

NdO / F / FeAs

/ K

NdO / F / FeAs

kOe

NdO / F / FeAs

توسط جانشینی فلئور به جای اکسیژن یا ایجاد جاهای خالی اکسیژن در لایه‌های RE-O القاء نمود [۴-۱]. این ابررساناها دارای میدان‌های بحرانی بالایی فوق العاده بزرگ تا حدود $H_{c2} = 300 \text{ T}$ هستند [۵]. تغییرات چگالی جریان بحرانی J_c ناشی از اعمال میدان مغناطیسی در دماهای پایین ناچیز است [۵]. این ترکیبات بر خلاف کوپرات‌ها، که بعد از فرونشانی کامل همبستگی آنتی فرمغناطیسی ابررسانا می‌شوند، در حضور حالت آنتی فرمغناطیسی نیز ابررسانا می‌شوند، به عبارت دیگر حالت‌های ابررسانایی و آنتی فرمغناطیسی به طور همزمان در این ترکیبات وجود دارند [۶].

نمونه بس بلور پایه آهن با ترکیب اسمی $\text{NdO}_{0.82}\text{F}_{0.18}\text{FeAs}$ به روش استاندارد حالت جامد تحت فشار بالا ساخته شد. برای

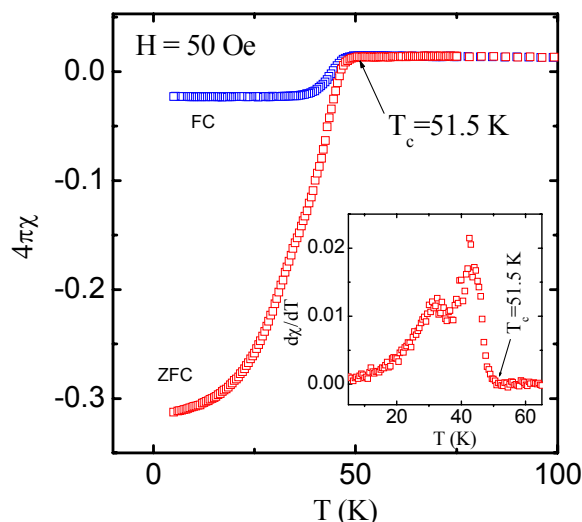
کشف ابررسانایی با دمای بحرانی ابررسانایی $T_c = 26 \text{ K}$ در ترکیب $\text{LaO}_{1-x}\text{F}_x\text{FeAs}$ [۱] در پیچه جدیدی را برای جستجوی مواد ابررسانای جدید با دمای بحرانی T_c بالاتر را گشود. در این راستا جانشینی عناصر خاکی نادر (مانند Nd, Pr, Ce, Sm, ...) در مکان La باعث افزایش دمای بحرانی تا دمای $T_c = 57 \text{ K}$ گردید [۲-۸]. لذا ترکیبات ابررساناهای جدید دارای فرمول عمومی $\text{REO}_{1-x}\text{F}_x\text{FeAs}$ (RE-۱۱۱) است که در آن عناصر خاکی نادر می‌باشد. مشابه آنچه که در حدود ۲۳ سال پیش برای ابررساناهای دمای بالا کوپرات پیدا شده بود ترکیب مادر گروه جدید، LaOFeAs ابررسانا نیست. این مواد همانند کوپرات‌ها به صورت لایه ای هستند که در آن لایه رسانای Fe-As در بین لایه‌های عایق RE-O ساندویچ شده است. در این ترکیب، ابررسانایی را می‌توان

می‌شود دمای بحرانی ابرسانایی T_c در حدود 51.5 K است، که به وضوح از در ضمیمه شکل ۱ چون در این ماده دیامغناطیس کامل می‌شود. پهنای ناحیه گذار از حالت عادی به حالت ابرسانایی، که به صورت $\Delta T = T(90^\circ) - T(10^\circ)$ تعریف می‌شود، برابر 2.7 K است.

