

## Záverečná karta projektu

Názov projektu Evidenčné číslo projektu **APVV-16-0372**

**Kvantové technológie. materiály a zariadenia**

Zodpovedný riešiteľ **prof. Miroslav Grajcar, DrSc.**

Príjemca **Univerzita Komenského v Bratislave - Fakulta matematiky, fyziky a informatiky**

### Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Univerzita Komenského v Bratislave - Fakulta matematiky, fyziky a informatiky  
Ústav experimentálnej fyziky SAV

### Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

Leibniz Institute of Photonic Technology Jena, Nemecko

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

Žiadne.

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

1. B. Michon a kol., Thermodynamic signatures of quantum criticality in cuprate superconductors, NATURE 567, 218 (2019)
2. J. Kačmarčík a kol., Unusual Interplay between Superconductivity and Field-Induced Charge Order in YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>y</sub>, Phys. Rev. Lett. 121, 167002 (2018)
3. M. Človečko a kol., Magnonic Analog of Black- and White-Hole Horizons in Superfluid He-3-B, Phys. Rev. Lett. 123, 161302 (2019)
4. M. Človečko a kol., Quartz tuning fork-A potential low temperature thermometer in high magnetic fields, Appl. Phys. Lett. 115, 193507 (2019)
5. P. Neillinger a kol., Observation of quantum corrections to conductivity up to optical frequencies, Phys. Rev. B: Rapid Comm. 100, 241106 (2019)
6. A. Pavlinkas a kol., Novel graphene/Sn and graphene/SnO<sub>x</sub> hybrid nanostructures: Induced superconductivity and band gaps revealed by scanning probe measurements, Carbon 124, 611 (2017)

### Uplatnenie výsledkov projektu

Výsledky projektu nájdu uplatnenie v základnom výskume supravodičov a topologických materiálov, v kvantových technológiách (supravodivé parametrické zosilňovače), a pri realizácii kvantovej kryptografie (jednofotónové detektory).

### Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v slovenskom jazyku

**(max. 20 riadkov)**

1. Zvládnutá technológia prípravy MoC a NbN tenkých vrstiev, ktorá umožňuje ich využitie ako filtre a jednofotónové detektory.
2. Realizácia parametrických zosilňovačov na báze supravodivých tenkých vrstiev NbN a na báze Nb-Al-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Al-Nb Josephsonových spojov.
3. Realizácia funkčného parametrického zosilňovača pozostávajúceho z 10 000 Nb-Al-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Al-Nb Josephsonových spojov so zosilnením 10 dB.
4. Informácie o vplyve kvantových korekcií na komplexnú vodivosť neusporiadaných tenkých vrstiev.
5. Vyvinutie jednoduchšej metódy na extrapoláciu komplexnej vodivosti meranej v úzkom intervale frekvencií (viditeľné svetlo) spektroskopickou elipsometriou.
6. Charakterizácia piezorezonátorov vo veľmi nízkych teplotách s cieľom ich použitia ako časových etalónov a teplomerov pre veľmi nízke teploty vo vysokých magnetických poliach.
7. Jav parametrických oscilácií piezorezonátor na báze SiO<sub>2</sub> v silných magnetických poliach.
8. Informácie o dopovaní grafénu a indukovanej supravodivosti v ňom, ktorá vykazuje kvantový rozmerový efekt.
9. Informácie o vplyve vysokého tlaku do 24 kbarov v potenciálnom topologickom supravodiči beta-Bi<sub>2</sub>Pd na kritickú teplotu a horné kritické magnetické pole ako aj o vplyve elektrónovo-fonónovej a elektrónovo-elektrónovej interakcie na párovací mechanizmus supravodivosti.
10. Informácie o nezvyčajnom vzájomnom pôsobení dvoch kvantovomechanických usporiadaní v poddopovanom YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>y</sub> – supravodivosti a poľom indukovaného nábojového usporiadania.
11. Prelomové zistenie, že fáza pseudomedzery kuprátov sa končí v kvantovom kritickom bode a s tým spojené fluktuácie sú pravdepodobne zapojené do d-vlnového párovania a anomálneho rozptylu nosičov náboja.
12. Vývoj bezmaskového (projekčného) litografického systému zloženého z DLP projektorového modulu, mikroskopu a submikrometrického posuvného mechanizmu.

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

1. Development of technology of MoC and NbN thin film preparation that allows for their use as microwave and optical filters as well as single-photon detectors.
2. Implementation of traveling wave parametric amplifiers based on superconducting NbN thin films, as well as Nb-Al-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Al-Nb Josephson junctions.
3. Implementation of fully functional traveling waves parametric amplifier with 10 000 Josephson junctions with 10 dB gain.
4. Information on the effect of quantum corrections on the complex conductivity of disordered thin films.
5. Development of a simple numeric method for the extrapolation of complex conductivity measured in narrow frequency range (visible light) by spectroscopic ellipsometry.
6. Characterization of piezoresonators at ultra-low temperatures for their use as time standards and thermometers at low temperatures in high magnetic fields.
7. The phenomenon of parametric oscillations of quartz piezoresonator in high magnetic fields.
8. Information on graphene doping and quantum size effect of induced superconductivity.
9. Information on the effects of high pressure in topological superconductor beta-Bi<sub>2</sub>Pd on critical temperature and upper critical magnetic field as well as on the influence of electron-phonon and electron-electron interaction on the superconducting pairing mechanism.
10. Information on the unusual interplay between superconductivity and field-induced charge order in underdoped YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>y</sub>.
11. Break-through finding - the pseudogap phase of cuprates ends at a quantum critical point, the associated fluctuations of which are probably involved in d-wave pairing and the anomalous scattering of charge carriers.
12. Development of maskless lithography system based on a DLP projector, a commercial microscope and submicron positioners.