

## Záverečná karta projektu

Názov projektu Evidenčné číslo projektu **APVV–0036–11**

**Progresívne materiály s konkurenčnými parametrami usporiadania**

Zodpovedný riešiteľ **Prof. RNDr.Peter Samuely, DrSc.**

Príjemca **Ústav experimentálnej fyziky SAV**

### Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

1. Ústav experimentálnej fyziky SAV Košice
2. Univerzita P. J. Šafárika, Prírodovedecká fakulta, Ústav fyzikálnych vied
3. Elektrotechnický ústav SAV Bratislava
- 4.
- 5.

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

1. Drexel University, Philadelphia, USA
2. Université Grenoble Alpes, Institut NEEL CNRS, Grenoble, Francúzsko
3. Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, Španielsko

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

- 1.
- 2.
- 3.

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

1. T. Samuely, P. Szabó, Z. Pribulová, N. H. Sung, B. K. Cho, T. Klein, V. Cambel, J.G.Rodrigo, and P. Samuely: Type II superconductivity in SrPd<sub>2</sub>Ge<sub>2</sub>, Supercond. Sci. Technol. 26 (2013) 015010.
2. M. Timmermans, T. Samuely, B. Raes, J. Van de Vondel, V. V. Moshchalkov: Dynamic Visualization of Nanoscale Vortex Orbits, ACS Nano 8 (2014), 2782.
3. S. Gabáni, I. Takáčová, G. Pristaš, E. Gažo, K. Flachbart, T. Mori, D. Braithwaite, M.Míšek, K. Kamenev, M. Hanfland, and P. Samuely: High pressure effect on superconductivity of YB<sub>6</sub>, Phys. Rev. B 90 (2014), 045136.
4. P. Husaniková, J. Fedor, J. Dérer, J. Šoltýs, V. Cambel, M. Iavarone, S. J. May, and G. Karapetrov: Magnetization Properties and Vortex Phase Diagram in CuxTiSe<sub>2</sub> Single

Crystals, Phys. Rev. B 88 (2013) 174501.

5. J. Kačmarčík, Z. Pribulová, P. Szabó, V. Paľuchová, P. Husaníková, G. Karapetrov, and P. Samuely, Heat capacity of single-crystal  $\text{CuTiSe}_2$  superconductors, Phys. Rev. B 88 (2013), 020508 (R).

### **Uplatnenie výsledkov projektu**

Projekt prispel ku základnému poznaniu v aktuálnej oblasti fyziky tuhých látok. Kvantové materiály s konkurenčnými usporiadaniami a súčiastky z nich pripravené majú veľký aplikačný potenciál. Na základe získaných výsledkov sme dostali celý rad pozvaní na konferencie a návrhy na spoluprácu s významnými európskymi laboratóriami.

### **CHARAKTERISTIKA VÝSLEDKOV**

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

V rámci projektu sme sa venovali trom triedam supravodivých materiálov, kde hrajú konkurenčné parametre usporiadania významnú rolu. Išlo o železné pniktidy a im podobné systémy s konkurenčným usporiadaním vln spinovej hustoty, supravodiče na báze kovalentných kovov v blízkosti izolačného stavu a dichalkogenidy prechodových kovov s vlnami nábojovej hustoty.

Zistili sme, že materiály, ktoré sú izoštruktúrne s pniktidmi typu 122 majú diametrálne odlišné vlastnosti, ktoré sme podrobne popísali. Hlavný záver je, že za nekonvenčnú supravodivosť pniktidov zodpovedá ich špecifická elektrónová štruktúra s vlnami, resp. fluktuáciami spinovej hustoty.

Preskúmali sme niekoľko typov supravodičov v blízkosti prechodu do ďalšieho základného stavu - izolant. V kremíku a diamante sa prechod uskutočňuje dopovaním. Získali sme charakteristiky prechodu. V hexaboridoch sme preskúmali potláčanie supravodivosti prostredníctvom extrémne vysokých tlakov až do 32 GPa. Podrobne sme začali študovať prípad prechodu do izolačného stavu pomocou zvyšovania neusporiadanosti v dôsledku stenčovania supravodivého filmu až do niekoľkých nanometrov. V MoC sa takýto prechod deje fermiónovou cestou, zatiaľčo v diamante pravdepodobne bozónovým mechanizmom.

V med'ou dopovanom  $\text{TiSe}_2$  sme zistili, že kvantový kritický bod, v ktorom zaniká usporiadanie vln nábojovej hustoty CDW, je pri vyšších koncentráciách Cu ako sa predpokladalo. CDW neindukuje nekonvenčnú supravodivosť, ktorá má s-vlnový charakter. Prítomnosť chirálneho CDW však ovplyvňuje iné netriviálne vlastnosti, napr. lockin efekt a povrchovú supravodivosť.

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

Within the project we have studied three classes of superconducting materials each competing with another specific order. We have addressed the iron pnictides and similar systems with spin density waves/SDW, covalent superconductors close to the insulating state and transition metal dichalcogenides competing with charge density waves.

We have found that materials which are isostructural with the 122 family of pnictides reveal completely different superconducting and other properties which we have described in detail. Our conclusion is that non conventional superconducting properties of pnictides reflect their specific electronic structure with SDW.

We have addressed several types of superconductors close to insulating state. In silicon and diamond a transition between insulating and superconducting state is controlled by doping. The characteristics of doping have been obtained. In hexaborides the suppression of superconductivity is achieved by application of extreme pressure and we studied its effect up to 32 GPa. We have started detailed investigations of the superconductor-insulator transition due to increasing disorder upon decreasing the film thickness down to nm. We have obtained evidence that in MoC such a transition follows the fermionic scenario while in diamond the

bosonic one.

In copper doped  $\text{TiSe}_2$  the experiments indicate that the quantum critical point is located at higher doping than originally expected. Presence of CDW does not induce a nonconventional superconductivity which has a standard s-wave character but the chiral CDW affects other non trivial properties as the lockin effect and the surface superconductivity.

Svojím podpisom potvrdzujem, že údaje uvedené v záverečnej karte sú pravdivé a úplné a súhlasím s ich zverejnením.

**Zodpovedný riešiteľ**

Prof. RNDr. Peter Samuely, DrSc.

V Košiciach 27.01.2016

**Štatutárny zástupca príjemcu**

Doc. RNDr. Peter Kopčanský, CSc.

V Košiciach 27.01.2016

.....  
podpis zodpovedného riešiteľa

.....  
podpis štatutárneho zástupcu príjemcu