

مقاومت حالت عادی ابررسانای بسبلور Nd(Y)-123 آلاینده با آلیشهای خنثی

رستم آبادی، ابراهیم^۱؛ قربانی، شعبان رضا^۲

^۱گروه فیزیک، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کنگاور

^۲گروه فیزیک، دانشگاه تربیت معلم سبزوار، سبزوار

چکیده

ترکیبات بسبلور ابررسانای $Nd_{1-x}Ca_xBa_{2-x}La_xCu_3O_{7-\delta}$ و $Nd_{1-2x}Ca_xPr_xBaCu_3O_{7-\delta}$ به روش استاندارد حالت جامد ساخته شدند. مقاومت الکتریکی به صورت تابعی از دما و غلظت آلیش اندازه‌گیری شده است. برای تحلیل داده‌های تجربی از مدل پدیده‌شناختی جفت پلارونی استفاده شد. مدل جفت پلارونی داده‌های تجربی مقاومت الکتریکی تا نزدیکی دمای بحرانی را بخوبی توصیف و پیشنهاد می‌کند که جایگزیدگی حاملها یکی از دلایل اصلی از بین رفتن ابررسانایی در این ترکیبات است. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که جرم جفت پلارونها به عامل پراکنندگی، انرژی فونونها اپتیکی و همچنین پایه این ترکیبات را بستگی دارد.

The normal state resistivity of the neutral doped Nd(Y)-123 superconductors

Rostamabadi, E.¹; Ghorbani, S. R.²

¹Department of Physics, Islamic Azad University, Kangavar

²Department of Physics, Sabzevar Tarbiat Moalem University, Sabzevar

Polycrystalline samples of $Nd_{1-2x}Ca_xPr_xBaCu_3O_{7-\delta}$ and $Nd_{1-x}Ca_xBa_{2-x}La_xCu_3O_{7-\delta}$ superconductors were prepared by the standard solid state reaction. The resistivity was measured as a function of temperature and doping concentration. Experimental data were analyzed by the phenomenological bipolaron model up to the near critical temperature. Results were suggested that carrier localization is the main results for suppression of superconductivity. It was also found that bipolarons mass are depended on the scattering factor, optical phonon energy, and rare earth elements in cuprate superconductors.

PACS No. 74.20

تعداد حاملها معمولی افزایش شدیدی می‌یابد [۱]. بنابراین در این ناحیه مقاومت الکتریک انحراف اندکی به سمت پایین خواهد داشت.

مدل جفت پلارونی توجه ویژه‌ای به برهمکنش قوی الکترون-فونون در ابررساناهای دمایی بالا دارد. مات و الکساندروف بر اساس جفت پلارونها مدل ساده‌ای را برای کوپراتها ارائه دادند [۲]. در این مدل جفت پلارونها در اثر برهم کنش پلارونها (حفره‌ها) با

مقدمه

مقاومت الکتریکی عموماً آسانترین و سر راست‌ترین روش برای بدست آوردن اطلاعات مفیدی درباره کیفیت نمونه، خواص حالت عادی، دمای شبه‌گاف، T^* ، و دمای بحرانی حالت ابررسانایی است. تشکیل جفت‌های کوپر در اثر افت و خیزهای گرمایی در دماهای تقریباً دو برابر دمای بحرانی دمایی افت و خیز، T_F ، آغاز می‌شود و در دماهای نزدیک به دمای بحرانی تعداد آنها نسبت به

۱/۱۰۰۰۰ گرم) وزن و سپس با دقت با هم مخلوط شدند. نمونه‌ها به صورت قرص سه بار به ترتیب در دماهای ۹۰۰، ۹۲۰، ۹۲۰°C پخت شدند. در بین مراحل پخت قرصها آسیاب می‌شدند. برای بهینه کردن مقدار اکسیژن، نمونه‌ها در حضور اکسیژن به مدت ۳ روز در دمای ۴۶۰°C باز پخت شده و سپس با آهنگ ۱۲ °C/hr تا دمای اتاق سرد شده است.

مقاومت الکتریکی با استفاده از ترکیب ۴ پایه‌ای استاندارد اندازه‌گیری شد. نتایج پراش به روش پودر اشعه‌ی X نمونه‌ها نشان داد که تمام نمونه‌ها تک فاز و دارای ساختار ۱۲۳-راست-گوشه هستند که با نتایج حاصل از NRD [۸] توافق خوبی دارد.

