

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS@

JUDUL: CIRI - CIRI DAN KESAN PENDEDAHAN ATMOSFERA KE ATAS
SUPERKONDUKTOR $PbBa_{2-x}Y_xCa_xCu_3O_{7+x}$

Ijazah: Ijazah Sarjana Muda Sains Dengan Kejuruteraan (Fizik Dengan Elektronik)

SESI PENGAJIAN: 2002-2005

Saya TANG NGIE KYU
 (HURUF BESAR)

mengaku membenarkan tesis (LPS/Sarjana/Doktor Falsafah)* ini disimpan di Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:

1. Tesis adalah hakmilik Universiti Malaysia Sabah.
2. Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dibenarkan membuat salinan untuk tujuan pengajian sahaja.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan tesis ini sebagai bahan pertukaran antara institusi pengajian tinggi.

4. **Sila tandakan (/)

SULIT

(Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau kepentingan Malaysia seperti yang termaktub di dalam AKTA RAHSIA RASMI 1972)

TERHAD

(Mengandungi maklumat TERHAD yang telah ditentukan oleh organisasi/badan di mana penyelidikan dijalankan)

TIDAK TERHAD

Disahkan oleh

Tang
 (TANDATANGAN PENULIS)

 (TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

Alamat Tetap: P.O. Box 325,
96508 Bintanong,

 Nama Penyalia

SARAWAK

Tarikh: 26-03-2005

Tarikh: _____

- PERHATIAN:
- * Potong yang tidak berkenaan.
 - ** Jika tesis ini SULIT atau TERHAD, sila lampirkan surat daripada pihak berkuasa/organisasi berkenaan dengan menyatakan sekali sebab dan tempoh tesis ini perlu dikelaskan sebagai SULIT dan TERHAD.
- @ Tesis dimaksudkan sebagai tesis bagi Ijazah Doktor Falsafah dan Sarjana secara penyelidikan, atau disertasi bagi pengajian secara kerja kursus dan penyelidikan, atau Laporan Projek Sarjana Muda (LPSM).



4000006604



CIRI-CIRI DAN KESAN PENDEDAHAN ATMOSFERA KE ATAS
SUPERKONDUKTOR $\text{PbBa}_2\text{Y}_{1-x}\text{Ca}_x\text{Cu}_3\text{O}_{7+\delta}$

TANG NGIE KYU

DISERTASI INI DIKEMUKAKAN UNTUK MEMENUHI SEBAHAGIAN
DARIPADA SYARAT MEMPEROLEHI IJAZAH SARJANA MUDA SAINS
DENGAN KEPUJIAN

PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PROGRAM FIZIK DENGAN ELEKTRONIK
SEKOLAH SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

Februari 2005

PERPUSTAKAAN UMS



1400006604

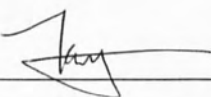


UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PENGAKUAN

Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah dijelaskan sumbernya.

21 Februari 2005



TANG NGIE KYU

HS2002-4074

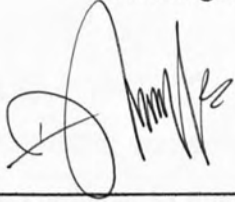


DIPERAKUKAN OLEH

Tandatangan

1. PENYELIA

(ENCIK ALVIE LO SIN VOI)




2. PEMERIKSA 1

(ENCIK SAAFIE SALLEH)



3. PEMERIKSA 2

(CIK FAUZIAH SULAIMAN)



4. DEKAN

(PROF. MADYA DR. AMRAN AHMED)



PENGHARGAAN

Saya ingin mengambil kesempatan ini untuk merakamkan penghargaan saya kepada penyelia saya iaitu Encik Alvie Lo Sin Voi ke atas segala tunjuk ajar dan bimbingan kepada saya dalam menjayakan projek tahun akhir ini.

Di samping itu, saya juga ingin berterima kasih kepada Prof. Madya Dr. Roslan Abd. Shukor dari UKM yang telah memberi cadangan yang bernas dalam mengendalikan ujikaji ke atas superkonduktor. Beliau telah banyak memberikan bantuan dan tunjuk ajar kepada saya dalam menggunakan alat radas dalam makmal superkonduktor di UKM.

Selain itu, saya juga ingin menyampaikan penghargaan saya kepada Encik Rahim di Makmal Sinar-X Program Fizik, UKM dan Encik Nordin Wahid di Institusi Biologi Pemuliharaan, UMS kerana mereka telah banyak memberi bantuan teknikal dan kerjasama dalam proses penyediaan dan kajian XRD di UKM dan kajian SEM di UMS ke atas sampel superkonduktor.

Akhir kata, ribuan terima kasih kepada rakan-rakan saya serta keluarga saya yang banyak memberi dorongan dan sokongan moral dalam menjayakan projek ini.



ABSTRAK

Kajian ini bertujuan untuk mengkaji ciri-ciri dan kesan penggantian Ca terhadap sifat elektrik, suhu genting, parameter-parameter kekisi dan mikrostruktur permukaan sampel serta mengkaji kesan pendedahan atmosfera bagi sampel $\text{PbBa}_2\text{Y}_{1-x}\text{Ca}_x\text{Cu}_3\text{O}_{7+\delta}$ dengan komposisi $x = 0.00, 0.25, 0.30$ dan 0.50 yang telah disimpan selama satu tahun. Kaedah Van der Pauw dan kaedah penduga empat titik telah digunakan untuk mengkaji sifat elektrik iaitu kerintangan elektrik pada suhu bilik dan suhu genting, T_c bagi setiap sampel. Fasa sampel telah dikenalpasti dengan kaedah pembelauan sinar-X. Mikrostruktur permukaan bagi setiap sampel pula dijalankan dengan kaedah mikroskop elektron imbasan (SEM). Suhu genting, T_c adalah tertinggi bagi komposisi $x = 0.00$ iaitu 90 K dan semakin menurun dengan penggantian Ca yang semakin meningkat. Selepas setahun, sampel masih lagi menunjukkan sifat mensuperkonduksi dengan T_c yang tidak berubah iaitu 90 K bagi sampel dengan komposisi $x = 0.00$. Sebagai perbandingan T_c , sampel dengan komposisi $x = 0.00$ dan 0.25 sebelum dan selepas pendedahan setahun dibandingkan. Didapati bahawa pendedahan atmosfera telah menyebabkan penurunan suhu genting sifar, $T_{c\text{ sifar}}$.



ABSTRACT

The main objective of this study is to look in depth into the characteristics and the effect of Ca replacement on electrical behavior, critical temperature, lattice parameters and the sample microstructure surface in order to understand the alteration mechanism for sample $\text{PbBa}_2\text{Y}_{1-x}\text{Ca}_x\text{Cu}_3\text{O}_{7+\delta}$ with x composition = 0.00, 0.25, 0.30 and 0.50 that was already kept for a year. The Van der Pauw and four point probe method are used to study the resistance at room temperature and critical temperature, T_c for each sample. The sample phase was identified using X-ray Diffraction method. The surface microstructure for each sample was done using Scanning Electron Microscope. The critical temperature, T_c was found highest for composition of $x = 0.00$ at 90 K and shown decrement with the increasing of Ca replacement. After a year, sample with $x = 0.00$ shows that the superconductivity still same with before, with highest $T_c = 90$ K. According to the comparison between sample with $x = 0.00$ and 0.25, before and after one year atmosphere expose, zero critical temperature of the sample is decremented.



SENARAI KANDUNGAN

Muka Surat

HALAMAN JUDUL	i
PENGAKUAN	ii
PENGESAHAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK ABSTRACT	v
SENARAI KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	x
SENARAI RAJAH	xi
SENARAI SIMBOL	xiii
BAB 1 PENGENALAN	
1.1 Pendahuluan	1
1.2 Sejarah Perkembangan Superkonduktor	2
1.3 Kelas Superkonduktor	7
1.3.1 Superkonduktor Konvensional	8
1.3.2 Superkonduktor Chevrel	8
1.3.3 Superkonduktor Fermion Berat	8
1.3.4 Superkonduktor Organik	9
1.3.5 Superkonduktor Berasaskan Kuprum Oksida	9
1.3.6 Superkonduktor Campuran Borokarbida dan Boronitrida	10
1.4 Aplikasi Bahan Superkonduktor	10
1.5 Tujuan Kajian	12
1.6 Objektif Kajian	12
1.7 Skop Kajian	12
BAB 2 TEORI DAN LATAR BELAKANG KAJIAN	
2.1 Pendahuluan	13
2.2 Teori Fenomenologi	13
2.2.1 Teori Dua Bendalir Gorter-Casimir	13
2.2.2 Teori London	14
2.2.3 Teori Ginzburg-Laudau	15
2.2.4 Teori Pippard	16



2.3	Teori Mikroskopik	17
2.3.1	Teori BCS	17
2.4	Kesan Meissner	18
2.5	Jenis-Jenis Superkonduktor	20
2.5.1	Superkonduktor Jenis I	20
2.5.2	Superkonduktor Jenis II	23
2.6	Latar Belakang Kajian	27
BAB 3 BAHAN DAN KAEDAH		
3.1	Pendahuluan	30
3.2	Penyediaan Sample	31
3.3	Penyediaan Pelet $\text{PbBa}_2\text{Y}_{1-x}\text{Ca}_x\text{Cu}_3\text{O}_{7+\delta}$	31
3.4	Kaedah Van Der Pauw	33
3.5	Kaedah Penduga Empat Titik	35
3.6	Pembelauan Sinar-X (X-ray Diffraction, XRD)	38
3.7	Mikroskop Elektron Imbasan	41
BAB 4 KEPUTUSAN DAN ANALISIS DATA		
4.1	Pendahuluan	43
4.2	Kajian Ciri-ciri Superkonduktor $\text{PbBa}_2\text{Y}_{1-x}\text{Ca}_x\text{Cu}_3\text{O}_{7+\delta}$	43
4.2.1	Kerintangan Elektrik Pada Suhu Bilik	43
4.2.2	Pengukuran Suhu Genting	45
4.2.3	Kajian Pembelauan Sinar-X	48
4.2.4	Kajian Mikroskop Imbasan Elektron	53
4.3	Keputusan Perbandingan Kerintangan Elektrik Bagi Sampel Tahun 2003 Dan Tahun 2004	56
4.4	Keputusan Perbandingan Suhu Genting, T_c Bagi Sampel Tahun 2003 Dan Tahun 2004	57
4.5	Keputusan Perbandingan Corak Pembelauan Sinar-X Bagi Sampel Tahun 2003 Dan Tahun 2004	59
4.6	Keputusan Perbandingan Mikrograf Bagi Sampel Tahun 2003 Dan Tahun 2004	59
BAB 5 PERBINCANGAN, KESIMPULAN DAN CADANGAN KAJIAN		
5.1	Pendahuluan Perbincangan	60
5.2	Perubahan Yang Berlaku Ekoran Peningkatan Darjah Penggantian, X	60
5.2.1	Peningkatan Kerintangan Elektrik, ρ	61



