

## مقاومت الکتریکی حالت عادی ابررسانای $\text{NdBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ بر اساس مدل جفت پلارونی

قربانی، شعبان رضا؛ رستم آبادی، ابراهیم

گروه فیزیک دانشگاه تربیت معلم سبزوار، سبزوار

### چکیده

مقاومت الکتریکی ابررسانای بس بلور  $\text{NdBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  اندازه گیری شده است. برای تحلیل مقاومت الکتریکی حالت عادی از مدل پلارون (جفت پلارون) استفاده شده است. این مدل داده های تجربی را در دماهای نزدیک دمای بحرانی ابررسانایی به خوبی توصیف می کند. نتایج پیشنهاد می کند که ناحیه ی افت و نخیزهای ابررسانایی خیلی باریکتر از آنچه است که تا بحال انتظار می رفت.

## The normal state resistance of $\text{NdBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ Superconductor in the bipolaron Method

Ghorbani, S.R. ; Rostamabadi, E.

Physics Department, Tarbiat Moallem University of Sabzevar, Sabzevar

### Abstract

The electrical resistance of  $\text{NdBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  polycrystalline superconductor was measured. It was analyzed the resistance as a function of temperature with a polaron (bipolaron) model. An excellent agreement between model and data was obtained up to the temperature near the superconductivity critical temperature. The result was proposed that the superconducting fluctuation region be much narrower than that is expected in the usual sense.

PACS No. 70; 74;

وسیعی از دما، از مرتبه  $1000\text{K}$ ، که پراکنندگی جفت پلارون ها توسط فونونهای یک شبکه دو بعدی، دارای مقاومت خطی بر حسب دما است [۲]. سرانجام با توجه به جایگزیده شدن حاملها توسط بی نظمی هاز مدل پلارون (جفت پلارون) کوچک برای توصیف اثر هال و مقاومت الکتریکی YBCO استفاده گردید؛ براساس این مدل مقاومت الکتریکی و ضریب هال به صورت زیر هستند [۳]:

### مقدمه

بعد گذشت بیست سال از کشف ابررساناهای دمای بالا هنوز توصیف کاملی از مهمترین خواص غیر متعارف حالت عادی این ابررساناها ارائه نشده است. دو تا از این خواص وابستگی خطی مقاومت الکتریکی به دما و نحوه وابستگی ضریب هال به دما هستند. مات پیشنهاد کرد در صورتی که حامل ها به صورت جفت پلارون های اسپینی در نظر گرفته شوند می توان وابستگی دمایی ضریب هال را توضیح داد [۱]. سپس پیداشد که در گستره

حضور اکسیژن به مدت ۳ روز در دمای  $660^{\circ}\text{C}$  باز پخت شده و سپس با آهنگ  $12^{\circ}\text{C/hr}$  تا دمای اتاق سرد می شود.

اندازه گیری مقاومت الکتریکی با استفاده از ترکیب بندی ۴ پایه ی استاندارد انجام گردید. برای اتصالات الکتریکی از چسب نقره به صورت نوار باریک روی نمونه استفاده شد. به منظور بهبود مقاومت الکتریکی اتصال، نمونه در اتمسفر اکسیژن ب مدت نیم ساعت در دمای  $300^{\circ}\text{C}$  باز پخت و سپس سریعاً تا دمای اتاق سرد گردید. در نهایت توسط چسب نقره سیم نازک مسی به نقطه اتصال وصل شد. باین روش مقاومت الکتریکی  $1-2\Omega$  در محل اتصال به دست آمد که مقدار مناسبی جهت مقاومت اتصال است. اندازه گیری مقاومت نمونه با ابعاد  $3 \times 3 \times 11.73 \times 3.9181 \times 3.8197 \text{ \AA}$  صورت گرفت.

پراش به روش پودر اشعه X برای نمونه انجام گرفت و نتایج XRD نشان داد که نمونه تک فاز و دارای ساختار راست گوشه هست که با نتایج حاصل از XRD و پراش به روش پودر نوترون NRD [۹] برای نمونه توافق خوبی دارد.

