

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



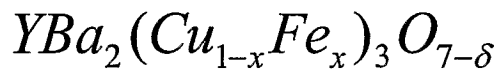
دانشگاه صنعتی اصفهان

۱۳۸۲ / ۷ / ۱۰

دانشکده فیزیک

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
توسعه پایدار

بررسی خواص ابررسانایی و ساختاری ابررسانای YBCO با جایگزینی آهن



پایان نامه کارشناسی ارشد فیزیک

علی مهدی فر

۴۸۵۷۶

استاد راهنما

دکتر مهدی صفا

اسفند ۱۳۸۱

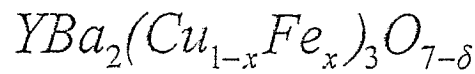


دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده فیزیک

پایان نامه کارشناسی ارشد فیزیک آقای علی مهدی فر
تحت عنوان

بررسی خواص ابررسانایی و ساختاری ابررسانای YBCO با جایگزینی آهن



در تاریخ ۱۳۸۱/۱۲/۲۰ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

۱- استاد راهنمای پایان نامه

۲- استاد مشاور پایان نامه

۳- استاد داور

۴- استاد داور

سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده

دکتر مهدی صفا

دکتر هادی سلامتی

دکتر جمشید عمیتیان

دکتر هادی اکبرزاده

دکتر منصور حقیقت

تشکر و قدردانی

خدایا! سپاس تو را که لیاقت تحصیل علم به من ارزانی داشتی و مرا در این مسیر هدایت و یاری رساندی. معبودا! از تو خواهان کمک در پاسداری از این امانت و بهره‌گیری از آن در جهت خدمت به بشریت هستیم.

از استاد گرامی جناب آقای دکتر مهدی صفا به عنوان استاد راهنمای پایان‌نامه به خاطر زحمات بی‌دریغشان سپاسگذارم.

از آقای دکتر هادی سلامتی که به عنوان استاد مشاور زحمت مطالعه و بازخوانی پایان‌نامه را به عهده گرفتند، از آقای دکتر هادی اکبرزاده به عنوان استاد داور و از آقای دکتر جمشید عمیقیان به عنوان استاد مدعو که زحمت بازخوانی و شرکت در جلسه دفاعیه را داشته‌اند، کمال تشکر را دارم.

از دوستان عزیزم آقایان پرویز کاملی، حمیدرضا رهنما، علی نجاری، حمید یوسفی، ناصر محمدی و حسین احمدوند همچنین از خانم‌ها مهین اشراقی و هلیا جلیلی که در مراحل مختلف انجام این پایان‌نامه از لطف و یاری آنها بهره‌مند گردیدم، تشکر می‌نمایم.

همچنین از کلیه کارکنان دانشکده فیزیک نهایت تشکر را دارم.

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات،
ابتکارات و نوآوریهای ناشی از تحقیق موضوع
این پایان نامه (رساله) متعلق به دانشگاه صنعتی
اصفهان است.

تقدیم به:

عزیز دل فاطمه (س)، یوسف زهرا، مهدی صاحب الزمان (عج)

و

به روح پاک پدرم

و

مادر عزیزم

و

خانواده ام

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

شش	فهرست مطالب
۱	چکیده

پیش‌گفتار

۲	مروری بر تاریخچه ابررسانایی
---	-----------------------------

فصل اول: ویژگی‌های ابررساناها

۶	مقدمه
۶	۱-۱- مقاومت ابررساناها
۷	۲-۱- دمای گذار ابررساناها
۸	۳-۱- خاصیت دیامغناطیسی
۹	۴-۱- مدل دو سیال
۹	۵-۱- نظریه گینزبرگ - لاندائو
۱۰	۶-۱- نظریه BCS
۱۲	۷-۱- عمق نفوذ مغناطیسی
۱۴	۸-۱- طول هم‌دوسی
۱۵	۹-۱- مشخصه‌های مواد ابررسانا
۱۵	۱-۹-۱- دمای بحرانی (T_c)
۱۵	۲-۹-۱- جریان بحرانی (I_c)
۱۵	۳-۹-۱- میدان مغناطیسی بحرانی (H_c)
۱۶	۱۰-۱- ابررساناهای نوع اول
۱۸	۱۱-۱- ابررساناهای نوع دوم
۱۹	۱-۱۱-۱- جریانهای بحرانی در ابررساناهای نوع دوم
۲۱	۲-۱۱-۱- جریانهای بحرانی در ابررساناهای سخت
۲۱	۳-۱۱-۱- مراکز میخکوبی برای لوله‌های شار
۲۴	۱۲-۱- ابررساناهای اکسیدی جدید
۲۵	۱-۱۲-۱- میدانهای بحرانی برای اکسیدهای جدید

