SID

فیلم های آموزشی

سامانه ویراستاری STES

بلاگ مرکز اطلاعات علمی

کارگاه های آموزشی

سرویس ترجمه تخصصی

ابزارهای پژوهش

کارگاه‌های آموزشی مرکز اطلاعات علمی

آموزش نرم‌افزار Word برای پژوهشگران

روش تحقیق کمی

آموزش مهارت‌های کاربردی در تدوین و چاپ مقالات ISI

Archive of SID

ویژگی بلوری و فیزیکی ابررساناهای دمای بالای جدید با پایه Y

رسول زاده، سعید[۱]؛ مظاهری، مجتبی[۲]؛ فیاض، وحید[۳]

[۱]گروه فیزیک،پردیس تحصیلات تکمیلی‌علوم و تحقیقات‌همدان، ایران

[۲]گروه فیزیک، دانشگاه صنعتی همدان، همدان، ایران

گروه فیزیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان، ایران

چکیده

اخیراً تعدادی ابررسانای دمای بالای کوپراتی با پایه Y، مانند Y۳۵۸ و Y۲۵۷ کشف شده که دمای گذار بالاتر از دمای گذار ترکیب Y۱۲۳ دارند. دسته بندی جرم و چینش لایه ها در ساختار بلوری و استوکیومتری ترکیب های ابررسانای کوپراتی با پایه Y نظم خاصی را دنبال می کنند. در این مقاله ناترازمندی جرم صفحه ای درسلول واحد و استوکیومتری ترکیبهای جدید ابررسانای دمای بالا با پایه Y و تاثیر آنها بر دمای گذار را مورد مطالعه قرار می دهیم. در این ترکیبها صفحه های متوالی سبک و سنگین در سلول واحد نقشی مهم در رفتار ترکیبهای ابررسانای با پایه Y دارند.

Crystalline and Physical Properties of New Y-based high Temperature Superconductors

Rasoulzadeh ,Saeed[1] ,Mazaheri , Mojtaba[2], Fayaz, Vahid[3]

[1]Department of Physics, Science and ResearchCampusGraduateProvince, Hamedan, Iran

[2] Department of Science, Hamadan University of Technology,Iran

[3]Department of Physics,Islamic Azad University, Hamadan Branch,Iran

Abstract

Recently some new Y-based high temperature superconductors are discovered by higher transition temperature than well known Y123, such as Y358 and Y257.The classification of mass of alternating layers and stochiometry of Y-based HTSC compounds follow the specific order. In this Paper, we have investigated the planar mass ratio (PMR) and stochiometry in new Y-based HTSC compounds and their effects on transition temperature. Successive light and heavy planes play the important role displaying similar behavior inY-based HTSCs.

PACS No.: 70, 72, 74

مقدمه

در سال ۱۹۸٦ م اولین ابررسانای دمای بالا توسط بدنورز و مولر [۱] در سیستم کلوخه ای La۱۲٤ با دمای گذار ۳۰k گزارش شد.به دنبال این کشف چو و همکارانش [۲] نیز ترکیب ابررسانای $YBa_2Cu_3O_7$ را با دمای گذار ۹۲k درسال ۱۹۸۷ گزارش دادند.یک سال بعد از کشف ترکیب Y۱۲۳، ترکیب Y۱۲٤ و نیز ترکیب Y۲٤۷ به عنوان اعضای دیگری از خانواده YBCO کشف شدند که به ترتیب دمای گذار ٤۰K و ۸۰k دارند [۳] همه این ترکیبهای کوپراتی دارای زنجیره های CuO و صفحه های CuO_2

www.SID.ir

Archive of SID

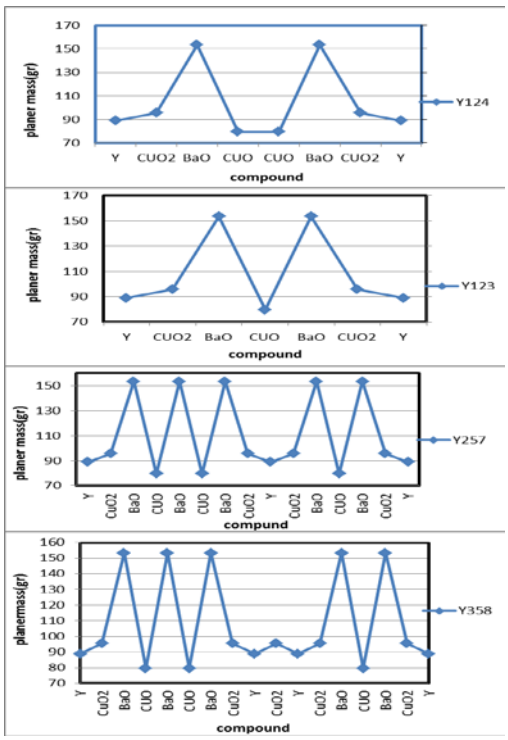
هستند و هچنین در این نوع ابررساناها صفح ه های CuO_2 که اکسیژن جفت شده دارند نقش مهمی دارند. ترکیب Y۱۲۳، ترکیبی ابررسانا بادمای گذار ۹۲K است، سلول واحد اینترکیب شامل یک لایه Y، دو صفحه BaO و سه صفحه CuO_2 است. همچنین ساختار بلوری ترکیب Y۲٤۷ با دمای گذار ٤۰k، شامل یک صفحه CuO_2، دو لایه BaO، یک زنجیره و یک جفت زنجیره CuO می باشد. بدین ترتیب ترکیب Y۱۲٤، یک اتم Y و دو صفحه BaO و یک صفحه CuO_2 در سلول واحد دارد. همچنین این ترکیب یک جفت زنجیره در ساختاربلوری دارد،به نظر می رسد به این دلیل دمای گذار Y۱۲٤ کمتر از ترکیب Y۱۲۳ است.این نشان می دهد که با افزایش تعداد صفحات CuO_2 در ابررساناهای کوپراتی، دمای گذار افزایش می یابد [٤]. در طول دو دهه گذشته بیشتر تحقیقات روی ترکیبات خانواده YBCO از جمله Y۱۲۳، Y۱۲٤ و Y۲٤۷ که دارای تعداد صفحه و تعداد زنجیره یا جفت زنجیره متفاوتی هستند،انجام شده است. این ترکیب ها دارای ساختار لایه ای و ناهمسانگردی بالا هستند.در این مقاله به چگونگی توزیع جرم اتمی در ساختار بلوری تعدادی از ابررساناهای دمای بالا با پایه Yمی پردازیم و با بررسی اثر ناترازمندی جرم صفحه ای در آنها، یک الگوی جدید برایافزایش دمای گذار ارایه می دهیم.

نتایج و بحث

"ناترازمندی جرم صفحه ای [۱]"نایکنواختی در توزیع جرم اتمی صفحه های تشکیل دهنده سلول واحد ترکیب ابررسانای لایه ای دمای بالا است. ابررسانایی دمای بالاناشی از برهمکنش فونونی و نوسان های شبکه است. دسته بندی ساختار بلوری ترکیبهای ابررسانای دمای بالا با پایه Y نشان می دهد که برای افزایش دمای گذار و رسیدن به حالت بهینه در لایه های اکسیدی سه نکته لازم است:

۱. افزایش اندازه سلول واحد تا ۱٦ لایه فلزی که به طور کامل کنار هم قرار دارند.
۲. برقراری یا افزایش ناترازمندی جرم صفحه ها بین لایه های متوالی
۳. چینش متوالی لایه های BaO-CuO-BaO و لایه های CuO_2-Y-CuO_2 به منظور تامین حاملهای حفره و افزایش برهم کنش فونونی در تشکیل جفت های کوپر

همانطور که در شکل ۲ دیده میشود با افزایش تعداد لایه های متناوب،ناترازمندی جرم صفحه ای به صورتی متناوب تغییر می کند و از بالا به پایین ناترازمندی بیشتری در توزیع جرم ترکیبها دیده می شود.



شکل ۲: نمودارPMD برای چند ترکیب لبپایه Y.