## نتایج و تحلیل داده ها

شکل ۱ داده های مقاومت الکتریکی ابررسانای  $\text{NdBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7.8}$  را نشان می دهد. خط منقطع وابستگی خطی مقاومت به دما را در دماهای بالا نشان می دهد. در دمای  $T_F=110/5\text{K}$  انحراف از رفتار خطی مشاهده می شود که به عنوان دمای افت و خیز ابررسانایی شناخته شده است. برای برازش مدل جفت پلارونی نیاز به تعیین پارامتر  $b$  از روی داده های ضریب هال در معادله (۲) است. برای این منظور ضریب هال در دماهای مختلف اندازه گیری شد که نتایج آن در جدول (۱) ارائه شده است. از روی داده های جدول (۱) بر اساس معادله (۲) مقادیر متوسط  $b=0.04076$  و  $(n-n_i)=0.7364$  به دست آمد. با در نظر گرفتن مقدار  $b$  داده هابه معادله (۱) برازیده گردید (خط تو پر در شکل (۱)). برای سطح مقطع پراکندگی بوزون-بوزون نسبی مقدار  $\sigma_b=0.00908 \text{ K}$  به دست آمد. همان طور که در شکل (۱) دیده می شود، داده ها در گستره وسیعی از دما با این نظریه در توافق هستند. انحراف در برازش داده ها به مدل تا دمای

$$R = R_0 \frac{T + \sigma_b T^2}{1 + bT} \quad (1)$$

$$R_H = \frac{v_0}{2e(n - n_i)(1 + bT)} \quad (2)$$

که در آن  $\sigma_b$

سطح مقطع پراکندگی نسبی بوزون-بوزون،  $(n-n_i)(1+bT)$  تعداد حاملهای متحرک در واحد حجم سلول  $v_0$  است و  $R_0$  یک ثابت برازشی است.

در طی چند سال اخیر نتایج تجربی زیادی درچارچوب مدل فوق توضیح داده شده است. بعضی از نتایج عبارت انداز: پراکندگی رامان [۴]، وابستگی دمایی انرژی ارتعاشی اتمهای در گیر در ایجاد پلارون [۵]، نتایج XAFS حاصل از نحوه توزیع یونهای اکسیژن محوری، اکسیژنی که صفحه های  $\text{CuO}_2$  و زنجیرهای  $\text{CuO}_x$  رادر اکسیدهای ابررسانا جدا می کند [۶].

در این مقاله مقاومت الکتریکی حالت عادی بس بلور  $\text{NdBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7.8}$  اندازه گیری و از مدل جفت پلارون [۷و۸] برای تحلیل آن استفاده شده است. وقتی داده های تجربی به این مدل برازیده شد در یافتیم که نظریه در گستره بزرگ دمایی با داده های تجربی تا دمای خیلی نزدیک به  $T_c$  توافق خوبی را نشان می دهد. بنابراین پیشنهاد می شود که ناحیه افت و خیز خیلی باریکتر از آنچه است که تا بحال انتظار می رفت. این نتایج تفسیر خوبی از رفتار ویژه مقاومت حالت عادی ابررساناها را ارائه می دهد.

## آزمایش

نمونه  $\text{NdBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7.8}$  به روش پودر حالت جامد ساخته گردید. جهت ساخت از مواد اولیه  $\text{BaCO}_3$ ،  $\text{CuO}$ ،  $\text{Nd}_2\text{O}_3$  با درجه خلوص بالا استفاده شده است. پودرهای اولیه ابتدا با ترازوی دیجیتالی (با دقت  $1/10000$ ) وزن و سپس با دقت با هم مخلوط شدند. نمونه به صورت قرص سه بار به ترتیب در دماهای  $920$ ،  $900$  و  $920^{\circ}\text{C}$  پخت شد. در بین مراحل پخت قرصها آسیاب می شدند. برای بهینه کردن مقدار اکسیژن، نمونه در

