

افت و خیزهای ابررسانایی در ابررسانای la-111

رشیدی، مریم؛ قربانی، شعبان‌رضا

گروه فیزیک، دانشگاه تربیت معلم سبزوار، سبزوار

چکیده

رسانندگی اضافی ابررسانای $LaO_{0.95}F_{0.05}FeAs$ ساخته شده به روش استاندارد واکنش حالت جامد، تحت میدان‌های مغناطیسی بررسی و مقیاس‌بندی گردید. دمای گذار میدان میانگین، $T_c(H)$ با استفاده از روش نقطه گذار محاسبه گردید. رسانندگی اضافی ناشی از افت و خیزها با مدل‌های ۲ بعدی و ۳ بعدی مقیاس‌بندی گردید. برای ابررسانای $LaO_{0.95}F_{0.05}FeAs$ در محدوده کوچکی در اطراف $T_c(H)$ مقیاس‌بندی ۳ بعدی مشاهده شد اما در تمام محدوده‌های دمایی مقیاس‌بندی ۲ بعدی مشاهده شد.

superconductivity fluctuation in $LaO_{0.95}F_{0.05}FeAs$ superconductor

Rashidi, M.; Ghorbani, S. R

Department of physics, Sabzevar Tarbiat Moallem University, Sabzevar

Abstract

Excess conductivity in magnetic fields for $LaO_{0.95}F_{0.05}FeAs$ superconductor in magnetic field was made by standard solid state reaction method evaluated and scaled. The mean field transition temperature, $T_c(H)$, by use the crossing point method was calculated. The conductivity duo to fluctuations with 3D and 2D models was scaled. For $LaO_{0.95}F_{0.05}FeAs$ superconductor, in small area around $T_c(H)$, 3D scaling is found while 2D scaling is observed in all other temperature region.

PACS No.74

دارای یک ناهنجاری در مقاومت الکتریکی است که مربوط به

چگالی موج اسپینی (SDW) و یا گذار ساختاری می‌باشد [۹]. افت و خیزهای گرمایی در ابررساناها باعث انحراف از حالت تعادل در دماهای بالاتر از T_c یعنی در حالت عادی می‌شود و این منجر به ایجاد بعضی نواحی ابررسانایی می‌گردد. با کاهش دما در دماهای حدوداً دو برابر دمای بحرانی، جفت‌های کوپر در اثر افت و خیزهای گرمایی تشکیل می‌شوند و با نزدیک شدن به دمای بحرانی چگالی آنها نسبت به تعداد الکترون‌های معمولی افزایش می‌یابد که باعث ایجاد رسانش اضافی می‌گردد [۱۰]. رسانایی الکتریکی اضافی ناشی از افت و خیزهای ابررسانایی از رابطه زیر به دست می‌آید [۱۱]:

$$\Delta\sigma = (1/\rho) - (1/\rho_n) \quad (1)$$

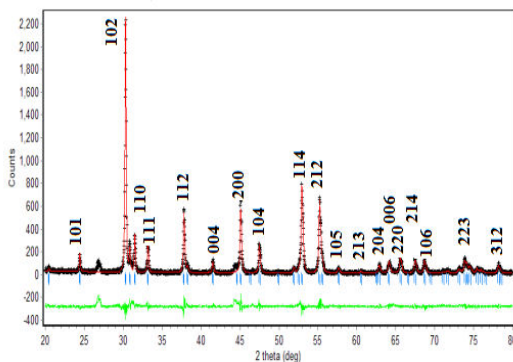
مقدمه

کشف ابررسانایی با دمای بحرانی ابررسانایی $T_c=26K$ در ترکیب $LaO_{1-x}F_x FeAs$ [۱] در پیچه جدیدی را برای جستجوی مواد ابررسانای جدید با دمای بحرانی T_c بالاتر گشود. همچنین مشاهده شد با جانشینی عناصر خاکی نادر (مانند Nd (Sm, Ce, Pr,...) به جای La، دمای بحرانی تا دمای $T_c=57K$ افزایش می‌یابد [۲-۸]. این مواد مانند کوپرات‌ها به صورت لایه‌ای هستند که در آن لایه رسانای Fe-As در بین لایه‌های عایق Re-O (که در آن عنصر خاکی نادر است) ساندویچ شده است. در این ترکیب ابررسانایی را می‌توان توسط جانشینی فلئور به جای اکسیژن یا ایجاد جاهای خالی اکسیژن در لایه‌های Re-O القا نمود [۱-۴]. ترکیب غیرآلاییده در دماهای حدود ۱۵۰ کلون

