

SUPERCONDUTIVIDADE

Só após 46 anos da descoberta da supercondutividade por Onnes é que surgiu uma explicação bem sucedida do fenômeno. Em 1957, os físicos John Bardeen, Leon Cooper e Robert Schrieffer apresentaram um modelo teórico que concordava muito bem com as observações experimentais nos supercondutores. Esse modelo ficou conhecido por Teoria BCS, das iniciais dos autores, e lhes rendeu o Prêmio Nobel de Física de 1972. Bardeen já recebera outro Nobel pela invenção do transistor e, até hoje, foi o único a receber dois prêmios de Física.

Nos anos seguintes à descoberta da supercondutividade por Onnes, muitos materiais supercondutores foram encontrados, quase todos metálicos. No entanto, todos tinham temperaturas críticas baixíssimas. Até o início da década de 80, o recorde era o Nb_3Ge , com T_C perto de 23 K (-250°C). Para piorar o quadro, a teoria BCS indicava que dificilmente supercondutores com temperaturas críticas acima de 25 K seriam encontrados. Mas, em 1986, dois físicos que trabalhavam no laboratório da IBM em Zurich, Alemanha, mudaram tudo ao descobrir que um material cerâmico, um óxido de cobre com bário e lantânio, ficava supercondutor a 30K. A notícia se espalhou rapidamente e vários outros compostos foram descobertos por laboratórios de todo o mundo, com temperaturas críticas cada vez mais elevadas. Até que, em Janeiro de 1987, Paul Chu, da Universidade de Houston, mostrou que o $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ era supercondutor com uma incrível temperatura crítica acima de 90 K. A figura 2 ilustra a dependência da resistência com a temperatura deste tipo de supercondutor.

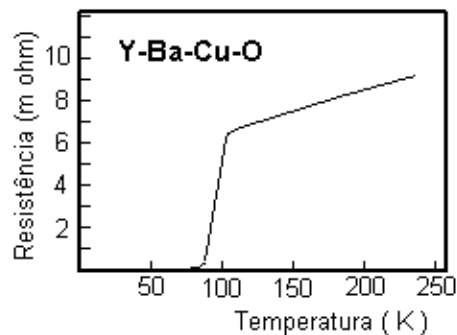


Figura 1 – ilustração da dependência da resistência de um supercondutor cerâmico.

Hoje já são conhecidos supercondutores com temperatura crítica acima de 130 K. A grande vantagem de um supercondutor ter temperatura de transição acima de 77 K vem do fato de ser esta a temperatura de liquefação do nitrogênio. O nitrogênio é o elemento mais abundante de nossa atmosfera (~80%) e é relativamente barato e fácil de liquefazer. Portanto, quando se fala de supercondutores de alto T_C , estamos falando em temperaturas críticas ainda muito baixas, da ordem de -150°C . Outra grande beleza desses materiais é que eles são relativamente fáceis de serem sintetizados. Hoje, isso já é até projeto de Feira de Ciência de estudantes de segundo grau. Uma receita (em inglês) pode ser encontrada na Internet em <http://imr.chem.binghamton.edu>. Ao que parece, até agora ainda não surgiu

nenhuma teoria satisfatória para explicar o mecanismo da supercondutividade nessas cerâmicas. Desde o início ficou mais ou menos claro que a teoria BCS não funciona a contento para esses supercondutores.

EXPERIMENTO

Neste experimento utilizaremos uma cerâmica supercondutora, preso a uma moldura metálica e já com os fios conectados, ver figura 2. A pastilha constitui-se de um supercondutor do tipo II (figura 1), cuja temperatura de transição é relativamente alta e assim não é necessário à utilização de hélio líquido para atingir a temperatura de transição. Esta temperatura pode ser alcançada com nitrogênio líquido

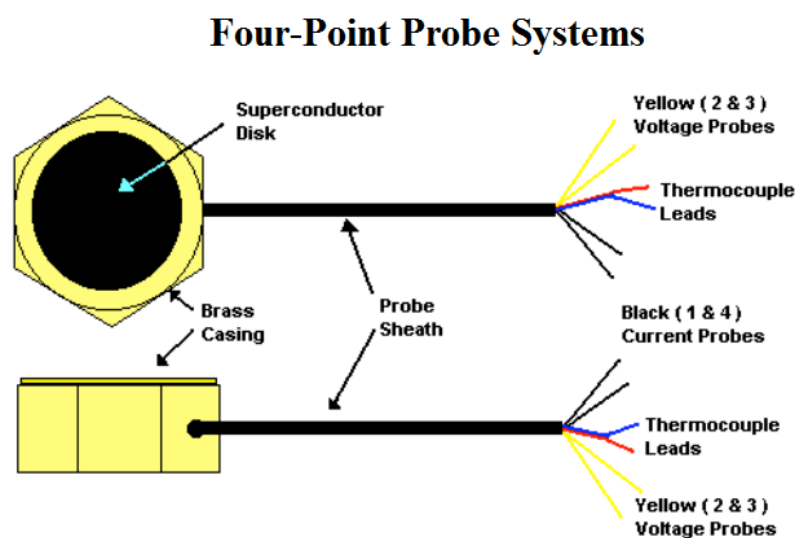


Figure 3: The Superconducting Four-Point Probe

Figura 2 – arranjo de ligações dos terminais elétricos e do termopar na pastilha de um supercondutor cerâmicoI.