5.2.2	Perubahan Suhu Genting, T_c	62
5.2.3	Perubahan Parameter Kekisi a, b Dan c	63
5.2.4	Perubahan Struktur Sampel	64
5.3	Kesan Pendedahan Atmosfera Ke Atas Sampel Yang Disimpan Selama Satu Tahun	64
5.4	Kesimpulan	65
5.5	Cadangan	66
	RUJUKAN	68
	LAMPIRAN	70



SENARAI JADUAL

No. Jadual	Muka Surat
1.1 Pengelasan pepejal mengikut nilai kerintangan elektrik	2
1.2 Tarikh penting dalam perkembangan bidang superkonduktor	5
2.1 Contoh-contoh Superkonduktor Jenis I dengan suhu genting, T_c dan medan genting, B_c masing-masing	21
2.2 Contoh-contoh Superkonduktor Jenis II dengan suhu genting, T_c dan medan genting, B_c masing-masing	25
4.1 Nilai kerintangan elektrik pada suhu bilik untuk setiap sampel $\text{PbBa}_2\text{Y}_{1-x}\text{Ca}_x\text{Cu}_3\text{O}_{7+\delta}$ dengan komposisi $x = 0.00, 0.25, 0.30$ dan 0.50 pada tahun 2004	43
4.2 Nilai $T_{c\text{ mula}}$ dan $T_{c\text{ sifar}}$ untuk setiap sampel $\text{PbBa}_2\text{Y}_{1-x}\text{Ca}_x\text{Cu}_3\text{O}_{7+\delta}$ dengan komposisi $x = 0.00, 0.25, 0.30$ dan 0.50 bagi tahun 2004	46
4.3 Nilai kerintangan elektrik pada suhu bilik untuk sampel $\text{PbBa}_2\text{Y}_{1-x}\text{Ca}_x\text{Cu}_3\text{O}_{7+\delta}$ dengan komposisi $x = 0.00$ dan 0.25 bagi tahun 2003 dan tahun 2004	57
4.4 Perbandingan $T_{c\text{ mula}}$ dan $T_{c\text{ sifar}}$ untuk sampel $\text{PbBa}_2\text{Y}_{1-x}\text{Ca}_x\text{Cu}_3\text{O}_{7+\delta}$ dengan komposisi $x = 0.00, 0.25$ dan 0.50 pada tahun 2003 dan tahun 2004	57



SENARAI RAJAH

No. Rajah	Muka Surat
1.1 Evolusi suhu genting, T_c dengan tahun penemuannya	7
2.1 Kesan medan magnet ke atas superkonduktor dan konduktor sempurna	19
2.2 Kesan medan magnet ke atas Superkonduktor Jenis I	22
2.3 Graf pemagnetan (M) melawan aruhan magnet untuk Superkonduktor Jenis I	22
2.4 Graf medan magnet melawan suhu untuk Superkonduktor Jenis I	23
2.5 Penusukan separa medan magnet untuk Superkonduktor Jenis II	25
2.6 Pemagnetan (M) melawan aruhan magnet untuk Superkonduktor Jenis II	26
2.7 Perubahan medan magnet B_{c1} dan B_{c2} sebagai fungsi suhu	26
2.8 Struktur hablur untuk $PbBa_2Y_{1-x}Ca_xCu_3O_{7+\delta}$	29
3.1 Carta aliran proses penyediaan sampel $PbBa_2Y_{1-x}Ca_xCu_3O_{7+\delta}$	33
3.2 Kaedah Van der Pauw untuk sampel berbentuk bulat	34
3.3 Kaedan penduga empat titik	36
3.4 Pembelauan sinar-X pada satah hablur	39
3.5 Skema mikroskop elektron imbasan	42
4.1 Kerintangan elektrik pada suhu bilik melawan kandungan Ca (x) dalam $PbBa_2Y_{1-x}Ca_xCu_3O_{7+\delta}$ pada tahun 2004	45
4.2 Graf rintangan elektrik melawan suhu untuk sampel $PbBa_2YCu_3O_{7+\delta}$ bagi tahun 2004	46
4.3 Graf rintangan elektrik melawan suhu untuk sampel $PbBa_2Y_{0.75}Ca_{0.25}Cu_3O_{7+\delta}$ bagi tahun 2004	47
4.4 Graf rintangan elektrik melawan suhu untuk sampel $PbBa_2Y_{0.70}Ca_{0.30}Cu_3O_{7+\delta}$ bagi tahun 2004	47
4.5 Graf rintangan elektrik melawan suhu untuk sampel $PbBa_2Y_{0.50}Ca_{0.50}Cu_3O_{7+\delta}$ bagi tahun 2004	48
4.6 Corak Pembelauan sinar-X untuk sampel $PbBa_2YCu_3O_{7+\delta}$ bagi tahun 2004	49
4.7 Corak Pembelauan sinar-X untuk sampel $PbBa_2Y_{0.75}Ca_{0.25}Cu_3O_{7+\delta}$ bagi tahun 2004	50
4.8 Corak Pembelauan sinar-X untuk sampel $PbBa_2Y_{0.70}Ca_{0.30}Cu_3O_{7+\delta}$ bagi tahun 2004	51



4.9 Corak Pembelauan sinar-X untuk sampel $\text{PbBa}_2\text{Y}_{0.50}\text{Ca}_{0.50}\text{Cu}_3\text{O}_{7+\delta}$ bagi tahun 2004	52
4.10 Mikrograf sampel $\text{PbBa}_2\text{YCu}_3\text{O}_{7+\delta}$ pada tahun 2004	53
4.11 Mikrograf sampel $\text{PbBa}_2\text{YCu}_3\text{O}_{7+\delta}$ pada tahun 2003	54
4.12 Mikrograf sampel $\text{PbBa}_2\text{Y}_{0.75}\text{Ca}_{0.25}\text{Cu}_3\text{O}_{7+\delta}$ pada tahun 2004	54
4.13 Mikrograf sampel $\text{PbBa}_2\text{Y}_{0.75}\text{Ca}_{0.25}\text{Cu}_3\text{O}_{7+\delta}$ pada tahun 2003	55
4.14 Mikrograf sampel $\text{PbBa}_2\text{Y}_{0.70}\text{Ca}_{0.30}\text{Cu}_3\text{O}_{7+\delta}$ pada tahun 2004	55
4.15 Mikrograf sampel $\text{PbBa}_2\text{Y}_{0.50}\text{Ca}_{0.50}\text{Cu}_3\text{O}_{7+\delta}$ pada tahun 2004	56
4.16 Graf rintangan melawan suhu untuk sampel (a) $\text{PbBa}_2\text{YCu}_3\text{O}_{7+\delta}$, (b) $\text{PbBa}_2\text{Y}_{0.75}\text{Ca}_{0.25}\text{Cu}_3\text{O}_{7+\delta}$, (c) $\text{PbBa}_2\text{Y}_{0.75}\text{Ca}_{0.25}\text{Cu}_3\text{O}_{7+\delta}$ dan (d) $\text{PbBa}_2\text{Y}_{0.50}\text{Ca}_{0.50}\text{Cu}_3\text{O}_{7+\delta}$	58
4.17 Graf rintangan melawan suhu untuk sampel $\text{PbBa}_2\text{Y}_{1-x}\text{Ca}_x\text{Cu}_3\text{O}_{7+\delta}$ dengan komposisi $x = 0.00, 0.25, 0.30$ dan 0.50 pada tahun 2004	58
4.18 Corak Pembelauan sinar-X untuk sampel $\text{PbBa}_2\text{Y}_{1-x}\text{Ca}_x\text{Cu}_3\text{O}_{7+\delta}$ dengan komposisi $x =$ (a) 0.00 , (b) 0.15 , (c) 0.20 dan (d) 0.25	59



SENARAI SIMBOL DAN SINGKATAN

T	Suhu
T_c	Suhu genting
T_{c-mula}	Suhu genting mula
$T_{c-sifar}$	Suhu genting sifar
B_c	Medan genting
B_{c1}	Medan genting bawah
B_{c2}	Medan genting atas
SST	Superkonduktor suhu tinggi
δ	Parameter peratusan oksigen
JAR	Jisim atom relatif
JMR	Jisim molekul relatif
t	Tebal pelet
I	Arus
mA	Milliampere
V	Voltan
R	Rintangan elektrik
K	Kelvin
θ	Sudut
ρ	Kerintangan elektrik
$^{\circ}\text{C}$	Darjah Celsius
ξ	Panjang koheren
Δ	Ralat ketakpastian
\AA	Astrom
a,b,c	Parameter kekisi
h,k,l	Indeks Miller
$\Omega\text{-cm}$	Unit kerintangan
λ	Panjang gelombang
Ca	Kalsium
Cu	Kuprum
O	Oksigen
Pb	Plumbum



CuO ₂	Kuprum dioksida
Y-123	YBa ₂ Cu ₃ O _{7-δ}
BCS	Teori Bardeen-Cooper-Schrieffer
XRD	Pembelauan Sinar-X (<i>X-ray Diffraction</i>)
SEM	Mikroskop Imbasan Elektron (<i>Scanning Electron Microscope</i>)
EDAX	<i>Energy Dispersion X-ray Analyzer</i>
NPD	<i>Neutron Powder Diffraction</i>



BAB 1

PENGENALAN

1.1 Pendahuluan

Pepejal dapat dibahagi kepada empat jenis iaitu penebat, semikonduktor, konduktor dan superkonduktor. Keempat-empat jenis pepejal ini boleh dibezakan melalui sifat kekonduksian atau kerintangan elektrikny.

Secara umumnya, penebat merupakan pepejal dengan kerintangan yang paling tinggi. Dan tidak dapat mengkonduksikan elektrik. Bagi konduktor pula, ia biasanya terdiri daripada bahan logam yang dapat mengkonduksikan elektrik dengan baik. Manakala bagi semikonduktor pula, ia adalah merupakan suatu pepejal dimana sifatnya terletak di antara penebat dan konduktor iaitu nilai kerintangannya lebih rendah daripada penebat tetapi lebih tinggi daripada konduktor.

Superkonduktor pula merupakan pepejal dengan kerintangan elektrikny adalah sifar pada suhu genting, T_c yang cukup rendah. Suhu genting ialah takat suhu bahan mula menjadi superkonduktor. Pada suhu genting, ia membenarkan pengaliran arus elektrik tanpa kehilangan sebarang bentuk tenaga.



Superkonduktor juga merupakan bahan diamagnet sempurna di mana medan magnet diturunkan kepada sifar (Ginzburg dan Andryushin, 1994). Superkonduktor tidak membenarkan fluks magnet wujud di dalamnya untuk semua keadaan kecuali medan magnet yang lebih tinggi daripada satu tahap yang dikenali sebagai medan genting, B_c . Medan genting ialah medan maksimum yang boleh dikenakan sebelum superkonduktor bertukar kepada keadaan biasa (Roslan, 1996).

Jadual 1.1 Pengelasan pepejal mengikut nilai kerintangan elektrik.

Bahan	Kerintangan Elektrik (Ωm)	Contoh
Penebat	$10^6 - 10^{20}$	Kayu, batu, berlian
Semikonduktor	$10^{-4} - 10^6$	Silikon, karbon, germanium, timah
Konduktor	$10^{-8} - 10^{-4}$	Kuprum, emas dan perak
superkonduktor	0	Plumbum, aluminium dan bahan berasaskan kuprum oksida (pada suhu rendah)

1.2 Sejarah Perkembangan Superkonduktor

Superkonduktor pertama kali ditemukan oleh saintis Belanda, Heike Kamerlingh Onnes, dari Universitas Leiden tahun 1911. Beliau telah mengalirkan arus pada kawat merkuri yang sangat murni dan kemudian mengukur hambatannya sambil menurunkan suhunya. Pada suhu 4.2 K, beliau terkejut ketika mendapati bahawa hambatannya tiba-tiba menjadi hilang. Beliau mendapati sesuatu bahan tidak akan menunjukkan kesuperkonduksian atau berkelakuan seperti superkonduktor pada suhu

yang melebihi suhu gentingnya. Beliau juga mendapati bahawa kesuperkonduksian sesuatu bahan juga bergantung kepada medan magnet dan jumlah arus yang mengalir melalui bahan itu dan tidak semestinya bergantung kepada suhu sahaja.

Penemuan superkonduktor pada 1911 telah menjadi topik yang hangat dikaji di kalangan saintis. Pada tahun 1933, Walter Meissner dan Ochsenfeld telah menjalankan pencirian bahan superkonduktor dari sudut kesan magnet. Mereka mendapati bahawa superkonduktor akan menolak medan magnet yang dikenakan ke atasnya. Fenomena ini digelar sebagai kesan Meissner.

Banyak bahan logam dan aloi logam baru yang menunjukkan sifat mensuperkonduksi telah ditemui dalam masa dua puluh tahun berikut. Logam seperti niobium didapati mensuperkonduksi pada T_c 9.2 K dan dijadikan bahan yang paling banyak digunakan dalam bidang elektronik disebabkan oleh kestabilannya (Duzer dan Turne, 1999). Penemuan aloi logam seperti niobium-nitrat, mensuperkonduksi pada suhu genting 16 K (1941) dan vanadium-silikon (V_3Si) pada suhu genting 17.5 K (1953). Sifat kesuperkonduksian juga didapati pada aloi yang lain seperti Nb_3Sn ($T_c = 18$ K), Nb_3Ge ($T_c = 23$ K) dan sebagainya.

Pada tahun 1957, ahli-ahli fizik Amerika iaitu John Bardeen, Leon Cooper dan Robert Schrieffer telah mengemukakan teori mengenai superkonduksian bahan superkonduktor. Teori ini digelar teori BCS sempena nama-nama mereka. Teori superkonduktiviti ini memperolehi penerimaan yang luas di kalangan masyarakat saintis.



K.A. Muller dan J.G. Bednorz telah berusaha untuk menjalankan kajian terhadap superkonduksian suhu tinggi di makmal IBM di Switzerland. Bagaimanapun, sehingga 1986, mereka telah mengisytiharkan penemuan sebatian seramik iaitu kuprum oksida yang boleh mensuperkonduksi pada suhu genting yang luarbiasa iaitu 30 K. Mereka telah memperkenalkan sistem Muller-Bednorz iaitu La-Ba-Cu-O.

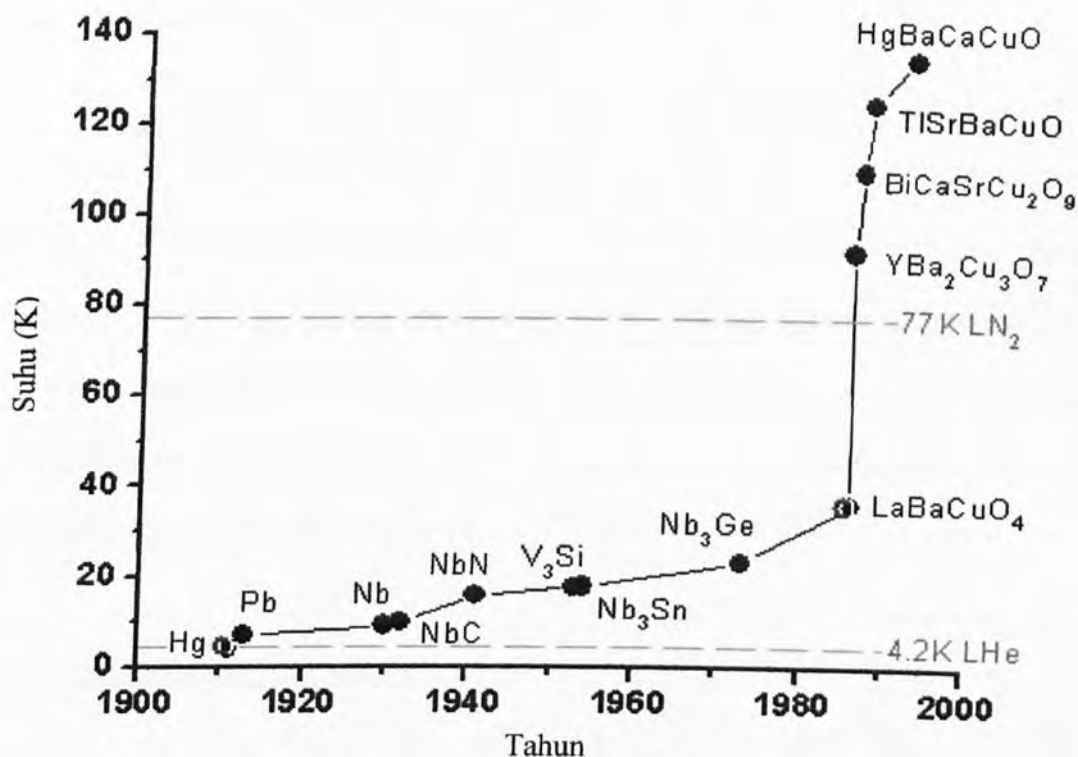
Selepas itu, penyelidik-penyelidik iaitu M. K. Wu dan C. W. Chu telah menggantikan lanthanum dalam sistem Muller-Bednorz kepada yttrium iaitu Y-Ba-Cu-O (YBCO) yang boleh menjadi bahan superkonduktor pada suhu melebihi 90 K. YBCO yang dicipta telah barangkali digunakan untuk mengkaji T_c yang tinggi (Allan dan William, 1995). Pada tahun seterusnya, H. Maeda, Y. Tanaka dan T. Asano telah menemui superkonduktor sistem bismut $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10}$ dengan T_c 110 K.

Bidang superkonduktor telah berkembang pesat sejak akhir 1987 berikutan penemuan Superkonduktor Suhu Tinggi (SST) berasaskan kuprum oksida yang mampu merangsang perkembangan sektor elektrik dan elektronik. Sejak penemuan itu, banyak penyelidikan telah dijalankan untuk memahami fenomena SST dan banyak superkonduktor suhu tinggi telah diperolehi dari semasa ke semasa.



Jadual 1.2 Tarikh penting dalam perkembangan bidang superkonduktor (Roslan, 1996).

Tahun	Ahli Sains	Perkembangan
1911	H. K. Onnes	Penemuan fenomena kesuperkonduksian dalam merkuri pada suhu 4.2 K.
1933	W.Meissner dan R. Ochsenfeld	Penemuan sifat diamagnet sempurna, iaitu medan magnet yang dikenakan akan ditolak keluar dari pedalaman bahan superkonduktor. Fenomenan ini disebut kesan Meissner.
1934	F. London dan H. London	Dengan penemuan kesan Meissner, F. dan H. London menggunakan dua bendalir untuk menjangkakan kedalaman penusukan λ , iaitu dalamnya penusukan medan statik ke atas superkonduktor.
1950	V.Ginzburg dan L. Landau	Mencadangkan teori makroskopik superkonduktor yang dikenali sebagai teori Ginzburg-Landau. Teori ini dapat menerangkan banyak sifat makroskopik superkonduktor termasuk superkonduktor suhu tinggi.
1957	A. Abrikosov	Superkonduktor dikelaskan kepada dua jenis yang berlainan berdasarkan sifat magnetnya, iaitu superkonduktor jenis I dan jenis II.
1957	J. Bardeen, L. Cooper dan R. Schrieffer	Teori mikroskopik superkonduktor yang disebut teori BCS dikemukakan. Teori ini menyatakan bahawa pada suhu di bawah T_c , pasangan yang disebut pasangan Cooper dengan momentum dan spin yang berlawanan ialah cas pengangkut dalam keadaan mensuperkonduksi.