برای تعیین رفتار مغناطیسی نمونه $\text{NdO}_{0.82}\text{F}_{0.18}\text{FeAs}$ ، مغناطش، M ، سرد شده در حضور میدان مغناطیسی (FC) و سرد شده در غیاب میدان مغناطیسی (ZFC) به صورت تابع از دما در میدان‌های مغناطیسی مختلف، اندازه‌گیری شد. شکل ۲ $M(T, H)$ را در محدوده دمایی 70 K – 10 K و میدان‌های مختلف را نشان می‌دهد.

همان‌طوری که در شکل ۲ دیده می‌شود با افزایش میدان مغناطیسی حلقه برگشت ناپذیر دیامغناطیس کوچک می‌شوند در حالی که سهم پارامغناطیس به طور چشمگیری افزایش می‌یابد. با افزایش بیشتر میدان مغناطیس تا 50 kOe (شکل d^3) اختلاف بین منحنی‌های ZFC و FC از بین می‌رود. بنابراین برای $H \geq 50\text{ kOe}$ ابرسانای $\text{NdO}_{0.82}\text{F}_{0.18}\text{FeAs}$ یک رفتار پارامغناطیس قوی را نشان می‌دهد.

حلقه‌های مغناطش $M(H)$ در دماهای 5 و 20 کلوین میدان‌های مغناطیسی $8/7\text{ T} \leq B \leq 0$ در شکل ۳ نشان داده شده‌اند. ملاحظه می‌شود که حلقه پسماند ابرسانایی بر روی یک مغناطش زمینه پارامغناطیس وابسته به میدان قوی قرار گرفته است. حالت پارامغناطیس زمینه ناشی از Nd_2O_3 است که به صورت فاز مغناطیسی ثانویه در ترکیب وجود دارد. نشان داده شده است که منحنی مغناطش Nd_2O_3 دقیقاً در بین شاخه‌های بالایی و پایینی مغناطش Nd-1111 قرار دارد [۶]. بنابر این پاسخ پارامغناطیس توسط یون‌های Nd^{3+} تعیین می‌گردد. لذا به خاطر وجود لایه‌های متوالی Fe-As و Nd-O در ابرسانای $\text{NdO}_{0.82}\text{F}_{0.18}\text{FeAs}$ یک چنین رفتار مغناطیسی مشابه با رفتار مغناطیسی Nd_2O_3 مشاهده می‌گردد. بنابر این $\text{NdO}_{0.82}\text{F}_{0.18}\text{FeAs}$ را می‌توان به عنوان یک ابرسانای پارامغناطیس در نظر گرفت که در آن سهم مغناطش ناشی از یون‌های پارامغناطیس Nd^{3+} غالب است.

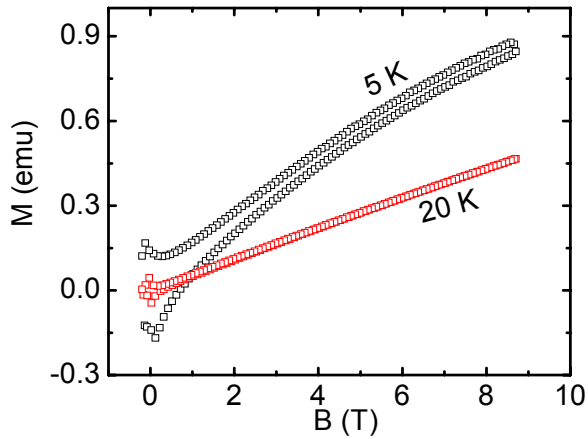


شکل ۱. وابستگی دمایی پذیرفتاری مغناطیسی سرد شده در حضور میدان مغناطیسی (FC) و سرد شده در غیاب میدان مغناطیسی (ZFC) ترکیب ابرسانای $\text{NdO}_{0.82}\text{F}_{0.18}\text{FeAs}$ در میدان مغناطیسی 50 Oe . شکل ضمیمه مشتق دمایی پذیرفتاری مغناطیسی را نشان می‌دهد.

