



Consiglio Nazionale delle Ricerche

PROGRAMMA SHORT – TERM MOBILITY – ANNO 2008

Proponente:

Marina Putti

Fruitore:

Marina Putti

Istituto di afferenza del Fruitore:

CNR-INFM

Istituzione ospitante:

National High Magnetic Field Laboratory (NHML), Florida State University

Titolo del programma:

Attivazione del Progetto di Particolare Rilevanza Italia-USA “MgB₂: from microscopic mechanisms to large scale applications”

Obiettivi

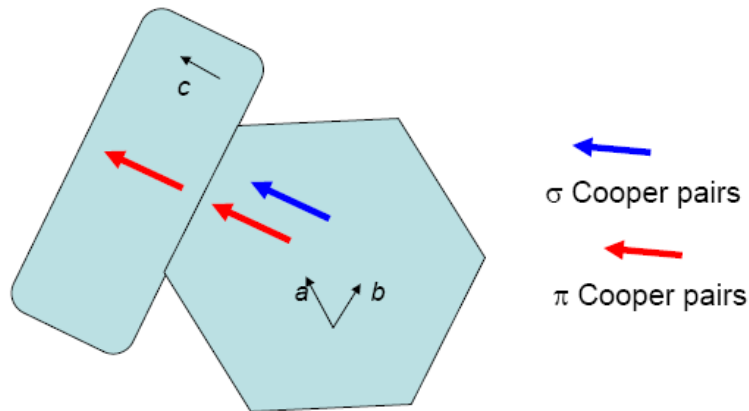
Nel 2008 è stato inserito nel Programma Esecutivo del Ministero degli Esteri 2008-2011 un Progetto di Particolare Rilevanza Italia-USA sullo sviluppo dell' MgB₂ per applicazioni di potenza. Tale progetto è coordinato dal CNR-INFM, tramite Marina Putti, fruitrice del presente programma, e ha come responsabile americano David Larbalestier direttore dell' Applied Superconductivity Center (ASC) presso NHML, istituto ospite del presente programma. Il programma STM che ha avuto inizio il 1 novembre e termine il 21 novembre 2008 ha avuto lo scopo di definire nel dettaglio il progetto che deve essere presentato a fine Dicembre. Inoltre durante il periodo di permanenza sono state realizzate misure di magnetizzazione e magnetoottica su campioni di SmFeAsO_{0.85}F_{0.15} prodotti dal CNR-INFM-Lamia al fine di caratterizzare la connessione tra i grani superconduttori.

Definizione del progetto “MgB₂: from microscopic mechanisms to large scale applications”

A sette anni dalla scoperta della superconduttività nell' MgB₂ un aspetto non ancora non chiarito è il ruolo dei bordi di grano al passaggio di corrente. La lunghezza di coerenza relativamente grande (10 nm) in questo superconduttore aveva fatto sperare che i bordi di grano fossero trasparenti al passaggio di corrente. E' però evidente che nonostante gli sforzi fatti per aumentare la corrente di trasporto i fili, i nastri e in generale tutti i materiali policristallini portano densità di corrente molto più basse dei film epitassiali. Si è così deciso di focalizzare il prossimo progetto su questa tematica e avviare contestualmente una serie di esperimenti al fine di studiare il ruolo di bordi di grano. Quando un grano ab-orientato è affacciato ad un grano c-orientato (bordo di grano a 90°) solo le coppie di Cooper π possono essere iniettate da un grano all'altro, mentre le coppie σ non possono. Inoltre, in campo magnetico applicato, le coppie di Cooper π sono fortemente sopresse e i bordi di grano a 90° non possono trasportare la corrente. Questo meccanismo può sopprimere fortemente la

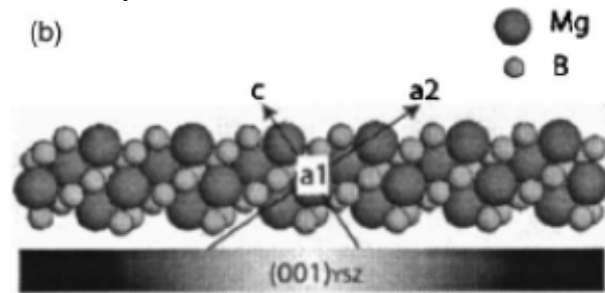
corrente critica nei policristalli.

