

PROGRAMMA SHORT – TERM MOBILITY – ANNO 2008

Relazione scientifica sull'attività di ricerca svolta

Fruitore: Dr. Filippo Giubileo

Titolo del programma:

Studio della simmetria del parametro d'ordine superconduttivo al variare del drogaggio in cristalli singoli di NdCeCuO tramite misure di Spettroscopia tunnel a scansione a bassa temperatura.

Relazione:

Sin dalla scoperta della superconduttività ad alta temperatura critica da Bednorz e Muller, un gran numero di esperimenti e studi teorici sono stati dedicati al tentativo di comprendere il meccanismo responsabile della formazione dello stato superconduttivo. In particolare, molti esperimenti hanno cercato di mettere in evidenza la simmetria del parametro d'ordine poiché tale informazione è cruciale per la comprensione dei meccanismi che si instaurano in questa classe di materiali superconduttori. Per quelli drogati con buche, come il $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ (LSCO), $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ (YBCO), and $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_8$ (BSCCO) c'è un consenso abbastanza generale nella comunità scientifica nell'identificare una simmetria del parametro d'ordine prevalentemente di tipo onda-d. Sull'altro fronte invece, non vi è ancora alcuna chiarezza riguardo il tipo di simmetria che caratterizza i materiali cuprati drogati con elettroni.

L'identificazione della simmetria di accoppiamento nei materiali cuprati drogati con elettroni rimane un passo importante verso la determinazione del meccanismo della superconduttività ad alta temperatura poiché contiene grossi vincoli ad un'eventuale teoria microscopica, ed un ingrediente essenziale è la conoscenza dettagliata della densità di stati (DOS), la cui forma precisa e dipendenza dalla temperatura rappresentano parametri vincolanti ai modelli teorici.

Da un punto di vista sperimentale, la spettroscopia di tunnel rappresenta uno degli strumenti fondamentali per lo studio dello stato superconduttivo. Questa tecnica è particolarmente sensibile alla DOS vicino l'energia di Fermi (EF), con la capacità unica di poter testare gli stati sia al di sopra che al di sotto di EF. La spettroscopia di tunnel è quindi specificamente indicata per la misura di gap di energia presenti nello spettro delle eccitazioni di quasiparticella (all'energia di Fermi) che appare come una figura caratteristica nelle curve di conduttanza dinamica di tunnel. Inoltre, l'utilizzo di un microscopio a scansione tunnel (STM) permette di effettuare questi studi tramite la realizzazione di giunzioni tunnel in vuoto tra una sonda metallica e la superficie di un campione superconduttore con una separazione di pochi Angstrom. La scansione della sonda sulla superficie con precisione nanometrica permette di effettuare misure di tunnel locali testando la densità di stati con elevata risoluzione sia in termini di energia che spaziali. Così il microscopio STM dà accesso simultaneamente a informazioni di tipo topografico e spettroscopico del campione, per cui rappresenta sicuramente una tecnica privilegiata per lo studio della densità di stati locale.

Lo scopo dell'attività di ricerca prevista nell'ambito del programma di Short Term Mobility 2008 era principalmente quello di avviare la collaborazione con l'*Institut des NanoSciences de Paris*, *Université Pierre et Marie Curie Paris 6*, con l'obiettivo di realizzare una misura diretta della



densità locale di stati per un elemento rappresentativo della famiglia dei cuprati superconduttori drogati con elettroni, il $\text{Nd}_{2-x}\text{Ce}_x\text{CuO}_4$ (NCCO), tramite la realizzazione di esperimenti di spettroscopia a scansione tunnel a bassa temperatura. Di conseguenza, ci siamo proposti di fornire evidenze sperimentali necessarie alla comprensione del meccanismo responsabile della superconduttività ad alta temperatura critica e alla formulazione di un'adeguata interpretazione e modellizzazione teorica del fenomeno. Abbiamo effettuato misure con elevata risoluzione spaziale (dell'ordine di 0.1 nm) e con elevata risoluzione in energia (dell'ordine di pochi micro-eV) su cristalli singoli di NCCO. I cristalli sono stati prodotti presso il CNR-INFM Laboratorio Regionale Supermat di Salerno con la tecnica del "flux feeding floating zone" che ha permesso di fabbricare cristalli singoli di elevata purezza.

Per la buona riuscita di questo tipo di esperimenti è stata di estrema importanza la preparazione delle superfici oggetto di indagine. E' facile comprendere come per ottenere informazioni su scala nanometrica sia fondamentale disporre di materiali con elevatissimi standard di purezza che vengano preparati appositamente per avere l'ulteriore proprietà di esporre superficie con rugosità confrontabili con le dimensioni atomiche. Di conseguenza questo primo periodo di collaborazione è stato incentrato sui processi di "cleaving in situ" dei cristalli e sulla caratterizzazione delle superfici ottenute. Per preservare le superfici da qualsiasi possibile contaminazione esterna nonché dalla ossidazione per esposizione all'atmosfera si è scelto di realizzare il processo di "cleaving" all'interno della camera di misura del microscopio STM, mantenuta in ultra alto vuoto ad una pressione dell'ordine di 10^{-11} mBar. Questa procedura ha richiesto la realizzazione di un apposito manipolatore rinforzato che permettesse di ottenere superfici pulite partendo da cristalli spessi e rimuovendo uno strato di materiale. Naturalmente sono stati effettuati numerosi test su differenti campioni per verificare la qualità dei cristalli analizzati.

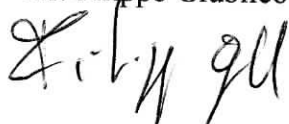
Sono inoltre state effettuate misure preliminari a temperatura variabile nel range 0.3K – 300 K sia di tipo topografico che spettroscopico. I risultati sono stati molto incoraggianti per il prosieguo. Infatti siamo riusciti ad ottenere delle superfici di elevata qualità che hanno permesso analisi su scala nanometrica. Abbiamo ottenuto superfici atomicamente piatte su scale dell'ordine del micron (stima della rugosità media pari a 0.5 Angstrom). I gradini osservati corrispondono a distanze tipiche corrispondenti ai parametri delle celle primitive della struttura perovskitica del composto. Le caratteristiche tensione-corrente misurate al di sotto della temperatura critica del NCCO hanno chiaramente evidenziato la formazione dello stato superconduttivo e la presenza di una gap di energia al livello di Fermi.

Le simulazioni numeriche dei dati sperimentali (tutt'ora in corso) permetteranno di quantificare l'ampiezza della gap di energia e di comprendere possibilmente la simmetria del parametro d'ordine superconduttivo che caratterizza il NCCO.

I risultati sperimentali sin qui ottenuti sono in fase di elaborazione e saranno presto oggetto di pubblicazione. L'attività di ricerca su questi materiali è tutt'ora in corso sempre in collaborazione con l'*Institut des NanoSciences de Paris, Université Pierre et Marie Curie Paris 6*.

Il Fruitore

Dr. Filippo Giubiléo



Il Proponente

Prof. Sandro Pace

