信	早大教授
		筒井 一生	教授		
	菅原 聡	准教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、"Fundamental Technologies for PVD-TMDC-Film-Based Thermoelectric Generator" (邦題:「PVD 成膜 TMDC 薄膜を適用した熱電発電デバイスの作製に向けた要素技術」と題し、英文 7 章で構成されている。

第 1 章の"Research background and motivation"では、本研究の導入として、電子デバイスの低消費エネルギー化と熱電デバイスによる発電への期待を述べ、遷移金属ダイカルコゲナイド (Transition Metal Di-Chalcogenide: TMDC) 半導体膜の有効性と、Physical-Vapor Deposition (PVD) 法による成膜の可能性を述べている。その上で、TMDC 半導体膜を用いた熱電デバイス要素技術の確立を目的とすることを述べている。

第 2 章の"Determination of PVD-TMDC films for thermoelectric generator"では、TMDC 膜熱電デバイスの要件について述べている。特に、*p* 型 WS₂ 膜と *n* 型 MoS₂ 膜が有望であることと熱電変換性能指数 (*ZT*) の目標値を述べている。

第 3 章の"Layered WS₂ film formation with grain size control"では、TMDC 膜として WS₂ 膜を選択し、WS₂ 薄膜を PVD 法により SiO₂ 膜上に形成できることを述べ、さらにプラズマ生成のための RF パワーを低減することにより、粒径を大きくできることから WS₂ 膜質を向上できることを述べている。

第 4 章の"Sulfur vapor annealing (SVA) for compensation of sulfur vacancies in PVD-WS₂ film"では、PVD-WS₂ 膜を気相硫黄中で 700°C、60 分の Sulfur Vapor Annealing (SVA) で硫化することにより、更に結晶性が向上することについて述べている。また SVA により WS₂ 膜の抵抗率は高くなり、その温度特性から、イオン化エネルギーは 169 meV に大きくできることについて述べている。更に WS₂ 膜をチャネルとした MISFET 特性より、正孔による *p* 型動作を示すが、移動度が $1.5 \times 10^{-2} \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ と低いことを述べている。一方、Chip 内 50 点で移動度を算出でき、対数正規分布に沿うことも述べている。

第 5 章の"Thermoelectric characteristics in PVD-TMDC film"では、PVD-WS₂ 膜をチャネルとした熱電デバイスについて、形成方法やキャリブレーション方法を示した上で、PVD 成膜直後の WS₂ 膜について、300K におけるゼーベック係数 1.17 mV/K を達成したことを述べている。次に PVD 成膜後に SVA 処理を行なった WS₂ 膜について、300K におけるゼーベック係数 1.20 mV/K を達成したことを述べている。これは、SVA によって WS₂ 膜の膜質が向上して移動度が向上したためと思われることを述べている。更にこれらの値について、他機関との Benchmarking を行い、これらの WS₂ 膜のゼーベック係数は、ドーピングを行っていないため他機関よりも大きな値を持つが、それを考慮しても高いゼーベック係数を示していることを明らかにしている。

第 6 章の"Doping technique for TMDC film using dopant plasma treatment followed by SVA"では、TMDC 膜として MoS₂ 膜を選択し、ドーピング技術について、プラズマ処理により硫黄を塩素で置換する方法について述べている。この方法によるドーピングの後に SVA 処理により塩素を活性化することにより、MoS₂ 膜の抵抗が低減することを述べている。一方、エッチングが発生していることについても述べ、並列コンダクタンスモデルで説明できることについて述べてい

る。その上で、イオン化エネルギーは、ドーピングなしの 154 meV から、117 meV に低下することを述べている。

第 7 章の”Conclusions”では、本研究で得られた結果をまとめ、今後の展望について述べている。特に、PVD-WS₂ 膜は熱電デバイス応用に対して有望であることを述べ、今後の TMDC 膜の高品質化に加えて、ドーピング技術の必要性について述べている。

以上を要するに本論文は、スパッタ堆積 TMDC 膜を用いた熱電デバイスの要素技術について検討を行ったもので、工学上並びに工業上寄与するところが大きい。よって我々は本論文が博士(工学)の学位論文として十分価値あるものと認める。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(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。