





دانشگاه الزهرا  
دانشکده علوم پایه

پایان نامه  
جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد  
رشته فیزیک  
گرایش ماده چگال

بررسی اثر هال و آلایشهای  $Al$  و  $Ag, Fe, Ni$  در نمونه های آلاییده  
**Y-123**

استاد راهنما :  
دکتر وحید دادمهر

دانشجو:  
مریم نظرزاده

بهمن ماه 1388



دانشگاه الزهرا  
دانشکده علوم پایه

پایان نامه  
جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد  
رشته فیزیک  
گرایش ماده چگال

**بررسی اثر هال و آلایشهای  $Al$  و  $Ag, Fe, Ni$  در نمونه های آلاییده  
Y-123**

استاد راهنما :  
دکتر وحید دادمهر

استاد مشاور:  
دکتر محمدرضا محمدی زاده

دانشجو:  
مریم نظرزاده

بهمن ماه 1388

کلیه دستاوردهای ناشی از تحقیق فوق متعلق  
به دانشگاه الزهراء (س) است

تقدیم بہ پدر و مادر عزیز

کہ بہترین حسَنر

## قدردانی و تشکر:

پس از شکر و سپاس خداوند، که همواره مرا از الطاف خویش بهره مند ساخته، از استاد ارجمند جناب آقای دکتر دادمهر به جهت سرپرستی و راهنماییهای بی دریغ ایشان در طول دوران تحصیل نهایت تشکر و قدردانی را می نمایم. از جناب آقای دکتر محمدی زاده به جهت راهنماییهای ارزنده و استفاده از تجربیات ایشان تشکر و سپاسگزاری می کنم. از اساتید ارجمند جناب آقای دکتر ثابت داریانی و جناب آقای دکتر چراغچی که زحمت مطالعه پایان نامه، ارائه نظرات ارزنده و شرکت در جلسه دفاعیه را پذیرفته اند تشکر و قدردانی می کنم.

همچنین از همفکری و کمکهای جناب آقای دکتر خسرو آبادی و خانم خزایی تشکر می کنم. از کلیه اعضای آزمایشگاه پژوهشی مغناطیس و ابررسانا بالاخص خانمها صائب و فلاحتی به جهت ساخت نمونه ها قدردانی و تشکر می کنم. از دیگر اعضای آزمایشگاه خانم فرایی به جهت همفکری و خانمها نور بخش، گودرزی و آقاخانی تشکر می کنم. از خانواده عزیزم نیز که در تمامی مراحل زندگییم همراه و مشوقم بودند، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

## چکیده

در این تحقیق به بررسی ناهنجاری تغییر علامت هال در حالت گردابی در نمونه های آلاییده  $YBCO$  با مقادیر آلیش  $0 \leq x \leq 0/045$  برای  $Ni$ ،  $0 \leq x \leq 0/03$  برای  $Fe$ ،  $0 \leq x \leq 0/3$  برای  $Ag$  و  $0 \leq x \leq 0/045$  برای آلیش الکترونی  $Al$  با میدانهای  $H=(2/52,4/61,6/27 kOe)$  عمود بر سطح نمونه و در جریان ثابت و مستقیم  $100 mA$  پرداخته ایم. نتایج این تحقیق در رابطه با مقاومت مغناطیسی حاکی از پهن شدگی گذار ابررسانایی، با افزایش میدان مغناطیسی بوده، و بررسی این کمیت در میدان  $4/61 kOe$  در تمامی نمونه ها، از کاهش دمای گذار ابررسانایی با افزایش میزان آلاینده، در نمونه های آلاییده با  $Ag$ ، تا  $x=0/15$  روندی افزایشی و برای مقادیر بیشتر، روندی کاهشی داشته، حکایت دارد. نتایج اندازه گیری هال نشان می دهد که در تمامی نمونه ها تغییر علامت هال یکبار و در دمایی حول و حوش  $0/9 T_C$  آن مشاهده شده است، افزایش عمق قله منفی هال  $\Delta_{max}$  در آلیش با  $Ni$  و کاهش جزئی آن در آلیش با  $Fe$  در نمونه بدون ناخالصی  $x=0/005$ ، و افزایش جزئی آن در مابقی نمونه های آلاییده با  $Fe$  و نیز انتقال آن به دماهای پایینتر با افزایش میزان آلاینده مشاهده شده است، در نمونه های آلاییده با  $Ag$  نیز افزایش این عمق تا  $x=0/15$  و پس از آن کاهش آن رویت شده است، در نمونه های آلاییده با  $Al$  نیز تا نمونه  $x=0/02$  که فاقد ناخالصی اند کاهش آن و پس از آن افزایش آن مشاهده شده، در نمونه های آلاییده با  $Ag$  و  $Al$  تقریباً انتقال دمایی مشاهده نشده، در بررسی تغییر این ناهنجاری با میدان کاهش این قله با افزایش میدان در تمامی نمونه ها و نیز انتقال آن به دماهای کمتر در نمونه های آلاییده با  $Ni$  و  $Fe$  رویت شده است، و تغییرات آن با معکوس میدان تقریباً رفتاری خطی داشته، در بررسی ناهنجاری  $Cotq_H$  رفتار آن بر حسب  $T^2$  در کلیه نمونه ها خطی بوده، شیب آن ثابت و عرض از مبدا آن با افزایش میزان آلاینده افزایش داشته است، در بررسی چگالی حاملین بار کاهش آن با افزایش آلیشهای  $Ni, Fe$  و  $Al$  و افزایش آن با آلیش  $Ag$  مشاهده شده است. نتایج این پژوهش طی دو مقاله در کنفرانس ملی ابررسانایی ارائه شده است

کلمات کلیدی: ابررسانای دمای بالا، آلیش مغناطیسی، آلیش شیمیایی، سازو کار شار، اثر هال

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
أ	چکیده .....
ب	فهرست مطالب .....
ث	فهرست شکلها .....
د	فهرست جدولها .....
ذ	پیشگفتار .....
1	فصل اول - مروری بر ابرسانایی و آرایش در ابرساناهای دمای بالا .....
2	1-1 مقدمه .....
4	2-1 مفاهیم ابرسانایی .....
5	3-1 ابرساناهای نوع I و II .....
7	4-1 مروری بر نظریه های ابرسانایی .....
8	5-1 ابرساناهای دمای بالا .....
9	6-1 گردشاره و میخکوبی شار .....
12	7-1 ساختار YBCO .....
14	8-1 بررسی آرایش در ابرساناهای دمای بالا .....
38	فصل دوم - اثر هال و ناهنجاریهای آن در ابرساناهای دمای بالا .....
39	1-2 مقدمه .....
40	3-2 اثر کلاسیک هال .....



42	4-2 اثر هال و ناهنجاریهای آن .....
45	5-2 تاثیر آلاینده بر اثر هال در ابررساناهای دمای بالا .....
46	6-2 اثر هال در حالت بهنجار .....
48	7-2 اثر هال در حالت گردابی .....
59	<b>فصل سوم - آزمایشات و جزئیات تجربی</b> .....
60	1-3 مقدمه .....
62	2-3 روش ساخت .....
63	3-3 مشخصه یابی .....
69	4-3 آزمایشات و اندازه گیری ها .....
74	5-3 مقاومت ویژه .....
77	6-3 اندازه گیری ترابردی $I-V$ .....
81	7-3 مقاومت مغناطیسی .....
93	8-3 اندازه گیری هال .....
121	9-3 چگالی حاملین بار .....
125	9-3 بررسی ناهنجاری دمایی زاویه هال در حالت بهنجار .....
134	<b>فصل چهارم - نتیجه گیری و پیشنهادات ادامه کار</b> .....
135	1-4 جمع بندی و نتایج .....
140	2-4 پیشنهاداتی جهت ادامه کار .....
141	مراجع .....
145	Abstract .....

## فهرست شکلها:

- شکل 1-1-1 آروند کشف ترکیبات ابرسانا ..... 4
- شکل 1-2 ابرسانای نوع I و II ..... 7
- شکل 1-3 ساختار منظم مثلثی شکل گرد شاره ها ..... 12
- شکل 1-4 ساختار YBCO ..... 14
- شکل 1-5 ساختار LSCO ..... 15
- شکل 1-6 ساختار فاز Bi با فرمول عمومی  $Bi_2Sr_2Ca_{x-1}Cu_nO_y$  با  $(n=1,2,3)$  ..... 17
- شکل 1-7 مقاومت ویژه الکتریکی برای ترکیبات ابرسانای  $RBa_2Cu_3O_{7-d}$  با پایه های مختلف ..... 20
- شکل 1-8 پارامترهای شبکه a,b,c سلول واحد برای  $YB_2Cu_{3-x}M_xO_{7-\delta}$ ،  $M=Fe, Co, Al, Zn, Ni$  ... ۲۷
- شکل 1-9 حجم سلول واحد  $YB_2Cu_{3-x}M_xO_{7-\delta}$  برحسب x،  $M=Fe, Co, Al, Zn, Ni$  ..... ۲۸
- شکل 1-10 میزان اکسیژن برحسب آرایش ..... 29
- شکل 1-11 داده های TGA برای آرایش های مختلف Al در  $YBa_2Cu_{3-x}M_xO_{7-\delta}$  که نمونه ها تحت فشار آرگون تا  $850^{\circ}C$  با آهنگ  $10^{\circ}C/min$  بوده اند ..... 30
- شکل 1-12 افت اکسیژن به صورت تابعی از x برای نمونه های  $YBa_2Cu_{3-x}M_xO_{7-\delta}$  با پخت تحت فشار آرگون تا  $900^{\circ}C$  با آهنگ  $10^{\circ}C/min$  برای نمونه های مختلف ..... 32
- شکل 1-13 نمودار مقاومت برحسب دمای نمونه هایی با آرایش های مختلف  $YBa_2Cu_{3-x}M_xO_{7-\delta}$  برای  $M=Co, Fe$  ..... 33
- شکل 1-14 تغییرات دمای گذار برحسب مقدار آرایش برای  $YBa_2Cu_{3-x}M_xO_{7-\delta}$  ..... 33
- .....  $M=Co, Fe, Ni, Zn, Al$
- شکل 1-15 بستگی جهان شمول  $T_C$  به طول باند  $Cu1-O4$  ..... 35
- شکل 1-2-1 آزمایش اثر حال ..... 40
- شکل 2-2-1 چگونگی نیروی مگنوس و وشکسانی در مدل استفان- باردین ..... 49
- شکل 2-3-1 بستگی ناهنجاری حال به آرایش در حالت ابرسانایی برای چند نمونه از ابرساناهای اکسید مس ..... 53
- شکل 1-3-1 نمایی از میدان به کار رفته در اندازه گیری ها ..... 70
- شکل 2-3-2 نمایی از فیبر تهیه شده جهت انجام آزمایش ..... 72

- شکل 3-3 طرحی از دستگاه اندازه گیری ..... 74
- شکل 4-3 نمودار مقاومت طولی برحسب دما در نمونه های آلاییده  $YBa_2Cu_{3-x}Ni_xO_{7-d}$  در میدان مغناطیسی  $4/61 kOe$  ..... 84
- شکل 5-3 نمودار مقاومت طولی برحسب دما در نمونه های آلاییده  $YBa_2Cu_{3-x}Fe_xO_{7-d}$  در میدان مغناطیسی  $4/61 kOe$  ..... 85
- شکل 6-3 نمودار مقاومت طولی برحسب دما در نمونه های آلاییده  $YBa_2Cu_{3-x}Ag_xO_{7-d}$  در میدان مغناطیسی  $4/61 kOe$  ..... 87
- شکل 7-3 نمودار مقاومت طولی برحسب دما در نمونه های آلاییده  $YBa_2Cu_{3-x}Al_xO_{7-d}$  در میدان مغناطیسی  $4/61 kOe$  ..... 88
- شکل 8-3 نمودار مقاومت طولی بر حسب دما میدان برای نمونه آلاییده  $YBa_2Cu_{3-0.045}Ni_{0.045}O_{7-d}$  در میدانهای مغناطیسی  $2/52, 4/61, 6/27 kOe$  ..... 89
- شکل 9-3 نمودار مقاومت طولی برحسب دما برای نمونه آلاییده  $YBa_2Cu_{3-0.005}Fe_{0.005}O_{7-d}$  در میدانهای مغناطیسی  $2/52, 4/61, 6/27 kOe$  ..... 90
- شکل 10-3 نمودار مقاومت طولی بر حسب دما برای نمونه آلاییده  $YBa_2Cu_{3-0.15}Ag_{0.15}O_{7-d}$  در میدانهای مغناطیسی  $2/52, 4/61, 6/27 kOe$  ..... 91
- شکل 11-3 نمودار مقاومت بر دما برای نمونه آلاییده  $YBa_2Cu_{3-0.02}Al_{0.02}O_{7-d}$  در میدانهای مغناطیسی  $2/52, 4/61, 6/27 kOe$  ..... 92
- شکل 12-3 مقادیر انرژی میخکوبی بر حسب میدان برای نمونه های آلاییده در میدانهای مغناطیسی  $2/52, 4/61, 6/27 kOe$  ..... 93
- شکل 13-3 نمودار ضریب هال برحسب دما رای نمونه های آلاییده  $YBa_2Cu_{3-x}Ni_xO_{7-d}$  در میدان مغناطیسی  $4/61 kOe$  ..... 99
- شکل 14-3 نمودار ضریب هال برحسب دما برای نمونه های آلاییده  $YBa_2Cu_{3-x}Fe_xO_{7-d}$  در میدان مغناطیسی  $4/61 kOe$  ..... 103
- شکل 15-3 نمودار ضریب هال برحسب دما برای نمونه آلاییده  $YBa_2Cu_{3-0.1}Ag_{0.1}O_{7-d}$  در میدان مغناطیسی  $4/61 kOe$  ..... 106

شکل 3-16 نمودار ضریب هال برحسب دما برای نمونه آلییده $YBa_2Cu_{3-0.15}Ag_{0.15}O_{7-d}$ در میدان مغناطیسی $4/61 kOe$ .....	106
شکل 3-17 نمودار ضریب هال برحسب دما برای نمونه آلییده $YBa_2Cu_{3-0.2}Ag_{0.2}O_{7-d}$ در میدان مغناطیسی $4/61 kOe$ .....	107
شکل 3-18 نمودار ضریب هال برحسب دما برای نمونه آلییده $YBa_2Cu_{3-0.3}Ag_{0.3}O_{7-d}$ در میدان مغناطیسی $4/61 kOe$ .....	107
شکل 3-19 نمودار ضریب هال برحسب دما برای نمونه آلییده $YBa_2Cu_{3-0.01}Al_{0.01}O_{7-d}$ در میدان مغناطیسی $4/61 kOe$ .....	110
شکل 3-20 نمودار ضریب هال برحسب دما برای نمونه آلییده $YBa_2Cu_{3-0.02}Al_{0.02}O_{7-d}$ در میدان مغناطیسی $4/61 kOe$ .....	110
شکل 3-21 نمودار ضریب هال برحسب دما برای نمونه آلییده $YBa_2Cu_{3-0.03}Al_{0.03}O_{7-d}$ در میدان مغناطیسی $4/61 kOe$ .....	111
شکل 3-22 نمودار ضریب هال برحسب دما برای نمونه آلییده $YBa_2Cu_{3-0.045}Al_{0.045}O_{7-d}$ در میدان مغناطیسی $4/61 kOe$ .....	111
شکل 3-23 نمودار ضریب هال برحسب دما برای نمونه آلییده $YBa_2Cu_{3-0.045}Ni_{0.045}O_{7-d}$ در میدانهای مغناطیسی $2/52, 4/61, 6/27 kOe$ .....	114
شکل 3-24 نمودار ضریب هال برحسب دما برای نمونه آلییده $YBa_2Cu_{3-0.005}Fe_{0.005}O_{7-d}$ در میدانهای مغناطیسی $2/52, 4/61, 6/27 kOe$ .....	115
شکل 3-25 نمودار ضریب هال برحسب دما برای نمونه آلییده $YBa_2Cu_{3-0.15}Ag_{0.15}O_{7-d}$ در میدان مغناطیسی $2/52 kOe$ .....	116
شکل 3-26 نمودار ضریب هال برحسب دما برای نمونه آلییده $YBa_2Cu_{3-0.15}Ag_{0.15}O_{7-d}$ در میدان مغناطیسی $4/61 kOe$ .....	117
شکل 3-27 نمودار ضریب هال برحسب دما برای نمونه آلییده $YBa_2Cu_{3-0.15}Ag_{0.15}O_{7-d}$ در میدان مغناطیسی $6/27 kOe$ .....	117

- شکل 3-28 نمودار ضریب هال برحسب دما برای نمونه آلییده  $YBa_2Cu_{3-0.02}Al_{0.02}O_{7-d}$  در میدان مغناطیسی  $2/52 \text{ kOe}$  ..... 119
- شکل 3-29 نمودار ضریب هال برحسب دما برای نمونه آلییده  $YBa_2Cu_{3-0.02}Al_{0.02}O_{7-d}$  در میدان مغناطیسی  $4/61 \text{ kOe}$  ..... 119
- شکل 3-30 نمودار ضریب هال برحسب دما برای نمونه آلییده  $YBa_2Cu_{3-0.02}Al_{0.02}O_{7-d}$  در میدان مغناطیسی  $6/27 \text{ kOe}$  ..... 120
- شکل 3-31 نمودار قله منفی هال برحسب معکوس میدان برای نمونه های آلییده در میدان های  $2/52, 4/61, 6/27 \text{ kOe}$  ..... 121
- شکل 3-32 نمودار  $n_H$  برحسب دما در نمونه های آلییده  $YBa_2Cu_{3-x}Ni_xO_{7-d}$  ..... 123
- شکل 3-33 نمودار  $n_H$  برحسب دما در نمونه های آلییده  $YBa_2Cu_{3-x}Fe_xO_{7-d}$  ..... 124
- شکل 3-34 نمودار  $n_H$  برحسب دما در نمونه های آلییده  $YBa_2Cu_{3-x}Ag_xO_{7-d}$  ..... 125
- شکل 3-35 نمودار  $n_H$  برحسب دما در نمونه های آلییده  $YBa_2Cu_{3-x}Al_xO_{7-d}$  ..... 126
- شکل 3-36 نمودار  $Cotq_H$  برحسب مجذور دما در نمونه های آلییده  $YBa_2Cu_{3-x}Ni_xO_{7-d}$  در میدان مغناطیسی  $4/61 \text{ kOe}$  ..... 129
- شکل 3-37 نمودار  $Cotq_H$  برحسب مجذور دما در نمونه های آلییده  $YBa_2Cu_{3-x}Fe_xO_{7-d}$  در میدان مغناطیسی  $4/61 \text{ kOe}$  ..... 131
- شکل 3-38 نمودار  $Cotq_H$  برحسب مجذور دما در نمونه های آلییده  $YBa_2Cu_{3-x}Ag_xO_{7-d}$  در میدان مغناطیسی  $4/61 \text{ kOe}$  ..... 132
- شکل 3-39 نمودار  $Cotq_H$  برحسب مجذور دما در نمونه های آلییده  $YBa_2Cu_{3-x}Al_xO_{7-d}$  در میدان مغناطیسی  $4/61 \text{ kOe}$  ..... 133

## فهرست جدول ها

- جدول 1-1 دماهای بحرانی و طولهای همدوسی ..... 9
- جدول 1-3: پارامترهای شبکه، مکان و درصد اشغال اتمی در نمونه‌های  $YBa_2Cu_{3-x}Ni_xO_{7-\delta}$  بدست آمده از ظریف سازی طیف اشعه X با استفاده از نرم افزار MAUD [79] ..... 65
- جدول 2-3: پارامترهای شبکه، مکان و درصد اشغال اتمی در نمونه‌های  $YBa_2Cu_{3-x}Fe_xO_{7-\delta}$  بدست آمده از ظریف سازی طیف اشعه X با استفاده از نرم افزار MAUD [79] ..... 66
- جدول 3-3: پارامترهای شبکه، مکان و درصد اشغال اتمی در نمونه‌های  $YBa_2Cu_{3-x}Ag_xO_{7-\delta}$  بدست آمده از ظریف سازی طیف اشعه X با استفاده از نرم افزار MAUD [80] ..... 67
- جدول 4-3: پارامترهای شبکه، مکان و درصد اشغال اتمی در نمونه‌های  $YBa_2Cu_{3-x}Al_xO_{7-\delta}$  بدست آمده از ظریف سازی طیف اشعه X با استفاده از نرم افزار MAUD [80] ..... 68
- جدول 5-3: دماهای گذار در نمونه های  $YBa_2Cu_{3-x}Ni_xO_{7-\delta}$  با مقادیر مختلف آلایش ..... 85
- جدول 6-3: دماهای گذار در نمونه های  $YBa_2Cu_{3-x}Fe_xO_{7-\delta}$  با مقادیر مختلف آلایش ..... 86
- جدول 7-3: دماهای گذار در نمونه های  $YBa_2Cu_{3-x}Ag_xO_{7-\delta}$  با مقادیر مختلف آلایش ..... 88
- جدول 8-3: دماهای گذار در نمونه های  $YBa_2Cu_{3-x}Al_xO_{7-\delta}$  با مقادیر مختلف آلایش ..... 89
- جدول 9-3: نتایج حاصل از برازش نمودار  $Cotq_H$  برحسب مجذور دما در نمونه های آلاییده  $YBa_2Cu_{3-x}Ni_xO_{7-d}$  در میدان مغناطیسی  $4/61 kOe$  ..... 130
- جدول 10-3: نتایج حاصل از برازش نمودار  $Cotq_H$  برحسب مجذور دما در نمونه های آلاییده  $YBa_2Cu_{3-x}Fe_xO_{7-d}$  در میدان مغناطیسی  $4/61 kOe$  ..... 131
- جدول 11-3: نتایج حاصل از برازش نمودار  $Cotq_H$  برحسب مجذور دما در نمونه های آلاییده  $YBa_2Cu_{3-x}Ag_xO_{7-d}$  در میدان مغناطیسی  $4/61 kOe$  ..... 133
- جدول 12-3: نتایج حاصل از برازش نمودار  $Cotq_H$  برحسب مجذور دما در نمونه های آلاییده  $YBa_2Cu_{3-x}Al_xO_{7-d}$  در میدان مغناطیسی  $4/61 kOe$  ..... 134

## پیشگفتار

پدیده ابررسانایی که در اوایل قرن بیستم کشف شد، شاید اولین پدیده ای باشد که نشان داد قوانین مکانیک کوانتومی می توانند در مقیاس ماکروسکوپی نیز بروز کنند، این پدیده نمونه بارزی از اشغال ماکروسکوپی یک حالت کوانتومی منفرد است به عبارت دیگر خواص غیر عادی (در مقایسه با حالت بهنجار) حالت ابررسانایی در نتیجه این امر رخ می دهند. صفر شدن مقاومت حالت بهنجار و دیامغناطیس شدن نمونه در حالت ابررسانایی دو مشخصه اصلی این پدیده هستند.

پس از کشف ابررساناهای دمای بالا، بررسی اثر آلاینش و جانمایی در جایگاه های مختلف این ترکیبات همواره مورد توجه محققین بوده است، از آنجا که سازوکار ابررسانش، علیرغم تلاشهای فراوان محققین کماکان به صورت مساله ای مبهم باقی مانده است، مطالعه خواص الکتریکی، مغناطیسی و تراپردی این مواد در فاز بهنجار و ابررسانایی آنها و ارتباط این خواص با غلظت های مختلف آلاینده می تواند رهیافت مناسبی برای فهم این ساز و کار باشد. یکی از مهمترین آزمایشات تراپردی آزمایش اثر هال است که اطلاعات ذیقیمی از جمله نوع و چگالی حاملین بار را نتیجه می دهد، رفتار چگالی حاملین بار و تغییرات آن با دما، مقدار ناخالصی، مساله جانمایی و غیره و خصوصاً در ابررساناهای دمای بالا کمک فراوانی جهت شناخت ساز و کار رسانش در حالت بهنجار و بررسی ساز و کار شار در حالت ابررسانایی این مواد به ما می کند.

به دنبال کشف ترکیب  $YBa_2Cu_3O_{7-d}$  بررسیهای متعددی در مطالعه اثر هال در حالت بهنجار و گردابی این ترکیب صورت گرفته است، که رفتارهای ناهنجاری را در حالت های بهنجار و ابررسانایی از خود نشان می دهد، در حالت گردابی این ترکیب، ناهنجاری تغییر علامت اثر هال مشابه بسیاری دیگر از ابررساناهای دمای بالا و برخی از ابررساناهای متعارف که چنین رفتار نامتعارفی را در این ناحیه از خود نشان می دهند، مشاهده شده است.

