

مقاومت الکتریکی و انرژی فعال سازی در ابررسانای $\text{PrO}_{0.85}\text{FeAs}$

غلام پور، سمانه؛ قربانی، شعبان رضا؛ رشیدی، مریم

گروه فیزیک دانشگاه تربیت معلم سبزوار، بالاتر از توحید شهر، سبزوار

چکیده

سازو کار میخکوبش شار ابررسانای $\text{PrO}_{0.85}\text{FeAs}$ ساخته شده تحت فشار بالا با دمای بحرانی T_c برابر با 38.4 کلون در این مقاله بررسی می شود. وابستگی دمایی مغناطومقاومت در میدان های بالا تا 13 تسلا اندازه گیری گردید. پهن شدگی مقاومت الکتریکی در ناحیه گذار ناشی از شارش شار فعال شده بطور حرارتی است. انرژی فعال سازی U_0/k_B برای ابررسانای پایه آهن Pr برابر با 1400 درجه ی کلون است. در محدوده وسیعی از میدان های مغناطیسی انرژی فعال سازی از رابطه ی B^m تبعیت می کند. نتایج نشان می دهد که در میدان های کمتر از 2 T میخکوبی ذاتی در ابررسانای $\text{PrO}_{0.85}\text{FeAs}$ ضعیفتری از MgB_2 ولی تقریباً برابر با مقدار آن برای Bi-2212 است.

Electric resistive and activation energy in $\text{PrO}_{0.85}\text{FeAs}$

Gholampoor, S. ; Ghorbani, S. R. ; Rashidi, M.

Department of Physics, Sabzevar Tarbiyat Moallem University, Sabzevar

Abstract

The flux pinning mechanism of $\text{PrO}_{0.85}\text{FeAs}$ superconductors, which was made under high pressure, with a critical temperature, T_c , of 38.4 K have been investigated in this work. The temperature dependence of magnetoresistivity were measured in fields up to 13 T. Analysis of resistive transition broadening revealed that thermally activated flux flow is found to be responsible for the resistivity contribution in the vicinity of T_c . The activation energy U_0/k_B is 1400 K for Pr-based superconductors, in low fields and scales as B^m over a wide field range. Our results indicate that the $\text{PrO}_{0.85}\text{FeAs}$ has weaker intrinsic pinning than MgB_2 , while equal approximately to that in Bi-2212 for $H < 2$ T.

PACS No.: 74

مقدمه

جانشینی Sr به جای La، $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{OFeAs}$ انجام می گیرد. [5]
میدان بحرانی بالایی، H_{c2} ، یکی از پارامتر اساسی جهت کاربرد ابررساناهاست. میدان بحرانی بالایی بزرگتر از 65 تسلا برای $\text{LaO}_{0.9}\text{F}_{0.1}\text{FeAs}$ [7,8] و 150 در $\text{SmO}_{0.85}\text{F}_{0.1}\text{FeAs}$ [9] و بالای 80 تا 300 تسلا در نمونه ی حجمی $\text{NdO}_{0.82}\text{F}_{0.18}\text{FeAs}$ با T_c برابر 51 کلون گزارش شده است [10,11].

کشف ابررسانای پایه آهن بادمای بحرانی، T_c ، به بزرگی K 26-55 [1-9] فصل جدیدی در موضوع ابررسانا های دمای بالا باز کرد. ابررساناهای کشف شده ی جدید دارای فرمول کلی REOTmPn هستند که در آن RE عناصر خاکی نادر، Tm، فلز انتقال و Pn یکی از عناصر As یا P است. ترکیبات با $\text{Pn}=\text{As}$ ، دارای T_c بزرگتری نسبت به $\text{Pn}=\text{P}$ هستند. T_c به وسیله ی RE و آلایش الکترونی کنترل می شود. آلایش الکترونی به صورت جانشینی فلئور با اکسیژن [1] یا کمبود اکسیژن انجام می گیرد [4] در حالی که آلایش حفره ها به صورت