این کار نمودار $\Delta\sigma_{3D} (T^2/H)^{-1/3}$ را برحسب $T-T_C(H)$ رسم می‌شود و سپس $T_C(H)$ برای هر میدان طوری تنظیم می‌گردد که یک تقاطع در $T-T_C(H)=0$ ایجاد شود. به عبارت دیگر در $T=T_C(H)$ رسانایی اضافی مستقل از میدان مغناطیسی است. $T_C(H)$ را در حالت دو بعدی نیز می‌توان مشابه حالت ۳ بعدی از روی معادله ۲ بعدی به دست آورد.

آزمایش

نمونه بس بلور با ترکیب $La_{0.95}Fe_{0.05}As$ به روش استاندارد واکنش حالت جامد از مواد اولیه $La_2O_3, FeAs$ با درجه خلوص بالای ۹۹٪ ساخته شده است. ترکیب به صورت قرص فشرده و سپس در دمای $950^\circ C$ تا $1000^\circ C$ به مدت ۸ ساعت پخته می‌شود. جزئیات آماده سازی در مرجع [۱۵] آمده است. پراش اشعه X با استفاده از تشعشعات $Cu-K\alpha$ با 2θ در بازه 20° تا 80° و گام های $0/02^\circ$ انجام گرفت. شکل ۱ الگوی پراش اشعه X را برای نمونه $La_{0.95}Fe_{0.05}As$ نشان می‌دهد. مشاهده می‌گردد که نمونه تقریباً تک فاز است. نتایج ریتولد نشان داد که نمونه دارای ساختار تتراگونال بوده و پارامترهای شبکه آن برابر $a=4.023$ و $c=8.709A^\circ$ است. مقاومت الکتریکی به صورت تابعی از دما و میدان مغناطیسی تا $13 T$ با استفاده از سیستم اندازه‌گیری خواص فیزیکی (Quantum Form, PPMS) در دانشگاه ولانگوگ کشور استرالیا اندازه‌گیری شد.



شکل ۱: طیف پراش X برای ترکیب $La_{0.95}Fe_{0.05}As$

که در آن ρ مقاومت ویژه اندازه‌گیری شده و ρ_n مقاومت ویژه حالت عادی در صورت عدم انحراف از حالت خطی می‌باشد. برای ابررساناهایی که به صورت بهینه آلائیده شده‌اند مقاومت الکتریکی به صورت $\rho(T)=a+bT$ است که در آن b و a ضرایب ثابتی هستند که از برازش معادلا بالا در دماهای حدود $2T_C$ به داده‌های تجربی در ناحیه خطی به دست می‌آیند.

اثرات افت و خیزها روی رسانندگی، مغناطیس پذیری و سایر پارامترهای ابررسانایی ما را سمت مقیاس‌بندی سوق می‌دهد. وابستگی دمایی رسانندگی افت و خیزی برای نمونه $La_{0.95}Fe_{0.05}As$ در حضور میدان مغناطیسی از لحاظ مقیاس‌بندی بررسی شد.

