

شارش شار فعال شده به طور حرارتی در ابررساناهای $\text{NdO}_{0.82}\text{F}_{0.18}\text{FeAs}$

قربانی^۱، شعبان رضا^۱؛ ونگ^۲، شاولین^۲

^۱دانشکده فیزیک، دانشگاه تربیت معلم سبزوار، سبزوار

^۲انستیتو ابررسانایی و مواد الکترونیکی، دانشگاه ولونگونگ، ولونگونگ، استرالیا

چکیده

شارش شار فعال شده به طور حرارتی ابررسانای جدید کشف شده ی $\text{NdO}_{0.82}\text{F}_{0.18}\text{FeAs}$ ساخته شده تحت فشار با دمای بحرانی ابررسانایی 51 K مطالعه شده است. تحلیل پهن شدگی ناحیه گذار از حالت عادی به حالت ابررسانایی در مقاومت الکتریکی روشن نمود که شارش شار فعال شده به طور حرارتی پاسخ گوی سهم مقاومت الکتریکی در ناحیه مجاورت دمای بحرانی ابررسانایی T_c است. انرژی فعال سازی U_0/k_B در میدانهای مغناطیسی پایین 2000 K است و وابستگی آن به میدان در محدوده بزرگی از میدان به صورت $B^{-1/3}$ است. نتایج کارمان نشان داد که مخکوبش ذاتی گرد شاره ها در $\text{NdO}_{0.82}\text{F}_{0.18}\text{FeAs}$ قوی تر از Bi-2212 است.

Thermally activated flux flow in $\text{NdO}_{0.82}\text{F}_{0.18}\text{FeAs}$ superconductor

Ghorbani, S R¹; Wang, X L²

¹Department of Physics, Tarbiat Moallem University of Sabzevar, P.O. Box 397, Sabzevar, Iran,

²Institute for Superconducting and Electronic Materials, University of Wollongong, Wollongong, New South Wales 2522, Australia

Abstract

The thermally activated flux flow of newly discovered $\text{NdO}_{0.82}\text{F}_{0.18}\text{FeAs}$ superconductor made under high pressure, with a critical temperature, T_c , of 51 K , has been studied. 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 2000 K in low fields and scales as $B^{-1/3}$ over a wide field range. Our results indicate that the $\text{NdO}_{0.82}\text{F}_{0.18}\text{FeAs}$ has stronger intrinsic pinning than Bi-2212 .

PACS No. 74;74-25

مقدمه

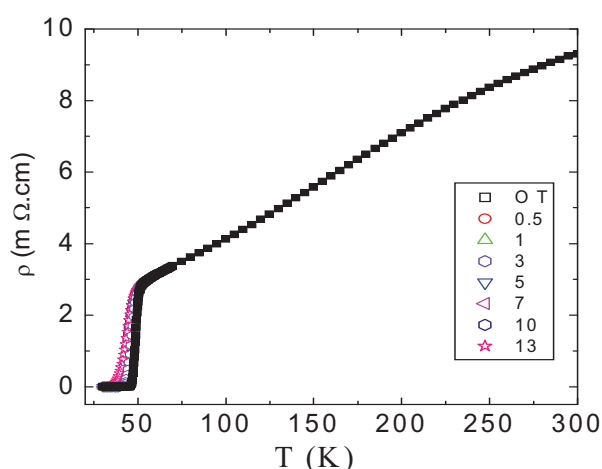
همانند کوپراتها، ترکیب مادر این نوع ابررساناها در چگالی آلایش پایین پاد فرومغناطیس بوده و با افزایش چگالی آلایش حالت پاد فرومغناطیسی ماده فوق از بین رفته و ترکیب ابررسانا می شود. از طرف دیگر با جانشینی سایر عناصر خاکی نادر به جای La دمای

گروه جدیدی از ابررساناهای دمای بالا در ژانویه ۲۰۰۸ با دمای بحرانی ابررسانایی $T_c = 26\text{ K}$ در ترکیبات لایه ای آرسنیک - آهن کشف شد [۱]. مشابه آنچه که در حدود ۲۲ سال پیش برای ابررساناهای دمای بالا کوپرات پیدا شده بود ترکیب مادر گروه جدید LaOFeAs ، ابررسانا نیست. اما با جانشینی فلور به جای اکسیژن این ترکیب ابررسانا می شود. در این ابررساناها صفحات FeAs که توسط لایه های LaO از یکدیگر جدا می باشند نقش صفحات CuO_2 را در ابررساناهای کوپرات ایفا می کنند (شکل ۱).

