

高温超伝導 THz 波発振デバイスに生じる hot-spot の位置制御

Control of the hot-spot position in the high- T_c superconducting THz emitting devices

筑波大数理物質

○渡辺千春, 南英俊, 関本俊佑, 中出蔵馬, 山本卓^[a], 北村健郎, 石田和也 浅沼健太郎,
安居昂紀, 柏木隆成, 門脇和男

Univ. of Tsukuba

○C. Watanabe, H. Minami, S. Sekimoto, K. Nakade, T. Yamamoto^[a], T. Kitamura, K. Ishida,
K. Asanuma, T. Yasui, T. Kashiwagi and K. Kadowaki

E-mail s-chiharu@ims.tsukuba.ac.jp

高温超伝導体 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ (Bi2212) 結晶は、超伝導層が絶縁層を原子レベルで天然にサンドイッチしたジョセフソン接合が積層した構造をもつ。これをメサ型に加工し c 軸方向に電圧を印加することで、単色かつ安定で連続的なテラヘルツ波が放射することが分かっており^[1]、THz 波帯の有効な発振デバイスとして大きな期待が寄せられている。現在テラヘルツ波の最大発振強度は転移温度に近い 55 K 付近の比較的電流の低い範囲で得られており、最大で数十 μW 程度の発振が観測されている^[2,3]。一方で平均的な発振出力が得られる高電流領域では不均一な温度分布が生じ、局所的に転移温度を超える領域(Hot-spot)が存在することが知られている^[4]。この現象は低温ではさらに顕著に観測される。反して、先に述べた高強度発振が観測される際の電流・温度領域では、ほぼ均一な温度分布が得られる^[5]。これらの実験事実から我々は有効なジョセフソン接合の面積と発振強度に相関があるのではないかと推測する。

Hot-spot は温度が高くなる領域に生じやすいと推測され、実際にジュール熱解析計算シミュレーションによっても裏付けられた^[6]。そこで図 1 に示すように、デバイス表面にレーザーを照射して Hot-spot の位置を操作し、THz 波発振への効果を観測した。その結果、デバイスの長辺方向の端にレーザーを照射することによって図 2 (b)で示すように、レーザーを照射しないときと比べて飛躍的に高強度な発振を観測することができた。これは先に述べた最大発振出力に匹敵する。今回の発表において、我々はデバイス表面にレーザーを照射した際の温度分布を観測し、有効なジョセフソン接合の面積と発振強度の関係を解明したい。

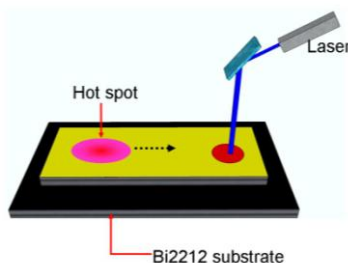


図 1 実験の模式図。レーザーを照射することによって高温領域を局所的に作り、Hot-spot の位置を制御する。

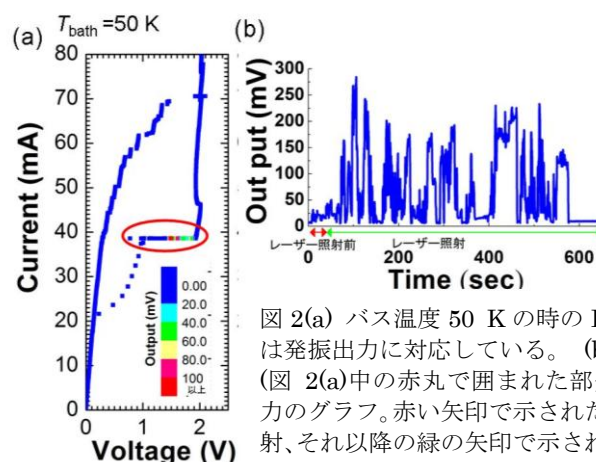


図 2(a) バス温度 50 K の時の I-V カーブ。プロットの色は発振出力に対応している。(b) 電流を 38.6 mA に固定(図 2(a)中の赤丸で囲まれた部分)した時の時間対発振出力のグラフ。赤い矢印で示された時間領域はレーザー未照射、それ以降の緑の矢印で示される時間領域ではデバイス表面の様々な場所にレーザーの照射位置を変え測定した。最高出力が得られたときのレーザー照射位置はデバイス長辺方向の端に照射したときであり、照射前に比べると 12 倍もの出力向上が観測された。

[1] L. Ozyuzer, *et al.*, Science **318**, 1291 (2007).

[3] 山本卓 日本物理学会2010年秋季大会 口頭発表(26aXP-9)

[5] 渡辺千春 日本物理学会2012年秋季大会 口頭発表 (20aFE-7)

[a]現在の所属は独立行政法人 物質・材料研究機構。

[2] 関本俊祐 日本物理学会 2012 年春期大会 口頭発表(29aXZE12)

[4] H. B. Wang, *et al.*, Phys. Rev. Lett. **102**, 017006 (2009).

[6] 南英俊 日本物理学会2012年春期大会 口頭発表(29aXZE13)