معمولاً در ابررساناها اثر افت و خیز روی رسانش بلورها با استفاده از نظریه مقیاس‌بندی یولا و درسی بررسی می‌شود [۱۲]. توابع مقیاس‌بندی برای رسانش اضافی ناشی از افت و خیزها به صورت زیر می‌باشند [۱۳]. در مقیاس‌بندی دو بعدی داریم

$$\Delta\sigma(H)_{2D} = \left[\frac{T}{H}\right]^{1/2} F_{2D} \left[A \frac{T-T_C(H)}{(TH)^{1/2}}\right] \quad (2)$$

در حالی که در مقیاس‌بندی سه بعدی

$$\Delta\sigma(H)_{3D} = \left[\frac{T^2}{H}\right]^{1/3} F_{3D} \left[B \frac{T-T_C(H)}{(TH)^{2/3}}\right] \quad (3)$$

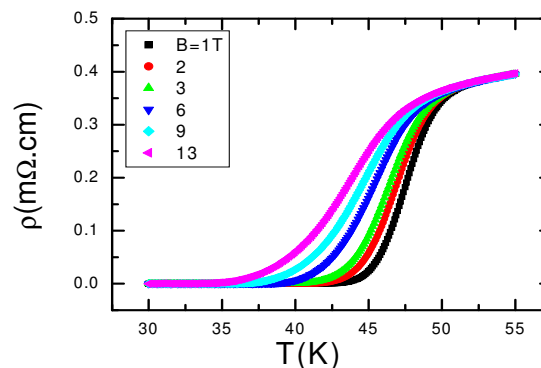
F_{2D} و F_{3D} توابع مقیاس‌بندی هستند، A و B ثابت هستند و $T_C(H)$ دمای گذار میدان میانگین و تنها پارامتر آزاد جهت برازش داده‌های تجربی به معادلات فوق است. لذا بایستی مقدار آن به دقت تعیین شود. برای تعیین $T_C(H)$ ، یک روش منطقی روش نقطه گذار است [۱۴]. روش نقطه گذار مثلاً برای حالت ۳ بعدی به صورت زیر نوشته می‌شود

$$(4)$$

در این صورت وقتی که $T=T_C(H)$ گردد، $\Delta\sigma_{3D} (T^2/H)^{-1/3}$ مستقل از H می‌شود. برای شروع مقدار $T_C(H)$ برای یک میدان مرجع خاص H_0 ، فرض می‌شود و سپس دماهای $T_C(H)$ سازگار با این انتخاب برای دیگر میدان‌ها $H \neq H_0$ بدست می‌آیند. برای

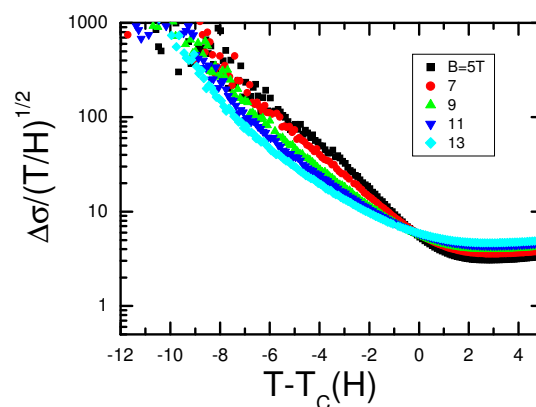
نتایج و تحلیل داده‌ها

در شکل ۲ نمودار مقاومت ویژه الکتریکی اندازه گیری شده بر حسب دما برای ترکیب بس بلور $\text{La O}_{0.95}\text{F}_{0.05}\text{FeAs}$ در میدان های مغناطیسی مختلف از ۱ تسلا تا ۱۳ تسلا از دمای اتاق تا دماهای کاملاً" زیر دمای بحرانی نشان داده شده است.

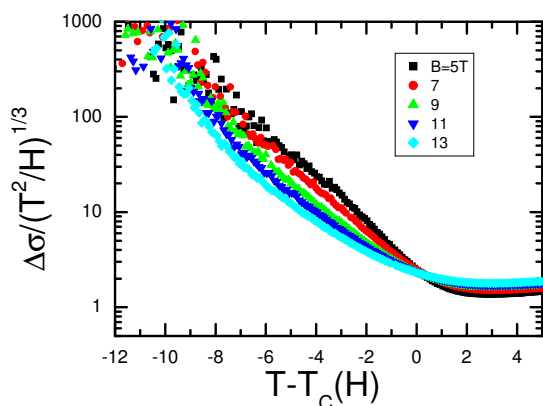


شکل ۲: نمودار مقاومت الکتریکی بر حسب دما در میدان های مغناطیسی ۱-۱۳ تسلا برای نمونه $\text{La O}_{0.95}\text{F}_{0.05}\text{FeAs}$.

