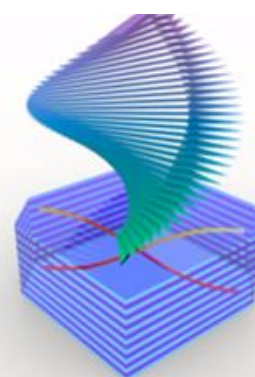


超高密度移動体通信を可能にするテラヘルツ光源の開発 —モノリシック高温超伝導デバイスから円偏光電磁波の放射に成功—

概要

アセム・エルアラビ工学研究科博士課程学生、掛谷一弘准教授および辻本学 筑波大学助教の研究グループは、高温超伝導体を用いた超伝導テラヘルツ光源デバイスから、最大 99.7 %の円偏光¹度をもつテラヘルツ電磁波の発生に成功しました。これは、単独の光源から発生されたテラヘルツ波としては最高の円偏光度です。テラヘルツ波は、高密度な情報を伝送するための電磁波として現在開発が進んでいます。今回実現された技術は、受信側の姿勢によらない安定した超高密度移動体データ送信を可能にし、自動車などの自動運転に応用できます。



放射される円偏光テラヘルツ波のイメージ

論文は 2017 年 12 月 29 日、アメリカ物理学会発行の *Physical Review Applied* に掲載されました。

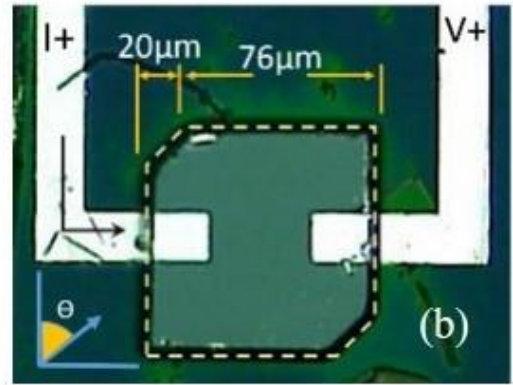
1. 背景

テラヘルツ帯(テラは 10 の 12 乗)の電磁波は、高速無線通信、空港でのセキュリティー検査、ガン部位の識別、封筒内の薬物検知、宇宙観測など幅広い分野へ応用が実現・期待されています。テラヘルツ波を連続して発振する光源として、高温超伝導体のナノ構造を利用したものが 2007 年に発明されました。それ以降、この光源の実用化をめざし、精力的な研究が世界中で行われています。円偏光テラヘルツ波は、超高密度移動体通信に必須だけでなく、光学異性体の透過率が電界の回転方向によって異なるため、物質にダメージを与えることなくこれらを区別することができるので、医薬品の識別・組織の診断などに応用できます。また、コガネムシのように、回転方向により異なる反射率を持つ物体の識別にも有用です。これまで、単独で円偏光テラヘルツ波を連続して発振できるデバイスは得られておらず、上記技術の実現への障害となっていました。

¹ 電磁波に含まれる複数の波のピークがずれており、片方の波がプラスからマイナスに移る際に別の波がピークを迎える状態。電磁波の伝播に伴い電界の向きが円を描くので、ラジオ放送などに用いられている直線偏光電磁波と異なり、アンテナが傾いても受信感度の変化がない。その特徴を利用して GPS や ETC、最も普及している映画館の 3D 投影システム (Real D) に応用されている。

2. 研究手法・成果

今回の研究では、正方形の対角を切り取った形状の超伝導テラヘルツ光源を作製し、電磁波の電界が回転する円偏光特性をもつテラヘルツ波の放射に成功しました。今回発生させたテラヘルツ波が特定の方向に偏った電界を持たないことをテラヘルツ波の偏光測定から明らかにしました（右下図）。測定された発振周波数の 0.4 テラヘルツは、円偏光放射が予測される値と一致します。通信および化学分析に重要な電界の回転方向についても、国立研究開発法人産業技術研究所のグループから先行して発表された理論計算との比較から提案しました。

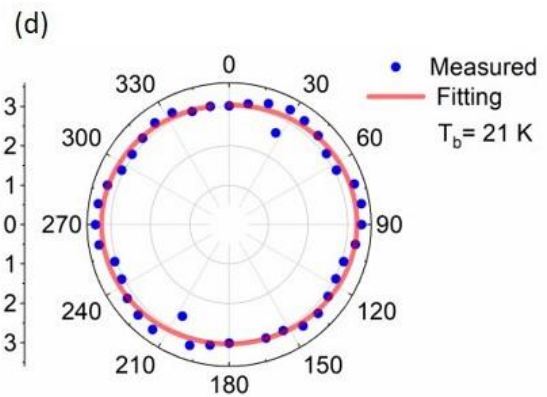


今回開発した光源の顕微鏡写真。白く伸びた電極の一方に電流を加えると円偏光テラヘルツ波が放射される。

3. 波及効果、今後の予定

本研究成果の画期的な点は、市販の単三電池 1 本を繋ぐだけで円偏光のテラヘルツ波を放出できる点です。既存の円偏光通信システムでは、特定の形状のアンテナに外部からミリ波（振動数数十ギガヘルツ）を供給する大掛かりな仕組みが必要でした。また、研究室の光学実験では、光路の途中に特定の光学素子（4 分の 1 波長板）を挿入することで、円偏光を得ていました。

複雑な調整を必要とする従来のテラヘルツ光源と異なり、超伝導テラヘルツ光源は物質本来の結晶構造を基盤としたシンプルかつモノリシック（1 枚板の）な構造のため耐久性・量産性に強みを持ちます。また、動作温度の上限は市販の極低温冷凍機で容易に到達できる 80 ケルビン（マイナス 190 °C）程度のため、ポータブル応用も提案されています。超伝導テラヘルツ光源が実用化されれば、これまで半導体素子を中心に発展してきたテラヘルツ技術に革命的な進歩をもたらし、我が国の科学技術の発展にも大きく貢献することが予想されます。



電磁波の進行方向から見た電磁波強度。透過性が 360 度ほぼ満遍なく現れており、円偏光テラヘルツ波が放射されているのが分かる。

4. 研究プロジェクトについて

この研究は独立行政法人日本学術振興会の科学研究費助成事業（基盤研究（B）、国際共同研究加速基金）および公益財団法人村田学術振興財団の支援を受けました。

<論文タイトルと著者>

タイトル：Monolithic superconducting emitter of tunable circularly polarized terahertz radiation

著者：A. Elarabi, Y. Yoshioka, M. Tsujimoto, I. Kakeya.

掲載誌：Physical Review Applied