

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

90/91



دانشگاه الزهرا
دانشکده علوم پایه

پایان نامه

جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

رشته فیزیک

گرایش ماده چگال

بررسی اثر آلاینش الکترونی و حفره ای در ابررسانای دمای بالا

سری ۱۳۳

استاد راهنما:

دکتر وحید دادمهر

استاد مشاور:

دکتر رضا ثابت داریانی

نگارش:

سمیه فلاحتی

۱۳۸۷ / ۲ / ۲۵

تیرماه ۱۳۸۷

۹۵۷۹۷

کتابخانه مرکزی
دانشگاه الزهرا
تهران

تقدیم

یکانه بی‌همتا که دستم را گرفت و نگذاشت قلمم در پیاده‌روهای شلوغ دروغ و کناهِ کم شود

و

به پدر و مادر خوبم که الفبای زندگی که همان پاک زیستن است را به من آموختند. دستهای پر صداقتشان را می‌بوسم و تا پایان عمر منت‌پذیر الطاف بیکرانشان، هستم.

قدردانی

پاس فراوان آفریننده بی‌بمبارا که هر چه دارم مدیون اومی دانم و به یاری او تحمل مشکلات و سختی‌ها در تمام مراحل بر من آسان شد.

از استاد بزرگوارم، جناب آقای دکتر دادمهر به پاس زحمات فراوان و راهنمایی‌های ارزنده در انجام این پروژه تشکر و قدردانی می‌نمایم.

از اساتید گرامی، آقای دکتر حسین چراغچی، آقای دکتر عبدالله مرتضی‌علی و آقای دکتر رضا ثابت داریانی بابت مطالعه این پایان‌نامه، شرکت در جلسه دفاعیه و ارائه نظرات ارزشمند سپاسگزارم.

از سرکار خانم دکتر دادرس که در تمام مراحل این پروژه همیاری و همکاری خویش را از من دریغ نداشتند نهایت پاس و تشکر را دارم.

از دوستان خوب و عزیزم خانم فاطمه صائب و خانم سارا برکت رضائی که در تمام مراحل این پروژه از همکاری صمیمانه و آنها بهره‌مند شدم تشکر و قدردانی می‌کنم.

در پایان جادارو از زحمات ارزشمند پدر و مادر عزیز و بزرگوارم که همواره مشوق من بودند و بدون محبت، فداکاری و حمایت‌های همه‌جانبه آنها انجام این کار بر من میسر نبود، همچنین از برادر مهربانم، به خاطر کمک‌های ارزنده‌اش نهایت پاس و تشکر را دارم.

چکیده

از کشف ترکیب ابررسانای دمای بالای YBCO، اثر جانشینی شیمیایی در این ساختار به منظور بهبود مشخصه‌های ابررسانایی از قبیل J_c ، T_c ، ساختار بلوری و پارامترهای سلول واحد بسیار مورد توجه بوده است. در این تحقیق اثر آلیش حفره‌ای با جانشینی Ag/Cu و آلیش الکترونی با جانشینی Al/Cu بر روی خواص ابررسانایی و ساختاری نمونه‌های بس بلوری ابررسانای $YBa_2Cu_{3-x}Ag_xO_{7-\delta}$ با مقادیر آلیش $x=0, 0.1, 0.15, 0.2, 0.3$ و نمونه‌های $YBa_2Cu_{3-x}Al_xO_{7-\delta}$ با مقادیر آلیش $x=0, 0.01, 0.02, 0.03, 0.045$ ساخته شده به روش سل-ژل را مورد مطالعه قرار دادیم. نتایج ظریف سازی طیف XRD نمونه‌ها با نرم‌افزار MAUD نشان می‌دهد که به دلیل عدم تغییر در اشغال محل Cu(2)، کاهش کسر اشغال محل Cu(1) و افزایش اشغال Ag در جایگاه Cu(1) در ترکیب $YBa_2Cu_{3-x}Ag_xO_{7-\delta}$ و همچنین افزایش کسر اشغال Al در جایگاه Cu(1) در ترکیب $YBa_2Cu_{3-x}Al_xO_{7-\delta}$ مطابق با افزایش مقدار آلاینده، هر دو جانشینی Ag و Al در جایگاه Cu(1) انجام شده است. دمای گذار ابررسانای نمونه آلاینده با Ag تا $x=0.15$ افزایش یافته و برای مقادیر بالاتر کاهش می‌یابد. بنابراین $x=0.15$ را به عنوان بهینه مقدار آلیش نقره معرفی می‌کنیم. برای مقادیر کم آلیش Al در $x=0.01, 0.02$ کاهش جزئی در دمای گذار ابررسانای مشاهده می‌شود اما با افزایش مقدار آلیش با افت سریع در دمای گذار $T_c(\text{zero})$ مواجه می‌شویم. هر دو این آلاینده‌ها در مکان Cu(1) جانشین شده‌اند اما تأثیر آنها کاملاً متفاوت است.