۲۵ ۱-۱۲-۲- جریانه‌های بحرانی برای اکسیدهای جدید

فصل دوم: بررسی ساختار بلوری $YBa_2Cu_3O_{7-8}$

- ۲۷..... اکسیدهای ابررسانای جدید
- ۲۸..... ۱-۲- ساختار بلور $YBa_2Cu_3O_{7-8}$
- ۳۰..... ۲-۲- تأثیر اکسیژن بر خواص ابررسانایی YBCO
- ۳۱..... ۳-۲- بررسی اثر آلایش در ابررسانای YBCO
- ۳۲..... ۴-۲- بررسی اثر آلایش بر ساختار فاز 123

فصل سوم: مشخصه‌یابی نمونه‌های حجمی

- ۳۴..... مقدمه
- ۳۴..... ۱-۳- پراش پرتو X (XRD)
- ۳۵..... ۱-۱-۳- ویژگیهای پرتو X
- ۳۵..... ۲-۱-۳- جهت‌های باریکه‌های پراشیده
- ۳۷..... ۳-۱-۳- جهت‌های پراش
- ۳۷..... ۴-۱-۳- روشهای پراش
- ۳۸..... ۵-۱-۳- روش پودری
- ۴۰..... ۶-۱-۳- شدت باریکه‌های پراشیده
- ۴۰..... ۷-۱-۳- پراکندگی به وسیله یک الکترون
- ۴۱..... ۸-۱-۳- پراکندگی بوسیله یک اتم
- ۴۲..... ۹-۱-۳- پراکندگی از یاخته بسیط
- ۴۳..... ۱۰-۱-۳- موارد استفاده در روش پودری
- ۴۳..... ۱۱-۱-۳- فاکتور چندگانه
- ۴۳..... ۱۲-۱-۳- فاکتور لورنتس
- ۴۳..... ۱۳-۱-۳- فاکتور جذب
- ۴۴..... ۱۴-۱-۳- فاکتور دما
- ۴۵..... ۱۵-۱-۳- تجزیه شیمیایی بوسیله کارتهای JCPDS
- ۴۶..... ۱۶-۱-۳- روش کارتهای JCPDS
- ۴۸..... ۲-۳- ساختار میکروسکوپ الکترونی
- ۴۹..... ۱-۲-۳- میکروسکوپ‌های الکترونی روبشی SEM

۵۱..... ۲-۲-۳- میکروسکوپ‌های الکترونی عبوری TEM

فصل چهارم: روش‌های ساخت نمونه‌های حجمی

۵۲.....	مقدمه
۵۳.....	۱-۴- روش واکنش مستقیم حالت جامد
۵۴.....	۴-۱-۱- توزین پودرهای اولیه
۵۴.....	۴-۱-۲- مخلوط کردن و سایش پودرها
۵۴.....	۴-۱-۳- تکلیس
۵۵.....	۴-۱-۴- پرس کردن نمونه‌ها و ساخت قرص
۵۵.....	۴-۱-۵- کلوخه‌سازی
۵۶.....	۴-۲- روش‌های ذوبی
۵۷.....	۴-۲-۱- روش همبافتی ذوبی (Melt Texture)
۵۸.....	۴-۲-۲- ذوب منطقه‌ای همراه با میدان مغناطیسی
۵۸.....	۴-۲-۳- ذوب منطقه‌ای همراه با دانه‌گذاری (Seeding)
۵۹.....	۴-۳- روش‌های محلول شیمیایی
۵۹.....	۴-۳-۱- روش هم‌رسوبی
۶۰.....	۴-۳-۲- روش خشک کردن با یخ زدن
۶۰.....	۴-۳-۳- روش محلول زله‌ای

فصل پنجم: ساخت، اندازه‌گیری‌ها و نتایج

۶۲.....	مقدمه
۶۳.....	۵-۱- ساخت نمونه‌ها
۶۳.....	۵-۱-۱- توزین پودرهای اولیه
۶۵.....	۵-۱-۲- مخلوط کردن و سایش پودرها
۶۵.....	۵-۱-۳- تکلیس
۶۶.....	۵-۱-۴- پرس کاری و تهیه قرص
۶۶.....	۵-۱-۵- کلوخه‌سازی
۶۷.....	۵-۲- مشخصه‌یابی توسط پراش پرتو ایکس (XRD)
۷۴.....	۵-۳- آزمایش‌های SEM
۸۴.....	۵-۴- اندازه‌گیری پذیرفتاری مغناطیسی متناوب