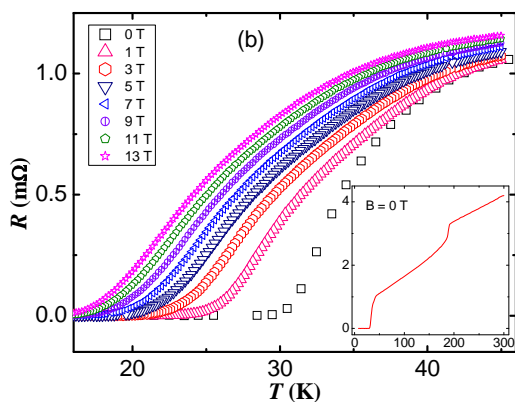
بحث و نتایج

پهن شدن گذار مقاومت در حضور میدان مغناطیسی برای ابررسانای لایه ای کوپرات و MgB_2 ناشی از اتلاف انرژی در اثر حرکت گرد شاره هاست [12,13]. مقاومت الکتریکی در ناحیه پهن شده ناشی از خزش گردشاره ها است. براساس مدل خزش شار فعال شده به طور حرارتی، وابستگی مقاومت الکتریکی به دما، $\rho(T)$ ، در حضور میدان مغناطیسی به صورت زیر است:

$$\rho(T, B) = \rho_0 \exp[-U_0/k_B T] \quad (1)$$

که در آن انرژی فعال سازی شار یا انرژی میخکوبش نامیده می شود، که می تواند از روی شیب قسمت های خطی منحنی آرنیوس بدست آید، ρ_0 یک پارامتر است و k_B ثابت بولتزمن است.

U_0 را می توان از روی منحنی $\ln \rho$ بر حسب T^{-1} در محدوده ای دمایی خطی مجاورت T_c تعیین کرد. اثر شارش شار مغناطیسی فعال شده به طور حرارتی به خوبی از روی پهن شدگی در ناحیه گذار نمایان است، که در شکل 2 نشان داده شده است.



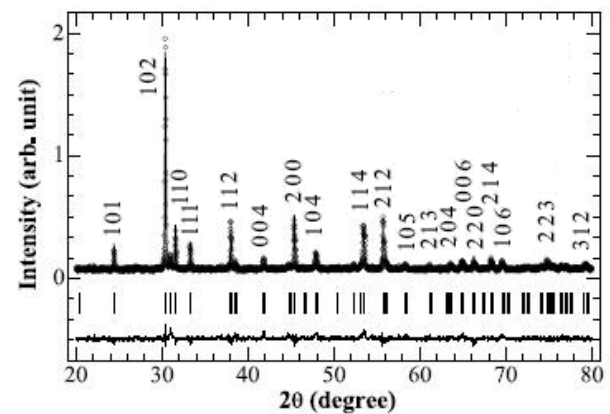
شکل 2. وابستگی دمایی مقاومت الکتریکی نمونه $PrO_{0.85}FeAs$ در میدان های مغناطیسی متفاوت. منحنی الحاقی تغییرات مقاومت الکتریکی را در میدان مغناطیسی صفر نشان می دهد.

در شکل 3 داده ها به صورت $\ln \rho$ بر حسب T^{-1} رسم شده اند. همان طور که در شکل دیده می شود رفتار شارش شار فعال شده به طور گرمایی در منحنی مقاومت به خوبی قابل مشاهده است.

در این مقاله خواص تراپردی و انرژی فعال سازی ابررسانای $PrO_{0.85}FeAs$ بررسی می شود.

روش آزمایش

نمونه چند بلوری $PrO_{0.85}FeAs$ با روش فشار بالا ساخته شد. پودرهای Fe_2O_3 , FeF_2 , $PrAs$, As , Fe به خوبی با یکدیگر ترکیب و به شکل قرص در آمده و سپس در یک بوته ی برن نیتريد قرار داده و تا دمای 1250 درجه سلسیوس به مدت 2 ساعت تحت فشار بالای حدود 6 GPa حرارت داده شدند [3].

