

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Development and precise evaluation of measurement systems for standards of temperature and electrical resistance
著者(和文)	三澤哲郎
Author(English)	Tetsuro Misawa
出典(和文)	学位:博士(理学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11389号, 授与年月日:2020年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:笹川 崇男,東 正樹,神谷 利夫,舟窪 浩,山本 隆文
Citation(English)	Degree:Doctor (Science), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11389号, Conferred date:2020/3/26, 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

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	三澤 哲郎
論文審査 審査員		氏 名	職 名	
	主査	笹川崇男	准教授	山本隆文
	審査員	東 正樹	教授	
		神谷利夫	教授	
		舟窪 浩	教授	

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は、「Development and precise evaluation of measurement systems for standards of temperature and electrical resistance (温度と電気抵抗の計量標準に向けた測定系構築と精密評価)」と題して英語で書かれており、Chapter 1 から Chapter 4 の計 4 章から構成されている。本論文は物理標準への展開を見据え、基礎物理定数に基づいた熱力学温度および電気抵抗の測定技術の研究・開発が行われている。

Chapter 1 “General introduction”では、本論文の研究背景、目的、概要、及び章構成を示している。

Chapter 2 “Development of acoustic gas thermometry system for temperature standard”では、音響気体温度測定 (AGT) システムの開発について述べている。AGT は、希ガス中の音速と温度との関係を利用することにより、熱力学温度を測定する手法であり、ボルツマン定数に基づいた絶対測定が可能である。本研究では、精密温調系、ガス制御系、音響測定系、マイクロ波測定系を構築し、統合することによりシステムを構築している。共鳴器としては銅製の三軸楕円体形状共鳴器を用いている。共鳴器の内面形状はマイクロ波共振周波数測定により精密に測定している。本研究では、測定気体としてアルゴンを用い、水の三重点温度 (=273.16 K) において音速測定を行うことにより、ボルツマン定数を 25 ppm の不確かさをもって求めることに成功している。結果は CODATA による調整値と矛盾しないものであり、構築された AGT を用い、健全な熱力学温度測定が可能であることが検証されている。

Chapter 3 “Development of transport measurement techniques for topological insulator for resistance standard”では、トポロジカル絶縁体の測定技術の構築を行なっている。トポロジカル表面における輸送測定に適した高いバルク絶縁性を持つ $\text{Sn}_{0.02}\text{Bi}_{1.08}\text{Sb}_{0.9}\text{Te}_2\text{S}$ (Sn-BSTS) の単結晶育成を行い、結晶評価およびバルク輸送測定を行なっている。低温において表面支配的な伝導を確認し、Sn-BSTS が表面輸送測定に適した物質であることを示している。次に、電子線リソグラフィ法により Sn-BSTS を薄片化しホールデバイス化し測定を行っている。弱半局在に起因したカスプ型の磁気抵抗を観測し、これを Hikami-Larkin-Nagaoka モデルを用いて解析することに成功している。更に、Sn-BSTS 薄片の上面および下面における電子状態をデュアルゲート構造によりそれぞれ制御している。下面のキャリア密度は $n_n = 8 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$ (n 型) から $n_p = 8 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$ (p 型) まで大きく制御できている。上面についてもイオン液体を用いたゲート制御により p 型キャリアの誘起に成功している。最後に、Sn-BSTS の結晶上面における電気伝導を測定可能な 4 端子コルビノデバイスを作製し動作を実証している。またその温度依存性について、抵抗ネットワークモデルにより半定量的説明を与えることに成功している。

Chapter 4 “General conclusion”では、本論文を総括し、今後の研究展望について述べている。AGT を用いた展望として、熱力学温度と今日の国際協約温度目盛 (ITS-90) の差異の評価を例にあげている。またトポロジカル絶縁体の測定・制御技術を用い、磁場を用いない量子異常ホール効果による新規な量子抵抗標準技術創出への展望についても述べている。

以上を要するに、本論文は基礎物理定数に基づいた物理量の測定という物理学の根幹を追求したものであり、理学上および科学技術上貢献するところが大きい。よって博士 (理学) の学位論文として十分価値があるものと認められる。