

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 22 日現在

機関番号：82108

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21360015

研究課題名（和文） テラヘルツ・ファブリペロー・ジョセフソンレーザー

研究課題名（英文） Terahertz Josephson Fabry Perot Laser

研究代表者

王 華兵 (WANG HUABING)

独立行政法人物質・材料研究機構・超伝導物性ユニット・主幹研究員

研究者番号：70421427

研究成果の概要（和文）：

本研究課題において、Bi2212 固有ジョセフソン接合を利用したテラヘルツ帯レーザーの実現に向けて、以下のようなブレークスルーがあった。

【1】テラヘルツ電磁波放射の“高バイアス条件”：ギャップ電圧をほぼ保ちながら電流がゼロに近づくバイアス領域での一桁強い放射を観測。

【2】“HOT SPOT” の出現：接合中心部が超伝導遷移温度以上に加熱する現象を観測。

【3】周波数可変性の発見：“HOT SPOT” の加熱により共鳴箱である超伝導体の実効サイズが変化して共鳴周波数が 350~750GHz まで 53%変化する現象を発見。

【4】放射波の狭線幅~23MHz：“HOT SPOT” の加熱により接合間を抵抗でシャントしたのと同じ効果が生じ、接合間の結合が強まり、コヒーレンスが格段に向上。

以上のように、この3年間で固有ジョセフソン接合を利用したテラヘルツ帯発振素子の特性は格段に進歩させると同時に、今後さらに強度・可変周波数特性・狭線幅といった特性を向上させていくために必要な発見を次々に行った。

研究成果の概要（英文）：

In intrinsic Josephson junctions of high-Tc Bi₂Sr₂CaCu₂O₈ single crystals, we have successfully observed THz emission with tunable frequencies from 350 GHz to 750 GHz. The highest frequency is up to nearly 1 THz. A hot-spot area, for the first time observed by a low temperature scanning laser microscope, is attributed to the high tunability of the operation frequency and the synchronization of 600 junctions, which results in a very narrow linewidth. We published three papers in Physical Review Letters and Physical Review B, and submitted one to Physical Review Letters and one to Physical Review B.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	11,000,000	3,300,000	14,300,000
2010 年度	2,600,000	780,000	3,380,000
2011 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	14,600,000	4,380,000	18,980,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：応用物理学・工学基礎・応用物性・結晶工学

キーワード：テラヘルツ、ジョセフソン接合アレー、レーザー

1. 研究開始当初の背景

小型で可変周波数の固体テラヘルツ発振器の出現が切望されて久しい。テラヘルツ周波数帯は、依然として「テラヘルツ・ギャップ」と呼ばれるように、実用的な受信・発振デバイスが欠けている。もしこのような素子が開発されれば、犯罪対策・非破壊検査・医療診断・分子などの分光分析・電波天文学に新規な学術・技術分野が拓かれる。

テラヘルツ帯のレーザー発振は、気体レーザーまたは量子カスケードレーザーなどいくつかの方法が知られているが、「広範囲の周波数可変、単色、小型、高出力、定常出力」のものは実現していない。一方、ジョセフソン接合は、電圧 2 mV が周波数 1THz に対応する電圧-周波数変換機能をもつ。この接合を集積して接合列を作り、輻射場中に置けば、各接合が電磁波と同期して発振素子として作動することが期待されている。このような同期現象は量子的なものであり、共振空洞中の原子の超放射現象と同じものである。その根拠は、出力が共鳴状態にある接合数の 2 乗に比例することにある。

テラヘルツ帯ジョセフソン接合レーザーは、当該分野の研究者の長年の夢であり、研究代表者もこの問題に 10 年間にわたり取り組んできた。今まさに、固体ジョセフソン接合レーザーを提案するに足る詳細な実験事実・知識と技術が蓄積されたと言える。

2. 研究の目的

本提案課題の目的は、ジョセフソン接合を利用したテラヘルツ帯レーザーの実現である。300GHz から 3THz で周波数可変、レーザーと呼ぶに相応しい、位相ロック・高い出力と単色性を実現することにある。動作温度は、液体窒素温度以下である。本提案は、これまで 10 年余りにわたって我々が築きあげてきた、固有ジョセフソン接合の加工技術・高周波デバイス技術・テラヘルツ発振励起法とその原理の探索をシステム化する集大成と呼ぶべきものである。

