



Záverečná karta projektu

Názov projektu

Evidenčné číslo projektu

APVV-19-0303

Dlhodosahový jav blízkosti v supravodič/feromagnet heteroštruktúrach

Zodpovedný riešiteľ **doc. Ing. Maroš Gregor, PhD.**

Príjemca

Univerzita Komenského v Bratislave - Fakulta matematiky, fyziky a informatiky

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

1. Univerzita Komenského v Bratislave, Fakulta Matematiky, Fyziky a Informatiky.
2. Slovenská Akadémia Vied, Elektrotechnický ústav.

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

1. Poľská akadémia vied, Varšava, Poľsko

Udelené patenty/podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory, ktoré sú výsledkami projektu

Projekt mal charakter základného výskumu.

Najvýznamnejšie publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu – uveďte aj publikácie prijaté do tlače

1. Belogolovskii, M., Poláčková, M., Zhitlukhina, E., Grančič, B., Satrapinskyy, L., Gregor, M., Plecenik, T., Competing length scales and 2D versus 3D dimensionality in relatively thick superconducting NbN films (2023) Scientific Reports, 13 (1), art. no. 19450, .
2. Zhitlukhina, E., Poláčková, M., Volkov, S., Grančič, B., Gregor, M., Plecenik, T., Belogolovskii, M., Seidel, P., Plecenik, A., Critical current enhancement in a superconducting nanolayer proximitized to a weak-ferromagnetic film (2023) Applied Nanoscience (Switzerland), 13 (7), pp. 4771-4777.
3. Poláčková, M., Zhitlukhina, E., Belogolovskii, M., Gregor, M., Plecenik, T., Seidel, P., Probing superconducting granularity using nonlocal four-probe measurements (2023) European Physical Journal Plus, 138 (6), art. no. 486, .
4. Poláčková, M., Roch, T., Gregor, M., Enhancement of critical current density in superconductor - Ferromagnet multilayers (2023) AIP Conference Proceedings, 2778, art. no. 030008, .
5. Tarenkov, V., Shapovalov, A., Shamaev, V., Poláčková, M., Zhitlukhina, E., Belogolovskii, M., Gregor, M., Plecenik, T., Point-Contact Spectroscopy of Thin Superconducting NbN Films [Точково-контактна спектроскопія тонких надпровідних NbN плівок] (2023) Journal of Nano- and Electronic Physics, 15 (5), art. no. 05001, .
6. Volkov, S., Gregor, M., Plecenik, T., Zhitlukhina, E., Belogolovskii, M., Plecenik, A., Above-gap differential conductance dips in superconducting point contacts (2022) Applied Nanoscience (Switzerland), 12 (3), pp. 761-768.
7. Roch, T., Gregor, M., Volkov, S., Čaplovíčová, M., Satrapinskyy, L., Plecenik,

A., Substrate dependent epitaxy of superconducting niobium nitride thin films grown by pulsed laser deposition (2021) Applied Surface Science, 551, art. no. 149333, .
8. Talacko, M., Chromik, Š., Španková, M., Štrbík, V., Gál, N., Mičušík, M., Camerlingo, C., Jung, G., Aging of electron-written YBCO superconducting thin film structures (2021) Journal of Materials Science: Materials in Electronics, 32 (24), pp. 28687-28694.

Uplatnenie výsledkov projektu

Výsledky projektu nájdú uplatnenie v základnom výskume supravodivých proximitných javov a heteroštruktúr supravodič - feromagnet a majú potenciál využitia v spintrionike, napríklad pri generácii spin-polarizovaného prúdu.

Poznatky dosiahnuté počas riešenia projektu budú uplatnené aj v základoch teórie merania proximitných javov pomocou hrotovej kontaktnej spektroskopie.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v slovenskom jazyku (max. 20 riadkov)

Vzhľadom na stanovené ciele projektu sme zoptimalizovali prípravu supravodivých NbN, feromagnetických Ni, Co, NiCu vrstiev a vytvárali sme heteroštruktúry supravodič-feromagnet (S/F) ako aj supravodič-feromagnet-supravodič (S/F/S). Na týchto heteroštruktúrach sme študovali proximitné javy meraním Andrejovskej reflexie pomocou hrotovej kontaktnej spektroskopie. Hrotový kontakt sme vytvárali pomocou odporového prepínania v TiO₂ dielektrickej vrstve nanesej na S/F štruktúre. Elektrickým prierazom sme vyformovali vodivý filament (bodový kontakt) nanometrových rozmerov, čím sme dosahovali balistický transport. Na takto pripravenom kontakte sme boli schopný merať R-T, ako dI/dV (Andrejovské reflexie) charakteristiky aj cez niekoľko desiatok hrubú NiCu ako aj Ni vrstvu, čím sme ukázali proximitnú supravodivosť v slabom ako aj silnom feromagnete. Zaznamenali aj rôzne anomálie ako napr. výraznú jamu v diferenciálnej vodivosti, ktorú sme vysvetlili pomocou veľkej bariéry medzi vlastným supravodičom NbN a indukovanou supravodivosťou vo feromagnete, ako aj neobvyklé zvýšenie vodivosti (zero bias anomaly) ktoré sme sa snažili teoreticky popísať. Na dvojvrstvách S/F sme tiež skúmali nový spôsob manipulácie vírov v nanometrových tenkých supravodivých vrstvách typu II (NbN), ktorý hrá podstatnú úlohu pri zvyšovaní transportných charakteristík supravodivých zariadení. Následne sme pripravili planárne štruktúry S/F/S pre štúdium proximitného javu meraním transportných charakteristík v magnetickom poli. Ukazuje sa, že NbN/NiCu/NbN ako aj NbN/Ni/NbN spoj, kde hrúbka feromagnetu bola 50, resp. 20 nm v tesnej blízkosti dvoch supravodičov vykazuje proximitnú supravodivosť na pomerne dlhú vzdialenosť.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v anglickom jazyku (max. 20 riadkov)

Considering the set goals of the project, we optimized the preparation of superconducting NbN, ferromagnetic Ni, Co, NiCu layers and created superconductor-ferromagnet (S/F) and superconductor-ferromagnet-superconductor (S/F/S) heterostructures. We studied proximity phenomena on these heterostructures by measuring Andreev reflection using point contact spectroscopy. We created the point contact using resistive switching in the TiO₂ dielectric layer deposited on the S/F structure. By electrical breakdown, we formed a conductive filament (point contact) of nanometer dimensions, which achieved ballistic transport. We were able to measure the R-T and dI/dV (Andreev reflections) characteristics on the contact prepared in this way even through several tens of NiCu and Ni layers, thus showing proximity superconductivity in both weak and strong ferromagnets.

They also recorded various anomalies such as a significant dip in the differential conductivity, which we explained using a large barrier between the intrinsic superconductor NbN and the induced superconductivity in the ferromagnet, as well as an unusual increase in conductivity (zero bias anomaly) that we tried to describe theoretically. On S/F bilayers, we also investigated a new way of manipulating vortices in nanometer-thin type II (NbN) superconducting layers, which plays an essential role in enhancing the transport characteristics of superconducting devices. Subsequently, we prepared planar S/F/S structures for the study of the proximity phenomenon by measuring the transport characteristics in the magnetic field. It turns out that NbN/NiCu/NbN as well as NbN/Ni/NbN joint, where the thickness of the ferromagnet was 50, resp. 20 nm in close proximity of two superconductors shows proximity superconductivity over a relatively long distance.