90° grain boundaries in MgB₂



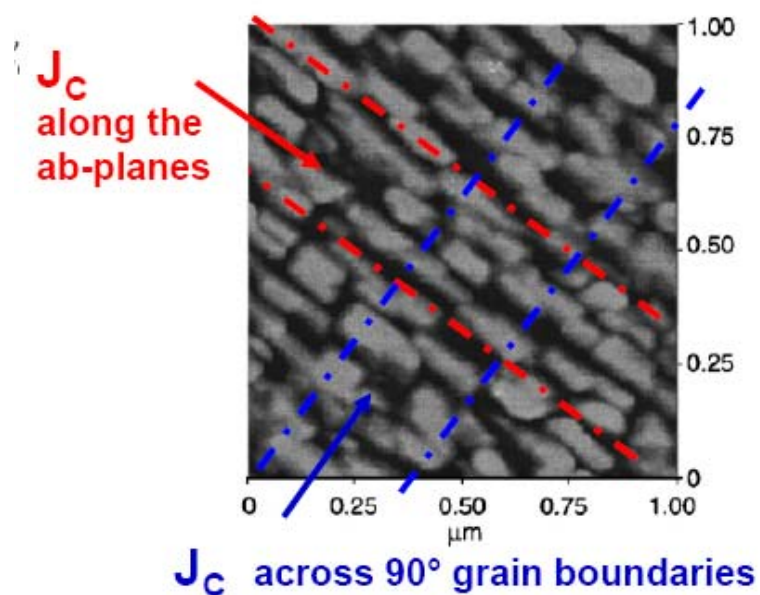
La rilevanza di questo meccanismo sarà studiata su diverse tipologie di materiali:

- Materiali di policristallini prodotti presso il CNR-INFM e presso l'ASC del NHML con l'utilizzo dell'alta pressione
- film sottili epitassiali cresciuti con la tecnica della Hybrid Physical Chemical Vapor Deposition (HPCVD) sviluppata presso la Penn State University con l'asse c sia perpendicolare che ruotato rispetto alla direzione del substrato

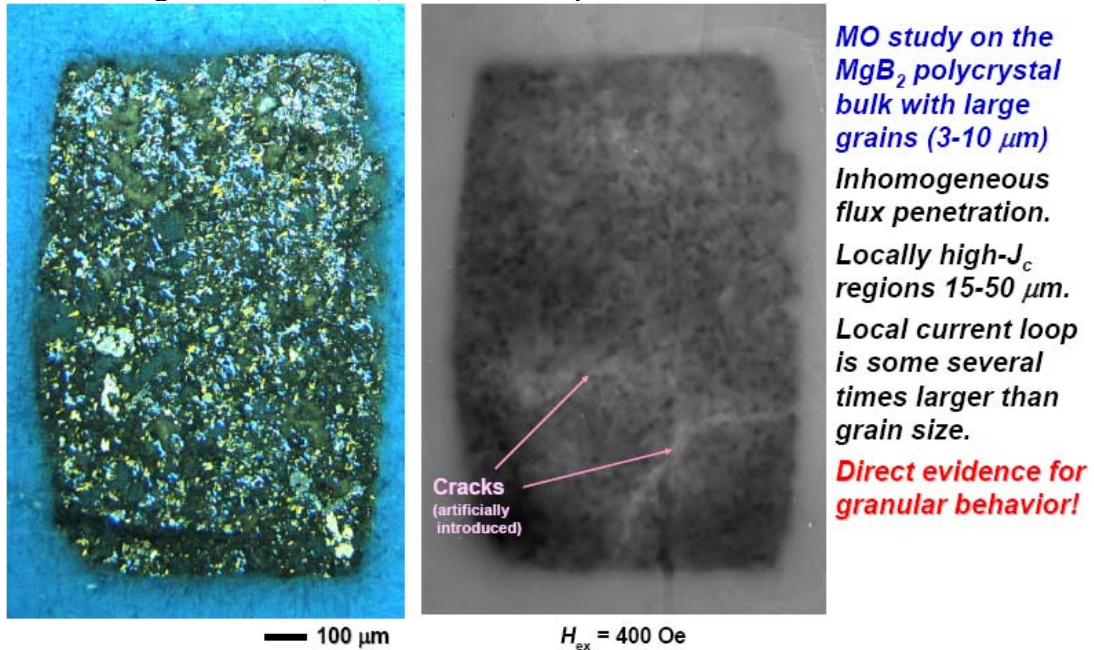


Sono state individuate alcune tecniche sperimentali per studiare il ruolo dei bordi di grano nei materiali descritti:

- Misure di corrente critica in films con l'asse c ruotato sia attraverso i piani ab, che attraverso i bordi di grano a 90° da realizzarsi presso il CNR-INFM



- Misure di Magneto-ottica (MO) da realizzarsi presso l'ASC del NHML



- Misure di scanning Hall-probe microscopy (SHPM) da realizzarsi presso il CNR-INFM

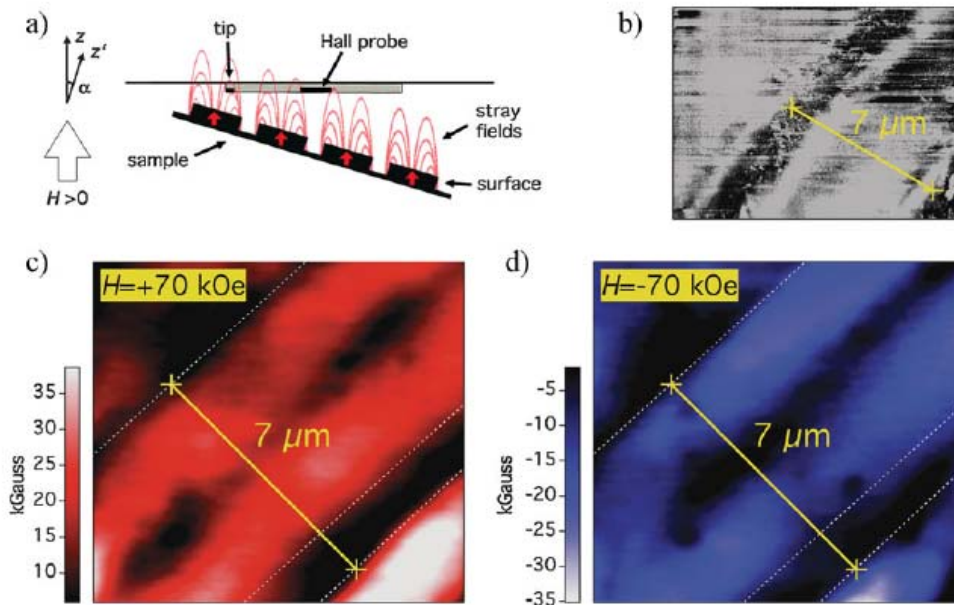


Figure 8. a) Experimental set-up of the SHPM illustrating the disposal of sample, scanning head and magnetic fields. b) STM image taken at $T = 100\text{K}$ showing the patterning of the surface. c) Magnetic image taken at $T = 100\text{K}$ simultaneously with (b) and with an applied-field $H = +70\text{ kOe}$. The color scale indicates the strength of the detected stray field. The zero-field value of the scale is set to an arbitrary baseline. d) Same as (c) but with reversed field ($H = -70\text{ kOe}$): notice that the color scale is reversed while the same spots are observed.