Rajah 1.1 Evolusi suhu genting, T_c dengan tahun penemuannya (Hoffman Lab, 1998).

1.3 Kelas Superkonduktor

Terdapat enam jenis superkonduktor yang telah dikenal pasti dan boleh dikelaskan mengikut sifat semula jadinya seperti suhu genting (T_c), struktur dan mekanisme kesuperkonduksian iaitu:

- i. Superkonduktor konvensional
- ii. Superkonduktor Chevrel
- iii. Superkonduktor fermion berat
- iv. Superkonduktor organik
- v. Superkonduktor berasaskan kuprum oksida
- vi. Superkonduktor campuran borokarbida dan boronitrida

1.3.1 Superkonduktor Konvensional

Superkonduktor konvensional terdiri daripada logam dan aloi seperti Pb, Al, Nb₃Ge, Nb₃Sn, V₃Ga dan lain-lain. Bahan antara logam dengan struktur binari A₃B yang disebut bahan A15 boleh membentuk bahan konvensional dengan T_c yang tinggi. Mekanisme kesuperkonduksian bahan ini boleh diterangkan oleh teori Bardeen-Cooper-Schrieffer (BCS). Nb₃Ge ialah superkonduktor konvensional dengan suhu genting tertinggi (23 K) (Roslan, 1996).

1.3.2 Superkonduktor Chevrel

Bahan superkonduktor Chevrel telah ditemui pada tahun 1971. Superkonduktor Chevrel dengan formula kimia umum M_xMo₆X₈ merupakan bahan superkonduktor yang terdiri daripada kelas molibdenum kalkogenik, di mana x biasanya ialah 1, M merupakan kebanyakan logam dan unsur nadir bumi dan X ialah kalkogenik (S, Se atau Te) atau halogen yang terkutub (Br atau I) (Phillips, 1989). Contoh superkonduktor Chevrel ialah Pb_{0.9}Mo₆S_{7.5} dengan T_c tertinggi, iaitu 15.2 K.

1.3.3 Superkonduktor Fermion Berat

Superkonduktor fermion berat mempunyai suhu genting yang sangat rendah. Nama fermion berat diberikan kerana cas pengangkutnya terdiri daripada elektron konduksi yang berinteraksi dengan elektron-elektron f yang meningkatkan jisim berkesannya 100 – 1000 kali ganda jisim elektron rehat (Roslan, 1996). Contoh superkonduktor fermion berat ialah CeCu₂Si₂, UBe₁₃ dan CeAl₃ dan ketiga-tiganya mempunyai suhu



gending kurang daripada 1 K. Mekanisme superkonduktor ini masih belum boleh dijelaskan.

1.3.4 Superkonduktor Organik

Bahan-bahan organik tertentu juga boleh menjadi superkonduktor pada suhu yang rendah. Bahan yang terdiri daripada karbon, iaitu C_{60} bukan merupakan superkonduktor secara semula jadinya. Tetapi ia boleh juga menjadi superkonduktor sekiranya unsur logam alkali seperti kalium didopkan ke dalamnya (Charles, Horacio dan Richard, 1995). Contoh superkonduktor organik seperti K_3C_{60} dan $Rb_{2.7}Tl_{2.2}C_{60}$ masing-masing mempunyai suhu gending 19 K dan 42 K. Selain itu, struktur molekul TMTSF (tetrametiltetraselenofulvalen), DMET (dimetil(etilenditio) diselenaditiafulvalen), M (dmit) BEDO-TTF (bis(etilendioksi)-tetratiafulvalen) dan MDT-TTF (metilenditio-tetratiafulvalen) juga menjadi asas kepada pembentukan superkonduktor organik selain bahan berasaskan C_{60} (Roslan, 1996). Mekanisme kesuperkonduksian dalam bahan organik masih belum boleh dijelaskan secara terperinci.

1.3.5 Superkonduktor Berasaskan Kuprum Oksida

Superkonduktor berasaskan kuprum oksida merupakan superkonduktor yang mempunyai T_c tertinggi jika dibandingkan dengan jenis superkonduktor lain. Ia juga dikenali sebagai superkonduktor suhu tinggi (SST). Bahan berasaskan kuprum oksida ini terdiri daripada bahan seramik. Seramik lazimnya ialah bahan penebat tetapi bahan berasaskan kuprum oksida ini menunjukkan sifat logam pada suhu bilik dan



mensuperkonduksi pada suhu yang melebihi takat didih nitrogen cecair. Beberapa contoh superkonduktor suhu tinggi ialah La-Ba-Cu-O, $\text{YBa}_2\text{CuO}_{7-\delta}$ dan Bi-Sr-Cu-O.