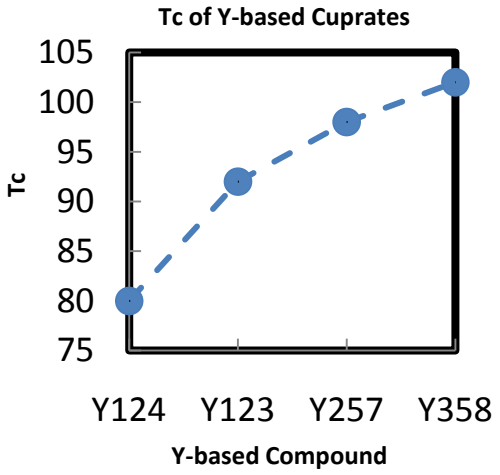
این تغییر در توزیع ترازمندی جرم لایه ها باعث ایجاد تغییری بزرگ در رفتار ابررسانایی و دمای گذار ابررسانایی ترکیبهای لایه ای کوپراتی می شود . در این شکل، به ترتیب از بالا به پایین در ترکیب ها تعداد صفحات CuO_2 افزایش می یابد و نیزتعداد زنجیره ها افزایش یافته است اما این افزایش زیاد چشمگیر نیست. در اینجا مانمودارناترازمندی جرم صفحه ای درترکیبهایمختلفاز خانواده *HTSCs* را آورده ایم، نمودار ترکیبی که دارای ناترازمندی بیشتری است، دمای گذار بالاتری دارد . مشاهده می شود در این نمودارها

۱ Planer Mass Disparity

www.SID.ir

Archive of SID

به ترتیب از بالا به پایین ناترازمندی جرم صفحه ای افزایش می یابد.شکل۳ نیز رابطه دمای گذار با ناترازمندی جرم صفحه ای را نشان می دهد که افزایشناترازمندی جرم صفحه ای در سلول واحد سبب افزایش دمای گذار در ابررساناهای دمای بالا می شود.



شکل ۳: نمودار PMD – دمای گذار.

با بررسی چگونگی توزیع شعاع یونی اتم های شرکت کننده د ر ساختار بلوری ترکیبهای مختلف،به بررسی ویژگی های *HTSCs* می پردازیم.برای مقایسه چند ترکیب از ابررساناهای ب ا پایه Y، نموداریاز چگونگی قرار گرفتن اتم های مختلف ازلح اظ توزیع شعاع یونی اتم ها رسم می کنیم.با دقت روی نمودار های بدست آمده بنظر می رسد نمودار ترکیبی که یکنواختی کمتری داشته باشد دمای گذار بالاتری داشته باشد. همچنین می دانیم که ظرفیت اتمی در لایه های مختلف از ترکیبات متفاوت از خانواده YBCO باهم یکسان نیستند و احتمالاً از قاعده بخصوصی تبعیت می کنند.جایگزینی عناصر نادر خاکی زمین به جای اتم Yدر ترکیب $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ فقط با رعایت ظرفیت اتم جایگزین شده امکان پذیر است، بطوری که ما فقط به جایگزینی عناصر سه ظرفیتی به جای اتم Y مجاز هستیم. باتوجه به اینکه Y یک اتمی سه ظرفیتی است بنابراین در جایگزینی فقط می توانیم از اتم های سه ظرفیتی مانند Gd^{3+}، Sm^{3+}، Nd^{3+}، In^{3+} و... به جای اتم Y استفاده کنیم. بنابراین نمی توانیم از عناصر چهار ظرفیتی مانند Pr^{4+} و Ce^{4+} جهت جایگزینی استفاده کنیم [۵]. چون الکترون ها فقط در صفحه ها حرکت می کنند و این اتم ها چهارظرفیتی هستند که سبب کاهش میزان حفره ها در روی صفحات می شود و به این دلیل خاصیت ابررسانایی ترکیب از بین می رود که این موضوع با هدف ما در تناقض است. لزوم جانشینی عناصر به خاطر افزایش دمای گذار از ارزش بیشتری برخوردار است که به سبب آن ما تلاش می کنیم نحوه آرایش ظرفیت اتمی در ساختار بلوری این ابررساناها را بررسی کنیم. با رسم نمودار توزیع ظرفیت اتمی تعدادی از ابررساناهای دمای بالا مشاهده می کنیم نمودار ظرفیت اتمی ترکیبی که به اصطلاح پخش شدگی بیشتر دارد، دمای گذار بالاتری دارد. بررسی ساختار بلوری $YBa_2Cu_3O_7$ نشان می دهد که این ترکیب دارای ساختاری لایه ای با دو صفحه CuO_2 که توسط اتم Y از هم جدا شده اند. بین این دو لایه ایها، نواحی میان لایه ای وجود دارند که در این ترکیب زنجیره های CuO هستند.همچنین ترکیب Y۱۲٤ نیز یک ابررسانای دمای بالا، بادمای گذار ۸۰K می باشد. این ترکیب ساختاری تقریباً معادل با ساختار اورتورومبیک Y۱۲۳ دارد با این تفاوت که یک زنجیره CuO اضافه دارد. مطالعات پراش پرتو- X نشان می دهد از تکرار متناوب ترکیب های Y۱۲۳ و Y۱۲٤ یک ترکیبی جدید ($Y_2Ba_4Cu_7O_x$) بدست می آید، که دمای گذار آن حدود ٤۰K می باشد [٦]. این ترکیب در سلول واحد خود دارای چهار صفحه اکسید مسی ،چهار صفحه اکسید باریم ،دو زنجیره تکتایی ودو زنجیره دوتای هستند که هر دو صفحه اکسید مسی توسط یک اتم ایتریم از هم جدا شده اند. در این ترکیب صفحات اکسید مسی مشابه با نمونه Y۱۲۳، نزدیک به صفحه اکسید باریم هستند که در مجاورت زنجیره تک قرار دارند وصفحات اکسید مسی داریم که مشابه با نمونه Y۱۲٤، نزدیک صفحه باریم هستند که در مجاورت زنجیره ه‌ای دوتایی قرار دارند. با بررسی ساختار مولکولی در برخی از ابررساناهای لایه ای مشاهده شده است ترکیبی که از تکرار متناوب دو ترکیب حاصل می شود خاصیت ابررسانای از خود بروز می دهد. مثلاًترکیب $Y_2Ba_6Cu_7O_X$ عضو جدید ی از خانواده ابررساناهای دمای بالا می باشد که در سلول واحد خود چهار صفحه CuO_2، سه زنجیره CuO، پنج لایه BaO و دو اتم Y دارد و دمای گذار این ترکیب بالای ۱۰۰K است [٦]. بردت و همکارانش [۷] با ترکیب دریافتند که اگر سلول واحد ترکیب های

