DEPENDENCIA DEL UMBRAL DE ABSORCION INFRARROJA CON EL REEMPLAZO PARCIAL DE Zn POR Cu EN $Bi_2Sr_2Ca_1Cu_2O_{8+\delta}$ Y SU RELACION CON EL GAP SUPERCONDUCTOR

Rosana Gastien

Departamento de Física, Universidad de Buenos Aires, Pabellón I, Ciudad Univrsitaria, 1428 Buenos Aires.

Néstor E. Massa

Programa QUINOR. Departamento de Química y Departamento de Física, Universidad Nacional de La Plata, C.C. 962, 1900 La Plata.

Carlos Fainstein

Centro Atómico Bariloche e Instituto Balseiro, 8400 Bariloche, Rio Negro.

Los planos de CuO_2 cumplen un rol esencial en el estudio de los superconductores de alta temperatura, por esto, resulta interesante perturbar esta estructura bidimensional reemplazando Cu por Zn. En la presente comunicación discutimos el comportamiento del gap superconductor en cerámicos policristalinos de $Bi_2Sr_2Ca_1(Cu_{1-x},Zn_x)_2O_{8+\delta}$, $(0.00 \leq x \leq 0.10)$. Los espectros de transmisión infrarrojos del compuesto puro, Bi-2212, a temperatura ambiente y 80K, permiten calcular el espectro diferencia que muestra un umbral de absorción cuyo mínimo indica la presencia del gap. Por otro lado, el resultado del cociente T_{80}/T_{300} tiene su máximo alrededor de esa frecuencia. Por ésto se infiere la presencia de efectos precursores del gap en los compuestos con reemplazo parcial de Zn, en los cuales se manifiesta un corrimiento hacia frecuencias más bajas. Por el contrario, si se lo compara con el resultado obtenido con Bi-2223,[4] con $T_c = 108K$, se verifica que el gap se encuentra a más bajas frecuencias.

Al sustituir Zn por Cu en los planos de CuO_2 se producen cambios importantes que se traducen en una notoria reducción de la temperatura crítica. El Zn, al ser divalente y no magnético, introduce vacancias de spin en los planos de CuO_2, con correlaciones antiferromagnéticas bidimensionales de corto rango; la región alrededor de la vacancia produciría un momento neto proveniente del Cu^{2+}. El dopaje de elementos con configuraciones de spin distintas causaría la destrucción de la interacción de pares, y esto llevaría a una depresión en la temperatura crítica.[1,2]

En el presente trabajo se estudiaron cerámicos policristalinos de $Bi_2Sr_2Ca_1(Cu_{1-x},Zn_x)_2O_{8+\delta}$, $(0.00 \leq x \leq 0.10)$. En Bi-2212 el punto de inflexión de resistividad cero es de 75K, con un 2% de Zn la T_c desciende a 25K, y las dopadas con un 10% de Zn se comportan como un semiconductor.

Los espectros fueron realizados en un espectrofotómetro infrarrojo a transformada de Fourier Bruker 113v. Este consiste principalmente en un interferómetro de Michelson, conjuntamente con un sistema de toma y procesamiento de datos. El interferómetro está compuesto por un separador de haz (beam splitter), un espejo fijo y uno móvil, todo configurado de tal forma que la fuente luminosa (glowbar), que contiene todas las frecuencias en el rango infrarrojo, incide en el separador de haz. El separador y los dos espejos producen interferencia entre los haces reflejados, que se combinan afectando a todas las frecuencias del infrarrojo presentes.

Solamente la porción a.c. de la señal pasa al detector (DTGS). Todas las frecuencias así moduladas se detectan en forma simultánea obteniéndose un interferograma (amplitud de señal vs. tiempo), el cual mediante la transformada de Fourier se convierte en el espectro deseado (amplitud vs. frecuencia). El ruido disminuye (relación señal-ruido aumenta) en proporción a la raíz cuadrada del número de barridos (scans) promediados con la resolución de $0.5cm^{-1}$, promediados sobre 1000 barridos. Cabe acotar que los espectros de transmisión fueron previamente divididos por un espectro de fondo. Para los espectros a bajas temperaturas la muestra se montó en el dedo frío de un crióstato Oxford DN 1754, que permite llegar a 77K.