۵-۵- اندازه گیری مقاومت الکتریکی ۸۹

۵-۶- اندازه گیری چگالی جریان بحرانی ۹۴

نتیجه گیری ۹۶

پیشنهادها ۹۷

مراجع ۹۸

چکیده انگلیسی ۱۰۱

چکیده

در این پروژه، نمونه‌های ابررسانای $YBa_2(Cu_{1-x}Fe_x)_3O_{7-\delta}$ به ازای $x=0.03$ ، $x=0.02$ ، $x=0.01$ ، $x=0.00$ و $x=0.05$ ساخته شده و مورد تحقیق و بررسی قرار گرفته است. روش ساخت نمونه‌ها، روش واکنش حالت جامد شامل مراحل زیر است:

- ۱- سه مرحله تکلیس یکسان با دمای نهایی ۹۵۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت و خنک سازی سریع در هوا.
- ۲- قرص کردن پودرها با فشار 150 kg/cm^2 .
- ۳- کلوخه‌سازی با شار اکسیژنی حدود ۶۰ حباب در دقیقه که از دمای ۹۰۰ درجه سانتی گراد به هنگام حرارت دهی تا دمای ۳۰۰ درجه سانتی گراد به هنگام خنک‌سازی ادامه یافت و دمای کلوخه‌سازی ۹۳۰ درجه سانتی گراد و به مدت ۲۴ ساعت بود.

پس از اتمام مراحل ساخت، آنالیزهای XRD، SEM، EDAX و اندازه‌گیری‌های پذیرفتاری مغناطیسی و مقاومت الکتریکی و چگالی جریان بحرانی بر روی نمونه‌ها انجام پذیرفت. نتایج نشان می‌دهند که:

- در همه نمونه‌ها فاز ارتورمبیک ۱۲۳ تشکیل شد و فاز آهن به صورت ناخالصی در نمونه‌ها مشاهده نگردید. بنابراین آهن در ترکیب، جایگزین مس شده است.

- با افزایش مقدار آهن در نمونه‌ها، ساختار نمونه‌ها به سمت تتراگونال میل پیدا می‌کند.

- با افزایش مقدار آهن در نمونه‌ها، دمای گذار کاهش پیدا می‌کند.

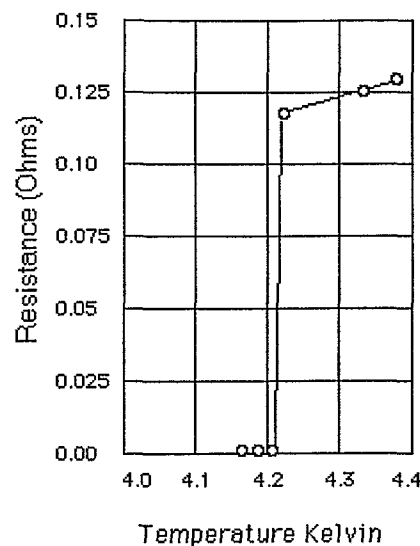
- جریان بحرانی نمونه با $x=0.01$ ، از نمونه خالص کمتر است.

پیش‌گفتار

مروزی بر تاریخچه کشف ابررسانایی

در سال ۱۹۰۸ هایک کمرلینگ اونس^۱ موفق به میعان هلیوم گردید. با توجه به نقطه جوش هلیوم مایع که ۴/۲ درجه کلوین بود، دسترسی به گستره جدیدی از دماهای پایین امکان‌پذیر شد. قبل از هر چیز اونس شروع به تحقیق بر روی مقاومت الکتریکی فلزات نمود. وی در سال ۱۹۱۱ مشاهده نمود که اگر نمونه‌هایی از فلزات و آلیاژها تا دمای محدوده هلیوم مایع، سرد شوند، مقاومت ویژه الکتریکی آنها صفر می‌شود. این نمونه‌ها در یک دمای بحرانی، T_c ، تحت یک گذار فاز از حالتی با مقاومت معمولی به حالت ابررسانایی می‌روند. اونس این پدیده را ابتدا در جیوه کشف نمود [1]. شکل (۱) منحنی تغییر مقاومت جیوه بر حسب دما را نشان می‌دهد [2].

¹ - Heike Kamerlingh Onnes, 1853-1926.



شکل (۱) نمودار مقاومت الکتریکی جیوه بر حسب دما

تاکنون بیش از بیست عنصر فلزی در دماهای پایین به ابررسانا تبدیل شده‌اند که بیشترین دمای گذار متعلق به نئوبیم - Nb - با دمای گذار 9.46 درجه کلوین است (شکل (۲)).