همانطور که در شکل ۲ مشاهده می شود برای نمونه $\text{La O}_{0.95}\text{F}_{0.05}\text{FeAs}$ با افزایش میدان مغناطیسی پهنای ناحیه گذار افزایش می یابد. در شکل ۳ نتیجه مربوط به روش نقطه گذار برای مقیاس بندی های دویبعدی و سه بعدی برای نمونه $\text{La O}_{0.95}\text{F}_{0.05}\text{FeAs}$ رسم شده است.



شکل ۳: روش نقطه گذار ۲ بعدی برای نمونه $\text{La O}_{0.95}\text{F}_{0.05}\text{FeAs}$.



شکل ۴: روش نقطه گذار ۳ بعدی برای نمونه $\text{La O}_{0.95}\text{F}_{0.05}\text{FeAs}$.

همانطور که در شکل های ۳ و ۴ نشان داده شده است تمام منحنی ها در میدان های مغناطیسی متفاوت بزرگتر از ۶T برای ابررسانای $\text{La O}_{0.95}\text{F}_{0.05}\text{FeAs}$ در $T = T_c(H)$ همدیگر را قطع می کنند. عبارت دیگر محل تقاطع تمام منحنی ها مستقل از میدان مغناطیسی است. میدان مغناطیسی ۱۳T به عنوان مرجع انتخاب شده است $T_c(H)$ آن برابر ۴۷ کلوین می باشد $T_c(H)$ مربوط به میدان های مغناطیسی متفاوت در جدول ۱ آورده شده اند.

جدول ۱: مقادیر $T_c(H)$ در میدان های مغناطیسی متفاوت برای نمونه $\text{La O}_{0.95}\text{F}_{0.05}\text{FeAs}$.

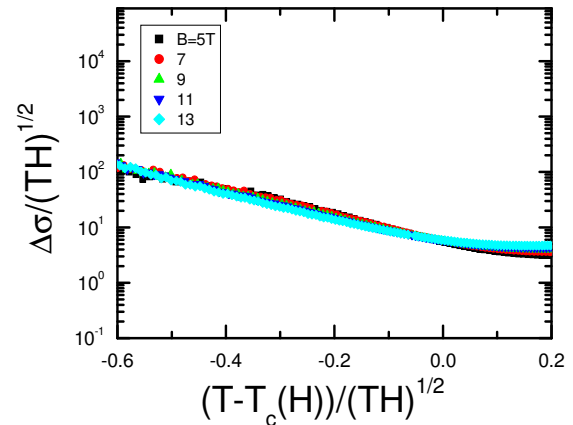
B(T)	۷	۹	۱۰	۱۱	۱۲
	۴۷/۱۷	۴۷/۱۵	۴۷/۱۵	۴۷/۰۷	۴۷/۰۶

حال با داشتن $T_c(H)$ می توان نمودار $\Delta\sigma \left(\frac{T}{H}\right)^{-1/3}$ بر حسب پارامتر مقیاس بندی $(T - T_c(H))(TH)^{-2/3}$ برای سه بعد و نمودار $\Delta\sigma \left(\frac{T}{H}\right)^{-1/2}$ بر حسب پارامتر مقیاس بندی $(T - T_c(H))(TH)^{-1/2}$ را برای دو بعد رسم کرد. شکل های ۵ و ۶ نمودارهای ۲ بعدی و ۳ بعدی بر پایه معادلات ۲ و ۳ برای نمونه $\text{La O}_{0.95}\text{F}_{0.05}\text{FeAs}$ می باشد.