نتایج تحقیقات اینجانب در طول این دوره طی پنج مقاله در کنفرانس‌های ملی و سه مقاله در کنفرانس‌های بین‌المللی ارائه شده است.

کلمات کلیدی: ساختار Y-123، جانشینی‌های شیمیایی، ظریف سازی ساختاری، خواص

تراپردی، چگالی جریان بحرانی، اتصالات ضعیف

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
أ	چکیده
ب	فهرست مطالب
ج	فهرست شکل‌ها
ر	فهرست جداول
ز	پیش‌گفتار

فصل اول : مفاهیم مقدماتی پدیده ابررسانایی

2	1-1 ابررسانایی متعارف
2	1-1-1 مقدمه
2	اثر مایسنر
3	نظریه BCS
4	2-1-1 مفاهیم بنیادی ابررسانایی
4	میدان مغناطیسی بحرانی
5	عمق نفوذ
5	خواص مغناطیسی ابررساناهای متعارف
7	2-1 ابررساناهای دمای بالا
9	3-1 ناهمسانگردی و طول‌های مرتبط
10	4-1 سازوکار شاری و ساختار گردابی
10	نمودار (H-T) ابررساناهای نوع II
11	1-4-1 گردابه‌ها
14	2-4-1 میخکوبی شار (flux pinning)
16	5-1 مقایسه ابررساناهای دمای بالا و متعارف

17	1-5-1 روشهای مؤثر در افزایش دمای گذار
18	2-5-1 خواص حالت هنجار ابررساناهای دمای بالا
18	6-1 ساختار YBCO
21	نقش صفحات CuO_2 در ابررساناش
22	اعوجاج صفحات CuO_2
23	نقش فشارهای موضعی
24	الکترونیهای ظرفیت و توازن بار
24	7-1 دیاگرام فاز ابررساناهای دمای بالا
30	8-1 ارتباطات دانه‌ای در ابررساناهای دمای بالا
30	1-8-1 اتصال دانه‌ای
32	2-8-1 غیر هم‌محوری دانه‌ای (Grain misalignment)
33	3-8-1 خزش شار و خط برگشت‌ناپذیر

فصل دوم : ساخت و مطالعه اثر آرایش الکترونی و حفره‌ای در ساختار Y-123

36	1-2 مروری بر اثر آرایش در ساختار 123
36	1-1-2 مقدمه
37	2-1-2 اثر آرایش (doping effect)
39	2-2 مدل‌های توصیف کننده اثر آرایش
39	1-2-2 پرنشده‌گی حفره
40	جانشینی La^{3+} در مکان Ba^{2+} در ساختار ErBCO
42	مقایسه جانشینی La^{3+} و Ca^{2+} در مکان Nd در ساختار NdBCO
44	2-2-2 جایگزیدگی حفره (hole localization)
45	جانشینی یون Sn^{4+} در مکان Cu^{2+} در ساختار $\text{YBaSrCu}_3\text{O}_y$
46	3-2-2 جزیره‌های حفره‌ای
48	4-2-2 هیبریداسیون و مدل FR
53	اثر آرایش Pr در ساختار 123

- 55 5-2-2 بهبود خواص ابررسانش در اثر آرایش حفره‌ای
- 59 3-2 ساخت ابررسانای دمای بالا
- 59 1-3-2 مقدمه
- 60 2-3-2 روش سل-ژل (sol-gel)
- 62 روش‌های خشک کردن ژل
- 4-2 ساخت نمونه‌های بس‌بلوری ابررسانای $\text{YBa}_2\text{Cu}_{3-x}\text{M}_x\text{O}_{7-\delta}$ ($\text{M}=\text{Ag}, \text{Al}$)
- 64 به روش سل-ژل
- 65 1-4-2 استوکیومتری و توزین
- 68 2-4-2 تنظیم pH محلول
- 69 بررسی اثر pH در ساخت نمونه ابررسانای YBCO
- 73 3-4-2 firing مرحله
- 76 4-4-2 تکلیس (Calcination)
- 77 5-4-2 قرص‌سازی (Pressing)
- 78 6-4-2 کلوخه‌سازی (sintering)
- 80 5-2 روشهای اندازه‌گیری اکسیژن نمونه
- 80 یدومتری
- 82 روش تحلیل جرم‌سنجی TGA
- 82 روش تعیین اکسیژن با استفاده از پارامتر شبکه c
- فصل سوم : مشخصه‌یابی، بحث و نتیجه‌گیری
- 84 1-3 آزمایش پراش اشعه X (XRD)
- 84 1-1-3 پراش پودری
- 85 2-1-3 شناسایی ساختار بلوری
- 3-1-3 تطیف XRD نمونه‌های $\text{YBa}_2\text{Cu}_{3-x}\text{M}_x\text{O}_{7-\delta}$ ($\text{M}=\text{Ag}, \text{Al}$) و
- 86 ظریف‌سازی با نرم‌افزار MAUD
- 92 2-3 آزمایش‌های میکروسکوپ الکترونی SEM

