

Title	ナノワイヤーを用いた超流動・超伝導における量子現象の解明
Sub Title	Elucidation of quantum phenomena in superfluid/superconductor using nanowire
Author	永合, 祐輔(Nago, Yusuke)
Publisher	慶應義塾大学
Publication year	2019
Jtitle	学事振興資金研究成果実績報告書 (2018. )
JaLC DOI	
Abstract	<p>架橋カーボンナノチューブ上にNbN超伝導体を形成して超伝導ナノワイヤーを作製し、極低温での電気特性評価を行った。その結果、熱位相スリップが明瞭に観測可能な超伝導ナノワイヤー作成に成功した。また、この超伝導ナノワイヤーに対して、マイクロ波照射下での電圧 - 電流測定を行ったところ、低パワー下では、揺らぎを含む位相スリップの観測や、臨界電流のヒステリシスが観測された。一方、高パワー下では、ある閾値以上のパワーで臨界電流のヒステリシスが突然消滅する相転移が観測された。さらに位相スリップを含む電圧ステップの位置をマイクロ波パワーで制御できることが明らかになり、マイクロ波による位相スリップ中心の個別制御も可能であることが明らかとなった。以上の結果は、一つ一つの位相スリップ中心の発生や個数をマイクロ波照射によって電氣的に制御できることを示しており、新しい位相スリップ制御法となることを示した。</p> <p>また、超流動ヘリウム中での超伝導ナノワイヤーの機械共振テストを行うため、冷凍機および配線回路の準備を行った。真鍮製のハーメチックコネクタ付フィードスルーを作製し、冷凍機内に同軸配線を増築した。また、超伝導細線振動子と音叉型水晶振動子を準備した。これらの振動子は、液体ヘリウム液面計として用い、さらに配線回路や印加磁場中の動作チェックとして用いる。また、水晶振動子で量子渦を生成し、ナノワイヤー共振器で検出する実験を想定し、ナノワイヤー基板と各振動装置の間隔を微調整して配置した。試料セルを冷凍機で温度1.3Kまで冷却し、真空中および液体ヘリウム中で各振動装置の動作テストを行った。ナノワイヤー共振器については、磁場の有無で信号の相違を観測したが、現在のところ機械共振信号の確証までは至っていない。超伝導細線振動子と音叉型水晶振動子においては正常動作確認し、液体の粘性抵抗の温度依存性および超流動転移の観測に成功した。</p> <p>We fabricated an NbN superconducting nanowire on a carbon nanotube and measured its electrical properties at low temperatures. As a result, the nanowire clearly observable for thermal phase slip was successfully realized. We also performed voltage-current measurements under microwave irradiation and found a phase slip along with its fluctuation and a hysteresis of a critical current at a low microwave power range. On the other hand, at a high microwave power range, we observed a transition at the threshold power where the hysteretic behavior suddenly ceases. This experiment enabled to control voltage steps with phase slips by a micro-wave power and each phase-ship center by microwave irradiation. The present results exhibit a feasibility of an electrical control of occurrence and a number of phase-ship centers by microwave irradiation. It would be a new method to control a phase slip.</p> <p>We prepared a cryostat and lead circuits for a mechanical resonance test of a superconducting nanowire in superfluid helium. We manufactured feedthroughs with brass-made hermetic connectors and added coaxial wiring in the cryostat. We also prepared a superconducting vibrating wire and a quartz tuning fork. These mechanical resonators will be utilized for a helium liquid level meter and an operation check of the circuits and oscillation in a magnetic field. On top of that, the resonators and the nanowire substrate were arranged with each other with a well-tuned spacing, on a conception of an experiment that a nanowire detects quantized vortices generated by a quartz tuning fork. A sample cell was cooled down to 1.3 K with a cryostat and an operation test of each resonator was performed in a vacuum and helium liquid. As for the nanowire, we observed a difference of signals between presence and absence of a magnetic field; yet we did not obtain any conclusive evidences for mechanical resonance of the nanowire for the time being. As for the superconducting vibrating wire and the quartz tuning fork, we confirmed normal operation and successfully observed a temperature dependence of a viscosity of the liquid and a superfluid phase transition.</p>
Notes	
Genre	Research Paper
URL	<a href="https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=2018000006-20180412">https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=2018000006-20180412</a>

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

研究代表者	所属	理工学部	職名	助教	補助額	1,988 千円
	氏名	永合 祐輔	氏名（英語）	Yusuke Nago		
研究課題（日本語）						
ナノワイヤーを用いた超流動・超伝導における量子現象の解明						
研究課題（英訳）						
Elucidation of Quantum Phenomena in Superfluid/Superconductor using Nanowire						
研究組織						
氏名 Name		所属・学科・職名 Affiliation, department, and position				
永合祐輔 (Yusuke Nago)		理工学部・物理学科・助教				
牧英之 (Hideyuki Maki)		理工学部・物理情報工学科・准教授				
1. 研究成果実績の概要						
<p>架橋カーボンナノチューブ上に NbN 超伝導体を形成して超伝導ナノワイヤーを作製し、極低温での電気特性評価を行った。その結果、熱位相スリップが明瞭に観測可能な超伝導ナノワイヤー作成に成功した。また、この超伝導ナノワイヤーに対して、マイクロ波照射下での電圧-電流測定を行ったところ、低パワー下では、揺らぎを含む位相スリップの観測や、臨界電流のヒステリシスが観測された。一方、高パワー下では、ある閾値以上のパワーで臨界電流のヒステリシスが突然消滅する相転移が観測された。さらに位相スリップを含む電圧ステップの位置をマイクロ波パワーで制御できることが明らかになり、マイクロ波による位相スリップ中心の個別制御も可能であることが明らかとなった。以上の結果は、一つ一つの位相スリップ中心の発生や個数をマイクロ波照射によって電氣的に制御できることを示しており、新しい位相スリップ制御法となることを示した。</p> <p>また、超流動ヘリウム中での超伝導ナノワイヤーの機械共振テストを行うため、冷凍機および配線回路の準備を行った。真鍮製のハーメチックコネクタ付フィードスルーを作製し、冷凍機内に同軸配線を増築した。また、超伝導細線振動子と音叉型水晶振動子を準備した。これらの振動子は、液体ヘリウム液面計として用い、さらに配線回路や印加磁場中の動作チェックとして用いる。また、水晶振動子で量子渦を生成し、ナノワイヤー共振器で検出する実験を想定し、ナノワイヤー基板と各振動装置の間隔を微調整して配置した。試料セルを冷凍機で温度 1.3K まで冷却し、真空中および液体ヘリウム中で各振動装置の動作テストを行った。ナノワイヤー共振器については、磁場の有無で信号の相違を観測したが、現在のところ機械共振信号の確証までは至っていない。超伝導細線振動子と音叉型水晶振動子においては正常動作確認し、液体の粘性抵抗の温度依存性および超流動転移の観測に成功した。</p>						
2. 研究成果実績の概要（英訳）						
<p>We fabricated an NbN superconducting nanowire on a carbon nanotube and measured its electrical properties at low temperatures. As a result, the nanowire clearly observable for thermal phase slip was successfully realized. We also performed voltage-current measurements under microwave irradiation and found a phase slip along with its fluctuation and a hysteresis of a critical current at a low microwave power range. On the other hand, at a high microwave power range, we observed a transition at the threshold power where the hysteretic behavior suddenly ceases. This experiment enabled to control voltage steps with phase slips by a micro-wave power and each phase-ship center by microwave irradiation. The present results exhibit a feasibility of an electrical control of occurrence and a number of phase-ship centers by microwave irradiation. It would be a new method to control a phase slip.</p> <p>We prepared a cryostat and lead circuits for a mechanical resonance test of a superconducting nanowire in superfluid helium. We manufactured feedthroughs with brass-made hermetic connectors and added coaxial wiring in the cryostat. We also prepared a superconducting vibrating wire and a quartz tuning fork. These mechanical resonators will be utilized for a helium liquid level meter and an operation check of the circuits and oscillation in a magnetic field. On top of that, the resonators and the nanowire substrate were arranged with each other with a well-tuned spacing, on a conception of an experiment that a nanowire detects quantized vortices generated by a quartz tuning fork. A sample cell was cooled down to 1.3 K with a cryostat and an operation test of each resonator was performed in a vacuum and helium liquid. As for the nanowire, we observed a difference of signals between presence and absence of a magnetic field; yet we did not obtain any conclusive evidences for mechanical resonance of the nanowire for the time being. As for the superconducting vibrating wire and the quartz tuning fork, we confirmed normal operation and successfully observed a temperature dependence of a viscosity of the liquid and a superfluid phase transition.</p>						
3. 本研究課題に関する発表						
発表者氏名 (著者・講演者)	発表課題名 (著書名・演題)	発表学術誌名 (著書発行所・講演学会)	学術誌発行年月 (著書発行年月・講演年月)			
Yusuke Nago	Nanomechanical Wire Resonator for Probing Quantum Vortex in Superfluid He	The International Symposium on Quantum Fluids and Solids (QFS2018)	2018年7月28日-31日			
牧 英之	ナノカーボン材料を用いたチップ上光電子デバイス開発	第 421 回光産業技術マンスリーセミナー	2018年6月19日			
牧 英之	光通信に向けたナノカーボン光・電子デバイス開発	超高速エレクトロニクス(UFO)研究会 第5回研究会	2018年6月22日			
Hideyuki Maki	Nanocarbon-based optoelectronic devices	JSPS-DFG Bilateral Meeting on Carbon Nanotube Optics and Nanospectroscopy	2018年7月8日			

Kato, Kota; Takagi, Tasuku; Masuda, Kohei; Moriyama, Satoshi; Morita, Yoshifumi; Tanabe, Takasumi; Maki, Hideyuki,	Anti-proximity effect in superconducting NbN nanowires based on suspended carbon nanotubes	20th International Conference on the Science and application of Nanotubes and low-dimensional materials (NT18)	2018年7月20日
K Yamada, M Yamada, H Maki and K M Itoh	Fabrication of arrays of tapered silicon micro-/nano-pillars by metal-assisted chemical etching and anisotropic wet etching	Nanotechnology Vol. 29(28), 28LT01(9 pages)	2018年5月11日
Hongyu An, Satoshi Haku, Yusuke Kanno, Hiroyasu Nakayama, Hideyuki Maki, Ji Shi, and Kazuya Ando	Manipulation of spin-torque generation using ultrathin Au	Phys. Rev. Applied, Vol. 9, 064016, (7 pages)	2018年6月12日
Tsutaru Kumagai, Naoya Hirota, Katsuya Sato, Koki Namiki, Hideyuki Maki, and Takasumi Tanabe	Saturable absorption by carbon nanotubes on silica microtoroids	Journal of Applied Physics, Vol. 123, 233104, (6 pages)	2018年6月15日