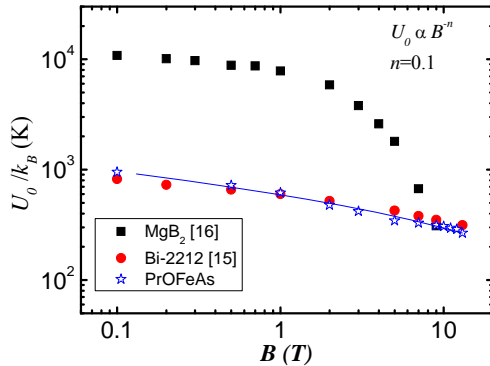


شکل 1. الگوی پراش X در نمونه ی $PrO_{0.85}FeAs$

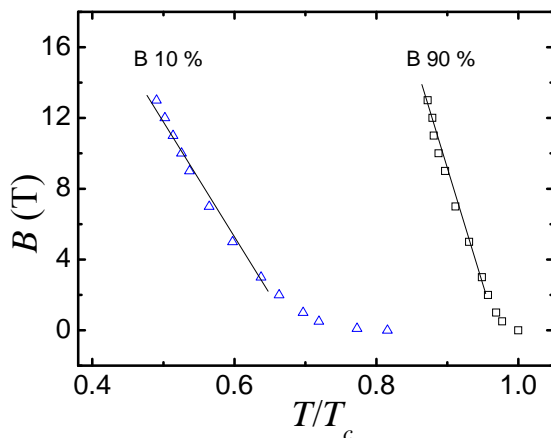
ساختار فاز نمونه توسط پراش اشعه ی X بررسی شد. شکل 1 الگوی پراش X نمونه را نشان می دهد. همان طور که در شکل مشاهده می شود نمونه دارای ساختار تقریباً تک فاز است و فاز ثانویه ای تقریباً وجود ندارد یا اگر هم هست بسیار ناچیز است. خطوط قائم زیر نمودار محل پیکهای ساختار اصلی و منحنی نیز تفاوت بین مدل برازیده شده به داده ها و داده های تجربی را نشان می دهد که نشان دهنده کیفیت خوب نمونه است.

مقاومت الکتریکی به روش چهار میله ی استاندارد توسط سیستم اندازه گیری خواص فیزیکی (PPMS, Quantum Design) در گستره میدان های مغناطیسی صفر تا 13 تسلا در دانشگاه ولانگونگ کشور استرالیا انجام گرفت.

میدان بحرانی بالایی، H_{c2} ، و میدان برگشت ناپذیر H_{irr} ، از روی معیار 90% و 10% در کاهش مقاومت الکتریکی نسبت به حالت عادی است. نتایج بدست آمده در شکل 5 نشان داده شده است. شیب $|dH_{c2}/dT|$ برابر 4/3 است.



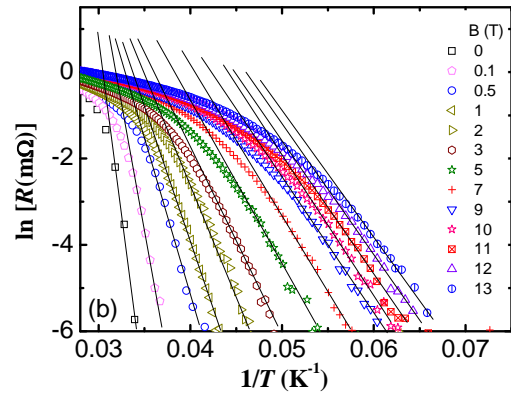
شکل 4. وابستگی انرژی فعالساز U_0 ، به میدان مغناطیسی برای $PrO_{0.85}FeAs$. خط راست برازش داده‌ها را به رابطه $U_0 = B^{-n}$ نشان می‌دهد.



شکل 5. وابستگی دمایی میدان بحرانی بالایی و برگشت ناپذیر برای $PrO_{0.85}FeAs$.

نتیجه گیری

شیب منحنی برابر انرژی فعال سازی U_0/k_B است. با برازش کردن داده‌های تجربی، بهترین مقداری که برای انرژی فعال سازی در میدان 0.1 T بدست آمده برابر $k_B = 1400$ K است. $U_0/$



شکل 3. رسم منحنی آرنیوسی مقاومت الکتریکی نمونه $PrO_{0.85}FeAs$. انرژی فعال سازی U_0 ، توسط شیب خطوط برازش شده براساس معادله (1) تعیین می‌گردد.

برای بلور $BiSCO0$ یک رفتار توانی جهت انرژی فعال سازی بر حسب میدان مغناطیسی یعنی $U_0 = B^{-n}$ گزارش شده است که در آن مقدار $n=1/2$ برای $B < 5$ T و $n=1/6$ برای $B > 5$ T باشد [12,13].

شکل 4 وابستگی انرژی فعال سازی به میدان مغناطیس را در بازه 0/1 T تا 13 T برای $PrO_{0.85}FeAs$ نشان می‌دهد. مشاهده می‌گردد که مقادیر U_0 به صورت خیلی ضعیف با میدان تغییر می‌کند که وابستگی آن به صورت $B^{-0.1}$ است. داده‌های انرژی فعال سازی $Bi-2212$ و MgB_2 نیز جهت مقایسه به شکل 4 اضافه گردیده است.

مقدار U_0 در میدان‌های کوچک و بزرگ 2 تا 3 بار بزرگتر از آن برای $Bi2212$ [12] و 10 بار بزرگتر برای $Bi2223$ [13] هست. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود میخکوبش ذاتی $PrO_{0.85}FeAs$ تقریباً برابر با $BiSCO0$ اما کوچکتر از MgB_2 است.

بررسی پهن شدن گذار مقاومت در منحنی مقاومت بر حسب دما به خاطر حرکت گردشاره ها ناشی از شارش شار فعال سازی شده به طور گرمایی مسئول سهم مقاومت در اطراف T_c است. انرژی فعال سازی U_0 در ابررسانای $\text{PrO}_{0.85}\text{FeAs}$ برابر 1400 است و به صورت B^{-n} تغییر می کند که در آن n برابر 0/1 است. U_0 برای $\text{PrO}_{0.85}\text{FeAs}$ تقریباً برابر با مقدار آن برای Bi-2212 اما بسیار کمتر از آن برای MgB_2 است. لذا میخکوبی ذاتی شار در نمونه ی فوق کمتر از میخکوبی ذاتی در MgB_2 و تقریباً برابر با مقدار آن برای ابررسانای پایه Bi است.

سپاسگزاری

از آقایان پروفسور ونگ و پروفسور دو برای همکاری و اجازه ی استفاده از تجهیزات دانشگاه ولونگونگ استرالیا صمیمانه تشکر می کنیم.

مرجع ها

- [1]. Y. Kamihara, T. Watanabe, M. Hirano, H. Hosono, J. Am. Chem. Soc. **130** (2008) 3296.
- [2]. X. H. Chen, T. Wu, G. Wu, R. H. Liu, H. Chen, D. F. Fang, Phys. Rev. Lett. **100** (2008) 247002.
- [3]. Z.-A. Ren, J. Yang, W. Lu, W. Yi, G.-C. Che, X.-L. Dong, L.-L. Sun, Z.-X. Zhao, Europhysics Letters **82** (2008) 57002.
- [4]. J. Yang, Z.-C. Li, W. Lu, W. Yi, X.-L. Shen, Z.-A. Ren, G.-C. Che, X.-L. Dong, L.-L. Sun, F. Zhou, Z.-X. Zhao, Supercond. Sci. Technol. **21** (2008) 082001.
- [5]. H.H. Wen et al., Europhys. Lett. **82** (2008) 17009.
- [6]. Z.-A. Ren, W. Lu, J. Yang, W. Yi, X.-L. Shen, Z.-C. Li, G.-C. Che, X.-L. Dong, L.-L. Sun, F. Zhou, Z.-X. Zhao, Chin. Phys. Lett. **25** (2008) 2215.
- [7]. F. Hunte, J. Jaroszynski, A. Gurevich, D. C. Larbalestier, R. Jin, A.S. Sefat, M.A. McGuire, B.C. Sales, D.K. Christen, D. Mandrus, Nature (London) **453** (2008) 903.
- [8]. C. Senatore, R. Flükiger, G. Wu, R. H. Liu, X. H. Chen, Phys. Rev. B **78** (2008) 054514.
- [9]. W. Lu, X.-L. Shen, J. Yang, Z.-C. Li, W. Yi, Z.-A. Ren, X.-L. Dong, G.-C. Che, L.-L. Sun, F. Zhou, Z.-X. Zhao, Solid State Communi. **148** (2008) 168.
- [10]. X.L Wang, R. Ghorbani, G. Peleckis, S.X. Dou, Adv. Mater. **21** (2009) 236.
- [11]. Y. Jia, et al., Supercond. Sci. Technol. **21** (2008) 105018.
- [12]. T.T.M. Palstra, et al., Phys. Rev. B **41** (1990) 6621.
- [13]. X.L. Wang, et al, J. Appl. Phys. **97** (2005) 10B114.