www.SID.ir

Archive of SID

ابررسانایی به صورت متوالی در کنار هم قرار گیرند سلول بزرگتری تشکیل می دهند که در واقع ترکیب ابررسانایی جدیدی است:

$$Y_1Ba_2Cu_3O_7 + Y_1Ba_2Cu_4O_x = Y_2Ba_4Cu_7O_x$$

با توجه به این نکته و ترکیبهای ابررسانایی جدیدی که از خانواده YBCO هستند ما چند ترکیب جدید در اینجا پیشنهاد می کنیم که در تعدادی از آنها وجود ابررسانایی تایید شده و در بقیه آنها نیز به احتمال قوی ویژگی ابررسانایی وجود دارد:

$$Y_1Ba_2Cu_3O_7 + Y_2Ba_3Cu_4O_{11} \equiv Y_3Ba_5Cu_8O_{18}$$

$$Y_1Ba_3Cu_4O_8 + Y_1Ba_2Cu_3O_7 \equiv Y_2Ba_5Cu_7O_{15}$$

$$Y_3Ba_5Cu_8O_X - Y_1Ba_2Cu_4O_X \equiv Y_2Ba_3Cu_4O_X$$

همچنین دسته بندی دیگری نیز می توان در مورد ابررساناها به کار برد. اگر یک فرمول عمومی به شکل $Y_aBa_bCu_cO_x$ برای ابررساناهای با پایه Y در نظر بگیریم، در این فرمولبه ترتیب اندیس a مشخص کننده تعداد اتم های Y و تعداد زنجیره های CuO، اندیس b تعداد اتم های Ba و صفحه های $CuO_۲$ را نشان می دهند. در برخی از این ابررساناها، اندیس c از رابطه a+b=c تبعیت می کند، مانند ترکیب های Y۱۲۳، Y۳۵۸، Y۲۵۷، و Y۳٤۷ [٤]. در بعضی دیگراز ابررساناهای دمای بالا با پایه Y که فرمول کلی آنها به شکل $Y_aBa_bCu_cO_x$ می باشد به عنوان مثال در ترکیب Y۱۲٤ و Y۲٤۷، a تعداد اتم های Y است که یک واحد کمتر از تعداد تعداد زنجیره های CuO در ترکیب است و b تعداد اتم های Ba و تعداد صفحه های CuO_2 را نشان می دهد، در این صورت a+1+b=c است. با توجه به دسته بندی های بالا می توانیم با تغییر در ساختار بلوری چند ترکیب *HTSCs* ساخته شده، چند ترکیب جدید که پتانسیل ویژگی ابررسانایی دمای بالا را دارند، در جدول ۱ ارائه می کنیم. با توجه به رابطه بین تعداد لایه های Y، صفحه مس و زنجیره ها رابطه استوکیومتری ترکیبها در جدول به شکل زیر نوشته شده است.

