

氏名(本籍)	や まき かず ひろ 八 巻 和 宏 (福 島 県)		
学位の種類	博 士 (工 学)		
学位記番号	博 甲 第 5299 号		
学位授与年月日	平成 22 年 3 月 25 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当		
審査研究科	数理物質科学研究科		
学位論文題目	高温超伝導体単結晶 Bi2212 の矩形型メサ構造から発振するテラヘルツ波の強度と磁場効果に関する研究		
主 査	筑波大学教授	理学博士	門 脇 和 男
副 査	筑波大学教授	理学博士	黒 田 眞 司
副 査	筑波大学教授	理学博士	小 島 誠 治
副 査	筑波大学准教授	理学博士	服 部 利 明
副 査	東北大学名誉教授	理学博士	立 木 昌
副 査	筑波大学講師	理学博士	南 英 俊

### 論 文 の 内 容 の 要 旨

本論文は、2007年に発見された、高温超伝導体の単結晶  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$  に内在する固有ジョセフソン接合 (Intrinsic Josephson junction, IJJ) を利用した THz 波帯域の強力な電磁波の発振現象に関連し、そのメサ構造作成技術の開発からはじめ、発振強度の向上および評価、さらに、発振強度の磁場依存性について実験的に詳細を調べた研究結果である。メサ構造は様々な実験結果を比較検討するため、これまで作成されてきた中で最適と考えられる幅  $70\ \mu\text{m}$  × 長さ  $400\ \mu\text{m}$  × 厚さ  $1.2\ \mu\text{m}$  程度のものに統一し、同じ条件で複数作成し、電流-電圧特性、発振特性、スペクトル解析、磁場依存性などを測定した。その結果、最大  $30\ \mu\text{W}$  程度の発振出力を実現した。これは現在、世界最高レベルである。また、磁場依存性を磁場の強度、結晶軸に対する方向を変化させた結果、結晶の c 軸方向へ磁場を印加した場合、10 G 程度でほぼ完全に発振出力が消失するが、磁場を ab 面方向へ平行に印加すると数 100 G 程度まで発振が継続するがやがて消失することをつきとめた。この結果を基に、10 G 程度の弱い磁場を結晶の c 軸方向へ印加することで発振状態を容易に制御できることから、磁場変調により THz 波の発振を容易にオン・オフする磁場変調による出力のパルス変調法を考案した。また、放射出力の強度分布を測定し、メサの真上方向から 20 度付近までの間に強く放射することがわかった。この一連の結果は、一部はすでに論文として発表されている (K. Yamaki, et al., Physica C (accepted for publication)) が、残りの部分を現在、執筆中であり、近々公表する予定である。

### 審 査 の 結 果 の 要 旨

高温超伝導体の固有ジョセフソン接合メサを直流駆動することで強力な THz 電磁波が発振する現象は、当人が博士課程に進学した年、2007 年の 6 月に主査である門脇教授の研究室で世界で初めて発見された現象であり、当人はそれまで行っていた先行研究である  $\text{TiO}_2$  に Co をドーピングすることで常温強磁性体を作成する研究から、急遽、一変してこの THz 発振の研究へ転向したという経緯がある。そのため、研究期間は実

質上、高々2年程しかないが、その間に実施されたものである。通常より短期間ではあるが、メサ作成技術を迅速にマスターし、また独自でその作成法を開拓し、100個を超える多数のメサを試行錯誤しながら作成し、メサの作成方法をまず確立した。この間の努力と忍耐力は大変なものがあり、新しい分野への突進力や開発、開拓力がなければできないことである。それを短期間に成し遂げ、最終的にはほぼ100%の作成成功率で、しかも、発振強度も作成するたびに向上するなどの新しい研究に対する実行力、実施力は高く評価される。そして、現状では世界最強の発振出力約30  $\mu$ Wを達成した功績は極めて高い。世界各国でこの分野の専門家が研究を行っているが、多くは発振すら観測されていない。また、発振が観測されても（現状では、共同研究の相手国であるアメリカ合衆国アルゴンヌ国立研究所、および、物質・材料研究機構。世界で2カ所しか存在しない）強度としては少なくとも1桁以上小さいのが現状であり、八巻和宏君の実績は世界に冠たるものがある。この功績は博士論文として十分、評価に値すると考えられる。

よって、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。