

## توان گرماالکتريسيته حالت عادي ابرساناهای



قربانی ، شعبان رضا؛ رستم آبادی، ابراهيم

گروه فیزیک دانشگاه تربیت معلم سبزوار، سبزوار

### چکیده:

ترکیبات بس بلوری ابرسانای  $\text{NdBa}_{2-x}\text{La}_x\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  به روش استاندارد پودر حالت جامد ساخته شده اند. توان گرما الکتريسيته،  $S$ ، به صورت تابعی از دما و غلظت آلايش در بازه آلايش  $0.1 \leq x \leq 0.3$  مطالعه شده است. توان گرماالکتريسيته ترکیبات  $\text{NdBa}_{2-x}\text{La}_x\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  و  $T_{\max}$  دمایی که در آن  $S$  بیشینه است؛ با افزایش غلظت آلايش افزایش می یابند. تغییرات توان گرماالکتريسيته در دمای اتاق  $S_{290K}$  برحسب آلايش نشان می دهد که با افزایش آلايش چگالی حاملهای بار در صفحات بصورت خطی تا آلايش  $x=0.2$  کاهش می یابد و برای  $x \geq 0.2$  آهنگ کاهش چگالی کمتر می شود.

## The normal state thermoelectric power of $\text{NdBa}_{2-x}\text{La}_x\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ Superconductor

Ghorbani, S.R. ; Rostamabadi, E.

Physics Department, Tarbiat Moallem University of Sabzevar, Sabzevar

### Abstract

Polycrystalline superconductor samples with the composition  $\text{NdBa}_{2-x}\text{La}_x\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  with  $0 \leq x \leq 0.3$  were prepared by a standard solid state powder processing technique. The thermoelectric power  $S$  was studied as a function of temperature and doping concentration. The thermoelectric power and  $T_{\max}$ , which is shown the temperature at the maximum of the thermoelectric power, were increased by increasing doping concentration. The room temperature thermoelectric power  $S_{290K}$  were shown that hole density the  $\text{CuO}_2$  plane decreased with increasing doping concentration up to  $x=0.2$  and this trend was broken for  $x \geq 0.2$ .

PACS No. 74 ; 74.25

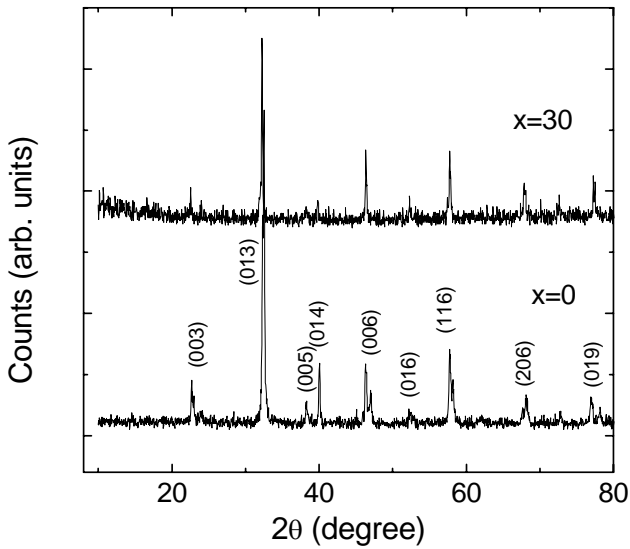
دهد. بر اساس مطالعات وسیع صورت گرفته روی توان گرماالکتريسيته ی حالت عادی ابرساناهای دمای بالا یک رابطه جهانی بین توان گرماالکتريسيته در دمای اتاق  $S_{290K}$  و چگالی حاملها به صورت زیر است [۱]:

$$S_{290K} = 992 \exp(-38.1p) \quad (1)$$

که در آن  $p$  چگالی حفره ها در داخل صفحات  $\text{CuO}_2$  به ازای هر اتم  $\text{Cu}$  است. این رابطه برای  $0.155 \leq p \leq 0.05$  معتبر است. برای سایر مقادیر  $p$  از روابط دیگری استفاده می شود.

### مقدمه

بعد از گذشت دو دهه از کشف ابرساناهای دمای بالا هنوز دلایل رفتار نامتعارف این مواد در حالت عادی مشخص نشده است. یکی از روشهای مناسب برای بررسی این خواص اندازه گیری خواص تراپردی الکتريکی است. توان گرماالکتريسيته یکی از خواص بسیار حساس برای بررسی این رفتار غیر متعارف است؛ که اطلاعات مفیدی در باره خواص تراپردی حاملها، توزیع بار و ساختار نواری در ابرساناهای دمای بالا به ما می



شکل ۱: الگوهای پراش مربوط غلظت آلایش (X) صفر و ۰/۳ برای ابرساناهای  $NdBa_{2-x}La_xCu_2O_{7-d}$

توان گرماالکتريسيته با استفاده از یک نگهدارنده نمونه ها [V] که توانایی اندازه گیری همزمان دو نمونه را داشت در آزمایشگاه حالت جامدانيسيتو تکنولوژی رویال کشور سوئد صورت گرفت. از قرصهای پخت شده نمونه های میله ای شکل به ابعاد  $0.5 \times 2.4 \times 11 \text{ mm}^3$  جدا و توسط چسب نقره مستقیماً به دو بلوک مسی با دماهای متفاوت متصل شدند. توسط دو گرم کننده مس نگهدارنده، یک گرادیان دمایی تناوبی در طول نمونه ایجاد می شود. برای تعیین توان گرماالکتريسيته در طی هر پریود اختلاف ولتاژ  $\Delta V$  به ازای گرادیان های  $\Delta T$  متفاوت اندازه گیری می شود. شیب خط راست برازش شده به داده های  $\Delta V - \Delta T$  در هر پریود برابر توان گرماالکتريسيته ناشی از نمونه و سیمهای مسی متصل به آن است. با تصحیح سهم سیمهای مسی توان گرماالکتريسيته نمونه ها بدست می آید. برای اندازه گیری از یک گرادیان دمایی برگشت پذیر کوچک تا  $1.5 \text{ K}$  استفاده گردید.

### نتایج و تحلیل داده ها

نتایج اندازه گیری توان گرماالکتريسيته به صورت تابعی از دما و تراکم آلایش برای نمونه های  $NdBa_{2-x}La_xCu_2O_{7-d}$  در شکل ۲

توان گرماالکتريسيته همچنین ابزار بسیار ساده ای جهت تشخیص سهم زنجیره های  $CuO_x$  و صفحات  $CuO_2$  در خواص تراپردی ابرساناهای دمای بالا در حالت عادی است. بطوریکه سهم زنجیره های  $CuO_x$  در توان گرماالکتريسيته دارای شیب مثبت در حالی که سهم صفحات  $CuO_2$  معمولاً شیب منفی است [۵-۱].

در بین عناصر ۳ و ۲ ظرفیتی تنها عناصر  $Sr^{+2}$  و  $La^{+3}$  در جایگاه  $Ba^{+2}$  در ترکیبات ۱۲۳ قرار می گیرند [۶]. انتظار می رود با جانشانی  $La^{+3}$  در جایگاه  $Ba^{+2}$  چگالی حفره ها در صفحات  $CuO_2$  کاهش یابد زیرا الکترون اضافی به صفحات تزریق می کند.

در این مقاله برای بررسی تغییرات جانشانی آلایش  $La^{+3}$  در جایگاه  $Ba^{+2}$  در ترکیبات  $NdBa_{2-x}La_xCu_2O_{7-d}$  با  $0.1 \leq x \leq 0.3$  توان گرماالکتريسيته بصورت تابعی از دما و آلایش اندازه گیری شده است. از روی  $Sr_{20}K$  چگالی حفره ها در داخل صفحات  $CuO_2$  تعیین می شود.

### آزمایش

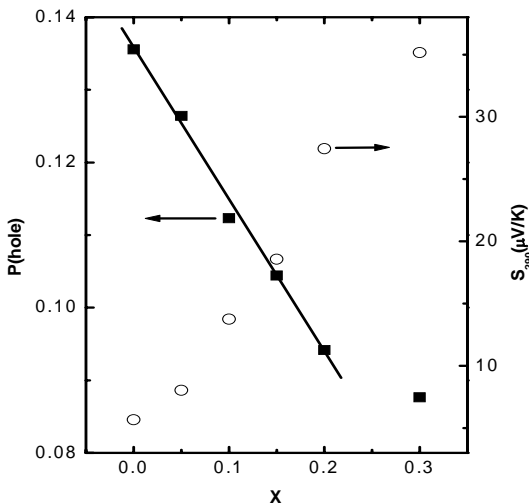
نمونه های  $NdBa_{2-x}La_xCu_2O_{7-d}$  با  $0.1 \leq x \leq 0.3$  به روش استاندارد پودر حالت جامد ساخته شدند. جهت ساخت از مواد اولیه  $BaCO_3$ ،  $Nd_2O_3$ ،  $La_2O_3$  و  $CuO$  با درجه خلوص بالا استفاده شده است. پودر مواد اولیه ابتدا با ترازو دیجیتالی (با دقت  $1/10000$ ) وزن و سپس با دقت با هم مخلوط شدند. نمونه ها به صورت قرص سه بار به ترتیب در دماهای  $920$ ،  $900$  و  $920^\circ C$  پخت شدند. در بین مراحل پخت قرصها آسیاب می شدند. برای بهینه کردن اکسیژن، نمونه ها در حضور اکسیژن به مدت ۳ روز در دمای  $660^\circ C$  باز پخت شده و سپس با سرعت  $12^\circ C/hr$  تا دمای اتاق سرد شده است.

پراش به روش پودر اشعه X (XRD) برای نمونه ها انجام گرفت. الگوی پراش مربوط به نمونه بدون آلایش ( $x=0$ ) و بالاترین غلظت آلایش ( $x=0.3$ ) در شکل ۱ نشان داده شده است. نتایج XRD نشان می دهد که تمام نمونه ها تک فاز بوده و دارای ساختار ۱۲۳ راست گوشه هستند.

وابستگی توان گرماالکتریسته در دمای اتاق  $S_{290K}$  و چگالی حفره ها در صفحات  $CuO_x$  بر حسب غلظت آلیش در شکل ۳ نشان داده شده است.

چگالی حفره ها از روی  $S_{290K}$  با استفاده از رابطه تجربی پیشنهاد شده بین توان گرماالکتریسته در دمای اتاق و چگالی حفره ها در داخل صفحات  $CuO_x$  [۱] محاسبه شده است. همانطور که در شکل ۳ نشان داده شده است چگالی حفره ها با افزایش آلیش به صورت خطی تا  $x=0.2$  با آهنگ  $\sim 0.2 dp/dx$  کاهش می یابد بجز در  $x=0.3$  که از حالت خطی خارج شده است. در  $x=0.3$  با تغییر آلیش آهنگ کاهش چگالی حفره ها کمتر شده است.

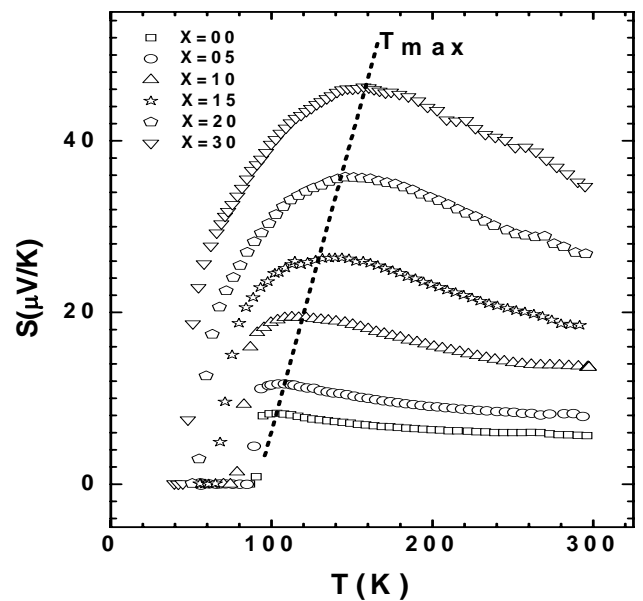
توان گرما الکتریسته  $S$  و  $T_{max}$  در ترکیبات ابررسانا  $NdBa_{1-x}La_xCu_0O_{7-\delta}$  نشان می دهند که با افزایش غلظت آلیش  $T_{max}$  و  $S$  افزایش می یابند. لذا افزایش آلیش  $La^{+3}$  در این ترکیبات منجر به کاهش چگالی حاملهای بار در نتیجه کاهش خاصیت فلزی می شود. وابستگی گرماالکتریسته به دما پیشنهاد می کند که در این ترکیبات زنجیره های  $CuO_x$  سهم چندانی در خواص تراپردی ندارند چون تغییرات گرماالکتریسته بر حسب دما برای تمام نمونه ها منفی است.



شکل ۳: توان گرماالکتریسته در دمای اتاق (مقیاس طرف راست) و چگالی حفره ها (مقیاس طرف چپ) بر حسب آلیش. خط راست برآزش چگالی حفره ها را بر حسب غلظت آلیش نشان می دهد.

نشان داده شده است. همانطور که در شکل دیده می شود افزایش غلظت آلیش منجر به افزایش توان گرماالکتریسته می شود.

توان گرماالکتریسته  $S$  برای همه ی نمونه ها در تمام بازه های دمایی از دمای بحرانی ابررسانا تا دمای  $300 K$  مثبت و با افزایش آلیش افزایش می یابد. در دمای اندکی بزرگتر از دمای بحرانی مقدار  $S$  به صورت نسبتاً شدیدی افزایش می یابد تا به یک مقدار بیشینه  $S_{max}$  در دمای  $T_{max}$  می رسد. سپس تا دمای اتاق به صورت تقریباً خطی کاهش می یابد. چون شیب تغییرات توان گرماالکتریسته بر حسب دما برای تمام نمونه ها منفی است نتایج شکل ۲ نشان می دهند که صفحه های  $CuO_x$  سهم غالب را در خواص تراپردی دارند.



شکل ۲: وابستگی توان گرماالکتریسته به دما و غلظت آلیش برای ترکیبات ابررسانا  $NdBa_{1-x}La_xCu_0O_{7-\delta}$ .

یکی دیگر از مشخصه های  $S$  تغییرات  $T_{max}$  با چگالی حفره ها است. شکل ۱ نشان می دهد که با افزایش غلظت آلیش  $T_{max}$  نیز افزایش می یابد؛ چون تغییرات  $T_{max}$  و چگالی حفره ها در صفحات  $CuO_x$  دارای تغییرات مخالف هم هستند [۸]. بنابراین تغییرات  $T_{max}$  کاهش چگالی حفره ها را در صفحات  $CuO_x$  پیشنهاد می کند.

## مراجع:

1. J.L. Tallon, C. Bernhard, H. Shaked, R.L. Hitterman, and J.D. Jorgensen, *Phys. Rev. B* **51** (1995) 12911.
2. S.D. Obertelli, J.R. Cooper and J.L. Tallon, *Phys. Rev. B* **46** (1992) 14928.
3. J.L. Tallon, et. al., *Phys. Rev. Lett.* **75** (1995) 4114.
4. J.W. Cochrane, G.J. Russel and D.N. Matthews, *Physica C* **232** (1994) 89.
5. G.V.M. Williams, M. Staines, J.L. Tallon and R. Meinhold, *Physica C* **258** (1991) 2418.
6. H. Fjellvåg, et. al., *Physica C* **162-164**, 49 (1989).
7. S.R. Ghorbani, "Structural and Electrical Transport Properties of Doped Nd-123 Superconductors", PhD thesis. TRITA-FYS 5284, Royal Institute of Technology, Sweden (2002).
8. J.S. Zhou and J.B. Goodenough, *Phys. Rev. B* **52**, 3104 (1995).