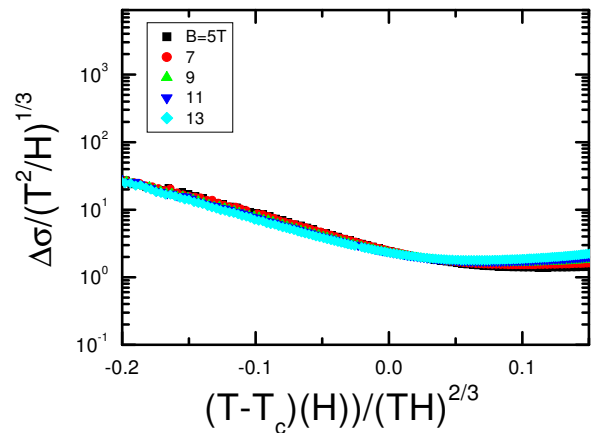
نتایج به دست آمده نشان داد که برای ابررسانای $\text{LaO}_{0.95}\text{F}_{0.05}\text{FeAs}$ در حضور میدان‌های مغناطیسی مقیاس-بندی ۲ بعدی نسبت به مقیاس‌بندی ۳ بعدی معتبرتر است.

مراجع

- [1] Y Kamihara, T Watanbr, M Hirano, and Hosono, J. Am. Chem. Soc. **130** (2008) 3296.
- [2] Z Ren, et al., Euro. Phys. Lett. **83** (2008) 17002.
- [3] X H Chen, T Wu, G Wu, R H Liu, H Chen, D F Fang, Nature **435** (2008) 761.
- [4] D F Chen, et al., Phys. Rev. Lett. **100** (2008) 247002.
- [5] X L Wang, S R Ghorbani, G Pelechis, S X Dou, Adv. Mater. **21** (2009) 236.
- [6] C Tarantini, A Gurevich, D C Larbalestier, Z A Ren, X L Dong, W Lu, Z X Zhao, Phys. Rev. B **78** (2008) 184501.
- [7] Z A Ren, J Yang, W Lu, W Yi, G C Che, X L Dong, L L Sun, Z X Zhao, Euro. Physics Lettera **82** (2008) 57002.
- [8] 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.
- [9] Lu, F. M. A. Z. Y., Phys. Rev B **78** (2008) 033111.
- [10] M Anderson, Z. Hegedus, M. Nygren, & O Rapp, Physica C **160** (1989) 65 & physica C **185-189** (1991) 915.
- [11] Navazish A. Khan, Asifa Mumtaz, Physica C **405** (2010) 2772.
- [12] S. Ullah, A. T. Dorsey, Phys. Rev. Lett. **65**, 2066 (1990); S. Ullah, A. T. Dorsey, Phys. Rev. B **44** (1991) 262.
- [13] L. G. Aslamazov et al., Phys. Lett. **26 A** (1968) 223 .
- [14] Katerina Moloni, Mark Friesen, Shili, Victor Souw, P. Metcalf, Lifany Hou, M. McElfresh, Phys. Rev. Lett. **78** (1997) 3173.
- [15] M. Anderson , O. Rapp and Tellgren, Solid State Commun. **81** (1992) 425.
- [16] S. Singh, D. S., A. K. Singh, S. Pantaik, J. Prakash and A. K. Ganguli, Cond. Mat. 0806.3571 v 1,(2008).



شکل ۵: نمودار ۲ بعدی بر پایه معادله ۲.



شکل ۶: نمودار ۳ بعدی بر پایه معادله ۳.

از مقایسه شکل‌های ۵ و ۶ می‌توان نتیجه گرفت که برای میدان های $H \geq 5 \text{ T}$ نمونه $\text{LaO}_{0.95}\text{F}_{0.05}\text{FeAs}$ در محدوده $T_c(H) = \pm 0.05(T - T_c(H)) (TH)^{-1/2}$ رفتار ۳ بعدی دارد اما در دماهای خارج از این بازه این رفتار مشاهده نمی‌شود در حالیکه در نمودار ۲ بعدی برای میدان های $H \geq 5 \text{ T}$ مشاهده می‌شود که نمودار ها در گستره وسیع دمایی بر هم منطبق هستند.

نتیجه گیری

بعد از محاسبه رسانندگی اضافی در ابررسانای $\text{LaO}_{0.95}\text{F}_{0.05}\text{FeAs}$ ، و استفاده از معادلات مقیاس‌بندی،