Studio della granularità su campioni di $\text{SmFeAsO}_{0.85}\text{F}_{0.1}$

All'inizio del 2008 è stata scoperta di una nuova classe di superconduttori che hanno destato un enorme interesse nel mondo scientifico. Si tratta di composti del tipo REFeAsO in cui la superconduttività si manifesta sostituendo parzialmente l'O con il F. A febbraio si è avuta la notizia del composto $\text{LaFeAsO}_{1-x}\text{F}_x$ con temperatura critica T_c di 26 K e nell'arco di un mese la T_c è raddoppiata al variare del raggio ionico della terra rara.

In particolare il composto col Sm presenta una T_c di oltre 50 K e campi critici eccezionalmente elevati. Da un punto di vista applicativo è importante valutarne la corrente critica sia all'interno dei

grani superconduttori sia quella che scorre tra grano e grano. Presso il CNR-INFM di Genova sono stati realizzati campioni policristallini di $\text{SmFeAsO}_{0.85}\text{F}_{0.15}$. I campioni sono preparati in due step: 1) sintesi di SmAs a partire dagli elementi puri 2) sintesi del oxy-pnictide che reagisce SmAs con gli importi stechiometrici del Fe, di Fe_2O_3 e di FeF_2 . Il campione prodotto presenta T_c ottimale (50 K) e transizione stretta, ma alta porosità. Per ovviare a questo problema parte del campione è stato sinterizzato a 1300°C per 72h ottenendo così una maggiore densità e una T_c leggermente ridotta. La sinterizzazione permette di ottenere una maggiore connessione tra i grani come è mostrato dalle curve di resistività misurate nel campione unsintered e sintered (fig. 1).

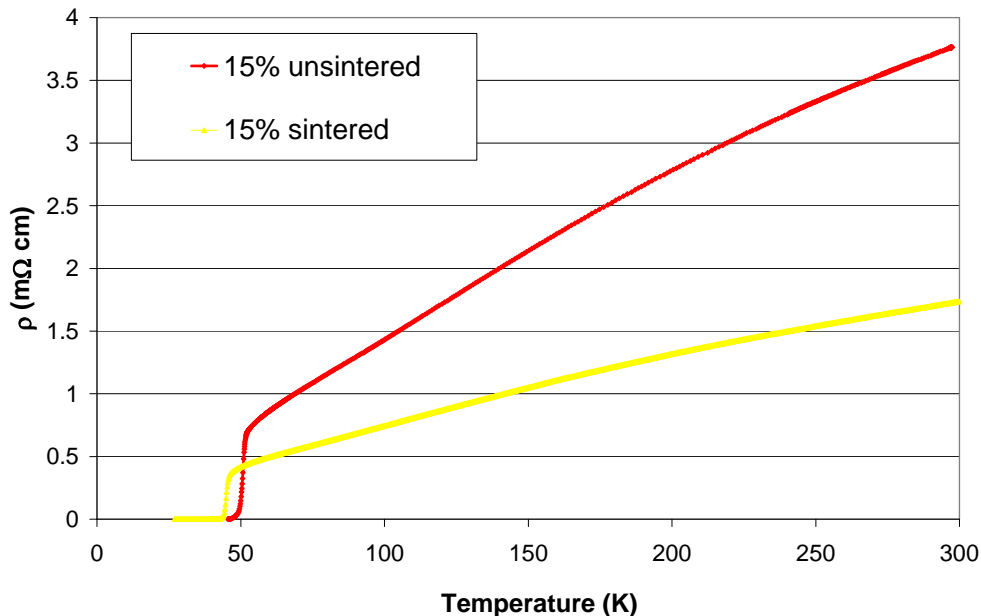
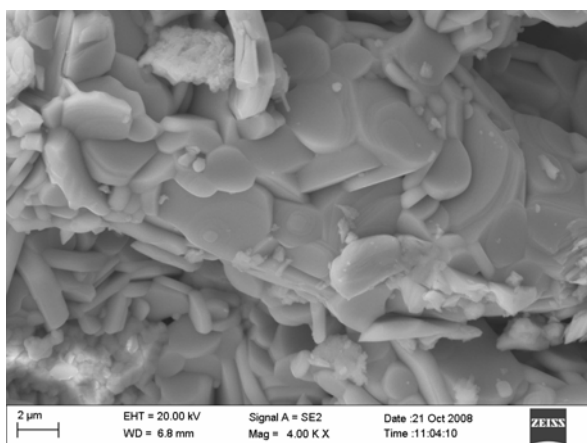