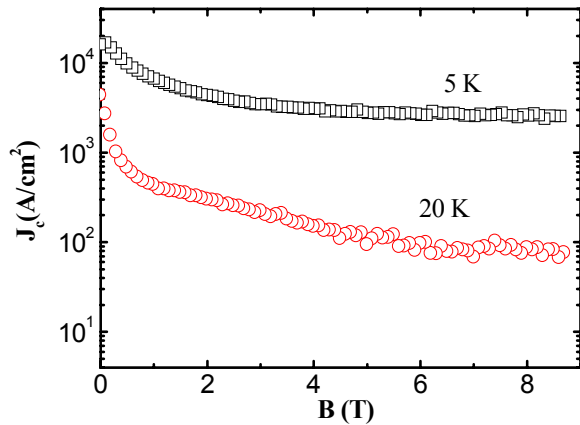
ساخت ابتدا مواد اولیه NdAs ، FeAs ، Fe_2O_3 ، و FeF_2 با خلوص بالا به خوبی مخلوط و سپس به شکل قرص در داخل یک بوته از جنس نیتريد برون محبوس و تحت فشار بالای GPa به مدت 2 ساعت در دمای 1250°C پخته شد [۵]. پراش اشعه X به روش پودر نشان داد که نمونه ساختار تقریباً تک فاز و دارای ساختار راست گوشه با تقارن $P4/nmm$ است [۹].

پذیرفتاری و مغناطش نمونه با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری خواص مغناطیسی (MPMS) در محدوده میدان‌های مغناطیسی $8/7\text{ T}$ – 0 در دانشگاه ولونگونگ کشور استرالیا انجام گردید.

نتایج اندازه‌گیری پذیرفتاری مغناطیسی سرد شده در حضور میدان مغناطیسی (FC) و سرد شده در غیاب میدان مغناطیسی (ZFC) به صورت تابعی از دما در میدان مغناطیسی 50 Oe برای نمونه $\text{NdO}_{0.82}\text{F}_{0.18}\text{FeAs}$ در شکل ۱ نشان داده شده است. ضمیمه شکل ۱ مشتق دمایی پذیرفتاری مغناطیسی را به صورت دمایی نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل ۱ و ضمیمه‌اش دیده



شکل ۳. مغناطش ابررسانای $\text{NdO}_{0.82}\text{F}_{0.18}\text{FeAs}$ به صورت تابعی از میدان مغناطیسی در دماهای ۵ و ۲۰ کلوین.



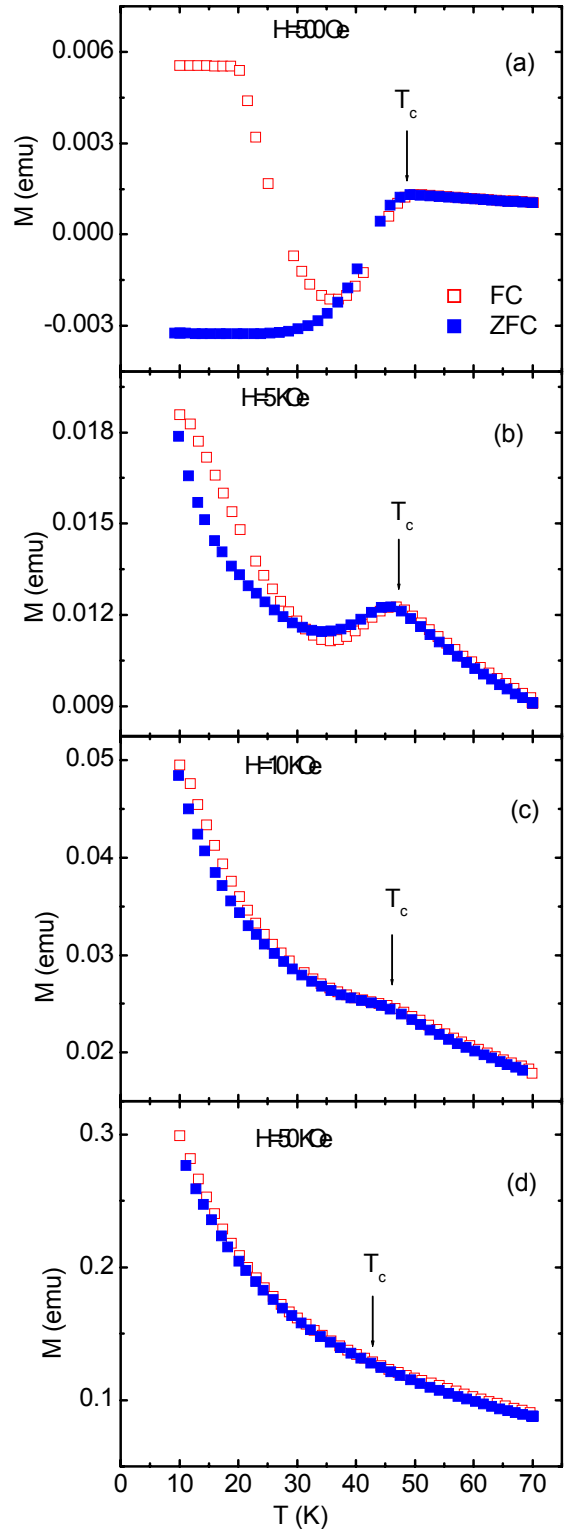
شکل ۴. چگالی جریان بحرانی، J_c ، بر حسب میدان مغناطیسی در دماهای ۵ و ۲۰ کلوین.

