

RESPONS ELEKTROMAGNETIK DARI SUPERKONDUKTOR FILMTIPIS SUHU TINGGI

Oleh
Drs. Eidi Sihombing, M.S

Abstrak

Dalam penelitian ini, digunakan medan magnet ac lemah untuk mendeteksi respons elektromagnetik dari superkonduktor film tipis Bi-Sr-Ca-Cu-O (BSCCO) dan Bi-Pb-Sr-Ca-Cu-O (BPSCCO) pada substrat kristal tunggal LaGaO₃. Hasil yang diperoleh adalah respons hanya terjadi disekitar suhu transisi. Juga diperoleh bahwa sifat-sifat yang bervariasi dari superkonduktor suhu dapat dikarakterisasi dengan menggunakan teknik yang digunakan ini.

Abstrack

In this work, we used a weak ac magnetic field to probe the electromagnetic response of Bi-Sr-Ca-Cu-O (BSCCO) and Bi-Pb-Sr-Ca-Cu-O (BPSCCO) superconducting thin films on LaGaO₃ single crystal substrate. We found that the response occurs only at the vicinity of the transition temperature. We also found that various properties of high temperature superconductors can be characterised using this technique.

I. Pendahuluan

Pengkajian efek substitusi dan proses waktu sintering dan pendingin yang berbeda, memberikan karakteristik resistivitas tertentu (1-3). Hal tersebut juga menunjukkan bahwa fase fraksi volume yang merupakan suatu ciri khas dari sifat fisis super konduktor, juga sifat magnetik sangat perlu diketahui.

Penentuan resistivitas dan sifat magnetik superkonduktor dengan menggunakan metoda empat titik (four terminal), adalah suatu metoda standard dan populer untuk digunakan pada penentuan resistivitas dan sifat magnetik dari superkonduktor yang konvensional maupun superkonduktor suhu tinggi yang telah ditemukan pada tahun-tahun terakhir ini (4-7).

Pada akhir-akhir ini, telah diajukan metoda yang berlandaskan pada absorpsi gelombang mikro induksi medan magnet (8,9) atau dissipasi elektromagnetik (10,11) dari superkonduktor suhu tinggi. Dengan menggunakan metoda ini, akan memberikan suatu hasil yang luar biasa dalam mendeteksi transisi super konduktivitas maupun untuk memperoleh informasi sifat-sifat fisis dari super konduktor suhu tinggi.

Dalam tulisan ini, akan dijelaskan hasil variasi dari teknik diberikan di atas dalam menentukan sifat transisi superkonduktivitas.

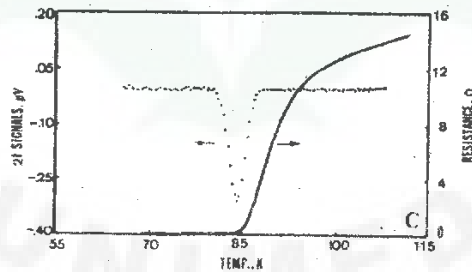
II. Metoda

Suatu medan magnet ac yang sangat lemah dengan frekuensi J diberikan pada sampel superkonduktor suhu tinggi, ditempatkan pada bagian satu sisi dengan arus dc yang konstan diarahkan tegak lurus untuk menghasilkan medan. Medan disuplai oleh suatu koil elektromagnetik kecil. Suatu lock-in amplifier digunakan untuk mendeteksi respons signal harmonik, yaitu $2J$ signal. Suatu osilator eksternal digunakan sebagai sumber pembawa dari koil dan juga merupakan signal referensi pada lock-in amplifier. Rangkaian peralatan ini telah dijelaskan dan dinyatakan lebih jelas (12). Kekuatan medan yang digunakan lebih kecil dari 1 gauss dan frekuensi 1 kHz, sementara rapat arus berkisar antara 10 sampai 10000 A/cm^2 .

III. Hasil

1. Teknik ini dapat digunakan untuk menentukan suhu kritis dan lebar daerah transisi superkonduktivitas ΔT dari butiran-butiran yang terjadi di dalam film tipis superkonduktor suhu tinggi.

Metoda ini digunakan untuk bermacam-macam sampel termasuk $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}$ (YBCO), $\text{Tl}_2\text{-xEu}_x\text{Ba}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_2\text{O}_y$ (TEBCCO) dalam bentuk bulk (13), BSCCO dan BPSCCO dalam bentuk film tipis dan kristal tunggal YBCO. Dalam tulisan ini, hanya sampel dalam bentuk film yang dilaporkan. Signal $2J$, ketika diukur sebagai fungsi suhu, menunjukkan suatu bentuk absorpsi seperti puncak dari suatu suhu yang sesuai dengan suhu ketika resistansi nol. Lebar dari puncak ini sebanding dengan lebar suhu transisi dari sampel. Suatu tipe yang merupakan hasil dari $2J$ signal bersama-sama dengan kurva tipis BPSCCO ditunjukkan pada gambar 1. Suhu paling rendah ketika resistansi nol dari suatu sampel, ternyata berpengaruh kepada deviasi komposisi film dari fase suhu tinggi.

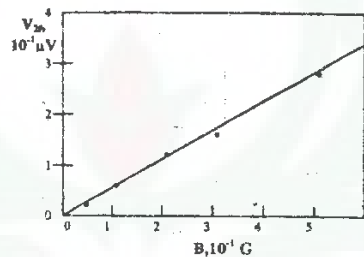


Gambar. 1. Respons signal $2J$ dari suatu film tipis BPSCCO.

Selain itu, daerah transisi keadaan normal logam ($T \gg T_c$) atau superkonduktif ($T \ll T_c$), mendekati nol. Hal ini disebabkan keadaan normal medan magnet yang digunakan berkemampuan kecil mendeteksi induksi magneto-resistansi, sementara keadaan ketika sampel menjadi superkonduktif. penggunaan medan sangat rendah, fluks muncul perlahan-lahan atau hambatan antar fluks padadasawarsa nol. Sesuai yang menjadi dasar pertimbangan didefinisikan suhu kritis (T_c) dari sampel sebagai temperatur, dimana puncak signal $2f$ jenuh dan lebar transisi sifat super konduktif ΔT sebagai lebar keseluruhan setengah maksimum signal $2f$. Sehingga diperoleh $T_c \approx 3,5$ K untuk sampel film tipis BSCCO.

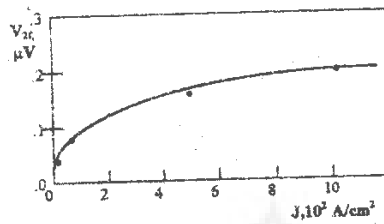
2. Arus dan medan magnet bergantung pada lebar amplitudo puncak signal $2f$, juga dapat digunakan untuk mengkarakterisasi superkonduktor suhu tinggi filmtipis

Baik puncak magnitudo maupun lebar dari signal $2f$ adalah merupakan fungsi dari medan magnet dan arus bias yang digunakan. Diperoleh bahwa untuk penggunaan medan magnet lebih kecil dari pada 0,5 gauss, Puncak amplitudo dari signal $2f$ adalah linier cenderung bergantung pada medan magnet yang digunakan pada arus dc yang tetap. Pada gambar 2 ditunjukkan bahwa signal $2f$ dari film tipis BSCCO dengan substrat LaGaO₃.

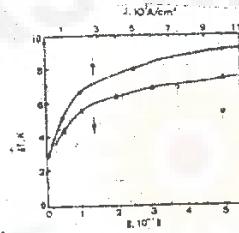


Gambar 2. Amplitudo dari $2f$ signal sebagai fungsi medan magnetik untuk film tipis BSCCO

Jika diperoleh medan magnet konstan pada arus dan pada suatu variasi pengaruh arus, akan dinyatakan bahwa arus bergantung dari amplitudo $2f$ dimana hal ini tidak linier seperti yang ditunjukkan pada gambar 3. Ketidak linieran ini, berkaitan dengan sifat non-linier dari kueva I-V yang dekat dengan suhu kritis dari superkonduktor suhu tinggi. Disamping itu, diukur juga keseluruhan lebar puncak $2f$.



