

戦略的国際科学技術協力推進事業（日本－ドイツ研究交流）

1. 研究課題名：「銅酸化物超伝導体中の固有ジョセフソン接合を用いた原子スケールのテラヘルツ・エレクトロニクス」
2. 研究期間：平成 20 年 10 月～平成 24 年 3 月
3. 支援額： 総額 19,200,000 円
4. 主な参加研究者名：
日本側（研究代表者を含め 6 名までを記載）

	氏名	所属	役職
研究代表者	Huabing Wang	National Institute for Materials Science	Senior researcher
研究者	Takeshi Hatano	National Institute for Materials Science	Group Leader
研究者	Akira Ishii	National Institute for Materials Science	Senior researcher
研究者	Shunichi Arisawa	National Institute for Materials Science	Senior researcher
研究者	Jie Yuan	National Institute for Materials Science	NIMS Special researcher
研究者	Mengyue Li	National Institute for Materials Science	PhD student
参加研究者 のべ 7 名			

ドイツ側（研究代表者を含め 6 名までを記載）

	氏名	所属	役職
研究代表者	Reinhold Kleiner	Univ. Tübingen, Physics Department	Professor
研究者	Tobias Gaber	Univ. Tübingen, Physics Department	Scientific researcher
研究者	Stefan Guenon	Univ. Tübingen, Physics Department	PhD student
研究者	Christian Gürlich	Univ. Tübingen, Physics Department	PhD student
研究者	Boris Gross	Univ. Tübingen, Physics Department	PhD student
研究者	Matthias Grünzweig	Univ. Tübingen, Physics Department	PhD student
参加研究者 のべ 8 名			

5. 研究・交流の目的

ビスマス系高温超伝導体は層状の結晶構造は、超伝導原子層と絶縁層が交互に積層して、ジョセフソン接合列として働きます。同時に、この結晶は劈開性を利用して、結晶を表裏両面から微細加工することができて、3 次元的な接合列を結晶から切り出すことができます。この二つの物理と材料技術を発見・開発した日独の両研究グループが協力して、ジョセフソン接合列をテラヘルツ周波数帯の発振器とすべく研究開発を行います。

超伝導ジョセフソン接合を用いた高周波素子は、出力が微弱な上、周波数の上限も数百ギガヘルツでしたが、結晶の厚み方向に数百・数千直列に並ぶ接合を利用することで発振器として利用可能なパワーの実現を目指しています。周波数の上限も、高温超伝導体の高い超伝導遷移温度・一桁大きな超伝導エネルギーギャップのおかげで、数テラヘルツまで実現可能です。

6. 研究・交流の成果

6-1 研究の成果

テラヘルツ放射の新条件「高電流バイアス領域」発見した。

この条件で“HOTSPOT”の出現を発見した。“HOTSPOT”とは、固有ジョセフソン接合メサの中央付近がバイアス電流により加熱され温度が超伝導遷移温度を超える現象である。

発熱部分は常伝導状態となることから、1.5nm 周期で積層する接合間を抵抗で結線したのと同じ効果が生じ、接合列が集団的に同期して発振した。その結果、鋭い線幅での発振が実現し、強度・分解能とも大幅に向上した。

“HOTSPOT”の出現は、固有ジョセフソン接合メサの実効面積(超伝導状態部分の形状・面積)を変える効果があることから、同じ設計の共鳴箱(接合メサの寸法)でも、バイアス電流を増減することで、周波数を連続的可変できることを発見した。

この発見は、将来このテラヘルツ光源を分子認識(麻薬・毒薬・爆発物・細菌兵器・癌細胞、等々)のための指紋スペクトラムの測定に適用できることを意味し、実用上極めて有効である。

6-2 人的交流の成果

相補的な異なる技術を持つ日独のグループが、人的・技術的に交流することにより、研究が加速されたのみならず、アイデアの発想・実験データ解釈においても相互補完的な相乗効果が生じ、想定以上の研究成果を挙げることができたのみならず、将来に向けた新たな研究の種も発生した。

7. 主な論文発表・特許等(5件以内)

相手国側との共著論文については、その旨を備考欄にご記載ください。

論文 or 特許	・論文の場合： 著者名、タイトル、掲載誌名、巻、号、ページ、発行年 ・特許の場合： 知的財産権の種類、発明等の名称、出願国、出願日、 出願番号、出願人、発明者等	備考
論文	H. B. Wang, S. Guénon, B. Gross, J. Yuan, Z. G. Jiang, Y. Y. Zhong, M. Grünzweig, A. Ishi, P. H. Wu, T. Hatano, D. Koelle, and R. Kleiner, “Coherent Terahertz Emission of Intrinsic Josephson Junction Stacks in the Hot Spot Regime”, <i>Phys. Rev. Lett.</i> 105, 057002 (2010).	
論文	H. B. Wang, S. Guénon, J. Yuan, A. Ishi, S. Arisawa, T. Hatano, T. Yamashita, D. Koelle, and R. Kleiner, “Hot spots and waves in Bi ₂ Sr ₂ CaCu ₂ O ₈ intrinsic Josephson junction stacks - a study by Low Temperature Scanning Laser Microscopy”, <i>Phys. Rev. Lett.</i> 102, 017006	

	(2009).	
論文	H. B. Wang, B. Y. Zhu, C. Gürlich, M. Ruoff, S. Kim, T. Hatano, B. R. Zhao, Z. X. Zhao, E. Goldobin, D. Koelle, and R. Kleiner, "Fast Josephson vortex ratchet made of intrinsic Josephson junctions in $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_8$ ", <i>Phys. Rev. B</i> 80, 224507 (2009).	
論文	S. Guenon, M. Grunzweig, B. Gross, J. Yuan, Z. G. Jiang, Y. Y. Zhong, M.Y. Li., A. Ishi, P.H Wu., T. Hatano, R. G. Mints, E. Goldobin, D. Koelle, H. B. Wang and R. Kleiner, "Interaction of hot spots and terahertz waves in $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_8$ intrinsic Josephson junction stacks of various geometry", <i>Phys. Rev. B</i> , 82, 214506 (2010).	
論文	L. Ozyuzer, Y. Simsek, H. Koseoglu, F. Turkoglu, C. Kurter, U. Welp, A. E. Koshelev, K. E. Gray, W. K. Kwok, T. Yamamoto, K. Kadowaki, Y. Koval, H. B. Wang and P Mueller, "Terahertz wave emission from intrinsic Josephson junctions in high-Tc superconductors", <i>Supercond. Sci. Technol.</i> 22, 114009 (2009).	