3. 研究の方法

- (1) 個々の接合または接合列における THz 励起機構と励起様式を解明する
- (2) ファブリペロー共振器中の電磁波モードを解明することで、共振器と固有ジョセフソン接合の配置を最適化する
- (3) 低温で機械的にチューニング可能な共振器を開発する

4. 研究成果

固有ジョセフソン接合を利用したテラヘルツ帯レーザーの実現に向けて、我々はテラヘルツ電磁波放射の“高バイアス条件”（ギャ

ップ電圧をほぼ保ちながら電流がゼロに近づくバイアス領域)、“HOT SPOT” の出現 (接合中心部が超伝導遷移温度以上に加熱する現象)、周波数可変性の発見 (加熱により共鳴箱である超伝導体の実効サイズが変化する現象) を報告してきた。

自作の低温走査型レーザー顕微鏡を完成させた。この顕微鏡の小型化を図ることにより、既存のテラヘルツ発振実験用のクライオスタットに装着することに成功した。これにより、従来のテラヘルツ光外部放射の強度・分光分析と同時に、接合内部でのテラヘルツ共鳴励起モードの観測が可能となった。

ロシア科学アカデミーのコテルニコフ電波・電子工学研究所との共同研究で、我々の固有ジョセフソン接合テラヘルツ発振素子からのテラヘルツ放射電磁波の周波数線幅の測定を行った。測定に用いたのは、共同研究者の開発した金属窒化物超伝導体ジョセフソン接合 Nb/AlN/NbN から構成される、平面アンテナ・SIS ミキサ・ジョセフソン接合局部発振素子の集積デバイスである。従来の発振条件、即ち、固有ジョセフソン接合列の電流-電圧特性における電圧状態へのスイッチ後、ギャップ電圧をほぼ保ちながら電流がゼロに近づき、やがて電圧が減少し始める条件 (低電流バイアス条件、所謂、subgap conductance 領域) では、周波数線幅が 500MHz より小さくなることはなかった。一方、我々が見出した“高バイアス電流条件”では、周波数線幅が最小で 23MHz に達した。その原因は、HOT SPOT の生成により接合列が常伝導抵抗体で結合され、各接合の位相が整合して線幅が鋭くなったものと解釈できる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 6 件)

1. H. B. Wang, S. Guénon, B. Gross, J. Yuan, Z. G. Jiang, Y. Y. Zhong, M. Grünzweig, A. Ishij, P. H. Wu, T. Hatano, D. Koelle, and R. Kleiner, “Coherent Terahertz Emission of Intrinsic Josephson Junction Stacks in the Hot Spot Regime”, Phys. Rev. Lett. 105, 057002 (2010). 「査読有」
2. S. Guénon, M. Grünzweig, B. Gross, J. Yuan, Z. G. Jiang, Y. Y. Zhong, M.Y. Li., A. Ishij, 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 Bi2Sr2CaCu2O8 intrinsic Josephson junction stacks of various geometry”, Phys. Rev. B, 82, 214506 (2010). 「査読有」