ابرسانایی به بیش از 50 K رسید [۲-۹]. بنابر این ترکیبات ابررساناهای جدید دارای فرمول عمومی $\text{REO}_{1-x}\text{F}_x\text{FeAs}$ (RE-1111) است که در آن عناصر خاکی نادر می باشد.

نتایج و تحلیل داده ها

نتایج اندازه گیری مقاومت الکتریکی به صورت تابعی از دما در حضور میدانهای مغناطیسی ۰-۱۳ T برای نمونه $\text{NdO}_{0.82}\text{Fe}_{0.18}\text{FeAs}$ در شکل ۲ نشان داده شده است. دمای همانطور که در شکل دیده می شود در غیاب میدان مغناطیسی دمای بحرانی ابرسانی T_c در حدود ۵۱ K است و با افزایش میدان مغناطیسی T_c کاهش می یابد.



شکل ۲- وابستگی مقاومت الکتریکی به دما در حضور میدانهای مغناطیسی مختلف برای ترکیب ابرسانی $\text{NdO}_{0.82}\text{Fe}_{0.18}\text{FeAs}$

همانطور یک از روی شکل ۲ دیده می شود اثر شارش شار مغناطیسی فعال شده به طور حرارتی به خوبی از روی پهن شدگی در مقاومت الکتریکی در ناحیه گذار ابرسانی نمایان است. در حضور میدان مغناطیسی، پهن شدگی مقاومت الکتریکی در ناحیه گذار برای ابرسانیهای دمای بالا بر اساس اتلاف انرژی ناشی از حرکت گرد شاره ها توصیف می گردد [۱۲]. مقاومت الکتریکی در ناحیه ی پهن ناشی از خزش گردشاره ها است. بر اساس مدل خزش شار فعال شده به طور حرارتی، وابستگی مقاومت الکتریکی به دما در حضور میدان مغناطیسی به صورت زیر است:

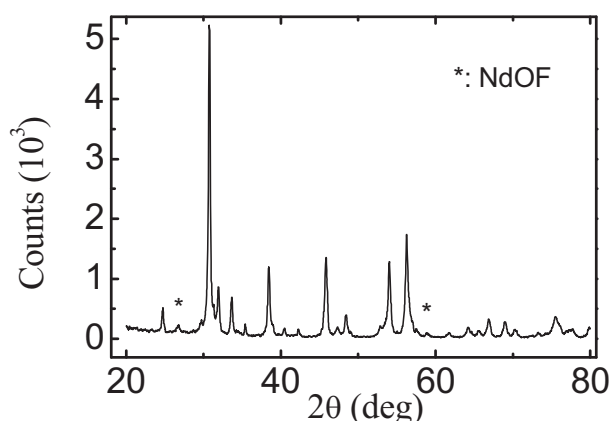
$$\rho(T, B) = \rho_0 \exp\left(\frac{U(T, B)}{k_B T}\right) \quad (1)$$

که در آن $U(T, B)$ انرژی فعال سازی شار یا انرژی میخکوبش نامیده می شود [۱۳]. این مدل فقط در ناحیه مجاور T_c معتبر است در غیر این صورت بایستی شرط $U > k_B T$ نیز برقرار باشد تا خزش شار سازوکار غالب در ایجاد مقاومت الکتریک باشد در

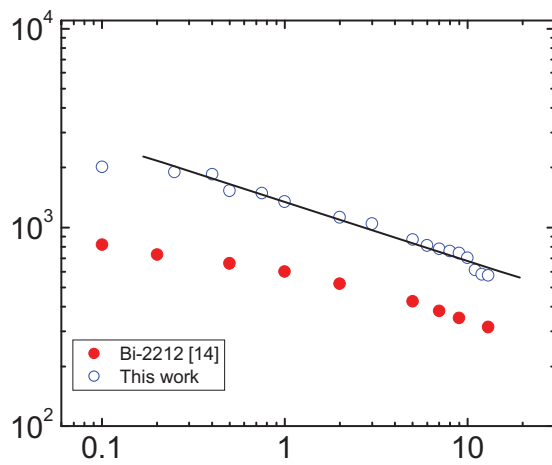
ابرسیانهای RE-1111 ساخته شده تحت فشار های بالا دارای ویژگیهای زیر است: (۱) چگالی جریان بحرانی J_c گزارش شده برای این نوع ابرسانیها پایین است [۱۰]. (۲) افت J_c ناشی از اعمال میدان مغناطیسی در دماهای پایین ضعیف است [۱۰]. (۳) این ابرسانیها خواص پارامغناطیس از خود نشان می دهند [۱۱]. (۴) بعلت تحت فشار ساخته شدن این ابرسانیها، سهم اتصالات ضعیف ناشی از فاز های ناخالصی بسیار کم است [۳ و ۱۰ و ۱۱]. این ویژگیها نشان می دهند که مطالعه و درک سازوکار میخکوبش شار مغناطیسی بسیار مهم است. در این مقاله شارش شار فعال شده به طور حرارتی در ابرسانیهای جدیدا کشف شده ی- REO_1 FeAs گزارش می شود.

آزمایش

نمونه بس بلور $\text{NdO}_{0.82}\text{Fe}_{0.18}\text{FeAs}$ تحت فشار بالا ساخته شد. برای ساخت ابتدا مواد اولیه ی NdAs ، FeAs ، Fe_2O_3 و FeF_2 با خلوص بالا به خوبی مخلوط و سپس به شکل قرص در داخل یک بوتله از جنس نیتريد بورن محبوس و تحت فشار بالای ۶ GPa به مدت ۲ ساعت در دمای 1250°C پخته شد [۳]. جهت شناسایی فاز های ناخالصی پراش اشعه X انجام گرفت. الگوی پراش اشعه X (شکل ۱) نشان داد که ساختار تقریباً تک فاز و دارای ساختار راست گوشه با تقارن $P4/nmm$ است. مقاومت الکتریک به روش چهار میله روی نمونه میله ای شکل و با استفاده از دستگاه اندازه گیری خواص فیزیکی (PPMS) در محدوده میدانهای مغناطیسی ۰-۱۳ T در دانشگاه ولونگونگ کشور استرالیا انجام گردید.



شکل ۱: الگوی پراش اشعه X برای ابرسانی $\text{NdO}_{0.82}\text{Fe}_{0.18}\text{FeAs}$



شکل ۴: وابستگی انرژی فعال سازی U_0 به میدان مغناطیسی برای ابرسانی $NdO_{0.82}Fe_{0.18}As$. بخش خطی داده ها قانون توانی را پیشنهاد می کند. داده های Bi-2212 از مرجع [14] استخراج شده اند.

نتیجه گیری

انرژی فعال سازی به دست آمده در ابرسانهای جدید کشف شده $NdO_{0.82}Fe_{0.18}As$ بزرگتر از ابرسانی Bi-2212 می باشد. بنابراین مخکوبش ذاتی گردشاره ها در $NdO_{0.82}Fe_{0.18}As$ قوی تر از Bi-2212 است.

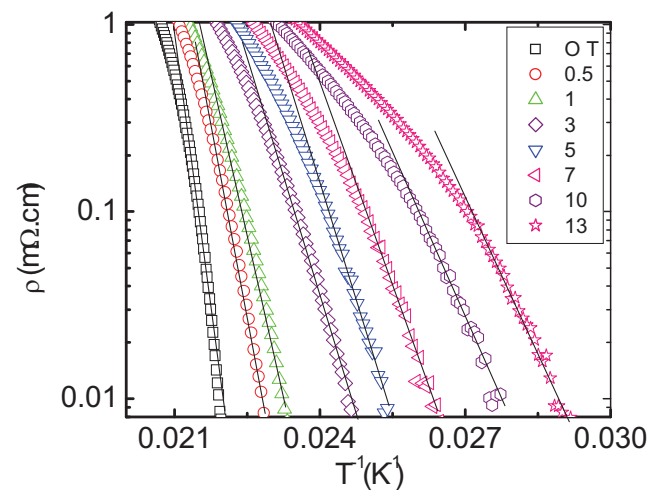
سپاسگزاری

از همکاری آقای پروفیسور شی جهت همکاری و اجازه استفاده از تجهیزات دانشگاه ولونگونگ استرالیا صمیمانه تشکر می کنیم.