92	1-2-3 ریزساختار
94	2-2-3 ریزساختار ترکیبات ابررسانای 123
102	3-2-3 میکروسکوپ الکترونی
104	4-2-3 تصاویر SEM نمونه‌های $YBa_2Cu_{3-x}M_xO_{7-\delta}$ ($M=Ag, Al$)
119	3-3 آزمایش‌های اندازه‌گیری مقاومت بر حسب دما (R-T)
120	1-3-3 آماده‌سازی نمونه‌ها برای اندازه‌گیری‌های الکتریکی
121	2-3-3 نمودار R-T نمونه‌های $YBa_2Cu_{3-x}M_xO_{7-\delta}$ ($M=Ag, Al$)
126	4-3 اندازه‌گیری‌های تراپردی I-V
133	5-3 یدومتری
136	6-3 نتیجه‌گیری و پیشنهاد ادامه کار
136	جمع‌بندی و نتایج
138	پیشنهاداتی برای ادامه کار
139	مراجع
144	Abstract

فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان
2	شکل (1-1) طرد میدان مغناطیسی خارجی از داخل یک ماده ابررسانا (اثر مایسنر)
3	شکل (2-1) برهمکنش الکترون-الکترون از طریق ارتعاشات شبکه و تشکیل جفت کوپر
5	شکل (3-1) وابستگی میدان مغناطیسی بحرانی به دما
	شکل (4-1) تغییرات مغناطش بر حسب میدان مغناطیسی اعمال شده برای (a) ابررساناهای
6	متعارف نوع I (b) ابررساناهای متعارف نوع II
8	شکل (5-1) مهمترین ساختارهای ابررسانای کشف شده
	شکل (6-1) طول همدوسی ξ و عمق نفوذ λ در ابررساناهای نوع II با تغییر چگالی ابرالکترون‌ها
9	n_s و میدان مغناطیسی مشخص می‌شوند.
11	شکل (7-1) نمودار (H-T) برای ابررسانای نوع II
12	شکل (8-1) جریانهای پوششی در اطراف یک مغزی گردابه
12	شکل (9-1) میدان مغناطیسی در اطراف یک مغزی گردابه به شعاع ξ
13	شکل (10-1) حالت آمیخته در ابررساناهای نوع II، مغزی‌های گردش‌ها در فاز نرمال هستند.
14	شکل (11-1) نمایش شماتیک حالت (vortex glass)
15	شکل (12-1) نمودار فاز H-T برای (a) ابررساناهای دمای بالا و (b) ابررساناهای متعارف
20	شکل (13-1) ساختار $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$
21	شکل (14-1) کوپل‌شدگی ابررسانایی بین اجزاء ساختاری مختلف ابررسانای دمای بالا
25	شکل (15-1) نمودار فاز دما-آلایش ابررساناهای $La_{2-x}Sr_xCuO_4$ و $Nd_{2-x}Ce_xCuO_4$
	شکل (16-1) نمودار فاز (T-p) برای آلایش حفره ای در HTSCs. فازها: آنتی فرومغناطیسی
27	(AFM)، شبه گاف (PG)، مایع فرمی حاشیه ای (MFL)، ابررسانا (SC)، مایع فرمی (FL)
30	شکل (17-1) نمودار فاز (T- δ) در ساختار $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$
38	شکل (1-2) اثر آلایش الکترونی و حفره‌ای در ترکیب $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$

- 40 شکل (2-2) تغییرات مقاومت بر حسب دما برای نمونه های $ErBa_{2-y}La_yCu_3O_{7-8}$ [34].
- شکل (3-2) تغییرات مقاومت بر حسب دما برای (a) نمونه های $Er_{1-x}Ca_xBa_{1.8}La_{0.2}Cu_3O_z$
- 41 (سمت چپ) و (b) نمونه های $Er_{1-x}Ca_xBa_{1.6}La_{0.4}Cu_3O_z$ (سمت راست) [34].
- شکل (4-2) تغییرات دمای گذار بر حسب مقدار آلاینش برای نمونه های $Nd_{1-x}Ca_xBa_2Cu_3O_y$ و
- 43 $[30] Nd_{1-x}La_xBa_2Cu_3O_y$.
- شکل (5-2) چگالی حفره بر حسب مقدار آلاینش برای ساختارهای $Nd_{1-x}Ca_xBa_2Cu_3O_y$ و Nd_{1-x}
- 44 $[30] La_xBa_2Cu_3O_y$.
- 45 شکل (6-2) دمای گذار و همچنین مقدار اکسیژن نمونه بر حسب مقدار آلاینش Sn
- شکل (7-2) نقطه های سیاه رنگ PrBCO و دایره های توخالی YBCO را نمایش می دهند.
- 48 سلولهای رنگ شده نقاطی را نشان می دهند که حفره ها در آنها جایگزیده می شوند.
- 50 شکل (8-2) همپوشانی اوربیتالهای $Pr4f$ با $O2p$ [42].
- 54 شکل (9-2) وابستگی چگالی الکترون ها به مقدار آلاینش Pr [45].
- شکل (10-2) وابستگی خطی T_c و چگالی حفره های صفحات CuO_2 برای مقادیر مختلف آلاینش
- 55 Pr نسبت به $2x+\delta$ در $[31] Gd_{1-x}Pr_xBa_2Cu_3O_{7-8}$.
- 57 شکل (11-2) نمودار R-T برای نمونه های $[46] Pr_{1-x}Ca_xBa_2Cu_3O_{7-8}$ ($x=0.3, 0.4, 0.5, 0.6$)
- شکل (12-2) نمودار مقاومت بر حسب دما برای ساختارهای $Pr_{0.5}Ca_{0.5}Ba_2Cu_3O_{7-8}$,
- 58 $[46] Pr_{0.5}Sr_{0.5}Ba_2Cu_3O_{7-8}$ و $Pr_{0.5}Y_{0.5}Ba_2Cu_3O_{7-8}$.
- شکل (13-2) مقایسه XRD نمونه های $YBa_2Cu_3O_{7-8}$ ساخته شده به روش سل ژل با pH های
- 70 مختلف
- شکل (14-2) نمودار R-T برای نمونه های $YBa_2Cu_3O_{7-8}$ با pH = 4.56, 5.19, 5.63, 6.2, 6.8, 7.05, 7.49
- 71 a) pH=4.56, b) pH=5.19, c) pH=5.63, d) pH=6.2, e) pH=6.8, f) pH=7.05, g) pH=7.49
- شکل (15-2) تصاویر SEM برای نمونه های $YBa_2Cu_3O_{7-8}$ با pH = 4.56, 5.19, 5.63, 6.2, 6.8, 7.05, 7.49
- 72 a) pH=4.56, b) pH=5.19, c) pH=5.63, d) pH=6.2, e) pH=6.8, f) pH=7.05, g) pH=7.49
- 74 شکل (16-2) نمودارهای TGA و DTA برای پیش مواد YBCO [49].
- 75 شکل (17-2) طیف IR پیش مواد Y-Ba-Cu-O و محصولات کلسینه شده [49].
- 77 شکل (18-2) XRD پودرهای YBCO که در دماهای 850, 900, 920 کلسینه شده اند [51].