3. Yuri Kov Xiaoyue Jin, Christoph Bergmann, Yilmaz Simsek, Lütfi Özyüzer, Paul Müller, Huabing Wang, Günter Behr, and Bernd Büchner, "Tuning superconductivity by carrier injection", *Appl. Phys. Lett.* 96, 082507 (2010). 「査読有」
 4. H. B. Wang, S. Guénon, J. Yuan, A. Ishii, S. Arisawa, T. Hatano, T. Yamashita, D. Koelle, and R. Kleiner, "Hot spots and waves in Bi₂Sr₂CaCu₂O₈ intrinsic Josephson junction stacks-a study by Low Temperature Scanning Laser Microscopy", *Phys. Rev. Lett.* 102, 017006 (2009). 「査読有」
 5. 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 Bi₂Sr₂CaCu₂O₈", *Phys. Rev. B* 80, 224507 (2009). 「査読有」
 6. 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", *Supercond. Sci. Technol.* 22, 114009 (2009). 「査読有」
- [学会発表] (計 49 件)
1. 羽多野 毅、王 華兵、"固有ジョセフソン接合巨大メサの磁束フロー現象", 第19回渦糸物理解国内会議, 2011. 12. 7-9. 物質・材料研究機構、つくば.
 2. Huabing Wang, "Terahertz emission in intrinsic Josephson junctions-recent progress", The 6th East Asia Symposium on Superconductor Electronics (EASSE 2011), 27-29 October 2011, Yonezawa, Japan.
 3. Reinhold Kleiner, Stefan Guénon, Boris Gross, Matthias Grünzweig, Dieter Koelle, Huabing Wang, Mengyue Li, Jie Yuan, Akira Ishii, Takeshi Hatano, Zhenguog Jiang, Yangyin Zhong, Peiheng Wu, "Coherent Terahertz Emission of Intrinsic Josephson Junction Stacks in the Hot Spot Regime: Recent Developments", 2nd JST-DFG Workshop on Terahertz Superconductor Electronics, Blaubeuren, Germany, 16.-19. 10. 2011.
 4. Huabing Wang, Mengyue Li, Jie Yuan, Akira Ishii, Takeshi Hatano, Zhenguog Jiang, Yangyin Zhong, Peiheng Wu, Reinhold Kleiner, Stefan Guénon, Boris Gross, Matthias Grünzweig, Dieter Koelle, "Coherent Terahertz Emission of Intrinsic Josephson Junctions with Various Structures", 2nd JST-DFG Workshop on Terahertz Superconductor Electronics, Blaubeuren, Germany, 16.-19. 10. 2011.
 5. M.Y. Li, Z. G. Jiang, Y. P. Lu, J. Yuan, S. Guenon, B. Gross, C. H. Cao, W. W. Xu, L. Kang, J. Chen, A. Ishii, T. Hatano, D. Koelle, R. Kleiner, H. B. Wang, P. H. Wu., "How Terahertz (THz) Emission Depends on the Junction Number in an Intrinsic Josephson Junction Stack", 2nd JST-DFG Workshop on Terahertz Superconductor Electronics, Blaubeuren, Germany, 16.-19. 10. 2011.
 6. Jie Yuan, M. Li, Z. G. Jiang, Y. P. Lu, S. Guenon, B. Gross, C. H. Cao, W. W. Xu, L. Kang, J. Chen, A. Ishii, T. Hatano, D. Koelle, R. Kleiner, H. B. Wang, P. H. Wu, "Simultaneous Detection of the THz Emission and Observation of LTSLM Images", 2nd JST-DFG Workshop on Terahertz Superconductor Electronics, Blaubeuren, Germany, 16.-19. 10. 2011.
 7. B. Groß, Reinhold Kleiner, Stefan Guénon, Matthias Grünzweig, Dieter Koelle, Huabing Wang, Mengyue Li, Jie Yuan, Akira Ishii, Takeshi Hatano, Zhenguog Jiang, Yangyin Zhong, Peiheng Wu, "Hot Spots and THz waves in single crystal Bi₂Sr₂CaCu₂O₈ structures", 2nd JST-DFG Workshop on Terahertz Superconductor Electronics, Blaubeuren, Germany, 16.-19. 10. 2011.
 8. J. Li, J. Yuan, D. M. Tang, S. B. Zhang, M. Y. Li, Y. F. Guo, Y. Tsujimoto, T. Hatano, S. Arisawa, D. Golberg, H. B. Wang, K. Yamaura, E. Takayama-Muromachi, "c-Axis Transport Property of Iron-based Superconductors", 2nd JST-DFG Workshop on Terahertz Superconductor Electronics, Blaubeuren, Germany, 16.-19. 10. 2011.
 9. T. Hatano and H. B. Wang, "Bi-2212 IJJs under layer parallel magnetic field - large mesa for THz cavity", 2nd JST-DFG Workshop on Terahertz Superconductor Electronics, Blaubeuren, Germany, 16.-19. 10. 2011.
 10. H. B. Wang, S. Guenon, J. Yuan, Z. G. Jiang, B. Gross, M. Gruenzweig, Y. Y. Zhong, M. Y. Li, P. H. Wu, A. Ishii, T. Hatano, D. Koelle, and R. Kleiner, "Interplay of self-heating and terahertz