نتایج و تحلیل داده‌ها

مقاومت الکتریکی بس‌بلورهای $Nd_{1-x}Ca_xBa_{2-x}La_xCu_3O_{7-\delta}$ و $Nd_{1-2x}Ca_xPr_xBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ به صورت تابعی از دما و غلظت آلاینش در شکل (۱) نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهند که با افزایش غلظت آلاینش مقاومت ویژه الکتریکی بس‌بلور افزایش می‌یابد که نشان دهنده کاهش خاصیت فلزی نمونه‌ها با افزایش غلظت آلاینش است. مقاومت الکتریکی نمونه‌ها در بازه دمایی T_C تا ۳۰۰K به صورت خطی نسبت به دما تغییر می‌کند.

تحلیل داده‌های تجربی بر اساس مدل جفت پلارونی

داده‌های تجربی مقاومت الکتریکی به مدل جفت پلارونی (رابطه (۱)) برازیده شدند. خطوط توپیر در شکل ۱ نتایج برازش را نشان می‌دهند. همانطور که مشاهده می‌شود مدل بخوبی داده‌های تجربی را تا نزدیکی دمای بحرانی، دمای T_{f-b} ، توصیف می‌کند؛ بطوریکه بازه تغییرات دمایی ناحیه افت و خیزهای ابررسانایی بسیار باریک خواهد بود.

پارامترهای برازشی به دست آمده بر اساس مدل جفت پلارونی در جدول (۱) آورده شده است. دمای شبه‌گاف در نزدیکی دمای افت خیزهای ابررسانایی را نمی‌توان با اطمینان تعیین کرد. به همین منظور برابر دمای افت و خیز در نظر گرفته شد، $T^*=T_f$.

فونونهای اپتیکی تشکیل می‌شوند و نوع حاملها در حالت‌های عادی و ابررسانایی تغییر نمی‌کند. حالت ابررسانایی بر اثر چگالش بوز - انشتین جفت پلارونهای باردار، با بار الکتریکی $2e$ رخ می‌دهند [۳]، و پراکندگی‌های موثر بوزون-بوزون و بوزون-فونون اپتیکی عامل کاهش رسانایی در حالت عادی هستند. بر اساس این مدل مقاومت الکتریکی ویژه در صفحه‌های CuO_2 به صورت زیر بدست آمده است [۴]:

$$\rho = \rho_0 \frac{(T/T_i)^2 + \exp(-\omega/T)}{[1 + A(T/T_c)^{1/2} \exp(-T^*/T)]} \quad (1)$$

که در آن

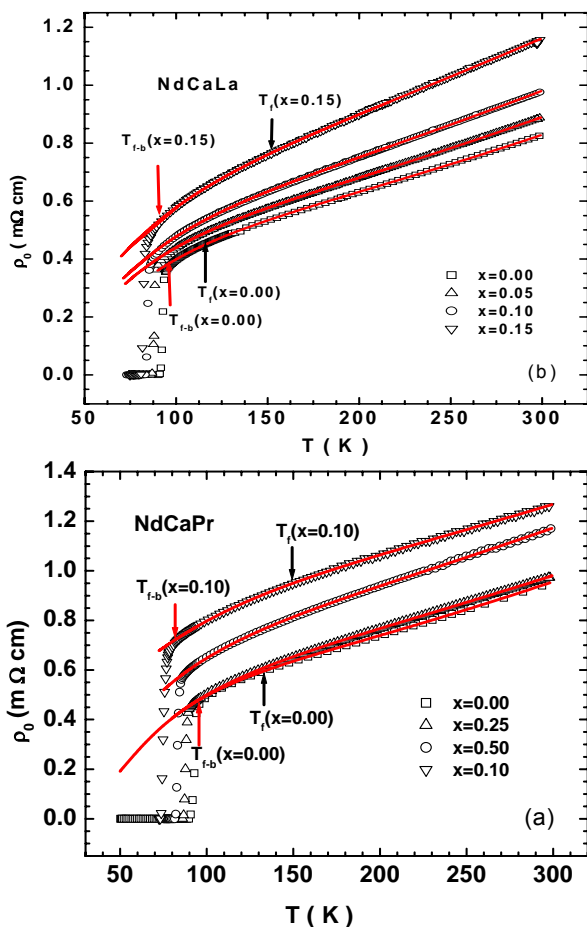
$$\begin{aligned} \rho_0 &= \frac{bm_b}{2e^2(x-n_L)} & T_i &= (b/a)^{1/2} \\ A &= (m_b/m_p)^{3/2} & \tau^{-1} &= aT^2 + b\exp(-\omega/T) \\ y &= 1 - \exp(-T_0/T) & T_0 &= \pi(x-n_L)/m_b \approx T_c \end{aligned} \quad (2)$$

