

研究成果報告書

(国立情報学研究所の民間助成研究成果概要データベース・登録原稿)

研究テーマ (和文) AB		高温超伝導体テラヘルツ光源の周波数制御と高出力化			
研究テーマ (欧文) AZ		Study on high-temperature superconductor terahertz source with frequency tuning and high emission power			
研究氏 代表名 者	カタカナ CC	カケヤ	イツヒロ	研究期間 B	2010 ~ 2012 年
	漢字 CB	掛谷	一弘	報告年度 YR	2012 年
	ローマ字 CZ	KAKEYA	Itsuhiro	研究機関名	京都大学
研究代表者 CD 所属機関・職名		京都大学工学研究科・准教授			
<p>概要 EA (600 字~800 字程度にまとめてください。)</p> <p>2007 年に発見された高温超伝導体 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ (Bi2212) メサ構造からのマイクロワット級のテラヘルツ発振現象は、結晶構造に由来する多数に積層されたジョセフソン接合 (固有ジョセフソン接合) が同期して振動する巨大量子同期現象として非常に興味深い。その上、これまで未開拓の周波数領域であったテラヘルツ領域をカバーするコヒーレント光源としての応用が期待される。本研究の目標は、再現性の高い微細加工技術を用いることにより超伝導体の物質パラメータや電極などの形状パラメータを制御して発振特性の系統性を調べることにより発振の起源を明らかにすることである。</p> <p>本研究実施の結果、以下の成果が得られた。(1)Bi2212 メサ構造からのテラヘルツ発振が 100 nm より薄い電極を持つ試料から検出された。400 nm 程度の厚さの電極を持つ試料では、発振だけでなく電流電圧特性における電圧の跳びも観測されなかった。このことは、薄い電極では電極を通した放熱が不十分であるため、同期したジョセフソンプラズマ振動の励起が促進されることを示唆している。電極による遮蔽効果は本質的ではない。我々は、局所的な温度上昇がテラヘルツ発振をもたらす位相キックの同期の起源であると考察する。(2)自作した高分解能 FT-IR 分光器により発振スペクトル線幅が 1GHz 以下であることを明らかにした。発振された電磁波の周波数は 0.47THz から 0.53THz の間で温度とバイアス電流によって変化する。発振周波数の温度及びバイアス電流依存性はジョセフソン接合内部における電磁波の伝搬速度である Swihart 速度の変化を考慮することでおおむね説明できる。しかしながら、発振に寄与する接合数はバイアス電流に依存することから、メサ下部の超伝導基板が同期を助けていることが考察される。</p> <p>以上の結果を踏まえ、今後の研究では発振周波数の制御やミリワット級光源の実現を目指す。</p>					
キーワード FA	固有ジョセフソン接合	テラヘルツ光源	巨大同期現象	高温超伝導体	

(以下は記入しないでください。)

助成財団コード TA					研究課題番号 AA								
研究機関番号 AC					シート番号								

発表文献（この研究を発表した雑誌・図書について記入してください。）									
雑誌	論文標題 ^{GB}	Effect of thermal inhomogeneity for terahertz radiation from intrinsic Josephson junction stacks of $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$							
	著者名 ^{GA}	Kakeya, Itsuhiro et al.	雑誌名 ^{GC}	APPLIED PHYSICS LETTERS					
	ページ ^{GF}	242603-1~-4	発行年 ^{GE}	2	0	1	2	巻号 ^{GD}	100
雑誌	論文標題 ^{GB}								
	著者名 ^{GA}		雑誌名 ^{GC}						
	ページ ^{GF}		発行年 ^{GE}					巻号 ^{GD}	
雑誌	論文標題 ^{GB}								
	著者名 ^{GA}		雑誌名 ^{GC}						
	ページ ^{GF}		発行年 ^{GE}					巻号 ^{GD}	
図書	著者名 ^{HA}								
	書名 ^{HC}								
	出版者 ^{HB}		発行年 ^{HD}					総ページ ^{HE}	
図書	著者名 ^{HA}								
	書名 ^{HC}								
	出版者 ^{HB}		発行年 ^{HD}					総ページ ^{HE}	

欧文概要 EZ

Terahertz radiation from the mesa structures of $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ (Bi2212) discovered in 2007 is one of the typical giant quantum synchronization phenomena, in which gauge-invariant phase differences of the stacked Josephson junctions attributed to its crystal structure are oscillating synchronously. These phenomena provide not only academic importance but also potential implementation for a coherent terahertz source, which fills so-called the terahertz gap. The objective of this project is to clarify the systematic change of properties of the terahertz emission from Bi2212 by controlling material parameters and geometries of mesas and electrodes very carefully.

This project has brought following achievements. (1) THz radiations from Bi2212 mesa structures are detected in samples with thin electrodes < 100 nm. In samples with thick electrodes ~ 400 nm, neither radiations nor voltage jumps in current-voltage characteristics are detected. This suggests that the thin electrode helps excite the Josephson plasma oscillation as a result of the poor heat flow through the electrode. The shielding effect by the electrode is not essential. We consider that the local temperature rise is the origin of the synchronization of the phase kink for terahertz radiation. (2) Home-made high-resolution FTIR spectrometer has revealed the linewidth of the emission spectra is less than 1.0 GHz. Frequency of the radiated electromagnetic wave varies between 0.47 and 0.53 THz as a function of temperature and bias-current. The temperature and bias-current dependence of the radiation frequency is roughly explained by considering change in the Swihart velocity, the propagation velocity of electromagnetic waves inside the Josephson junction. However, change of the number of the working layers found in the experiments is interpreted that the superconducting substrate underneath of the mesa helps the synchronization.