Para a medida da resistência da cerâmica, utilizamos o método de quatro pontas (ver apêndice). A figura 2 mostra os terminais relativos a esta configuração.

Para a realização da medida, coloque a cerâmica em um recipiente e introduza nitrogênio líquido. Sabendo-se a corrente e a tensão nos terminais adequados da pastilha, obtemos sua resistência e em posse de suas dimensões calculamos sua resistividade. Controlando então a entrada de nitrogênio, deve-se tomar a tensão na amostra relacionada à temperatura que a mesma está submetida, que é medida com um termopar. Faz-se isto até que a tensão na amostra seja zerada. No caso de nosso equipamento a tensão em que a amostra é supercondutora irá oscilar em torno do zero, devido à imprecisão do aparelho.

Além das medidas de resistência em função da temperatura, observe o efeito Meissner utilizando um pequeno ímã flutuando sobre a cerâmica. Faça uma filmagem do

ímã levantando-se quando a temperatura estiver caindo até atingir a temperatura de supercondutividade e observe esta variação na altura do ímã com a temperatura e relacione com o gráfico de Resistência vs. Temperatura obtido.

Mais informações sobre este experimento pode ser obtido em:
<http://www.users.qwest.net/~csconductor/>

Referências

- 1) Manual on the use of thermocouples in temperature measurement, American Society for testing and Materials, 1979 (referência na biblioteca do IFGW: R536.52-A512m)
- 2) Sparks, L.L. and Powell, R.L., "Low Temperature Thermocouples: KP, "Normal" Silver, and Copper Versus Au-0.02 at% Fe and Au-0.07 at%Fe," Journal of Research, National Bureau of Standards, Vol 76A, No. 3, May-June 1972.

RELATÓRIO

I – Introdução – Destaque os objetivos e a motivação para o estudo do experimento

II – Descrição do procedimento – descreva detalhadamente como o experimento foi realizado.

III - Resultados – apresente as curvas de condutividade em função da temperatura dos supercondutores medidos. Apresente uma curva da altura do ímã em função da temperatura.

IV - Discussões dos resultados:

a) Descreva o efeito Seeback (para a medida da temperatura) e o efeito Peltier (não utilizado neste experimento).

b) Faça uma descrição sucinta sobre a supercondutividade e o modelo BCS (Bardeen, Cooper e Schrieffer).

c) descreva o efeito Meissner

V – Conclusões

APÊNDICE

O MÉTODO DE QUATRO PONTAS

Quando estamos fazendo algumas medidas, principalmente no caso de resistência de materiais, precisamos saber qual a contribuição resistiva dos fios e contatos, para se descontar da medida em que realmente se está interessado em tomar. No caso de medidas em supercondutores, estes cuidados tornam-se ainda mais necessários quando nos atentamos ao fato de que o que queremos é medir a ausência de resistência. É dentro deste quadro que o método de quatro pontas se torna necessário para realizarmos as medidas.

Se usássemos um sistema simples de duas pontas para a medida da tensão na amostra, teríamos o seguinte caso. Ao entrar com a corrente na amostra, esta deveria obrigatoriamente passar pelos contatos, e pelo que já sabemos pela lei de Ohm, iríamos sempre medir uma tensão entre os contatos. No entanto, com o auxílio de um sistema de quatro pontas, conseguimos contornar este problema, e o que realmente medimos é a tensão na amostra e não mais nos contatos. As figuras abaixo ajudam a elucidar.

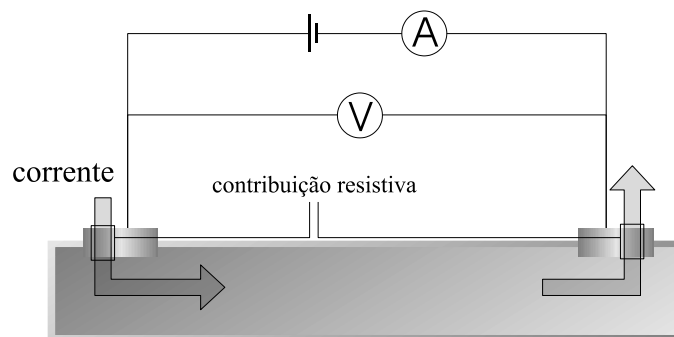


Figura 1 – Medida de resistência com dois contatos.

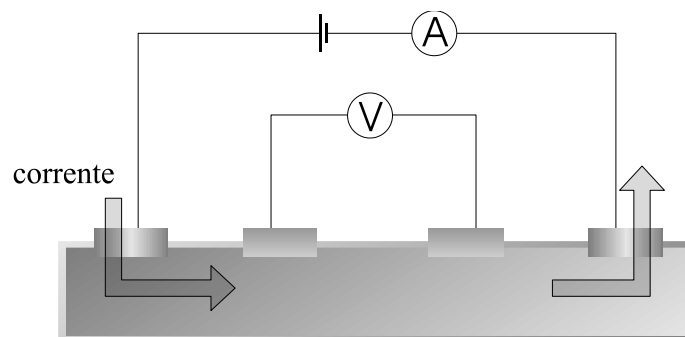


Figura 2 – Medida de resistência com quatro contatos.