- 78 شکل (19-2) کوره استوانه‌ای دیجیتال مورد استفاده برای کلوخه‌سازی
- 79 شکل (20-2) نمودار کلوخه‌سازی نمونه‌های ساخته شده به روش سل-ژل
- شکل (1-3) الگوی پراش اشعه X نمونه‌های $YBa_2Cu_{3-x}Ag_xO_{7-8}$ با مقادیر آرایش $x=0, 0.1$
- 87 0.15, 0.2, 0.3
- شکل (2-3) الگوی پراش اشعه X نمونه‌های $YBa_2Cu_{3-x}Al_xO_{7-8}$ با مقادیر آرایش $x=0, 0.01$
- 90 0.02, 0.03, 0.045
- شکل (3-3) طرح‌واره فرایند دوقلو شدن، در نتیجه منظم شدن محل اشغال اتم‌های اکسیژن در طول محور b، کرنش ایجاد می‌شود که در طول گذار تتراگونال به اورتورومبیک، دوقلویی را به وجود می‌آورد [56].
- 97 شکل (4-3) (الف) طرح‌واره ساختار کامل بلوری 123 و (ب) طرح یک دوقلویی [56].
- 98 شکل (5-3) چگالی جریان بحرانی مغناطش برحسب میدان در ترکیبات $YBa_2Cu_3O_x$ با مقادیر مختلف اکسیژن، x، و فضای دوقلویی، d [56].
- 99 شکل (6-3) طرح‌واره یک دانه به طور داخلی دوقلویی شده $YBa_2Cu_3O_x$ نوارهای بریده شده که روی سطح دانه ایجاد می‌شوند، یک میدان کرنش ایجاد می‌کنند که موجب کاهش مقادیر T_C و H_{C2} در نواحی مرزی می‌شود [56].
- 100 شکل (7-3) چگالی جریان تراپردی برحسب میدان برای هر دو نمونه کلوخه‌ای و ذوب منطقه‌ای [56].
- 101 شکل (8-3) میکروسکوپ الکترونی مورد استفاده در تحقیق حاضر
- 104 شکل (9-3) SEM نمونه $YBa_2Cu_3O_{7-8}$ با بزرگ‌نمایی‌های a)1000, b)2000, c)5000, d)10000
- 105 شکل (10-3) SEM نمونه $YBa_2Cu_{2.9}Ag_{0.1}O_{7-8}$ با بزرگ‌نمایی‌های a)1000, b)2000, c)5000, d)10000
- 107 شکل (11-3) SEM نمونه $YBa_2Cu_{2.85}Ag_{0.15}O_{7-8}$ با بزرگ‌نمایی‌های a)1000, b)2000, c)5000, d)10000
- 109 شکل (12-3) SEM نمونه $YBa_2Cu_{2.8}Ag_{0.2}O_{7-8}$ با بزرگ‌نمایی‌های a)1000, b)2000, c)5000, d)10000
- 111 شکل (13-3) SEM نمونه $YBa_2Cu_{2.7}Ag_{0.3}O_{7-8}$ با بزرگ‌نمایی‌های a)1000, b)2000, c)5000, d)5000

- 113 c)5000, d)10000
- 115 SEM (14-3) نمونه $YBa_2Cu_{2.99}Al_{0.01}O_{7.8}$ با بزرگ‌نمایی‌های a)1000, b)5000
- 116 SEM (15-3) نمونه $YBa_2Cu_{2.98}Al_{0.02}O_{7.8}$ با بزرگ‌نمایی‌های a)1000, b)5000
- 117 SEM (16-3) نمونه $YBa_2Cu_{2.97}Al_{0.03}O_{7.8}$ با بزرگ‌نمایی‌های a)1000, b)5000
- 118 SEM (17-3) نمونه $YBa_2Cu_{2.955}Al_{0.045}O_{7.8}$ با بزرگ‌نمایی‌های a)1000, b)5000
- 121 شکل (18-3) نحوه اتصال نمونه به نگهدارنده در روش چهار میله
- شکل (19-3) مقاومت الکتریکی نمونه‌های $YBa_2Cu_{3-x}Ag_xO_{7.8}$ برای مقادیر آلیش $x=0, 0.1$
- 122 شکل داخلی جزئیات گذار را نشان می‌دهد. 0.15, 0.2, 0.3
- 123 شکل (20-3) دماهای بحرانی $T_c(\text{onset})$ و $T_c(\text{zero})$ و $T_c(\text{mid})$ بر حسب مقدار آلیش Ag
- شکل (21-3) مقاومت الکتریکی نمونه‌های $YBa_2Cu_{3-x}Al_xO_{7.8}$ برای مقادیر آلیش $x=0-0.045$
- 124 شکل داخلی جزئیات گذار را نشان می‌دهد.
- 126 شکل (22-3) دمای بحرانی $T_c(\text{zero})$ بر حسب مقدار آلیش Al
- شکل (23-3) نمودارهای (E-J) نمونه‌های $YBa_2Cu_{3-x}Ag_xO_{7.8}$ با مقادیر آلیش $x=0, 0.1$
- 130 در میدان مغناطیسی 0.9T و دمای $T=77^\circ\text{K}$ 0.15, 0.2, 0.3
- شکل (24-3) نمودارهای (E-J) نمونه‌های $YBa_2Cu_{3-x}Al_xO_{7.8}$ با مقادیر آلیش $x=0, 0.01$
- 132 در میدان مغناطیسی 0.9T و دمای $T=77^\circ\text{K}$ 0.02, 0.03, 0.045

