

Formulár ZK - Záverečná karta projektu

Riešiteľ: Doc. Miroslav Grajcar	Evidenčné číslo projektu: APVV-0432-07
Názov projektu: Makroskopické kvantové javy a detektory	

Na ktorých pracoviskách bol projekt riešený:	Fakulta matematiky, fyziky a informatiky, Univerzita Komenského
	Ústav experimentálnej fyziky, SAV
Ktoré zahraničné pracoviská spolupracovali pri riešení (názov, štát):	IPHT Jena, Nemecko
	UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ, Finland
	Lancaster University, Lancaster, UK

Udelené patenty alebo podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory vychádzajúce z výsledkov projektu:	
Publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu (uvedte i publikácie prijaté do tlače): <i>Uvádzajte maximálne päť najvýznamnejších publikácií.</i>	M. Grajcar et al., „Sisyphus cooling and amplification by a superconducting qubit“ Nature Physics 4, 612-616 (2008).
	A. Izmailkov et al., Consistency of Ground State and Spectroscopic Measurements on Flux Qubits, Phys. Rev. Lett. 101, 017003-4 (2008).
	D. I. Bradley, et al., Magnetic Phase Transition in a Nanonetwork of Solid ³ He in Aerogel, Phys. Rev. Lett. 105, 125303 (2010).
	G. Oelsner et al., Weak continuous monitoring of a flux qubit using coplanar waveguide resonator, Phys. Rev. B 81, 172505 (2010).
	M. Človečko, E. Gažo, M. Kupka, M. Skyba, P. Skyba, High quality tuning forks in superfluid ³ He-B below 200 uK, JLTP 162 669 (2011).
V čom vidíte uplatnenie výsledkov projektu:	<p>Výsledky projektu nám otvárajú možnosti pri skúmaní kvantovej elektrodynamiky na čípe a pri vytváraní kvantových „optických“ hradiel. Vybudovaná infraštruktúra a mikrovlnná aparátúra, financovaná z projektov APVV, ako aj získané výsledky nám umožnili sa zapojiť do 7. výskumného rámcového programu EU ako plnohodnotný partner. Boli nám schválené dva EU projekty:</p> <p>1) Collaborative Project iQIT- Integrated Quantum Information Technology, Grant Agreement Number 270843, 2) FP7-NMP-2011-EU-Japan “Establishing the basic science and technology for Iron-based superconducting electronics applications”, Proposal No: 283141 IRON-SEA CP-FP, a Košické pracovisko je partnerom a spoluriešiteľom už bežiaceho projektu 7 RP EÚ Microkelvin (www.microkelvin.eu).</p>

Charakteristika výsledkov

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu (max. 20 riadkov) - slovensky:

Cieľom projektu bolo študovanie makroskopických kvantových javov v supravodivých nanoštruktúrach. Vedecké ciele boli vytýčené v troch rovinách, technologickej, experimentálnej a teoretickej. V experimente sme sa sústredili na vybudovanie experimentálnej aparatury na meranie supravodivých kvantových štruktúr v mikrovlnnej oblasti 2-8 GHz v milikelvinových teplotách. Boli navrhnuté a skonštruované ultra nízkošumové kryogénne zosilňovače, ktoré boli inštalované nielen na našom pracovisku, ale aj na partnerských pracoviskách v Košiciach a v Nemecku. V spolupráci s IPHT v Nemecku sme vykonali sériu úspešných experimentov, kde sme demonštrovali kvantovú elektrodynamiku na čipe, keď sme naviazali jeden umelý atóm (supravodivý qubit) na supravodivý rezonátor v klasickom, ako aj v kvantovom režime. Ukázali sme, že takýto umelý systém sa správa podľa jednoduchého modelu kvantovej elektrodynamiky. Ukázali, že supravodivý qubit môže byť použitý ako umelý atóm, ktorý umožňuje odoberať resp. pumpovať energiu koherentne do lineárneho oscilátora pomocou tzv. Sisyfovho mechanizmu. Zrealizovali sme experiment, pri ktorom sme pozorovali tzv. anti-crossing energetických hladín systému rezonátor-qubit a inverziu stavov, ktorá môže viesť k lasingu, t.j. k vytvoreniu „jednoatómového lasera“ na báze supravodivých qubitov. V technológii sa nám podarilo pripraviť supravodivé mikrovlnné rezonátory s rezonančnou frekvenciou 2.5 GHz, ktorý sme naviazali na supravodivý qubit s nanodrôtikmi. Supratekuté $^3\text{He-B}$ bolo študované ako B-E kondenzát magnónov, pričom sme ukázali, že vonkajšie rf budiace pole narušuje jeho symetriu, ktorá vedie k vzniku energetickej medzery v spektre jeho excitácií. Vypracovali sme teoretický model kolektívnych excitácií. Študovali sme procesy magnetickej relaxácie vedúce k dekoherencii kondenzátu magnónov.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu (max. 20 riadkov) - anglicky:

The aim of the project was a study of macroscopic quantum phenomena in superconducting nanostructures. Scientific tasks were set in three directions - technological, experimental and theoretical. In experiment, we have built up a new experimental apparatus for measurement of superconducting quantum structures in microwave frequency range and at millikelvin temperatures. We have designed and constructed ultra-low-noise cryogenic amplifiers, which were installed in our and partners' labs. In collaboration with IPHT Jena we have carried out several successful experiments demonstrating quantum electrodynamics on the chip. Namely, we have shown that superconducting qubit can play a role of an artificial atom, which enables Sisyphus damping and amplification of a linear oscillator. Sisyphus mechanism can be also used as a spectroscopic measurement method of superconducting qubits. We have also observed energy levels anti-crossing and a population inversion of a superconducting qubit-resonator system, which can lead to a lasing. Such system can be used as one-atom laser. These experiments present significant step towards quantum optics with superconducting artificial atoms, quantum electrodynamics on a chip and quantum optical gates. In technology, we have prepared various (MoC, MoGe, TiN) superconducting microwave resonators with resonant frequency 2.5 GHz, which were coupled to superconducting qubits with nanowires. Superfluid $^3\text{He-B}$ was investigated in a form of B-E condensate of magnons. We have shown that rf excitation field violates its symmetry due to which an energy gap acquires in spectrum of collective excitations. A complex theoretical model has been elaborated. Also processes of magnetic relaxation were studied causing decoherence of the magnon condensate.

Podpisom záverečnej karty riešiteľ vyjadruje svoj súhlas so zverejnením údajov v nej uvedených.

Podpis zodp. riešiteľa:

Dátum:

Podpis štatutárneho zástupcu:

Pečiatka: