

Formulár ZK - Záverečná karta projektu

Riešiteľ: Ing. Pavol Kováč , DrSc.	Evidenčné číslo projektu: APVT-51-029902
Názov projektu: KOMPOZITNÉ SUPRAVODIČ E PRE ZARIADENIA BEZ CHLADIACICH KVAPALÍN	

Na ktorých pracoviskách bol projekt riešený:	Elektrotechnický ústav Slovenskej akadémie vied, Dúbravská cesta 9, 841 04 Bratislava
Ktoré zahraničné pracoviská spolupracovali pri riešení (názov, štát):	Materials Department of Oxford University, Oxford, Anglicko
	Twente University, Enschede, Holandsko , Tampere University, Fínsko
	High Pressure Research Center, PAS, Polsko

Udelené patenty alebo podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory vychádzajúce z výsledkov projektu:	
Publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu (uveďte i publikácie prijaté do tlače alebo pripravované):	<p>P. Kováč, I. Hušek, T. Melišek, C. R. M. Grovenor, S. Haigh and H. Jones: Improvement of current carrying capacity of <i>ex-situ</i> made MgB₂/Fe wires by metallic powders additions, <i>Superconductor Science and Technology</i> 17 (2004) 1225</p> <p>P. Kováč, I. Hušek, T. Melišek, and V. Štrbík: Basic properties of rectangular <i>in-situ</i> made MgB₂/FeNiCo and MgB₂/Fe wires, <i>Superconductor Science and Technology</i> 18 (2005) 856-860</p>
<i>Uvádzajte maximálne päť najvýznamnejších publikácií.</i>	<p>P. Kováč, T. Melišek and I. Hušek: <i>I_c</i> anisotropy of <i>in-situ</i> made MgB₂ tapes, <i>Superconductor Science and Technology</i> 18 (2005) L45-L48</p> <p>L. Kopera, P. Kováč and T. Melišek: Compact design of cryogen-free HTS magnet for laboratory use, <i>IEEE Trans. on Appl. Superconductivity</i>, Vol. 16, No. 2, June 2006, 1415</p> <p>P. Kováč, I. Hušek, T. Melišek, E. Martinez and M. Dhallè: Properties of doped <i>ex</i> and <i>in situ</i> MgB₂ multi-filament superconductors, <i>Superconductor Science and Technology</i> 19 (2006) 1076-1082</p>
V čom vidíte uplatnenie výsledkov tohto projektu:	Vo vývoji MgB ₂ kompozitných drôtov pre supravodivé vinutia a v použití supravodivých vinutí chladených kryochladičmi.

Podpisom záverečnej karty riešiteľ vyjadruje svoj súhlas ku zverejneniu údajov v nej uvedených.

Podpis riešiteľa:

Dátum:

Charakteristika výsledkov

Evidenčné číslo: APVT-51-029902

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

Cieľom projektu bol vyvoj kompozitných MgB_2 a Bi-2223 supravodičov použiteľných pre vinutia s pracovnou teplotou v oblasti 15-40K.

Podarilo sa nám vyriešiť veľa základných problémov spojených s novým MgB_2 materiálom vo forme drôtov a pásov pomocou dvoch metodík nazývaných PIT (powder-in-tube) *ex-situ* a *in-situ* postup. Experimentálne sme odskúšali vybrané kovové materiály pri priamom styku s MgB_2 alebo Mg + B vláknami (Fe, zliatiny Fe, Cu, Ni, Nb, Ta, Ti, ...). Najperspektívnejšie z hľadiska chemickej reakcie a aj dobrej elektrickej a tepelnej vodivosti sa ukázali Nb, Ta a Ti, ktorých použitie však zvyšuje cenu kompozitného drôtu oproti lacnému Fe, ktoré silne reaguje s MgB_2 vláknami a je tiež odporové a magnetické, čo značne komplikuje jeho využitie v supravodivom vinutí. Pomocou prísad mikro metrových kovových častíc (W, Hf, Ti,..) sa podarilo zvýšiť transportné prúdy v *ex-situ* drôtoch a pridaním nanorozmerových uhlikatých prísad (SiC, C, uhlikove nano-tuby) sme výrazne zvýšili horné kritické magnetické pole, čo viedlo k 1-2 rádomu zvýšeniu prúdových hustôt v magnetickom poli s indukciou 10T. Ukázali sme, že uhlikaté prísady sa počas konečného žihania rozkladajú a dochádza k substitúcii bóru v MgB_2 mriežke uhlíkom. Detailne sme študovali anizotropiu kritických prúdov v plochých MgB_2 vláknach spôsobenú textúrou zavedenou válcovaním. Ukázalo sa, že textúra MgB_2 závisí od tvárnenia ako aj použitého obalu (mechanickej pevnosti a hladkosti rozhrania). Zvyšovanie horného kritického poľa (dopovaním) vedie k zníženiu anizotropie a zvyšovanie pracovnej teploty (medzi 4.2K a 22K) k jej exponenciálnemu vzrastu, čo má veľký vplyv na celkový prúd supravodivého vinutia.

Navinuli sme supravodivý magnet z Bi-2223/Ag pásky, ktorý bol detailne testovaný v podmienkach chladenia tekutými plynmi (N_2 a He) a tiež pri chladení jednostupňovým kryochladičom (15-20K). Dobrá tepelná stabilita a vysoké prúdové hustoty umožnili generovať j.s. magnetické pole 1,7-3T pri teplote 15K (chladení kryochladičom). Tieto sľubné výsledky budú využité aj pre budúce supravodivé vinutia s MgB_2 .

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

The aim of this project was the development of MgB_2 and Bi-2223 composite superconductors applicable for windings working at temperatures 15 – 40K.

Large number of basic problems connected to MgB_2 wires and tapes prepared by two PIT (powder-in-tube) *ex-situ* a *in-situ* processes have been solved. Experimental tests of variable metallic materials (Fe, Fe-alloys, Cu, Ni, Nb, Ta, Ti, ...) in a direct contact with MgB_2 or Mg + B filaments have been done. The most proper inert metals having sufficient thermal and electrical conductivity are Nb, Ta and Ti, which are more expensive in comparison to Fe, but Fe is chemically reacting with filaments and its resistivity and magnetic property are worsening the application in winding. Transport current density of *ex-situ* wires were improved by micron-size metallic particles addition and upper critical field was substantially increased by nano-size carbon containing particles (SiC, C, carbon nano-tubes), which allowed by 1-2 orders of magnitude higher current densities in the external magnetic field 10T. We have proved that carbon containing particles are decomposed during the final heat treatment and carbon is substituting boron in the MgB_2 cell. Detailed studies of critical current anisotropy of flat MgB_2 filaments have shown its origin in the texture introduced by rolling. The texture of MgB_2 is influenced by the applied deformation and sheath material (mechanical strength and interface roughness). The increase of upper critical field (by doping) leads to lowered anisotropy and higher working temperature to its exponential increase, which strongly influence the total coil current.

Superconducting magnet wound of Bi-2223/Ag tape has been done and in details tested in cooling conditions by liquid gases (N_2 and He) as well as cooled by one-stage cryocooler (15-20K). DC magnetic fields between 1,7T and 3T have been reached due to very good thermal stability and high current density. Mentioned promising results will be used also for future MgB_2 superconducting windings.

Podpis riešiteľa: