Politecnico di Torino

COMUNICATO STAMPA

UNO STUDIO DEL POLITECNICO APRE NUOVI SCENARI NELLO SVILUPPO DI MATERIALI SUPERCONDUTTORI AD ALTE TEMPERATURE

Una ricerca del Gruppo SMIM del Dipartimento di Scienza Applicata e Tecnologia-DISAT con la partecipazione della Southeast University of Nanjing, pubblicato sulla rivista npj Quantum Materials, rivela una simmetria tra diverse classi di superconduttori non-convenzionali, con possibili applicazioni per settore biomedicale, computer quantistici, reti elettriche a bassa dissipazione e innovativi accumulatori di energia

Torino, 19 gennaio 2022

I superconduttori sono attualmente alla base di numerose applicazioni. La loro caratteristica di trasportare corrente senza dissipare energia ha portato alla realizzazione di elettromagneti capaci di generare altissimi campi – essenziali, per esempio, nelle **risonanze magnetiche per l'imaging biomedico** e nei **treni a levitazione magnetica** - e di progetti pilota di **linee elettriche ad alta efficienza energetica**, nonché di **dispositivi in grado di accumulare enormi quantità di potenza** in volumi compatti. Dispositivi superconduttori sono inoltre imprescindibili nella costruzione dei **computer quantistici** attualmente più avanzati ed efficienti.

Uno studio condotto dai ricercatori del **Gruppo SMIM del Dipartimento di Scienza Applicata e Tecnologia del Politecnico di Torino**, insieme ai colleghi della **Southeast University of Nanjing**, è alla base di un articolo pubblicato oggi nell'autorevole rivista ***npj Quantum Materials*****.** La ricerca approfondisce il tema della relazione tra materiali superconduttori non-convenzionali di classi diverse, e apre nuovi scenari nell'utilizzo delle loro proprietà per **una serie di applicazioni innovative, a più alte temperature e con minore consumo di energia rispetto ai superconduttori convenzionali**.

In generale, **la superconduttività è la più evidente realizzazione macroscopica dei fenomeni quantistici**, ed è osservabile in un numero sorprendentemente elevato di materiali, inclusa buona parte dei normali metalli quando raffreddati al di sotto di una temperatura, detta *critica,* che dipende dal materiale, ma è sempre vicina allo zero assoluto (-273.15°C), cosa che richiede generalmente l'uso di elio liquido. Tali superconduttori "convenzionali" sono ben descritti dalla cosiddetta teoria BCS (introdotta verso la fine degli anni '50 del secolo scorso dai tre fisici americani John Bardeen, Leon Cooper e J. Robert Schrieffer), che spiega lo stato superconduttivo a partire dalla formazione di coppie di elettroni (coppie di Cooper) legati dalle vibrazioni degli atomi costituenti il materiale (fononi). A partire dagli anni '80, tuttavia, sono periodicamente state scoperte classi di materiali superconduttori nelle quali la "colla" che tiene insieme le coppie di elettroni non è basata sui fononi, e le cui proprietà microscopiche non possono quindi essere descritte correttamente dalla teoria BCS. Classi diverse di questi superconduttori non-convenzionali ospitano "tipi" di superconduttività diversi, caratterizzati da particolari tipologie di accoppiamento tra elettroni e diverse "forme" (simmetrie) della funzione d'onda quantistica delle coppie di Cooper.

Le **due classi principali di superconduttori non-convenzionali** sono entrambe composte da materiali stratificati, caratterizzati da piani superconduttivi **contenenti atomi di rame (cuprati) o di ferro (superconduttori a base di ferro)** separati da strati contenenti altre specie atomiche, e risultano