چگالی جریان بحرانی با استفاده از تقریب بین (Bean) یعنی رابطه زیر محاسبه شد:

$$J_c = 20 \Delta M / Va(1 - a/3b) \quad (1)$$

که در آن پهنا a و طول نمونه است، که بر میدان مغناطیسی عمود هستند، V حجم نمونه و ΔM ارتفاع حلقه پسماند مغناطیسی هستند.

شکل ۴ چگالی جریان بحرانی را به صورت تابعی از میدان مغناطیس اعمال شده در دماهای ۵ و ۲۰ کلوین را نشان می‌دهد. همان طوری که از شکل مشاهده می‌شود برای میدان مغناطیسی اعمالی کمتر از ۲ تسلا ($H < 2T$) و دمای



شکل ۲. مغناطش، M ، سرد شده در حضور میدان مغناطیسی (FC) و سرد شده در غیاب میدان مغناطیسی (ZFC) به صورت تابعی از دما در میدان‌های مغناطیسی مختلف.

نتایج حاصل از مطالعه مغناطش، $M(T)$ ، ابررسانای $\text{NdO}_{0.182}\text{F}_{0.118}\text{FeAs}$ با دمای بحرانی $T_c = 51/5 \text{ K}$ نشان داد که این ابررسانا در میدان‌های مغناطیسی کمتر از 50 kOe دیامغناطیس است ولی در میدان‌های مغناطیسی بزرگتر پارامغناطیس می‌شود. همچنین مشاهده شد که در میدان‌های مغناطیسی بزرگتر از 2 تسلا، چگالی جریان بحرانی در این ابررسانا تقریباً ثابت است.

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

5 K ، چگالی جریان بحرانی دارا وابستگی بسیار ضعیفی به میدان مغناطیسی بوده در حالی که برای $H > 2 \text{ T}$ تقریباً مستقل از میدان مغناطیسی است. اما برای دمای 20 K ، وابستگی چگالی جریان به میدان مغناطیس اندکی بیشتر است. این نتایج نشان می‌دهند که نیروی میخکوبی گردشاره‌ها در این ابررساناها بسیار بزرگتر از سایر ابررساناهای دمای بالا است.

میدان مغناطیسی بحرانی بالایی، H_{c2} ، بسیار بزرگ [۵] و ثابت بودن چگالی جریان بحرانی در میدان‌های مغناطیسی اعمالی بزرگ پیشنهاد می‌نماید که این ابررساناها می‌توانند دارای پتانسیل کاربردی بسیار بالایی باشند.

L L Sun, Z X Zhao, *Euro. Physics Letters* **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.

۹. شعبان رضا قربانی، شاولین ونگ، نهمین کنفرانس ماده چگال انجمن فیزیک ایران، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ۱۵-۱۶ بهمن (۱۳۸۷).

1. Y Kamihara, T Watanabe, M Hirano, and H 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* **453** (2008) 761.

4. G F Chen, et al., *Phys. Rev. Lett.* **100** (2008) 247002.

5. X L Wang, S R Ghorbani, G Peleckis, 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,