Gambar 3. Amplitudo signal 2f sebagai fungsi pengaruh arus untuk film tipis BSCCO sebagai fungsi dari medan magnet dan pengaruh perilaku arus yang digunakan. Hasil tersebut ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Lebar ΔT , $\frac{1}{2}$ maksimum dari signal 2f sebagai fungsi medan dan pengaruh arus yang digunakan untuk sampel dari gambar 2 dan 3

Hasil tersebut, jika diplot pada skala logaritma akan menunjukkan hubungan persamaan $\Delta T \propto B^3$. Selanjutnya, hasil ini sesuai dengan yang diperoleh Iye dkk (14) dan Oh dkk (15) dan dapat dijelaskan dengan sederhana seperti yang diusulkan pada teori Tinkham (16).

Dapat diperhatikan, pada gambar 4, dua kurva tersebut dapat diekstrapolasi memotong sumbu vertikal pada titik yang sama, dimana $\Delta T(0) = 2,5$ K. Sehingga dapat didefinisikan bahwa lebar suhu ini menunjukkan daerah transisi medan nol.

IV. Diskusi

Seperti yang dilaporkan oleh Dubson (17) menghilangnya polikristal YBCO dalam daerah intermediet dibawah suhu kritis, adalah didominasi oleh pengaruh medan magnet eksternal lemah. Demikian juga untuk kristal tunggal, medan kritis mempunyai ketergantungan yang kuat pada suhu dan medan magnet yang disebabkan munculnya fluks perlahan-lahan dan terjadinya mekanisme aliran fluks (18).

Sehingga kejadian seperti ini, tidak mengejutkan apabila dapat mendeteksi respons resistivitas medan magnetik lemah yang digunakan, dekat pada daerah transisi superkonduktif. Keuntungan dari teknik ini adalah bahwa pengaruh kedua kombinasi listrik dan magnet, dapat dipakai untuk mendeteksi suatu transisi superkonduktivitas.

Sebagai suatu yang menjadi perhatian, baik keadaan normal ($T \gg T_c$) dan keadaan superkonduktivitas ($T \ll T_c$), respons medan magnetik lemah pada dasarnya nol. Sehingga lebar suhu ΔT dari respons $2J$ ada kaitannya dengan lebar transisi superkonduktif. Dapat didefinisikan titik kritis adalah suatu titik dimana puncak signal respon dilokalisasi. Karena pada titik ini sampel secara keseluruhan menjadi superkonduktor. Meski demikian gangguan eksternal dapat merusak sifat superkonduktivitas.

Seperti yang ditunjukkan pada gambar 1, hal yang mengejutkan bahwa signal $2J$ hampir sama dengan nol pada saat temperatur ketika mana resistansi berkurang lebih dari 80%, dari keadaan normalnya. Kejadian tersebut dapat diinterpretasi sebagai berikut. Sejalan dengan pendapat Tinkham dan Lobb (19), butiran (granular) yang terdapat pada superkonduktor suhu tinggi memberikan dua tingkat keadaan pada saat pendinginan. Pertama sekali resistansi akan berkurang tajam, sehubungan dengan pengaruh butiran (grain) superkonduktivitas. Selanjutnya ketika penurunan suhu turun drastis, energi coupling Josephson di dalam ikatan lemah mulai memberikan fluktuasi termal dan memberikan korelasi antar fase dari fungsi gelombang superkonduktif di dalam butiran-butiran yang beragam. Akhirnya suhu kritis T_c , fase dapat ditunjukkan dengan jelas dan menunjukkan panjang koherensi fase serta resistansi nol. Dari hasil penelitian ini, signal $2J$ (awal) mulai menyimpang dari nol pada temperatur saat mana energi kopleng Josephson mulai menunjukkan korelasi fase antara butiran-butiran yang berbeda. Karena pada tingkat ini, korelasi-korelasi cukup lemah dan dapat dengan mudah dirusak oleh medan magnet yang cukup lemah, dan selanjutnya arus normal masih didominasi arus superkonduktif. Puncak-puncak signal $2J$ pada suhu kritis (T_c), dimana arus superkonduktif mulai mendominasi arus normal pada saat yang bersamaan, terdapat sejumlah maksimum rantai-rantai lemah yang dengan mudah dirusak oleh medan yang digunakan. Sehubungan dengan analisis di atas, sampel secara keseluruhan dapat di lihat melalui transisi menjadi keadaan superkonduktif hanya pada temperatur dimana signal $2J$ memisah dari nol.