و m_b و m_p برترتیب جرم جفت پلارون و پلارون، T^* دمای شبه-گاف، ω انرژی فونون نوری، a ضریب پراکندگی غیر کشسان حاملهای بار توسط حامل‌های جایگزیده شده (بوزونها) و b ضریب پراکندگی توسط فونونها اپتیکی است. این پراکندگی‌ها باعث کاهش زمان واهلش در نتیجه افزایش مقاومت الکتریک می‌شوند. چگالی حامل‌های جایگزیده شده توسط بی‌نظمی در سلول واحد هستند. مدل جفت پلارونی با در نظر گرفتن جایگزیدگی حاملها توسط بی‌نظمی‌ها مقاومت الکتریکی ترکیبات ۱۲۳-RE را توصیف می‌کند [۵]. این مدل وابستگی غیر خطی مقاومت الکتریکی صفحات CuO_2 در ناحیه پایین‌تر از دمای شبه-گاف، T^* ، را توصیف می‌کند [۶].

در این مقاله مقاومت الکتریکی حالت عادی با جایگزینی آلاینش خشی در بس‌بلورهای $Nd_{1-2x}Ca_xPr_xBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ و $Nd_{1-x}Ca_xBa_{2-x}La_xCu_3O_{7-\delta}$ به صورت تابعی از دما و آلاینش اندازه‌گیری و از مدل جفت پلارونی [۴ و ۷] برای تحلیل داده‌ها استفاده شده است. این مدل داده‌های تجربی را در گستره بزرگ دمایی تا دمای نزدیک به دمای بحرانی به خوبی توصیف می‌کند.

آزمایش

نمونه‌های بس‌بلور $Nd_{1-2x}Ca_xPr_xBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ و $Nd_{1-x}Ca_xBa_{2-x}La_xCu_3O_{7-\delta}$ به روش استاندارد حالت جامد ساخته شدند. پودر مواد اولیه ابتدا با ترازوی دیجیتالی (با دقت



شکل ۱: مقاومت الکتریکی بسیلور (a) $Nd_{1-2x}Ca_xPr_xBa_2-xCu_3O_{7-\delta}$ و (b) $Nd_{1-x}Ca_xBa_{2-x}La_xCu_3O_{7-\delta}$ به صورت تابعی از دما و غلظت آلیش. خطوط توپر برازش داده‌ها بر اساس مدل جفت پلارونی رابطه (۱) است.

جدول ۱: پارامترهای بدست آمده از برازش داده‌ها تجربی به رابطه (۱).

x	T_c	ω	ρ_0	A	T_I
NdCaBaLaCuO					
۰.۰	۹۲.۸	۱۵۵	۱.۸۷	۳.۲	۲۵۵.۹
۰.۰۵	۸۷.۹	۲۰۸	۴.۰۹	۶.۷	۲۶۰.۵
۰.۱	۸۳.۵	۲۲۶	۵.۶	۷.۳	۲۷۹.۴
۰.۱۵	۸۲.۱	۲۵۶	۱۱.۵۱	۱۰.۷	۳۵۳.۶
NdCaPrBaCuO					
۰.۰	۹۲.۵	۱۶۳	۲.۸۲	۴.۷	۲۷۴.۱
۰.۰۲۵	۸۷.۸	۲۴۳	۸.۳۷	۹.۷	۳۱۳.۷
۰.۰۵	۸۳.۳	۲۶۴	۱۸.۹۴	۱۶.۲	۳۲۱.۶
۰.۱۰	۷۵.۳	۲۸۳	۷۴.۷۷	۴۴.۵	۴۳۲.۳