جدول۱: ابررساناهای با پایه Y که از قاعده ای خاص پیروی می کنند.

a	$Y_{a-2}Ba_aCu_{2a-2}O_x$	Tc	a	$Y_{a-1}Ba_aCu_{2a-1}O_x$	Tc
۳	Y۱۳٤	؟	۲	Y۱۲۳	۹۲K
۴	Y۲٤٦=Y۱۲۳	۹۲K	۳	Y۲۳۵	؟
۵	Y۳۵۸	۱۰۲K	٤	Y۳٤۷	۱۰۰K
a	$Y_{a-٤}Ba_aCu_{۲a-٤}O_x$	T_C	a	$Y_{a-۳}Ba_aCu_{۲a-۳}O_x$	T_C
۵	Y۱۵٦	۸۷K	٤	Y۱٤۵	؟
٦	Y۲٦۸=Y۱۳٤	؟	۵	Y۲۵۷	۹۹K
۷	Y۳-۷-۱۰	۹۲K	٦	Y۳٦۹=Y۱۲۳	۹۲K

علامت های سوال در جدول ۱ نشان دهنده آن است که این ترکیبها از نظر آزمایشگاهی تایید نشده اند و هنوز نیاز به آزمایش دارند!

روابط بین اندیس های a، b و c در گروهی که به شکل $Y_{a-1}Ba_aCu_{2a-1}O_x$ است، به این صورت است که به ازاء تعداد a اتم باریم، تعداد a-۱ اتم ایتریم وتعداد ۲a-۱ اتم مس در سلول واحد وجود دارد. در واقع به جای اندیس های a، b و c در فرمول عمومی $Y_aBa_bCu_cO_x$ به ترتیب مقادیر a-۱، a و a+۱ می نشینند و در دسته بندی های دیگر این مقادیر متفاوت است. در این جدول نیز مشاهده می کنیم که هر چقدر تعداد صفحات CuO_2 بیشتر باشد دمای گذار نیز افزایش می یابد.

نتیجه گیری

در ابررساناهای کوپراتی با پایه Y، با افزایش تعداد لایه های فلزی، تعداد صفحه های $CuO_۲$ و ناترازمندی جرم صفحه ای زیاد می شود و دمای گذار ابررسانایی ترکیب افزایش می یابد.ترکیب اتمها و لایه های گوناگون درسلول واحد ابررساناهای خانواده YBCO از نظم خاصی تبعیت می کند که در این مقاله دسته بندی و مشخص شدند. با توجه به این تقسیم بندی چند ترکیب ناشناخته معرفی شدند که احتمال بروز ابررسانایی در آنها وجود دارد.

مرجع ها

[1]J.G. Bendorz, K.A. Mueller, Z. *Phys. B* **64** (1986) 189.
[2]C.W. Chu et al., *Phys. Rev. Lett.* **58** (1987) 908.
[۳]A.Aliabadi,et al., ۲۰۰۹ *Physica C* (۲۰۱۲) ٤٦۹.
[٤] S. Nakajima et al., *Physica C*۱۵۸ (۱۹۸۷) ٤۷۱.
[5] M. Akhavan, *Physica B***321** (2002) 265.
[٦] http://www.superconductors.org/ULTRA۳۵۸.htm.
[۷] P.Bordet et al.,*Nature*۳۳٤ (۱۹۸۸) ۵۹٦.

www.SID.ir

SID

فیلم های آموزشی

سامانه ویراستاری STES

بلاگ مرکز اطلاعات علمی

کارگاه های آموزشی

سرویس ترجمه تخصصی

ابزارهای پژوهش

کارگاه‌های آموزشی مرکز اطلاعات علمی

آموزش نرم‌افزار Word برای پژوهشگران

روش تحقیق کمی

آموزش مهارت‌های کاربردی در تدوین و چاپ مقالات ISI