- emission in Bi2Sr2CaCu2O8 intrinsic Josephson junction stacks", Superconductivity Centennial Conference 2011, The Hague, the Netherlands, 18 – 23 September 2011.
11. M.Y. Li, Z. G. Jiang, Y. P. Lu, J. Yuan, S. Guenon, B. Gross, C. H. Cao, W. W. Xu, L. Kang, J. Chen, A. Ishii, T. Hatano, D. Koelle, R. Kleiner, H. B. Wang, P. H. Wu, "How terahertz (THz) emission depends on the junction number in an intrinsic Josephson junction stack", Superconductivity Centennial Conference 2011, The Hague, the Netherlands, 18 – 23 September 2011.
 12. Takeshi Hatano and Huabing Wang, "Lock-in phenomena in intrinsic Josephson junctions for THz oscillator under the layer parallel magnetic field", Superconductivity Centennial Conference 2011, The Hague, the Netherlands, 18 – 23 September 2011
 13. Takeshi Hatano and Huabing Wang, "Lock-in phenomena of vortices in intrinsic Josephson junctions for THz oscillator", The 13th International Workshop on Vortex Matter in Superconductors, July 31-Aug.7, 2011, Chicago, USA.
 14. Reinhold Kleiner, Stefan Guénon, Boris Gross, Matthias Grünzweig, Dieter Koelle, Huabing Wang, Mengyue Li, Jie Yuan, Akira Ishii, Takeshi Hatano, Zhenguo Jiang, Yangyin Zhong, Peiheng Wu, "Coherent Terahertz Emission of Intrinsic Josephson Junction Stacks in the Hot Spot Regime", First international Workshop on Superconducting Vortex Matter, Jinhua, China, May 27.-31, 2011.
 15. H. B. Wang, et al., "THz oscillation and rectification in intrinsic Josephson junctions", First International Workshop on Superconducting Vortex Matter, Jinhua, China, May 27.-31, 2011.
 16. Reinhold Kleiner, Stefan Guénon, Boris Gross, Matthias Grünzweig, Dieter Koelle, Huabing Wang, Mengyue Li, Jie Yuan, Akira Ishii, Takeshi Hatano, Zhenguo Jiang, Yangyin Zhong, Peiheng Wu, "Inside the THz gap – intrinsic Josephson junctions in high temperature superconductors", Colloquium, Karlsruhe, Germany, 15. 4. 2011.
 17. Reinhold Kleiner, Stefan Guénon, Boris Gross, Matthias Grünzweig, Dieter Koelle, Huabing Wang, Mengyue Li, Jie Yuan, Akira Ishii, Takeshi Hatano, Zhenguo Jiang, Yangyin Zhong, Peiheng Wu, "Inside the THz gap – intrinsic Josephson junctions in high temperature superconductors", Colloquium, Fribourg, Switzerland, 6. 4. 2011
 18. Reinhold Kleiner, S. Guénon, B. Gross, M. Grünzweig, D. Koelle, H. B. Wang, J. Yuan, A. Ishii, T. Hatano, Z. Jiang, Y. Zhong, P.H. Wu, "Coherent Terahertz Emission of Intrinsic Josephson Junction Stacks in the Hot Spot Regime", MRS March Meeting, Dallas (March 2011), 21.-25.3.2011
 19. H. B. Wang, J. Yuan, A. Ishii, T. Hatano, S. Guenon, B. Gross, M. Gruenzweig, D. Koelle, R. Kleiner, Z. G. Jiang, Y.Y. Zhong, M. Y. Li, P. H. Wu, "Interplay of self-heating and terahertz waves in Bi2Sr2CaCu2O8 intrinsic Josephson junction stacks", Spring Meeting of the Physical Society of Japan, Mar.25-28, 2011, Niigata.
 20. Takeshi Hatano and Huabing Wang, "Lock-in phenomena in large intrinsic Josephson junctions", Spring Meeting of the Physical Society of Japan, Mar.25-28, 2011, Niigata.
 21. Takeshi Hatano and Huabing Wang, "Lock-in phenomena of intrinsic Josephson junctions in large mesa", 18th Domestic Vortex Symposium, Dec. 1-3, 2010, Tokyo, Japan.
 22. H. B. Wang, S. Guénon, J. Yuan, Boris Gross, Z.G. Jiang, M. Gruenzweig, Y. Y. Zhong, A. Ishii, P. H. Wu, T. Hatano, D. Koelle, and R. Kleiner, "Tunable terahertz emission from intrinsic Josephson junctions", Applied Superconductivity Conference, Aug.1-6, 2010, Washington DC, USA.
 23. Reinhold Kleiner, Stefan Guénon, Boris Gross, Matthias Grünzweig, Dieter Koelle, Huabing Wang, Jie Yuan, Akira Ishii, Takeshi Hatano, Zhenguo Jiang, Yangyin Zhong, Peiheng Wu, "Imaging Hot Spots and Waves in intrinsic Josephson junctions", International Conference Dubna-Nano 2010, 5.-11.7.2010, Dubna, Russia.
 24. H. B. Wang, J. Yuan, A. Ishii, T. Hatano, S. Guénon, M. Grünzweig, B. Gross, D. Koelle, R. Kleiner, Z. G. Jiang, Y. Y. Zhong, P. H. Wu, "Terahertz Emission from Intrinsic Josephson Junctions at High bias and Low Bias", Dubna-Nano2010, Jul.4-12, 2010, Dubna, Russia.
 25. Reinhold Kleiner, Stefan Guénon, Boris Gross, Matthias Grünzweig, Dieter Koelle, Huabing Wang, Jie Yuan, Akira Ishii, Takeshi Hatano, Zhenguo Jiang, Yangyin