مرجع ها

- [1] Y. Kamihara, T. Watanabe, M. Hirano, and H. Hosono, *J. Am. Chem. Soc.* **130**, 3296 (2008).
- [2] Z. Ren, W. Yue-Qin, and Z. Li-Chun, *Chinese Phys. Lett.* **25**, 2385 (2008).
- [3] X. H. Chen, T. Wu, G. Wu, R. H. Liu, H. Chen, D. F. Fang, *Nature* **453** (2008) 761.
- [4] Z.-A. Ren, J. Yang, W. Lu, W. Yi, G.-C. Che, X.-L. Dong, L.-L. Sun, Z.-X. Zhao, *Europhysics Letters* **82**, 57002 (2008).
- [5] 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.
- [6] C. Senatore, R. Flükiger, G. Wu, R. H. Liu and X. H. Chen, *Cond-mat*, arXiv: 0805.2389.

غیر این صورت شارش شار پدیده ی غالب خواهد بود. در گذار های پهن انرژی فعال سازی $U_0(B)$ معمولاً مستقل از دما است و می توان آن را از روی شیب بخش خطی منحنی $\ln \rho$ بر حسب $1/T$ (منحنی آرنیوسی مقاومت الکتریکی) به دست آورد. شکل ۳ وابستگی $\ln \rho$ بر حسب $1/T$ رسم شده است. از روی شکل رفتار فعال شدن شار به طور حرارتی به وضوح مشاهده می شود.



شکل ۳: رسم آرنیوسی مقاومت الکتریکی برای ابرسانی $NdO_{0.82}Fe_{0.18}As$. انرژی فعال سازی را می توان از روی شیب قسمت خطی تعیین کرد.

برای بلورهای ابرسانی Bi-2212 یک رفتار توانی به صورت $U_0(B) \approx B^{-n}$ برای وابستگی انرژی فعال سازی گزارش شده است. که در آن برای میدانهای مغناطیسی موازی با محور c کمتر از ۵ تسلا ($B < 5$ T) $n=1/2$ و برای میدانهای بزرگتر $n=1/6$ است [17]. شکل ۴ نتایج حاصل از روی بهترین برازش داده های تجربی به معادله ۱ برای وابستگی انرژی فعال سازی به میدان مغناطیسی را تا $B=13$ T برای ابرسانی $NdO_{0.82}Fe_{0.18}As$ نشان می دهد. مقادیر U_0 برای میدانهای $B < 0.4$ T افت بسیار ناچیزی را نشان می دهد در این ناحیه $n=0.07$ است. در حالی که برای میدانهای $B > 0.4$ T، U_0 بطور آهسته کاهش می یابد که برای این میدانها $n=1/3$ است. جهت مقایسه انرژی فعال سازی Bi-2212 نیز به شکل ۴ افزوده شده است. همانطوری که از روی شکل ۴ مشاهده می شود مقدار U_0 ابرسانی $NdO_{0.82}Fe_{0.18}As$ در هر دو نواحی میدانهای مغناطیسی پایین و بالا ۲-۳ برابر بزرگتر از مقدار آن برای Bi-2212 است. این نتایج نشان می دهد که $NdO_{0.82}Fe_{0.18}As$ مخکوبش ذاتی قوی تری از Bi-2212 دارد.

- [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* **453** (2008) 903
- [8] 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.
- [9] A.S. Sefat, M.A. McGuire, B.C. Sales, R. Jin, J.Y. Howe, and D. Mandrus, *Phys. Rev. B* **77** (2008) 174503
- [10] X L Wang, S R Ghorbani, G Peleckis, S X Dou, *Adv. Mater.* **20** (2008) --- (in press).
- [11] C Tarantini, A Gurevich, D C Larbalestier, Z A Ren, X L Dong, W Lu, Z X Zhao, *Phys. Rev. B* **78** (2008) 184501.
- [12] A.K. Pradhan, Z.X. Shi, M. Tokunaga T. Tamegai, Y. Takano, K. Togano, H. Kito, and H. Ihara, *Phys. Rev. B* **64** 212509 (2000).
- [13] H S Gamchi, G J Russell, and K N R Taylor, *Phys. Rev. B* **50** (1994) 12950.
- [14] T.T.M. Palstra, et al., *Phys. Rev. B* **41** (1990) 6621.