آلیاژها می‌توانند با دمای گذار بالاتری نسبت به فلزات، ابررسانا شوند. بعنوان مثال در سال ۱۹۵۹ آلیاژ Nb_3Sn در دمای ۱۸ درجه کلوین خاصیت ابررسانایی پیدا نمود.

در سال ۱۹۸۶ مولر^۱ و بدنورز^۲ با ساخت یک پروسکایت لایه‌ای $La_{2-x}Ba_xCuO_4$ (LBCO) با $x=0/15$ ، توانستند به دمای گذار ۳۵ درجه کلوین دست یابند [3]. LBCO اولین ابررسانای دمای بالا به حساب می‌آید. رسیدن به این دمای گذار که بیشتر از دمای جوش هیدروژن مایع یعنی ۲۲ درجه کلوین بود، جایزه نوبل سال ۱۹۸۷ را نصیب این دو نفر نمود.

در سال ۱۹۸۷ چو^۳ با همکاری یک گروه تحقیقاتی در دانشگاه هوستن آمریکا موفق به ساخت یک ماده سرامیکی جدید با ترکیب $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ معروف به ۱۲۳ با دمای بحرانی ۹۲ درجه کلوین شد [4]. این کشف یک موفقیت بزرگ بود، زیرا نقطه جوش ازت مایع ۷۷ درجه کلوین است که نسبت به هلیوم

¹ - Muller

² - Bednorz

³ - Chu

Mat.	Tc
Be	0
Rh	0
W	0.015
Ir	0.1
Lu	0.1
Hf	0.1
Ru	0.5
Os	0.7
Mo	0.92
Zr	0.546
Cd	0.56
U	0.2
Ti	0.39
Zn	0.85
Ga	1.083

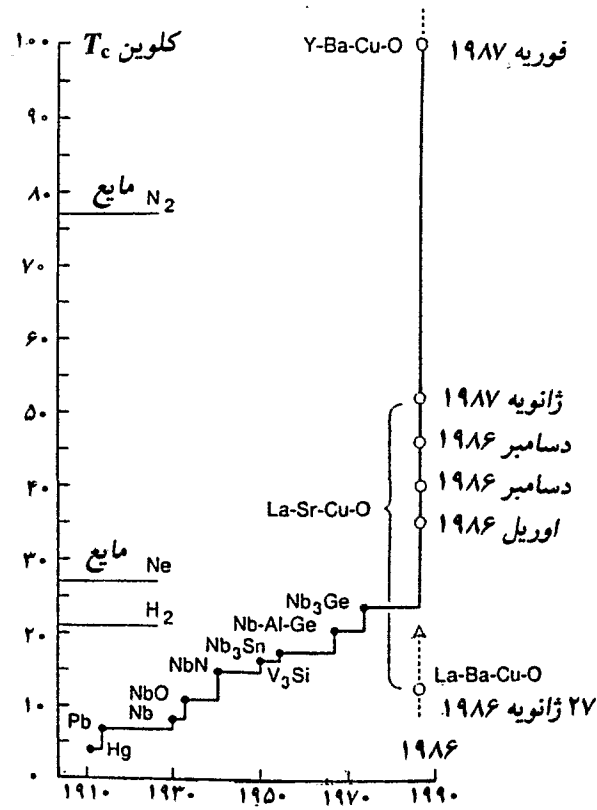
Mat.	Tc
Gd*	1.1
Al	1.2
Pa	1.4
Th	1.4
Re	1.4
Tl	2.39
In	3.408
Sn	3.722
Hg	4.153
Ta	4.47
V	5.38
La	6.00
Pb	7.193
Tc	7.77
Nb	9.46

شکل (۲) عناصر ابرسانا به همراه دمای گذار

مایع بسیار ارزانتر و نگاهداری آن آسانتر است. شکل (۳) نمودار دمای گذار بر حسب سال کشف ابرساناها را نشان می دهد.

در همان سال ترکیبات دیگری از قبیل Bi-Sr-Ca-Cu-O (BSCCO) کشف شد که دارای دو فاز بود که به ترتیب دماهای بحرانی ۸۰ و ۱۱۰ درجه کلوین داشتند [3]. در سال ۱۹۹۳ نیز ترکیب $\text{HgBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{8+y}$ ساخته شد که دمای بحرانی آن ۱۳۳ درجه کلوین است. تلاش دانشمندان همچنان ادامه پیدا کرده است و

دماهای گذار بالاتری یافت شده و می‌شود. به ابرساناهایی که بعد از کشف مولر و بدنورز ساخته شدند ابرساناهای گرم می‌گویند.



شکل (۳) نمودار دمای گذار بر حسب سال کشف ابرساناهای مختلف