- Zhong, Peiheng Wu, "Intrinsic Josephson junctions in high temperature superconductors as generators for THz radiation", Conference SYN-NANO 2010, 4.-17.7.2010, Dubna, Russia.
26. H. B. Wang, S. Guénon, J. Yuan, Boris Gross, Z.G. Jiang, M.Gruenzweig, Y. Y. Zhong, A. Ishii, P. H. Wu, T. Hatano, D. Koelle, and R. Kleiner, "THz generation using intrinsic Josephson junctions", 応用物理学会超伝導分科会第 41 回研究会、2010 年 6 月 24 日、大阪。
 27. H. B. Wang, S. Guénon, J. Yuan, Z. G. Jiang, Y.Y. Zhong, P.H. Wu, A. Ishii, T. Hatano, B. Gross, M. Gruenzweig, D. Koelle and R. Kleiner, "Terahertz Emission from Intrinsic Josephson Junctions in High-bias Current Regime", The 7th international Symposium on Intrinsic Josephson Effects and Plasma Oscillations in High-Tc Superconductors (Plasma 2010), 29.4.-2.5.2010, Hirosaki.
 28. Reinhold Kleiner, Stefan Guénon, Boris Gross, Matthias Grünzweig, Dieter Koelle, Huabing Wang, Jie Yuan, Akira Ishii, Takeshi Hatano, Zhenguang Jiang, Yangyin Zhong, Peiheng Wu, "Imaging of Hot spots and THz waves in Intrinsic Josephson junction", The 7th international Symposium on Intrinsic Josephson Effects and Plasma Oscillations in High-Tc Superconductors (Plasma 2010), 29.4.-2.5.2010, Hirosaki. (Plenary)
 29. Takeshi Hatano, Huabing Wang, Beiye Zhu, Shinya Urayama, Shinichi Kawakami, and Tsutomu Yamashita, ""THz cavity resonance in intrinsic Josephson junctions under a layer-parallel magnetic field"", PLASMA2010, April 29-May 2, 2010, Hirosaki.
 30. S.Guénon, M.Gruenzweig, H.B.Wang, J. Yuan, A.Ishii, S.Arisawa, T.Hatano, T.Yamashita, D. Koelle, R.Kleiner, "Laser imaging of hot spots and waves in Bi2Sr2CaCu2O8 intrinsic Josephson junctions", DPG Spring Meeting, 22.-27.3, 2010, Germany.
 31. M. Gruenzweig, S. Guénon, H. B. Wang, J. Yuan, A. Ishii, S.Arisawa, T. Hatano, T. Yamashita, D. Koelle, R. Kleiner, "Investigation of self-heating in BiSrCaCu2O8 single crystals via Low Temperature Scanning Laser Microscopy", DPG Spring Meeting 22.-27.3. 2010, Germany.