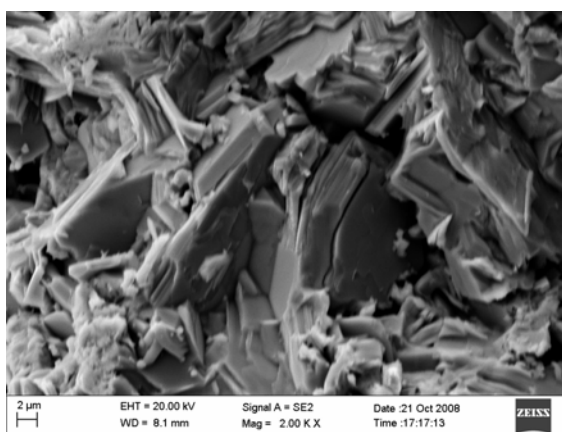
Figura 1

Tali campioni sono stati studiati presso ASC durante il programma di STM per valutare se la migliore connessione tra i grani in stato normale può significare una più alta corrente globale nello stato superconduttore.

Misure SEM hanno mostrato che il campione unsintered ha grani dell'ordine del micron nel piano ab e submicrometrici lungo l'asse c. A seguito della sinterizzazione i grani e/o gli agglomerati di grani crescono considerevolmente (fig. 2).



UNSINTERED



SINTERED

Figura 2

I cicli di magnetizzazione misurati a varie temperature in campo magnetico fino a 14 T mostrano come l'ampiezza del ciclo e quindi il momento magnetico sia circa un ordine di grandezza più elevato nel campione sinterizzato (fig. 3). Per valutare la corrente critica è necessario conoscere la

scala su cui scorre la corrente, ovvero se la corrente scorre esclusivamente all'interno dei grani o se c'è una corrente globale di trasporto tra grano e grano.

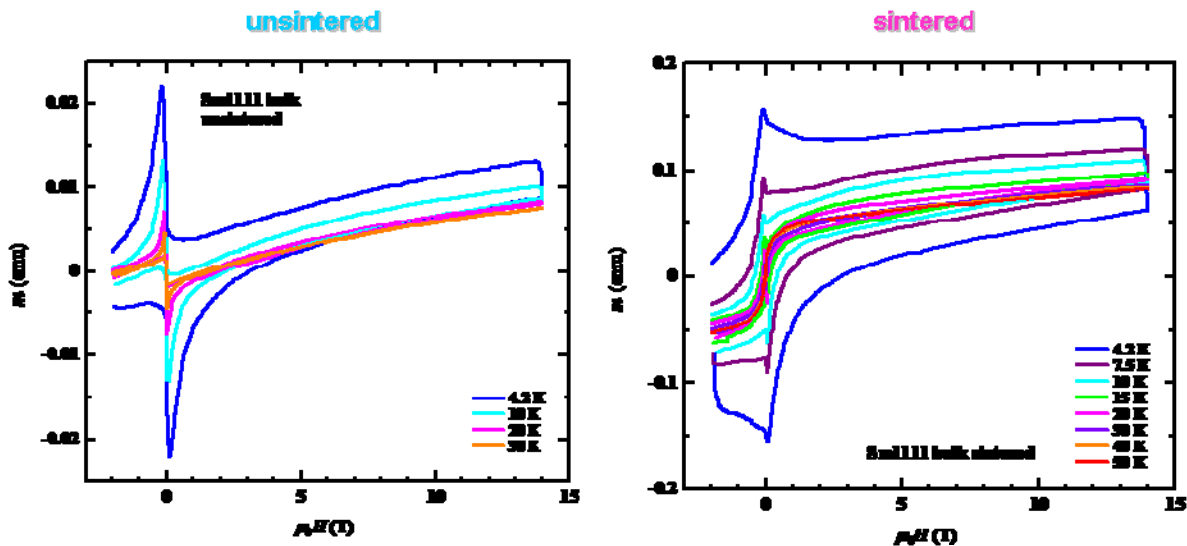


Figura 3

Misure di magnetizzazione rimanente, m_R , in funzione del campo applicato hanno mostrato ulteriori differenze fra i due campioni (Fig.4). Il campione unsintered ha mostrato il tipico andamento a due gradini che implica la presenza di corrente intragrano e intergrano con diverse dipendenze dal campo magnetico. Nel campione sinterizzato il gradino a basso campo, evidenziato da un picco nel grafico di dm_R/dH (fig. 4 pannello destro), è sparito, ma l'ampiezza del gradino ad alto-campo è aumentata, probabilmente a causa dell'aumento della dimensione dei grani. La scomparsa della transizione a basso-campo indica (1) che il picco a basso campo si è spostato a campo più elevato, il che implica l'aumento della corrente globale, o (2) la corrente intergranulare è sparita dopo la sinterizzazione.

Sono state previste misure di magneto-ottica da realizzarsi nel corso del prossimo anno per chiarire ulteriormente il ruolo della sinterizzazione.

Si è anche previsto di effettuare misure di magnetizzazione rimanente in campioni di MgB_2 e confrontarle con i risultati ottenuti sul $SmFeAsO_{0.85}F_{0.15}$.

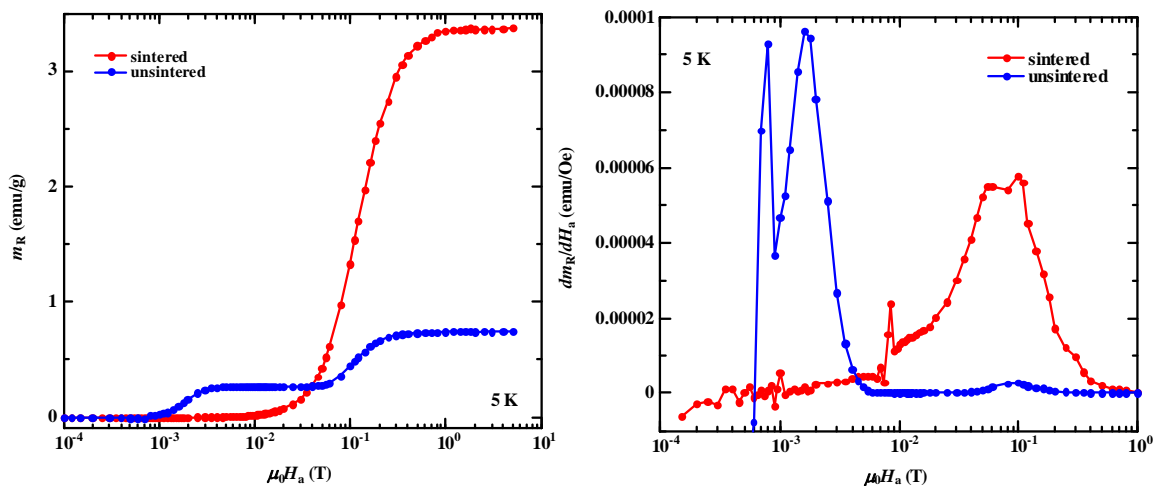


Figura 4

Firma

Michele Pili

Genova 5 gennaio 2009