فهرست جداول

صفحه	عنوان
65	جدول (1-2) مقادیر استوکیومتری نمونه‌های $YBa_2Cu_{3-x}Ag_xO_{7-\delta}$
66	جدول (2-2) مقادیر استوکیومتری نمونه‌های $YBa_2Cu_{3-x}Al_xO_{7-\delta}$
88	جدول (1-3) ثابت‌های شبکه و مکان‌های اتمی در نمونه‌های $YBa_2Cu_{3-x}Ag_xO_{7-\delta}$ با مقادیر آلایش $x=0, 0.1, 0.15, 0.2, 0.3$
91	جدول (2-3) ثابت‌های شبکه و مکان‌های اتمی در نمونه‌های $YBa_2Cu_{3-x}Al_xO_{7-\delta}$ با مقادیر آلایش $x=0, 0.01, 0.02, 0.03, 0.045$
123	جدول (3-3) دمای گذار نمونه‌ها با توجه مقدار آلایش Ag در $YBa_2Cu_{3-x}Ag_xO_{7-\delta}$
125	جدول (4-3) دمای گذار نمونه‌ها با توجه مقدار آلایش Al در $YBa_2Cu_{3-x}Al_xO_{7-\delta}$
131	جدول (5-3) نسبت $J_C(Ag-doped)/J_C(Pure)$ در نمونه‌های $YBa_2Cu_{3-x}Ag_xO_{7-\delta}(x=0-0.3)$ در $T=77^\circ K$ و $B=0.9T$
133	جدول (6-3) نسبت $J_C(Al-doped)/J_C(Pure)$ در نمونه‌های $YBa_2Cu_{3-x}Al_xO_{7-\delta}(x=0-0.045)$ در $T=77^\circ K$ و $B=0.9T$
135	جدول (7-3) مقدار اکسیژن در نمونه‌های $YBa_2Cu_{3-x}Ag_xO_{7-\delta}$
135	جدول (8-3) مقدار اکسیژن در نمونه‌های $YBa_2Cu_{3-x}Al_xO_{7-\delta}$

پیش‌گفتار

از کشف ترکیبات ابررسانای دمای بالا جانشینی‌های شیمیایی در این ترکیبات توجه زیادی را به خود معطوف کرده، زیرا یک ابزار کارآمد برای بهبود مشخصه‌های فیزیکی ترکیبات ابررسانای دمای بالا می‌باشد. با وجود اینکه جانشینی‌های شیمیایی همواره افزایش دمای گذار ابررسانش (T_C) را به همراه نخواهند داشت، به نظر می‌رسد که بعضی از جانشینی‌ها اثر مثبتی روی دیگر خواص مهم از قبیل ناهمسانگردی، میدان برگشت‌ناپذیر (H_{irr}) و چگالی جریان بحرانی (J_C) خواهند داشت. آرایش در ترکیب YBCO به دو دلیل صورت می‌گیرد: اولی تبیین خواص ابررسانایی ترکیب و دومی بهبود مشخصه‌های فیزیکی و بافت دانه‌ای است. به طور معمول در اولی جانشینی شیمیایی و در مورد دوم اضافه کردن فلز ناخالصی به سرامیک YBCO مورد استفاده قرار می‌گیرد.

می‌دانیم که ابرجریان در ساختار YBCO توسط حفره‌های صفحات CuO_2 انتقال می‌یابد، بنابراین می‌توان گفت که چگالی حفره‌های این صفحات نقش تعیین‌کننده‌ای در خواص تراپردی و ابررسانایی سیستم دارند. مهمترین نقش یک اتم جانشین شده در اثر آرایش الکترونی و حفره‌ای، تغییر چگالی حفره‌های صفحات CuO_2 است. بعضی از جانشینی‌ها حفره‌های ابررسانش را از صفحات به جاهای دیگر (مثلاً زنجیره‌ها) انتقال داده و به این طریق موجب تغییر در دمای گذار ابررسانش می‌شوند. جانشینی اتم‌های با ظرفیت کمتر به جای اتم‌های با ظرفیت بیشتر، مثل Ca^{2+}/Y^{3+} اغلب موجب افزایش در چگالی حفره‌ها و بهبود دمای گذار ابررسانش می‌شوند که ما از این جانشینی‌ها به عنوان آرایش حفره‌ای یاد می‌کنیم. همچنین جانشینی اتم‌های با ظرفیت بیشتر به جای اتم‌های با ظرفیت کمتر، مثل La^{3+}/Ba^{2+} موجب

کاهش در چگالی حفره‌های ابررسانش می‌شود که ما این جانشینی را به عنوان آرایش الکترونی می‌شناسیم.