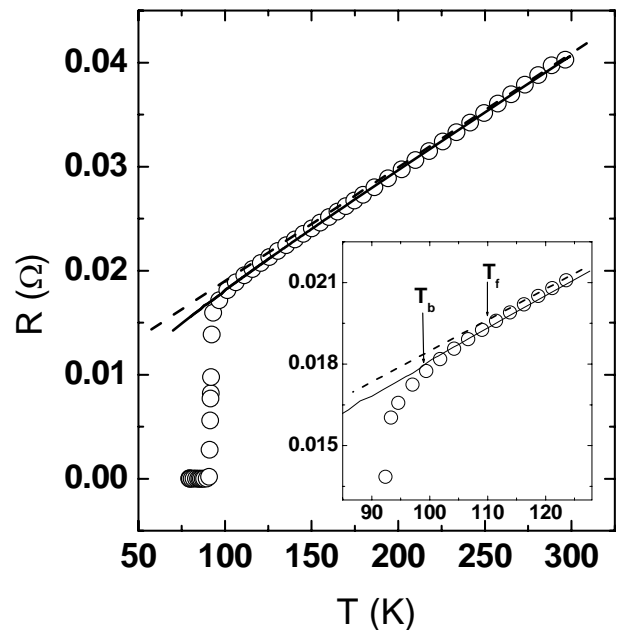
$T_b=98/6K$  که کمتر از دمای  $T_f$ ، دمایی که انحراف از وابستگی خطی مقاومت الکتریکی به دما را نشان می دهد، ادامه دارد. این نتایج نشان دهنده آن است که افت و خیز ابررسانایی کاملاً نزدیک به دمای بحرانی ابررسانایی  $T_c$  است. در حالی که بر اساس مدل های قبلی انتظار می رود که باید دمای  $T_f$  نسبت به  $T_b$  بزرگتر باشد. این تحلیل همراه با آزمایش های اخیر که نشان دهنده ناحیه همدوسی خیلی باریک در بالای دمای  $T_c$  [۸] هستند. از نظریه ی افت و خیز های ابررسانایی در دماهای بالا حمایت نمی کند و پیشنهاد می کند که ناحیه افت و خیز ابررسانایی در یک نمونه خیلی باریکتر از آنچه است که تا به حال انتظار می رفت که در توافق با نتایج حاصل از اندازه گیری خواص تراپردی YBCO است [۱۰].

جدول ۱. پارامترهای مدل جفت پلارونی در نمونه ۸ .  
**NdBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-δ</sub>**

T(K)	$R_H(\text{cm}^3/\text{C}) \times 10^{-3}$
۱۲۰	۲/۶۲۳۶
۱۵۰	۲/۰۸۸۸
۲۰۰	۱/۴۶
۲۳۰	۱/۱۹۴۵
۲۶۰	۱/۱۰۴۵

### مراجع

- [1] N.F. Mott, Philos. Mg. Lett. 52 (1990) 273.
- [2] A.S. Alexandrov. Physica C 182(1991) 327.
- [3] A.S. Alexandrov and N.F. Mott, Superconductor Sci. Technol. 6 (1993) 215.
- [4] S. Sugi, Physica C 185-189(1991)76
- [5] H.A. Mook, M. Mostoller, T.A. Harvey, N.W. Hill, B.C. Chakoumakos and B.S. Sales, Phys. Rev. Lett. 65 (1990) 2712
- [6] de Leon J. Mustre , S.D. Conradson , I. Batistic and A.R. Bishop , Phys. Rev. Lett. 65 (1990) 675.
- [7] A.S. Alexandrov and P.E. Kornilovitch, Phys. Lett. 82 (1999) 807.
- [8] A.S. Alexandrov, P.E. Kornilovitch and N.F. Moot, Phys. Rev. Lett. 72 (1994) 1734.
- [9] S.R. Ghorbani, M. Anderson, Ö.Rapp, Phys. Rev. B 69 (2004) 14503.
- [10] V.F. Gantmakher et al., JETP 88 (1999) 148.



شکل ۱. تغییرات مقاومت الکتریکی به صورت تابعی از دما برای نمونه **NdBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-δ</sub>**.