

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		メゾスコピック超伝導体における新規渦糸状態の観測と制御			
研究テーマ (欧文) AZ		Experimental confirmation and control of novel vortex states in mesoscopic superconductors			
研究氏 代表 者	カナ CC	姓)カンダ	名)アキノブ	研究期間 B	2007 ~ 2009年
	漢字 CB	神田	晶申	報告年度 YR	2009年
	ローマ字 CZ	KANDA	AKINOBU	研究機関名	筑波大学
研究代表者 CD 所属機関・職名		筑波大学大学院数理物質科学研究科講師			
概要 EA (600字~800字程度にまとめてください。)					
<p>サイズが超伝導コヒーレンス長や磁場侵入深さと同程度のメゾスコピック超伝導体では、磁場を印加すると、バルクとは異なる特殊な超伝導状態が出現する。我々は、Multiple-small-tunnel-junction (MSTJ) 法と呼ぶ独自の方法を使って、新奇渦糸状態の実験的検証を行っている。これまでに、世界初の巨大渦糸状態の実験的観測を行うとともに、多重渦糸状態—巨大渦糸状態間の転移、渦糸状態の試料形状・サイズ依存性、非対称リングにおける1次元渦糸の存在を実験的に明らかにしてきた。</p> <p>本研究では、これまでの研究をさらに発展させる形で、正方形のメゾスコピック超伝導体を例にとり、①渦糸—反渦糸分子という新規渦糸状態の実験的な検証、②磁場以外のパラメータを用いた渦糸状態の制御、を目的とした。両方において、アントワープ大学（ベルギー）の Peeters, Milosevic 両教授の率いる理論計算グループと緊密な共同研究を行った。</p> <p>①では、理論計算によって最適な試料パラメータを導出し測定を行ったが、渦糸—反渦糸分子形成を支持する結果は得られなかった。最近ポーズインシュタイン凝縮系での観測が報告されているが、その形成要因は異なる。今後試料形状の改善などの工夫によって観測を目指したい。</p> <p>②では、正方形超伝導体にリード線を取り付け、超伝導電流印加によって渦糸状態を制御することを試みた。希釈冷凍機を用いた測定の結果、渦糸の侵入・排出磁場は印加する超伝導電流に複雑に依存するが、それは単純なモデルで説明できることを示した。また、MSTJ法による測定の結果、電流印加によって巨大渦糸—多重渦糸状態間転移が起こることを示した。また、多重渦糸状態に電流を流し込むことで、本来縮退している状態間の縮退を解き、かつ、電流値によって基底状態を入れ替えることができることを明らかにした。さらに、電流印加によって、渦糸の排出、導入を誘起できることも示した。これらの実験結果は、時間依存ギンツブルグランダウ理論に基づく数値計算で再現することができた。本成果を現在、Physical Review Letters 誌に投稿している。</p>					
キーワード FA	渦糸	メゾスコピック超伝導	ナノ構造		

(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 <sup>GB</sup>	Vortex states in mesoscopic superconducting squares with engineered pinning							
	著者名 <sup>GA</sup>	R. Furugen et al.	雑誌名 <sup>GC</sup>	Journal of Physics Conference Series					
	ページ <sup>GF</sup>	012010-1~4	発行年 <sup>GE</sup>	2	0	0	8	巻号 <sup>GD</sup>	109
雑誌	論文標題 <sup>GB</sup>	Detecting superconducting states in nanoscale superconductors using multiple-small-tunnel-junction method							
	著者名 <sup>GA</sup>	A. Kanda et al.	雑誌名 <sup>GC</sup>	Journal of Physics Conference Series					
	ページ <sup>GF</sup>	012016-1~4	発行年 <sup>GE</sup>	2	0	0	8	巻号 <sup>GD</sup>	109
雑誌	論文標題 <sup>GB</sup>	Experimental determination of vortex configuration in a mesoscopic superconducting square with artificial pinning centers							
	著者名 <sup>GA</sup>	S. Hatsumi et al.	雑誌名 <sup>GC</sup>	Journal of Physics Conference Series					
	ページ <sup>GF</sup>	022024-1~4	発行年 <sup>GE</sup>	2	0	0	9	巻号 <sup>GD</sup>	150
雑誌	論文標題 <sup>GB</sup>	Effect of supercurrent injection on vortex penetration and expulsion fields in mesoscopic superconducting squares							
	著者名 <sup>GA</sup>	S. Hatsumi et al.	雑誌名 <sup>GC</sup>	Physica C					
	ページ <sup>GF</sup>	1080~1083	発行年 <sup>GE</sup>	2	0	0	9	巻号 <sup>GD</sup>	469
図書	著者名 <sup>HA</sup>	A. Kanda, Y. Ootuka, K. Kadowaki, F.M. Peeters							
	書名 <sup>HC</sup>	The Oxford Handbook of Nanoscience and Technology, Volume I							
	出版者 <sup>HB</sup>	Oxford University Press	発行年 <sup>HD</sup>	2	0	0	9	総ページ <sup>HE</sup>	38

#### 欧文概要 E Z

In type-II mesoscopic superconductors, which have sizes comparable to the superconducting coherence length and magnetic penetration depth, vortex states different from those of bulk materials are expected to appear under magnetic fields. We aim to experimentally confirm such novel vortex states by using our original technique called the "multiple-small-tunnel-junction (MSTJ) method". So far, we have succeeded in the first observation of "giant" vortex states as well as the transition between giant vortex and multivortex states, dependence of vortex states on the sample size and shape, and a "one-dimensional" vortex in mesoscopic asymmetric rings.

In the present research project, as the continuation of the previous research, we aim to (1) experimentally confirm a novel vortex state, vortex-antivortex (V-AV) molecule, and (2) control the vortex states using the parameters other than the magnetic field. In both objectives, we collaborated with a theorist group in University of Antwerp (Belgium) lead by Profs. Peeters and Milosevic.

For objective (1), we could not obtain the data supporting the existence of the V-AV molecules, although we used optimal sample parameters obtained in the numerical simulation. Recently, the existence of similar V-AV molecules was reported for Bose-Einstein condensates, but the origin of the molecules is different from that of our case. We are trying to observe the V-AV molecules with the modification of the sample parameters.

For objective (2), we attached current leads to a mesoscopic superconducting square and tried to control the vortex states by injecting supercurrent. Our measurement in dilution fridge showed that vortex penetration and expulsion depend on the injected supercurrent in a complicated manner, but this can be explained with our simple model. Besides, by using the MSTJ method, we showed that transition between giant vortex and multivortex states can be induced by current injection. Also we succeeded in current-controlled switching between otherwise degenerate quantum states. Furthermore, we showed that vortex penetration/expulsion is induced by a current pulse. These results were successfully reproduced in the numerical simulation based on the time-dependent Ginzburg-Landau theory. A paper reporting these results is under consideration for the publication in Physical Review Letters.