

研究課題別中間評価結果

1. 研究課題名：超伝導による連続 THz 波の発振と応用
2. 研究代表者：門脇 和男（筑波大学 大学院数理物質科学研究科物性・分子工学専攻 教授）
3. 研究概要

高温超伝導体は、超伝導を担う CuO_2 層からなる原子レベルのジョセフソン接合を内包しており、それらが多数積層し結晶を形成している。この結晶内のジョセフソン接合すべてに同期したジョセフソンプラズマを励起することで、連続でコヒーレント、かつ強力な単色レーザー THz 光の発振に成功した。この発振現象は超伝導による初の固有ジョセフソンレーザーと考えられ、この新現象の物理的な機構の解明とともに、更に強力な THz 波を得るための技術開発を行う。また、この THz 波を用いて物質の分光も行う。

4. 中間評価結果

4-1. 研究の進捗状況及び研究成果の現状

現時点における成果として発振出力が $30\sim 50\ \mu\text{W}$ 程度と小さいことは中間評価段階では許容されるとしても、目標とする mW レベルまで上げる道筋を未だにつかめていないようであることは研究チームの課題であろう。報告書には発振強度がどのような物理パラメーターで規定されているのかを理解することが重要であると述べられているが、物理現象の正確な理解なしに発振強度の改善は望めないと思われる。

研究チームが提案する素子で、高出力の THz 波が発生できれば、その価値は高いといえる。しかしながら一方で、量子カスケード、半導体素子など他の方法が長足の進歩をしている現在、時機を失すると、研究の価値が減ずる恐れがあることをよく留意すべきである。

前述のように現時点でのテラヘルツ波の発振出力は小さいが、実験グループと理論グループのなお一層の連携強化を図ることで、今後、高出力化の道筋をつけるための理論的研究を進めることが必要であろう。

4-2. 今後の研究に向けて

研究開始当初の研究計画には華々しいものがあつたが、現在は技術的困難に直面し、研究進展が思うように進んでいない。研究に困難はつきものであるので、容易に進展する研究課題もあればそうではない研究課題もあるのは当然である。ある時点で順調に成果が出ていなくとも研究そのものが否定されるものではなく、内外ともに骨のある研究と信じすすめることが大切である。

今回提案されているように多層の効果が重なるように外部共振器を用いれば、よい結果が必ず出るかどうかは不明である。しかし、一定の発振現象が観測されていることは事実であり、外部への取り出しに解決すべき課題があると考えられる。超伝導が破れかけている状態で THz 発振が確認されるなど、非常に興味深い現象が観測されているので、引き続き科学的態度を失わず研究を推進させ、よい結果を出すことを期待する。

4-3. 総合的評価

研究代表者のグループは、CREST 研究開始前の 2007 年 6 月に、銅酸化物高温超伝導体 BSCCO 高品質単結晶をメサ状に加工し、内在する固有ジョセフソン接合を直流駆動することによってテラヘルツ波の発振に成功している。

本 CREST 研究では、このテラヘルツ波発振のメカニズムを解明し、超伝導テラヘルツ波源の新規開拓、新規応用分野の創出を目指している。現象として大変興味深く、多数のブランチ構造を有する発振特性を確認し、内部からのテラヘルツ波の発振が可能であることを見出すなど、新発見も得られているが、理論的な解明が追いついていない印象があり、目標達成に向けて研究の加速が望まれる。