 32. H. B. Wang, S. Guénon, J. Yuan, Z.G. Jiang, Y.Y. Zhong, P. H. Wu, A. Ishii, T. Hatano, G. Boris, M. Gruenzweig, D. Koelle, and R. Kleiner, "Observation of THz oscillations in stacked Josephson junctions with low temperature scanning laser microscope", 研究討論会「テラヘルツ電子デバイスの新展開」, 仙台, Feb.25-26, 2010.
 33. H. B. Wang, S. Guénon, J. Yuan, Z.G. Jiang, Y.Y. Zhong, P. H. Wu, A. Ishii, T. Hatano, G. Boris, M. Gruenzweig, D. Koelle, and R. Kleiner, "Terahertz Emission from a Slice of Cuprate Superconductor-Excitation, Synchronization, Detection, and Future Application", The First JST-DFG Workshop on Terahertz Superconductor Electronics, Tsukuba, Japan, February 21-24, 2010.
 34. T. Hatano, S. Kawakami, S.M. Kim, S. Urayama, B.Y. Zhu and H. B. Wang, "Terahertz Excitation in Intrinsic Josephson Junctions under Layer-Parallel Magnetic Fields", The First JST-DFG Workshop on Terahertz Superconductor Electronics, Tsukuba, Japan, February 21-24, 2010.
 35. R. Kleiner, H. B. Wang, "Terahertz electronics on the atomic scale using intrinsic Josephson junctions in cuprate superconductors", DFG-JST Workshop on Nanoelectronics, 17-19.1., 2010, Bad Honnef, Germany.
 36. H.B. Wang, S. Guénon, J. Yuan, Boris Gross, Z.G. Jiang, M.Gruenzweig, Y. Y. Zhong, A. Ishii, P. H. Wu, T. Hatano, D. Koelle, and R. Kleiner, "Terahertz electronics on the atomic scale using intrinsic Josephson junctions in cuprate superconductors", DFG-JST Workshop on Nanoelectronics, 17-19.1., 2010, Bad Honnef, Germany.
 37. H. B. Wang, S. Guénon, J. Yuan, Z.G. Jiang, Y.Y. Zhong, P. H. Wu, A. Ishii, T. Hatano, G. Boris, M. Gruenzweig, D. Koelle, and R. Kleiner, "Tunable THz sources with large Josephson junctions", The International Workshop on Terahertz Radiation and Metamaterials, Benasque, Spain, December 15-22, 2009.
 38. T. Hatano, H. B. Wang, Y. Inamoto, and M. Nagao, "Novel transport properties in intrinsic Josephson junctions", The International Workshop on Terahertz Radiation and Metamaterials, Benasque, Spain, December 15-22, 2009.
 39. 羽多野毅, "固有ジョセフソン接合の新規機能性探索", 第 17 回磁束線物理会議, 大阪, Dec. 1-3. 2009.
 40. H. B. Wang, S. Guénon, J. Yuan, Z.G. Jiang,

