

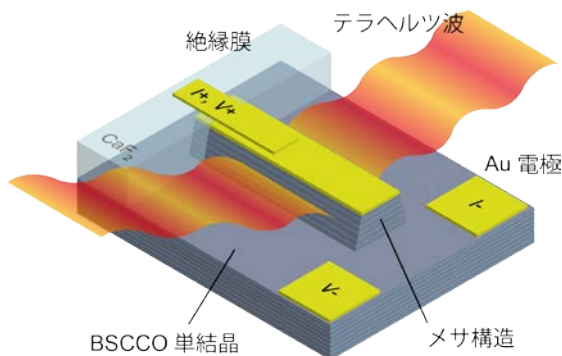
高温超伝導体の固有ジョセフソン接合を用いた 小型連続テラヘルツ光源の開発と応用

辻本 学 (Tsujiimoto, Manabu)
京都大学工学研究科 電子工学専攻
日本学術振興会 特別研究員 SPD
tsujimoto@sk.kuee.kyoto-u.ac.jp

医療診断、セキュリティー検査、タンパク質の構造解析、高速無線通信、宇宙観測など、幅広い分野への応用が期待されているテラヘルツ技術の課題の一つとして、小型で安定した連続テラヘルツ光源の不足が挙げられる^[1]。近年盛んに研究されている量子カスケードレーザーや共鳴トンネルダイオードはその有力な候補であるが、発振周波数および出力の限界が示されつつあり、また量産性、動作環境温度など克服すべき課題は多い。このような背景で最近、高温超伝導体に内在するナノ構造（固有ジョセフソン接合）から連続テラヘルツ波が放射されるという報告が、筑波大学と米アルゴンヌ国立研究所の共同研究によってなされた^[2]。超伝導の特徴である巨視的コヒーレンスをうまく利用したこの光源は、その独創的なアイデアと潜在的な素子性能が期待され、現在も注目を集めている^[3]。

本セミナーでは、著者がこれまで行ってきた固有ジョセフソン接合におけるテラヘルツ発振現象の基本的理解をめざした基礎研究と、この現象を利用した応用研究について、テラヘルツ波工学分野あるいは超伝導工学分野以外の研究者を対象にわかりやすく解説する。著者は博士課程（筑波大）の5年間と学振特別研究員（京大）の1年半を通じてこの課題に取り組んできた。著者が得意とする実験的手法を中心に、素子作製プロセス、測定系（テラヘルツ波検出・分光）、およびこれまでに得られている実験事実について詳しく述べる。参考として、具体的な話題を以下にまとめた。

- (1) テラヘルツ波を分光し発振周波数の素子形状依存性から共振モードの同定を行うことで、幾何学的空洞共振効果を観測した^[4]
- (2) 電圧状態の多重安定性に由来する広帯域可変発振を観測し、発振周波数と固有接合一層あたりの電圧を結びつける普遍的な関係を見出した^[5]
- (3) 極低温環境でも有効な温度分布イメージング装置を構築し、素子表面の温度分布計測と発熱特性の評価を通じ、光源の高出力化につながる重要な情報を得た^[6]
- (4) 応用研究として光源を組み込んだ透過型テラヘルツイメージング装置を構築し、実際にさまざまな物体のテラヘルツ透過イメージングを行った^[7]



図：固有ジョセフソン接合
テラヘルツ光源の素子構造

[1] M. Tonouchi, *Nature Photon.* **1**, 97 (2007).
[2] L. Ozyuzer *et al.*, *Science* **318**, 1291 (2007).
[3] レビュー論文：U. Welp *et al.*, *Nat. Photo.* **7**, 702 (2013).
[4] M. Tsujimoto *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **105**, 037005 (2010).

[5] M. Tsujimoto *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **108**, 107006 (2012).
[6] M. Tsujimoto *et al.*, to be published in *Phys. Rev. Applied* (2014).
[7] M. Tsujimoto *et al.*, *J. Appl. Phys.* **111**, 123111 (2012).