1.3.6 Superkonduktor Campuran Borokarbida dan Boronitrida

Bahan campuran borokarbida dan boronitrida iaitu Ln-Ni-B-C dengan T_c 17 K dan Y-Pd-B-C dengan T_c 23 K telah ditemui pada tahun 1993. Kajian terhadap superkonduktor kelas ini telah dibuat dan mendapati bahawa bahan campuran borokarbida dan boronitrida juga menunjukkan superkonduksian. Formula kimia umum bagi bahan ini ialah $\text{RM}_2\text{B}_2\text{C}$ dengan M biasanya ialah Ni dan R ialah unsur nadir bumi (Charles, Horacio dan Richard, 1995). Bahan boronitrida seperti $\text{La}_3\text{Ni}_2\text{B}_2\text{N}_3$ yang ditemui pada tahun 1994 juga didapati mensuperkonduksi, iaitu pada suhu lebih kurang 13 K.

1.4 Aplikasi Bahan Superkonduktor

Superkonduktor merupakan bahan diamagnet sempurna dan mempunyai rintangan sifar. Kedua-dua sifat istimewa ini telah menyebabkan superkonduktor digunakan secara meluas dalam dunia elektronik. Tambahan pula, penemuan bahan superkonduktor suhu tinggi (SST) oleh Muller dan Bednorz telah mendorong ahli-ahli sains berusaha untuk mendapatkan bahan superkonduktor dengan suhu genting yang lebih tinggi serta memajukan bahan superkonduktor pada tahap komersial.

RUJUKAN

- Allan, J. G. dan William, J. K., 1995. *Low Magnetic Fields in Anisotropic Superconductors*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York.
- Awana, V. P. S. dan Narlikar, A. V., 1994. Role of calcium in suppressing the superconductivity of $Y_{1-x}Ca_xBa_2Cu_3O_{7-\delta}$. *Physical Review B* **49**(9), 6353-6355.
- Blakemore, J. S., 1974. *Solid State Physics. 2nd Edition*. Philadelphia: W. B. Saunders Company.
- Charles, P. P. Jr., Horacio, A. F. dan Richard, J. C., 1995. *Superconductivity*. Academic Press Limited, London.
- Chong, T.V., 2003. *Elastic Stiffness, Ultrasonic Attenuation And Electron Phonon Coupling Constant In $GdBaSr(Cu_{3-x}Zn_x)O_{7-\delta}$, $Pr_{2-x}Ce_xCuO_4$ And $Pb-Ba-(Y,Ca)-Cu-O$ High temperature Superconductor*. University Kebangsaan Malaysia.
- Dong, H. H., Hyung, S. M. dan Kyu, W. L., 2001. Effects of cation substitution on the oxygen loss in YBCO superconductors. *Journal of the Korean Physica Society* **39**(6), 1041-1045.
- Duzer, T. V. dan Turner, C. W., 1991. *Superconductive Devices and Circuits. 2nd ed.* New Jersey: Prentice Hall
- Ginzburg, V. L. dan Andryushin, A. E., 1994. *Superconductivity*. Singapore: world Scientific.
- Hoffman Lab, 1998. <http://hoffman.physics.harvard.edu/research/SCintro.php>
- Ishiguro, T., Yamaji, K. dan Saito, G., 1998. *Organic Superconductor. 2nd Edition*. Springer-Verley, Germany.



- Jha, A. R., 1998. *Superconductor Technology. Applications to Microwave, Electro-Optics, Electrical Machines, and Propulsion Systems*. John-Wiley & Sons, Inc., United State.
- Kirbyshire, A. L. dan Greaves, C., 2002. $\text{PbBa}_2\text{Y}_{1-x}\text{Ca}_x\text{Cu}_3\text{O}_{7+\delta}$: Synthesis, structure and superconductivity. *Superconductor Science And Technology* **15**, 1048-1053.
- Michael, T., 1996. *Introduction To Superconductivity*. Mc-Graw-Hill, Inc., United State.
- Phillips, J. C., 1989. *Physics of High-Tc Superconductors*. Academic Press, Inc., London.
- Roslan Abd Shukor, 1996. *Superkonduktor Konvensional dan Suhu Tinggi*. Dewan Bahasa Dan Pustaka, Kuala Lumpur.
- Scardi, P., Migliori, A., Corra, L., Matarotta, F.C. dan Dediu, V.A., 1997. XRD Line Profile Analysis of HTc Superconducting Thin Films. *JCPDS-International Centre for Diffraction Data*. University of Trento, Italy.
- Sze, S.M., 1985. *Semiconductor Devices*. John Wiley & Son, New York.
- Terry, P. O. dan Kevin, A. D., 1991. *Foundation of Applied Superconductivity*. Addison-Wesley Publishing Company, Inc., United State.
- Waldram, J. R., 1996. *Superconductivity of Metals and Cuprates*. IOP Publishing Ltd.