- B.F. Kim., J. Bohandy., K.Moorjani, and F.J.Adrian, J.Appl.Phys. 63
2029 (1988).
- J.Bohandy., T.E.Phillips., F.J.Kim., oh.Phys.Lett. B.3,933 (1989).
- B.F.Kim., J.Bohandy.,T.E.Phillips., F.J.Adrian, and K.Moorjani,
Physica C 161, 76 (1989).
- Lee Chow and Jun Chen, to be submitted
- S.Y.Ding., Z. Yu.,H.N. Zhou., L.Gie., K.X.Shi., J.L. Yan.,L.Chow,
and J. Chen, Accepted by Chinese LowTemp. Phys.
- Y. Tye., T. Tamegai., H. Takeya, and H. Takei, in Superconducting
Materials (S.Nakajima and H.Fukujama, eds) Jpn.J.,Appl.Phys.
Series 1, 1988, p. 46
- B.Oh.,K. char., A.D.Kent., M.R.Beasley., T.H.Geballe., R.H.Hammond
and A.kapitunik, Phys.Rev.B.37, 7861 (1988).
- M.Tinkham, Phys.Rev.Lett. 61, 1658(1988).
- M.A.Dubson., S.T. Herbert., J.J. Calabrese., D.C.Harris., B.R.Patton,
and J.C.Garland, Phys.Rev.Lett. 60, 1061 (1988).
- A.P.Malozemoff., T.K. Worthington., E.Zeldov., N.C.Yeh., M.W.
McWlfresh and F.Holtzberg, in Spring Series in Physics, Strong
Correlations and Superconductivity,edited by H.Fukuyama,
S.Mackawa,and A.P.malozemoff,P.349 (Spring,Heidelberg.(1989)
- M.Tinkham and C.J.Lobb, in Solid State Physics Vol.42, Ed.By
H.Ehrenreich and D.Tuenbull. (Academic Press,Inc., Sandiego,
1989), P.91.

ooo000ooo

PEDOMAN MENULIS DALAM MAJALAH PENDIDIKAN SCIENCE FPMIPA IKIP MEDAN

Syarat-syarat penulisan dalam Majalah Pendidikan Science FPMIPA IKIP Medan adalah sebagai berikut :

- I. **ISI TULISAN**
 1. Tulisan bisa berbentuk Laporan Singkat Hasil Penelitian
 2. Tulisan aktual yang belum pernah dipublikasikan dalam bentuk apapun.
 3. Karya ilmiah lain yang berhubungan Science dan matematika
- II. **PERWAJAHAN**
 1. Naskah diketik 2 spasi dengan ukuran kwarto.
 2. Jumlah halaman minimum 8 halaman, maksimum 12 halaman.
 3. Sistem penyuntingan pakai satu sistem, asal konsisten pemakaiannya.
- III. **BAHASA**

Dalam tulisan harus digunakan Bahasa Indonesia yang baik dan benar. Hindarkan penggunaan istilah asing.
- IV. **SISTEMATIKA**

URAIAN MEMUAT :

 1. Pendahuluan yang berisi Latar Belakang Permasalahan dan ruang Lingkup Permasalahan.
 2. Isi Uraian yang terdiri atas :
 - a. Pembahasan
 - b. Tinjauan Kepustakaan
 - c. Penutup/Saran-saran
- V. **DAFTAR PUSTAKA**

Mengikuti aturan penulisan ilmiah secara konsisten

Staf Redaksi