از آنجا که اتم مس چند ظرفیتی است و با توجه به اینکه دو جایگاه اتمی مختلف Cu در ترکیب YBCO وجود دارد، اتم مس در زنجیره‌ها ((Cu(1)) و اتم مس در صفحات ((Cu(2))، جانشینی در جایگاه Cu بسته به اینکه اتم آلاینده کدام جایگاه را اشغال می‌کند، منجر به خواص جالب و متفاوتی می‌شود.

در این تحقیق به منظور بررسی اثرات آرایش الکترونی و حفره‌ای، با ساخت نمونه‌های $YBa_2Cu_{3-x}Al_xO_{7-\delta}$ و $YBa_2Cu_{3-x}Ag_xO_{7-\delta}$ به روش سل ژل، جانشینی Al/Cu و Ag/Cu را در این ترکیبات مورد مطالعه قرار دادیم. انتخاب نقره به این دلیل است که مشاهده شده اضافه کردن نقره به ترکیب YBCO موجب تقویت اتصالات ضعیف بین دانه‌ای و بهبود چگالی جریان بحرانی می‌شود. سعی ما بر این بود که تأثیر جانشینی نقره در مکان Cu را بر خواص ساختاری و ابررسانایی سیستم مورد مطالعه قرار دهیم. همچنین برای مشخص کردن نقش Cu در ابررسانش این ترکیب، آرایش الکترونی توسط جانشینی اتم آلومینیوم در مکان Cu مورد مطالعه قرار گرفت.

فصل اول

مفاهیم مقدماتی پدیده ابرسانایی

مقدمه

ابرسانایی متعارف و دمای بالا

مفاهیم بنیادی ابرسانایی

سازوکار شاری و ساختار گردابی

روشهای مؤثر در افزایش دمای گذار

ساختار YBCO و نقش صفحات CuO_2 در ابرسانش

دیگرام فاز ابرساناهای دمای بالا

ارتباطات دانه‌ای در ابرساناهای دمای بالا

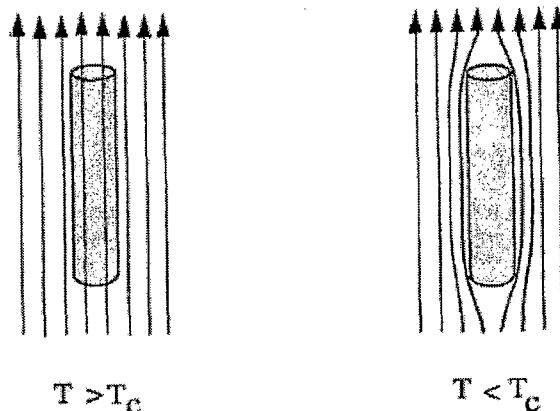
1-1 ابررساناهای متعارف

1-1-1 مقدمه

پس از آنکه اونس در سال 1908 موفق به مایع کردن هلیوم شد، امکان دسترسی پژوهشگران به دماهای بسیار پایین فراهم شد. پدیده ابررسانایی در سال 1911 توسط کامرلینگ اونس در آزمایشگاه لیدن کشف شد. وقتی او مشغول بررسی وابستگی دمایی مقاومت ویژه الکتریکی جیوه بود، مشاهده کرد که در دمای 4.2°K مقاومت نمونه ناگهان به صفر میل کرد [1]. نکته حائز اهمیت در این بود که افت مقاومت با کاهش دما به طور ناگهانی بود نه تدریجی، او این پدیده را ابررسانایی نامید.

اثر مایسنر

در سال 1933، مایسنر (Meissner) و اوکسنفلد (Ochsenfeld) دریافتند که ابررسانا چیزی متفاوت از رسانای کامل است و در دماهای پایین تر از دمای بحرانی ($T < T_c$) میدان درون ابررسانا در حضور میدان مغناطیسی خارجی که کوچکتر از میدان مغناطیسی بحرانی ($H < H_c$) باشد، همواره صفر است یعنی طرد کامل شار مغناطیسی وجود دارد [2]. این خاصیت مغناطیسی زدایی ابررساناها به اثر مایسنر معروف است و این یعنی ابررسانا، دیامغناطیس کامل است (شکل 1-1).

