

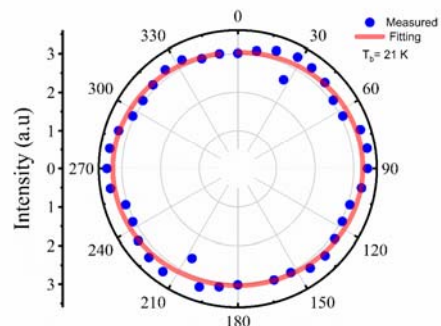
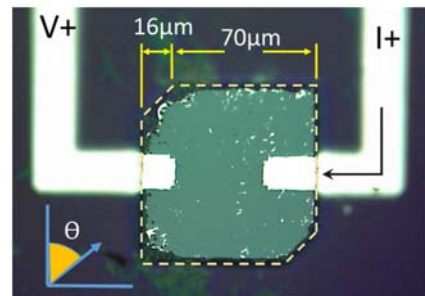
## 集積機能工学講座

<http://sk.kuee.kyoto-u.ac.jp>

### 高温超伝導体テラヘルツ光源からの円偏波発振

電波と光の中間の周波数に位置するテラヘルツ (THz) 領域はこれまでに 1 mW を超える実用的な強度を持つ固体光源が得られていませんでした。マイクロ波領域のようにキャリアのダイナミクスを利用しようとしても半導体の易動度の上限から周波数が制約され、LED のように量子効果を利用する場合にもそのエネルギーは 10 ケルビン以下の温度に相当するので、極低温が必要であるからです。超伝導体のトンネル接合であるジョセフソン接合では、交流ジョセフソン効果により直流電圧を交流電流に変換することが可能であるだけでなく、超伝導ギャップにより集団励起状態が保護されるので、散逸の少ないコヒーレントな電磁波が励起されることが期待されてきました。2007 年に高温超伝導体  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+d}$  (Bi2212) からの結晶外への THz 波放射が初めて観測された後の研究により、単色でありながら 0.3-2.4 THz という広い可変周波数範囲、最大 0.6 mW という高い放射効率という際立った特性が現在までに報告されています。空間への電磁波の放射は、多数の固有ジョセフソン接合で励起されたジョセフソンプラズマ振動が同期することによってメサ構造表面に誘起されたマクロな電流がもたらす振動磁場が空間の電磁場と結合することによって生じます。このことは、高温超伝導テラヘルツ光源の放射特性の制御には携帯電話に用いられているパッチアンテナの手法が応用できるということを示しています。マイクロ波領域では、パッチアンテナを用いて円偏波を放射させ、人工衛星との通信や車間測定レーダーに応用されています。円偏波電磁波は、振動電場の直交成分の位相が 90 度ずれており、伝搬面へ投影した電場ベクトルの先端が円軌道を描いています。私たちは、パッチアンテナ理論を高温超伝導体テラヘルツ光源に応用することにより、円偏波のテラヘルツ電磁波を発生させることができました。

図に、パッチアンテナ理論を参考にして設計した高温超伝導体テラヘルツ光源のメサ構造の写真および最大の円偏波度の条件での偏波強度特性のデータを示します。メサ構造は正方形の角を取った形をしており、もともとの正方形の面積と角の部分の面積の比が、アンテナの Q 値に関して特定の関係を満たす場合、円偏波が放射されるとされています。前述のとおり、高温超伝導テラヘルツ光源は単独の素子で発信周波数を広く変化させることができるので、円偏波度はバイアス条件に依存します。パッチアンテナは外部から電磁波が供給されますが、高温超伝導テラヘルツ光源では、アンテナ自身が電磁波を供給することになるので、円偏波度のバイアス条件依存性から、内部の励起モード、ひいては同期機構に関する知見を得ることができます。円偏波のテラヘルツ波は、将来的な移動体間の超高速通信や円二色性分光に応用できる有用な技術ですが、スケールアップが可能なモノリシックな (1 枚板の) デバイスでは、高い円偏波度が得られていませんでした。本研究で得られた 99.7% という円偏波度は既存のテラヘルツ連続光源と比べて最高の値であり、高温超伝導テラヘルツ光源の有用性がまた一つ増えたこととなります。



図：(上)円偏波を放射する高温超伝導体テラヘルツ光源メサ構造の写真。(下)偏光子透過強度の極座標プロット。