در این تحقیق، جهت مطالعه اثرات آلاینش مغناطیسی، الکترونی و حفره ای در اثر هال در حالت گردابی، به بررسی اثر هال و جانشینی  $M / Cu$  با  $(M = Ni, Fe, Ag, Al)$  در نمونه های آلاینده  $YBCO$  پرداختیم و تاثیر آلاینش و میدان مغناطیسی بر ناهنجاری تغییر علامت هال و همچنین تاثیر این عوامل بر مقاومت مغناطیسی و در انتها نیز تاثیر آلاینش بر چگالی حاملین بار و ناهنجاری زاویه ای هال در ناحیه بهنجار را مورد مطالعه قرار دادیم.



## فصل اول

### مروری بر ابرسانایی و آرایش در ابرساناهای دمای بالا

مقدمه

مفاهیم ابرسانایی

ابرساناهای نوع I و II

ابرساناهای دمای بالا

گردشاره و میخکوبی شار

ساختار YBCO

بررسی آرایش در ابرساناهای دمای بالا

## مقدمه

## مروری بر پدیده ابرسانایی

## 1-1 مقدمه

پدیده ابرسانایی در اوایل قرن بیستم در سال 1911، توسط کامرلینگ اونس<sup>1</sup> هنگامی که در حال بررسی خواص مواد در دماهای پایین با استفاده از هلیوم مایع بود، کشف شد [1]، او مشاهده کرد که مقاومت الکتریکی جیوه در دمای 4/2 درجه کلون (دمای گذار آن)، صفر شد. و مقدار مقاومت در این حالت در بررسیهای دقیقتر مشخص شد که  $10^{-12}$  برابر مقاومت معمولی یک رسانای خوب است. و شاید این پدیده، اولین پدیده ای باشد که نشان داد قوانین مکانیک کوانتومی می توانند در مقیاس ماکروسکوپی نیز بروز کنند. این پدیده نمونه بارزی از اشغال ماکروسکوپی یک حالت کوانتومی منفرد است. به عبارت دیگر خواص غیرعادی (در مقایسه با حالت بهنجار) حالت ابرسانایی در نتیجه این امر رخ می دهند. صفر شدن مقاومت بهنجار و دیامغناطیس شدن نمونه در حالت ابرسانایی دو مشخصه اصلی این پدیده می باشند. در سال 1933 مایسنر<sup>2</sup> و اکسنفلد<sup>3</sup> اثر مغناطیسی ابرسانایی را کشف کردند و مشاهده کردند که این مواد میدان مغناطیسی خارجی کوچکتر از یک مقدار حدی موسوم به میدان بحرانی را از داخل خود طرد می کنند [2].

بررسیهای نظری متعددی نیز بر روی این مواد انجام شده است که می توان نظریه برادران لندن که یک نظریه پدیده شناختی است که خواص مغناطیسی ابرساناها در آن بررسی شده است [3]، و در سال 1963 جوزفسون، اثری را در این مواد دید که به اثر جوزفسون معروف است، او پس از مطالعه نظری به این نتیجه رسید که بین دو ابرسانای مختلف که با اتصال تونل زنی به هم متصل باشند بدون اعمال میدان الکتریکی خارجی نیز، یک شارش جریان

---

<sup>1</sup> K. Onnes

<sup>2</sup> Meissner

<sup>3</sup> Ochsenfeld

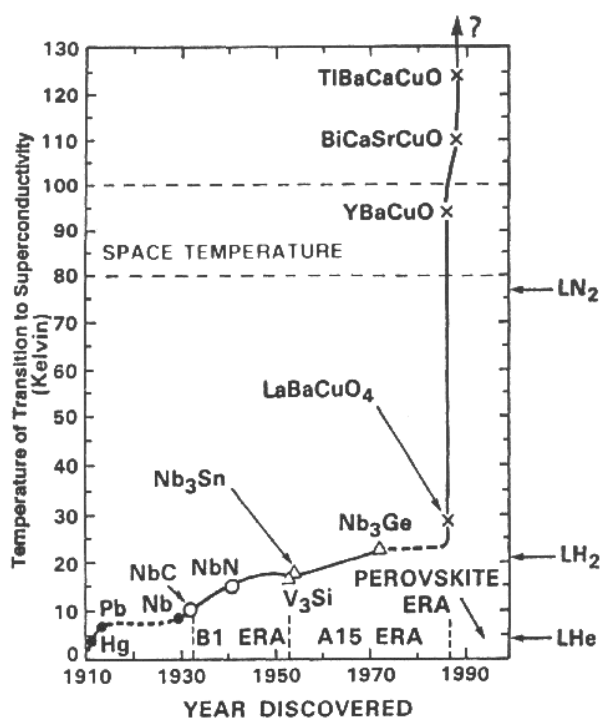
خواهیم داشت [4]. نظریه پدیده شناختی ماکروسکپی گینزبرگ- لاندائو و همچنین نظریه BCS که در توجیه ابررساناهای متعارف نظریه ای توانمند بود و اساس آن بر زوج شدگی ضعیف الکترون- فونون استوار بود [5].