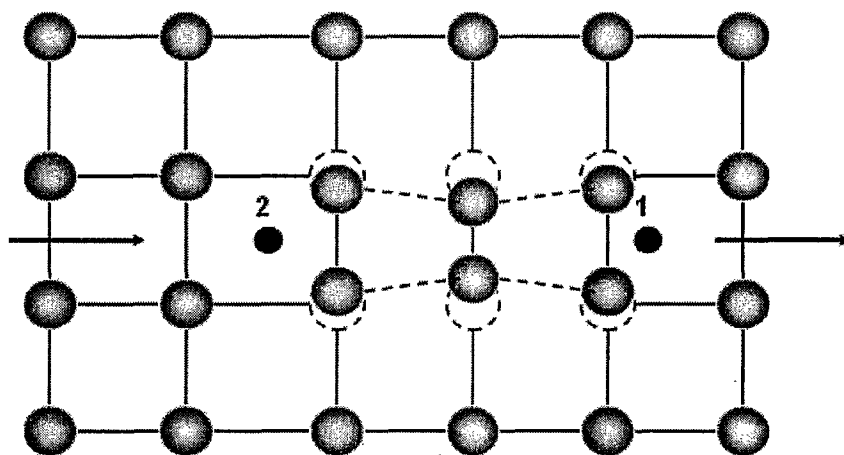


شکل 1-1: طرد میدان مغناطیسی خارجی از داخل یک ماده ابررسانا (اثر مایسنر).

به دنبال کشف پدیده ابرسانایی در ترکیب Hg، مطالعه بر روی بسیاری از عناصر جدول تناوبی به امید امکان مشاهده پدیده ابرسانایی در آنها انجام شد و مشاهده شد که ابرسانایی در بسیاری از عناصر فلزی جدول تناوبی، آلیاژها و ترکیبات بین فلزی و نیمه‌رساناها نیز واقع می‌شود. بیشترین دمای گذار مشاهده شده در این ابررساناها حدود 23°K بود و به این ابررساناها ابررساناهای متعارف می‌گویند.

نظریه BCS

در سال 1957 سه محقق به نامهای باردین (Bardeen)، کوپر (Cooper) و شریف (Schrieffer) نظریه‌ای موسوم به نظریه BCS را ارائه دادند که برهمکنش ضعیف بین الکترون‌ها و فونون‌ها را عامل جاذبه الکترون-الکترون و تشکیل زوج کوپر می‌دانست. این نظریه به خوبی توانست خواص ابررساناهای متعارف را توجیه کند [3]. شکل 1-2 چگونگی برهمکنش الکترون-الکترون از طریق ارتعاشات شبکه و تشکیل جفت کوپر را نشان می‌دهد.



شکل 1-2: برهمکنش الکترون-الکترون از طریق ارتعاشات شبکه و تشکیل جفت کوپر

در سال 1962 جوزفسون با بررسی نظری ابرسانایی دریافت که اگر دو ابرسانای مختلف را با یک اتصال تونل‌زنی به یکدیگر متصل کنیم، حتی بدون اعمال میدان الکتریکی خارجی، یک شارش جریان خواهیم داشت. این اثر به اثر جوزفسون معروف است [4].

2-1-1 مفاهیم بنیادی ابرسانایی

میدان مغناطیسی بحرانی

همانطور که در مقدمه اشاره شد طبق آزمایش‌های مایسنر-اوکسفلد، اگر ماده ابرسانا را در میدان مغناطیسی خارجی قرار داده و تا زیر دمای گذار سرد کنیم، خطوط شار مغناطیسی را از خود طرد می‌کند که به اثر مایسنر معروف است. حال اگر ماده ابرسانا در یک میدان مغناطیسی به اندازه کافی بزرگ قرار بگیرد و تا زیر دمای گذار سرد شود، مشاهده می‌کنیم که ابرسانایی از بین رفته و ماده مورد نظر اجازه نفوذ شار مغناطیسی را به داخل خود داده و گذاری به حالت غیر ابرسانایی رخ می‌دهد. آستانه میدان مغناطیسی که ابرسانایی را از بین می‌برد به میدان مغناطیسی بحرانی (H_c) معروف است که به نوع ماده و دما بستگی دارد. وابستگی دمایی $H_c(T)$ با رابطه تجربی زیر توصیف می‌شود:

$$H_c(T) = H_c(0) \left[1 - \left(\frac{T}{T_c} \right)^2 \right] \quad (1-1)$$

همانطور که در شکل 3-1 می‌بینیم H_c با افزایش دما کاهش می‌یابد.