COMUNICAZIONE E RELAZIONI CON I MEDIA
POLITECNICO DI TORINO
Resp. Elena Foglia Franke Felice
Balzano, Marzia Brandolese, Silvia Brannetti, David Trangoni tel. +39
011 0906286 – relazioni.media@polito.it

superconduttivi fino a **temperature molto più alte** rispetto ai superconduttori convenzionali, cosa che li rende potenzialmente molto **appetibili per varie applicazioni**. In entrambi i casi la "colla" che tiene insieme le coppie di Cooper è ritenuta essere di origine puramente elettronica. Nonostante le somiglianze, le due classi di composti esibiscono tipicamente due diverse simmetrie della funzione d'onda: nei cuprati essa viene denominata "onda *d*" perché è simile agli orbitali atomici del livello *d* e presenta nodi – cioè, punti in cui è nulla - mentre nei composti a base di ferro essa in genere non presenta nodi, ha uguale ampiezza in tutte le direzioni e viene chiamata "onda s±". Tale differenza, che ha conseguenze molto rilevanti sulle proprietà superconduttive, ha storicamente reso **problematica la ricerca di una descrizione unificata di entrambe le famiglie**.

L'articolo pubblicato su ***npj Quantum Materials*** rivela come queste due classi di superconduttori non siano tanto diverse come ritenuto finora, mostrando **prove dirette di superconduttività nodale** in un particolare composto a base ferro scoperto recentemente, il $RbCa_2Fe_4As_4F_2$ (o Rb-12442). I ricercatori hanno dimostrato l'esistenza di una simmetria nodale nello stato superconduttore del Rb-12442, che ha una temperatura critica relativamente alta (pari a -242°C) **tramite due tecniche sperimentali di cui il gruppo SMIM è specialista a livello mondiale**: la misura di densità superfluida tramite risonatore a guida d'onda coplanare, basata sulla risonanza di particolari circuiti superconduttivi alle frequenze delle microonde, e la spettroscopia point-contact (ossia a contatto puntiforme), basata sulla conducibilità di giunzioni nanoscopiche metallo-superconduttore in cui avviene un fenomeno quantistico detto riflessione di Andreev.

"*L'ottimo accordo tra i risultati delle due tecniche di misura è notevole* – dichiarano **Daniele Torsello** ed **Erik Piatti**, entrambi ricercatori *post-doc* nel gruppo SMIM e **co-primi autori dello studio** – *e garantisce alle nostre conclusioni una robustezza impossibile da ottenere se le misure fossero state considerate singolarmente, anche alla luce delle sottigliezze dei vari modelli teorici applicabili a questo particolare sistema*."

"*La similarità nelle simmetrie dello stato superconduttivo nel Rb-12442 e nei cuprati potrebbe non essere un caso* – spiega il professor **Dario Daghero** – *visto che nel Rb-12442 i piani superconduttivi (contenenti ferro e arsenico) sono separati da spessi strati isolanti, anziché da singole specie atomiche come accade in altri composti della stessa famiglia, e ciò rende il composto fortemente anisotropo come i cuprati.*"

"*Abbiamo anche dimostrato che la simmetria nodale del Rb-12442 sopravvive al disordine introdotto dal drogaggio in nichel* – aggiunge il professor **Gianluca Ghigo** – *cosa che suggerisce che essa sia imposta dalla simmetria del cristallo stesso, e non accidentale come in alcuni altri composti del ferro. I nostri risultati mettono in luce una inaspettata somiglianza tra i composti 12442 e i cuprati, rendendoli una piattaforma ideale per studiare la superconduttività non-convenzionale in entrambe le classi di materiali e aprendo la strada al loro utilizzo in numerose applicazioni*".

Il lavoro è stato sviluppato nell'ambito dei progetti di ricerca PRIN 2017- HIBiSCUS (Grant No. 201785KWLE) e PRIN 2017 - Quantum2D (Grant No. 2017Z8TS5B), finanziati dal Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca (MIUR); e dal National Key R&D Program of China (Grant No. 2018YFA0704300) e dallo Strategic Priority Research Program (B) dell'Accademia Cinese delle Scienze (Grant No. XDB25000000).

COMUNICAZIONE E RELAZIONI CON I MEDIA
POLITECNICO DI TORINO

Resp. Elena Foglia Franke
Balzano, Marzia Brandolese, Silvia Brannetti, David Trangoni

Felice
tel. +39
011 0906286 – relazioni.media@polito.it