بنابراین برای $Nd_{1-2x}Ca_xPr_xBa_{2-x}Cu_3O_{7-\delta}$ و $Nd_{1-x}Ca_xBa_{2-x}La_xCu_3O_{7-\delta}$ به ترتیب برابر ۱۳۴ و ۱۴۰ T^* است. با استفاده از پارامتر A نسبت جرم جفت پلارون به پلارون محاسبه گردید. تغییرات نسبت جرم جفت پلارون به پلارون بر حسب تغییرات آلیش در شکل ۲ آورده شده است. برای هر دو آلیش CaPr و Ca-La تغییرات نسبت جرمها تقریباً خطی است. جهت مقایسه نتایج مربوط به $Y_{1-2x}Ca_xTh_xBa_2Cu_3O_7$ نیز به شکل ۲ افزوده شده است بطوریکه در آلیش CaTh روند مشخصی مشاهده نمی‌شود. اما بر اساس مدل جفت پلارونی روند تغییرات نسبت جرمها با تغییر آلیش بصورت زیر است:

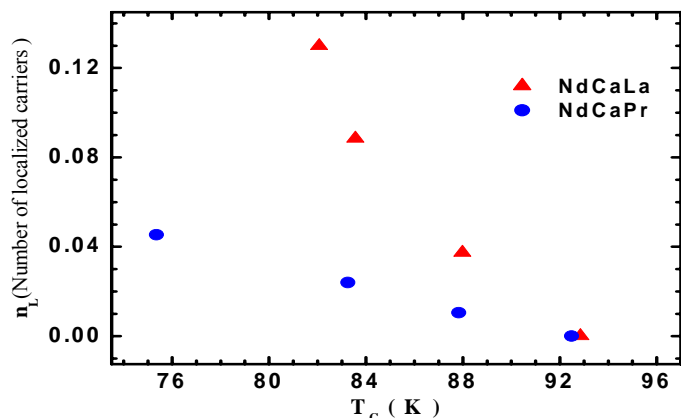
$$m_b/m_p^{CaLa}(x) < m_b/m_p^{CaTh}(x) < m_b/m_p^{CaPr}(x)$$

مدل رفتار مشابهی را برای پارامتر ω در نمونه‌ها نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل (۳) نشان داده شده است این تغییرات می‌تواند بیان‌کننده وابستگی نسبت جرمها به انرژی فونونهای اپتیکی باشد. نسبت جرمها در پایه‌های متفاوت رفتارهای متفاوتی از خود نشان می‌دهند بطوریکه می‌توان گفت که نسبت جرمها علاوه بر انرژی فونونهای اپتیکی به پایه بسیلورها نیز بستگی دارد.

یکی از دلایلی این تغییرات می‌تواند عوامل موثر در پراکندگی‌ها باشد که در دو نمونه با پایه Nd عامل غالب پراکندگی فونونهای اپتیکی هستند در حالی که در نمونه با پایه Y عامل غالب پراکندگی توسط بوزونهاست.

به بیان دیگر در بسیلورهایی که عامل غالب در پراکندگی‌ها فونونهای اپتیکی باشند تابعیت جرمها به صورت تابعی خوشرفتار خواهد بود.

طبق نتایج جدول ۱ پارامتر ρ_0 با افزایش آلیش افزایش می‌یابد که نشان‌دهنده افزایش مقاومت ویژه الکتریکی و کاهش خاصیت فلزی نمونه‌ها است. این نشان می‌دهد که با افزایش آلیش چگالی حامل‌ها کاهش می‌یابد.



شکل ۴: چگالی حامل‌های جایگزیده ترکیبات با آرایش‌های ختشی بر حسب دمای بحرانی.

نتیجه گیری

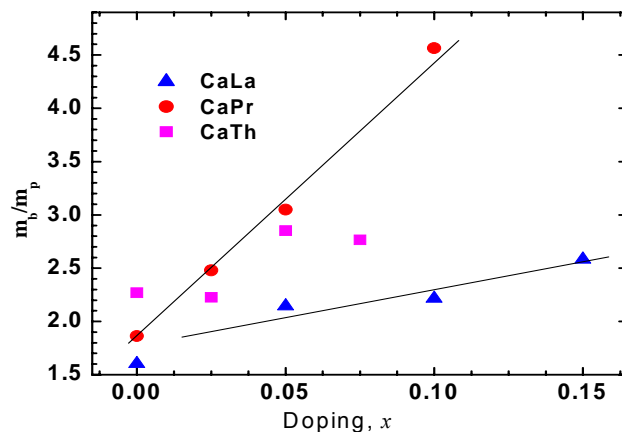
مقاومت الکتریکی ابررساناهای مسی آلییده به آلینده‌های ختشی به صورت تابعی از دما و غلظت آرایش اندازه گیری شد. نتایج با استفاده از مدل جفت پلارون تحلیل شد. نتایج به دست آمده نشان داد که عامل موثر در پراکندگی‌ها برای دو نمونه با پایه Nd فونونهای اپتیکی هستند در حالی که در نمونه با پایه Y عامل غالب پراکندگی توسط بوزونهاست. همچنین جایگزیدگی حاملها که یکی از دلایل اصلی از بین رفتن ابررسانایی در این ترکیبات است.

مرجع‌ها

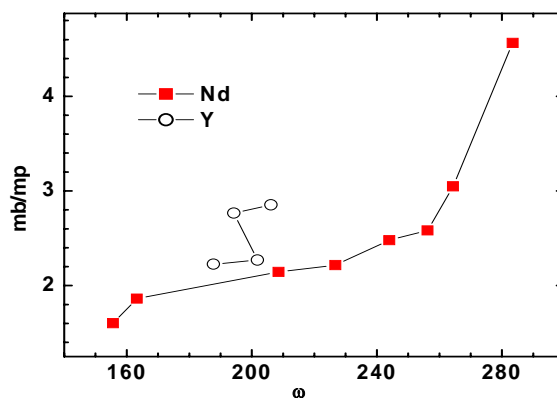
1. D. K. Aswal, A. Singh, S. Sen, M. Kaur, C. S. Viswandham, G. L. Goswami, S. K. Gupta, *Journal of physics and chemistry of solids*, **63** (2002) 1797
2. A S Alexandrov *Phys. Rev. B* **53** (1996) 2863.
3. A S Alexandrov and N F Mott, *J. Supercond.* **7** (1994) 599.
4. N.F. Mott, *Physica C* **205** (1993) 191
5. A. S. Alexandrov. *Physica C* **182** (1991) 327.
6. V. N. Zavaritsky et al., *Europhys. Lett.* **60** (2002) 127.
7. A. S. Alexandrov, V. N. Zavaritsky and S. Dzhumanov, *Phys. Rev. B* **69** (2004) 052505.
8. P. Lundqvist et al., *Physica C* **269** (1996) 231.
9. B. Lundqvist et al., *Phys. Rev. B* **56** (1997) 2824.
10. A. S. Alexandrov and P E Kornlovitch, *Phys. Latt.* **60** (1999) 807.
11. M. Andersson, Ö. Rapp and R. Tellgren, *Solid State Commun* **81** (1992) 425.

۱۲- قربانی شعبان رضا و رستم آبادی ابراهیم؛ مجله پژوهش فیزیک ایران جلد ۷ شماره ۴ زمستان

۱۳۸۶ صفحه ۱۸۹.



شکل ۵: تغییرات نسبت جرم جفت پلارون به پلارون بر حسب تغییرات آرایش. نتایج مربوط به $Y_{1-2x}Ca_xTh_xBa_{2-x}Cu_3O_7$ از مرجع ۱۲ گرفته شده اند.



شکل ۶: تغییرات نسبت جرم جفت پلارون به پلارون بر حسب انرژی فونونهای اپتیکی.

چگالی حامل‌های جایگزیده با توجه به روابط (۲) و مقادیر به دست آمده برای پارامترهای برازشی محاسبه گردید. چگالی حامل‌های جایگزیده برابر اختلاف چگالی حاملها در آرایش X با مقدار آن در آرایش $n_L = n_L(x) - n_L(x=0), x=0$ است. تغییرات n_L بر حسب دمای بحرانی نمونه‌ها در شکل (۴) نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش تراکم آرایش X، دمای بحرانی کاهش و چگالی حامل‌های جایگزیده افزایش می‌یابد. بنابر این بدلیل ختشی بودن این آرایشها نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که افزایش تراکم حامل‌های جایگزیده عامل اصلی از بین رفتن ابررسانایی در این ترکیبات خواهد بود.