از آنجا که مشکل اساسی همه این ابررساناها پایین بودن دمای گذار آنهاست بسیاری از فیزیکدانان و شیمییدانان و دانشمندان علم مواد را بر آن داشت که به دنبال ترکیبهای جدیدتری باشند، در سال 1984 راوو<sup>1</sup> و میشل<sup>2</sup> و دیگر همکارانشان در دانشگاه کن فرانسه، ساخت یک سری ترکیبات مرکب از لانتوم، باریوم، مس و اکسیژن را آغاز کردند. اگر آنها بعضی از این مواد را تا دمای نزدیک 40 درجه کلوین سرد کرده بودند ممکن بود مشاهده کنند که این مواد در برابر شارش جریان الکتریکی هیچ مقاومتی را از خود نشان می دهند. در آن زمان دلایل کمی وجود داشت که فیزیکدانان، شیمییدانان و یا دانشمندان علم مواد وجود ابررسانایی در این مواد را پیش بینی کنند و یا حتی معتقد باشند که امکان ساخت ابررساناهایی با چنین دماهای گذار بالایی وجود دارد به این ترتیب این سرمایه‌کها مورد توجه قرار نگرفتند تا اینکه در سال 1986 بدنورز و مولر فیزیکدانان موسسه تحقیقاتی IBM در زوریخ پی بردند که این سرمایه‌کها دسته جدیدی از ابررساناها با دمای گذار بالا هستند. کشف آنها تحقیقات و تکنولوژی ابررسانایی را حیاتی تازه بخشید. این ترکیبات ساختار لایه ای شامل صفحات  $CuO_2$  دارند. از همان ابتدا معلوم بود که این صفحات نقش مهمی در وقوع ابررسانایی در این ترکیبات ایفا می کند. تلاش وسیعی در مقیاس جهانی برای بررسی دیگر ترکیبات شامل صفحات  $CuO_2$  آغاز شد. این کوششها به زودی با کشف بسیار مهم ابررسانایی حدود 90 درجه کلوین در ترکیب Y123 در سال 1987 به بار نشست و یکسال پس از آن در سال 1988 دو دسته ترکیبات جدید ابررسانایی که آنها هم شامل  $CuO_2$  بودند کشف شدند: ترکیبات اکسید مسی  $Bi-Ca-Sr-Cu-O$  و  $Tl-Ca-Ba-Cu-O$ ، با این کشف مشخص شد که مسوول

<sup>1</sup> Raveau

<sup>2</sup> Michel

وقوع ابررسانایی که پیش از آن تصور می شد یون و یا عناصر نادر خاکی است نمی باشد. و سرانجام در سال 1993 ترکیب  $HgCa_{n-1}Ba_2Cu_nO_{2n+2}$  ( $n=1$  و  $2$  و  $3$ ) که در حالت  $n=3$  و تحت فشار خیلی بالا دمایی گذار آن حدود 165 درجه کلوین است، کشف شد که در شکل زیر روند کشف این ترکیبات مشاهده می شود [6].



شکل 1-1 روند کشف ترکیبات ابررسانا

## 2-1 مفاهیم ابررسانایی

### میدان مغناطیسی بحرانی

طبق آزمایش های مایسنر- اوکسنفلد چنانچه ماده ابررسانا در میدان مغناطیسی خارجی قرار گیرد و تا زیر دمایی گذار سرد شود خطوط شار مغناطیسی را از خود طرد می کند که به اثر مایسنر معروف است، البته اگر میدان مغناطیسی خارجی اعمال شده به اندازه کافی بزرگ باشد، ماده اجازه نفوذ شار مغناطیسی را به داخل خود داده و از حالت ابررسانایی خارج می شود، آستانه میدان مغناطیسی که ابررسانایی را از بین می برد به میدان مغناطیسی بحرانی