Una de las características que hacen de la espectroscopía infrarroja un instrumento esencial en el estudio de los superconductores, es la posibilidad de detección del gap o gaps superconductores en la región del infrarrojo lejano (600 cm^{-1} a 10 cm^{-1}). En estas

medidas preliminares discutimos pastillas hechas con la técnica de CsI, que siendo éstas delgadas y semitransparentes daban una fuerte señal. Por otro lado, el hecho de que la matriz de las mismas sea CsI limita nuestro estudio a la región espectral a frecuencias mayores de 200 cm^{-1}.

En la Fig. 1 se muestra un espectro típico desde 10000 cm^{-1} a 200 cm^{-1} del Bi-2212 con 5% de Zn a 300K y 80K. En él se detecta la presencia de fonones en 605.8 cm^{-1}, 480 cm^{-1}, 362 cm^{-1} y 326 cm^{-1}, y contribuciones electrónicas de los orbitales del oxígeno con un umbral alrededor de 10000 cm^{-1}.

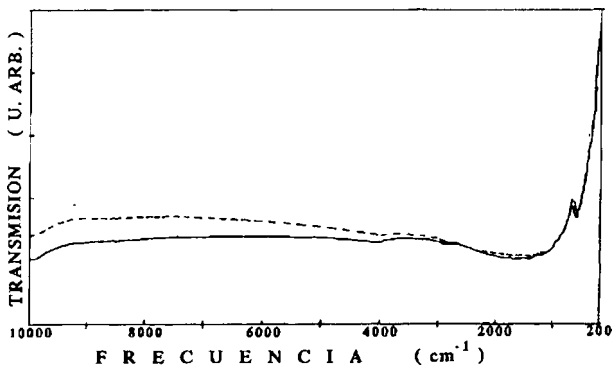

Fig. 1: Espectros de transmisión del Bi-2212 con 5% de Zn a 300K (línea punteada) y 80K (línea llena).

Los espectros de transmisión en el infrarrojo lejano a temperatura ambiente y 80K, con los distintos dopajes de Zn, permiten calcular, como lo muestra la figura 2, los cocientes de los mismos (T_{80}/T_n). En los espectros con 0% y 1% de Zn se observa el comienzo de una envolvente tipo Gaussiana alrededor de 700 cm-1, la cual en los que tienen 3% y 5% de Zn se corre a más bajas frecuencias. En el compuesto de concentración de 10% de Zn, Fig. 3, este defecto desaparece. Esto es debido a que, como ya puntualizamos, cuando el dopaje aumenta decrece la temperatura crítica, y la creación de pares de Cooper ya no se detectan a una temperatura de 80K como en el Bi-2212 puro sino que sólo observamos efectos que se pueden calificar de precursores.

Similarmente, en el espectro diferencia T_{80}-T_{300}, Fig. 4, se detecta la presencia del gap superconductor alrededor de los 350 cm^{-1} como un mínimo, como lo indicaría el razonamiento anterior, No obstante, es de hacer notar que la contribución electrónica en la cual se maniefiesta la condensación de pares, se refleja en nuestros espectros a frecuencias mayores de 700cm^{-1}. En un superconductor BCS, la energía del gap semiconductor (energía necesaria para romper un par) aparece como un umbral de absorción de $2\Delta = \hbar w$, y la transmisión infrarroja aumenta en el estado normal.

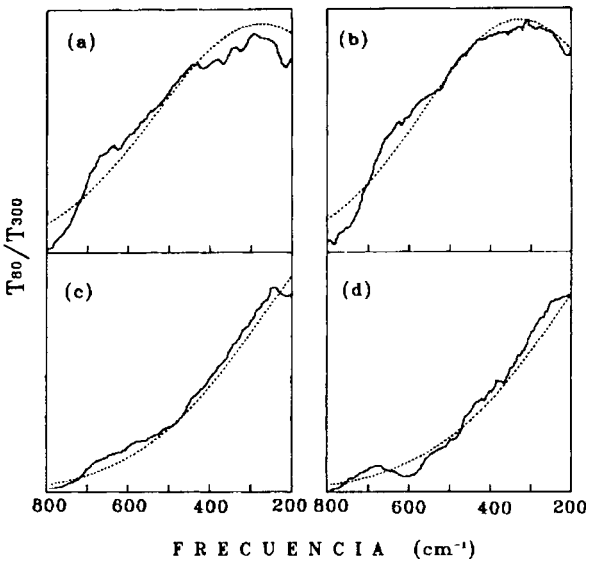

Fig. 2: a) Cociente T_{80}/T_{300} del Bi-2212 con 0% de Zn.
b) Idem 1% de Zn.
c) Idem 3% de Zn.
d) Idem 5% de Zn.

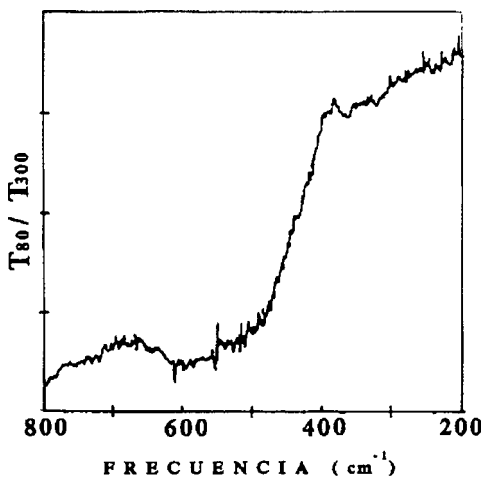

Fig. 3: Cociente T_{80}/T_{300} para la muestra de Bi-2212 con 10% de Zn.

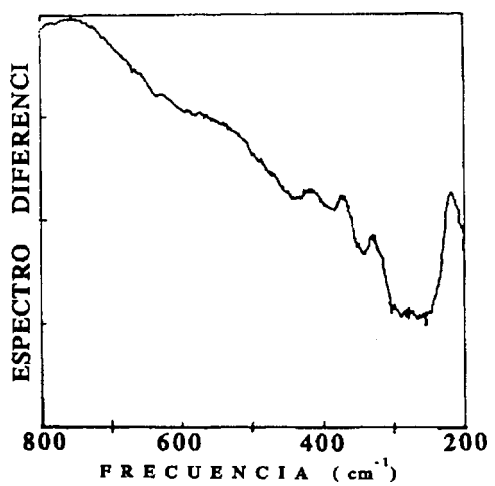

Fig. 4: Espectro diferencia T_{80}-T_{300} para el Bi-2212 puro. Notar que la caída neta comienza mucho más allá de la energía del gap.

En el compuesto puro y en el de 1% de Zn se observa claramente que este incremento comienza alrededor de 700 cm^{-1}, lo que indicaría que la absorción infrarroja empezaría en 4Δ y no en 2Δ. Una hipótesis posible para que ocurra la absorción a estas energías, es que el fotón debe ser suficientemente energético para: a) romper un par de Cooper (2Δ) y b) crear una carga o fluctuación de spin (2Δ). Como conclusión, el umbral en 700 cm^{-1} indicaría un gap de energía $2\Delta = 350 cm^{-1} = 6K_B Tc$.[3] Obviamente este efecto no se observa en los compuestos con más del 1% de reemplazo de Zn por Cu, enfatizando el hecho de que los planos de CuO_2 cumplen un rol escencial en la transición del estado normal al superconductor.

Cabe destacar que el umbral observado en el Bi-2212 dopado con Zn muestra un corrimiento hacia frecuencias más bajas respecto al del Bi-2223.[4] En este último se puede delinear una gaussiana en el espectro cociente (T_{110}/T_{300}) cuyo ápice se encuentra a unos 420 cm^{-1} como consecuencia de que la temperatura crítica es mayor que para el Bi-2212.

REFERENCIAS

1. H. Alloul, P. Mendels, J.F. Marucco y J.Arabski, Phys. Rev. Letters, a ser publicado.
2. T. Miyataque, K. Yamaguchi, T. Takana, N. Koshizuka y S. Tanaka. Preprint, Phys. Rev. B **44**, (1991).
3. D. Romero, G. Carr, D. Tanner, L. Forro, D. Mandrus, L. Forro, L. Mihaly, G. Williams. Phys. Rev. B, **44**, 2818 (1991).
4. B. M. Sudhana, B.J. Reddy, N.E. Massa, L. Botto, B.S. Naidu y P.J. Reddy. Reunión Nacional de Física, Octubre 1992, Buenos Aires.