- Y.Y. Zhong, P. H. Wu, A. Ishii, T. Hatano, G. Boris, M. Gruenzweig, D. Koelle, and R. Kleiner, "Tunable THz Josephson oscillators", 東北大学電気通信研究所共同プロジェクト研究研究会「環境負荷低減に資する超伝導計算機技術に関する研究」, 仙台, Nov.26, 2009.
41. H. B. Wang, S. Guenon, J. Yuan, Z.G. Jiang, Y.Y. Zhong, P. H. Wu, A. Ishii, T. Hatano, G. Boris, M. Gruenzweig, D. Koelle, and R. Kleiner, "Observation of THz oscillations in stacked Josephson junctions with low temperature scanning laser microscope", Eastern Asia Symposium on Superconductor Electronics, Nanjing, China, Oct.11-15, 2009.
42. Takeshi Hatano, "Flash Memory Effect in Intrinsic Josephson Junctions", Eastern Asia Symposium on Superconductor Electronics, Nanjing, China, Oct.11-15, 2009.
43. H. B. Wang, B. Y. Zhu, C. GÄurlich, M. Ruoff, S. Kim, T. Hatano, B. R. Zhao, Z. X. Zhao, E. Goldobin, D. Koelle, R. Kleiner, "Fast Josephson vortex ratchet made of intrinsic Josephson junctions", the 12th International Workshop on Vortex Matter in Superconductors, Lake Yamanaka, Yamanashi, Japan, September 12 to 16, 2009.
44. T. Hatano, M. Nagao, Y. Inamoto, and H. Wang, "Flash Memory Effect in Y-123 Intrinsic Josephson Junctions", 9th International Conference on Materials and Mechanisms of Superconductivity (M2S-IX), Sept. 7-11, 2009, Tokyo, Japan.
45. H.B. Wang, S. Guenon, J. Yuan, G. Matthias, A. Ishii, S. Arisawa, T. Hatano, T. Yamashita, D. Koelle, R. Kleiner, "Terahertz Generation in Large Bi2Sr2CaCu2O8 Intrinsic Josephson Junction Stacks", 12th International Superconductive Electronics Conference (ISEC 2009), June 16-19, 2009, Fukuoka, JAPAN
46. T. Hatano, M. Nagao, Y. Inamoto, H. Wang, "Non-volatile Flash Memory Effect in Y-123 Intrinsic Josephson Junctions", 12th International Superconductive Electronics Conference (ISEC 2009), June 16-19, 2009, Fukuoka, JAPAN
47. S. Guénon , M. Grünzweig, D. Koelle, R. Kleiner, H. B. Wang, J. Yuan, A. Ishii, S. Arisawa, T. Hatano, "Intrinsic Josephson junctions in high temperature superconductors as generators for THz radiation", "SEFIRA 09" (Superconducting electronics front end infrastructure), Fréjus, France, 26.-28.5.2009
48. S. Guénon, M. Grünzweig, D. Koelle, R. Kleiner, H. B. Wang, J. Yuan, A. Ishii, S. Arisawa, T. Hatano, "Inside the Terahertz gap-intrinsic Josephson junctions in high temperature superconductors", Colloquium, University of Graz, Austria, 28.4.2009.
49. S. Guénon , M. Grünzweig, D. Koelle, R. Kleiner, H. B. Wang, J. Yuan, A. Ishii, S. Arisawa, T. Hatano, "Intrinsic Josephson junctions in high temperature superconductors as generators for THz radiation", WE-Heraeus Seminar on Microwaves for Condensed Matter Physics , Bad Honnef, Germany, 5.-8. 4. 2009

6. 研究組織

(1) 研究代表者

王 華兵 (WANG HUABING)

独立行政法人物質・材料研究機構・超伝導物性ユニット・主幹研究員

研究者番号：70421427

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

羽多野 毅 (HATANO TAKESHI)

独立行政法人物質・材料研究機構・超伝導物性ユニット・グループリーダー

研究者番号：50354337

袁 潔 (YUAN JIE)

独立行政法人物質・材料研究機構・超伝導物性ユニット・NIMS 特別研究員

研究者番号：70469790

有沢 俊一 (ARISAWA SHUNICHI)

独立行政法人物質・材料研究機構・超伝導物性ユニット・主幹研究員

研究者番号：00354340

石井 明 (ISHII AKIRA)

独立行政法人物質・材料研究機構超伝導物性ユニット・主任研究員

研究者番号：70354339