

UNIVERSITÀ DI SALERNO - UT. Servizi Gen. Sede Centrale		
Sezione Accettazione Corrispondenza		
PERVENUTA IL		
4	27 GEN. 2011	
Programma Short Term		

Relazione scientifica dell'attività di ricerca svolta nell'ambito del Programma Short Term Mobility 2010

Il programma di ricerca svolto dalla Dr. Cirillo è stato incentrato sullo studio dell'effetto di exchange bias di un ferromagnete soft (Py) in contatto con uno spin glass (CuMn) in bilayers CuMn/Py. Lo studio costituisce il primo passo verso la realizzazione di una valvola di spin superconduttiva, in cui sono presenti uno strato di Py "pinnato" e uno libero, caratterizzati da cicli d'isteresi ben definiti e distinti.

Introduzione:

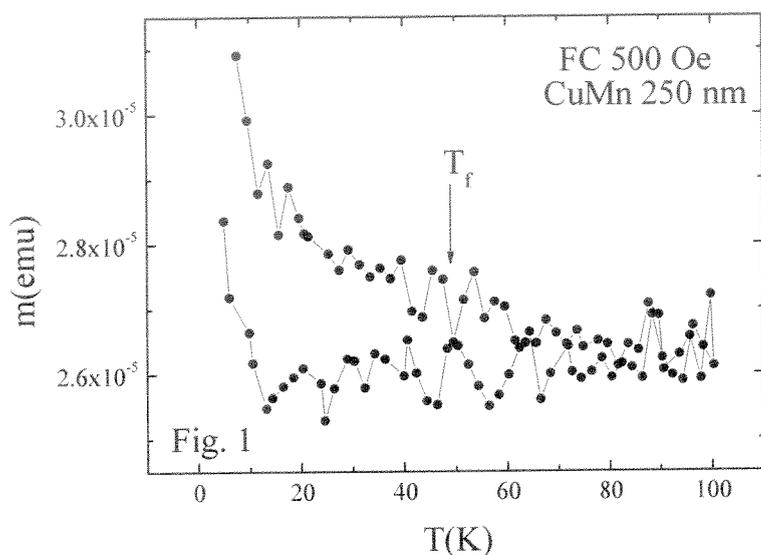
Il progetto si propone di implementare un dispositivo a film sottile costituito da strati di ferromagnete soft, $Ni_{0.8}Fe_{0.2}(Py)$, e strati di spin-glass, $Cu_{0.99}Mn_{0.01}(CuMn)$. Il sistema dovrà costituire il cuore "magnetico" di una valvola di spin superconduttiva (S), la cui struttura proposta sarà $CuMn/Py1/Nb/Py2$, dove il Nb è un superconduttore tradizionale. In questi sistemi lo stato S dipende dalla mutua orientazione della magnetizzazione (M) nei piani ferromagnetici esterni ($CuMn/Py1$) e $Py2$. Queste strutture, promettenti per le loro possibili applicazioni, fissata la temperatura, dovrebbero "commutare" a precisi valori del campo magnetico [1]. Allo scopo di ottenere degli stati magnetici ben definiti (M parallele o antiparallele) verranno investigati gli effetti di exchange bias in bilayers CuMn/Py [2,3] allo scopo di creare un effetto di pinning magnetico su uno dei due strati di Py.

Proprietà magnetiche ed exchange bias in sistemi ibridi $Ni_{0.8}Fe_{0.2}(Py)/Cu_{0.99}Mn_{0.01}(CuMn)$

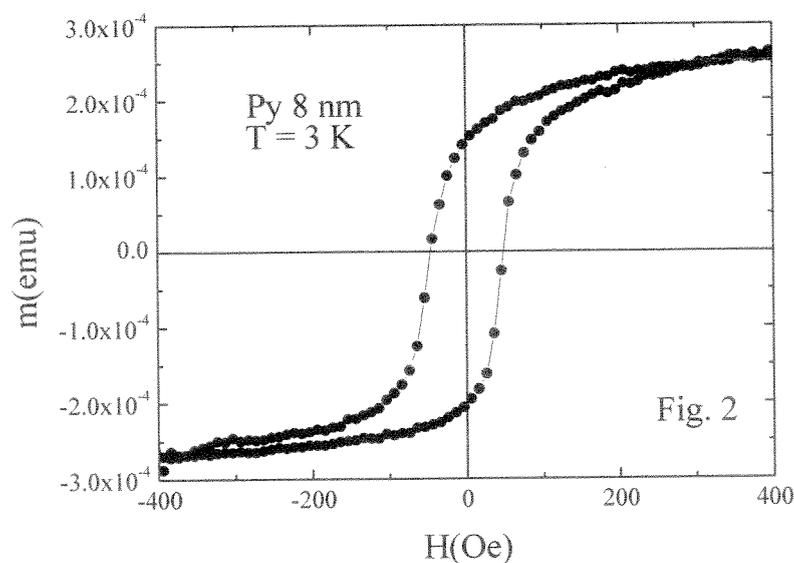
I campioni sono stati preliminarmente realizzati presso i laboratori del Dipartimento di Fisica di Salerno, tramite tecnica di deposizione per sputtering UHV dc magnetron su substrati di Si(100). La pressione di partenza della camera di deposizione è nel range del basso 10^{-8} mbar, mentre il processo di sputtering avviene in presenza di gas Ar ($P_{Ar} = 3 \mu\text{bar}$). I rates di deposizione sono controllati tramite una bilancia al quarzo oscillante, calibrata tramite misure di riflettività ai raggi X. Tipici rates di deposizione sono: $r_{Py} = 0.17 \text{ nm/s}$, $r_{CuMn} = 0.18 \text{ nm/s}$. I campioni realizzati consistono in film singoli di Py e CuMn e bilayers CuMn/Py. In particolare i film singoli di Py hanno spessore costante pari a $d_{Py} = 8 \text{ nm}$, mentre i film singoli di CuMn hanno spessore variabile pari a $d_{CuMn} = 25 - 50 - 100 - 250 \text{ nm}$. La serie di bilayer CuMn/Py, denominata PCM, è composta da 8 campioni costituiti da uno strato di Py costante, pari a $d_{Py} = 8 \text{ nm}$ e uno strato di CuMn con spessore variabile, $d_{CuMn} = 10 - 20 - 30 - 40 - 50 - 60 - 70 - 80 \text{ nm}$.

L'attività sperimentale è quindi proseguita presso il Group De Magnetisme (UBXLAB), guidato dal Prof. J. Tejada. La caratterizzazione magnetica è stata realizzata tramite un magnetometro SQUID della Quantum Design. Tale strumento consente di effettuare misure di magnetizzazione e suscettività fino a basse temperature (1.8 K), in campo magnetico fino a 5 Tesla, con una sensibilità che raggiunge il range del basso 10^{-5} emu.

E' stata preliminarmente effettuata una caratterizzazione dei singoli film di CuMn, allo scopo di determinare la temperatura di freezing, T_f , del sistema magnetico [4]. A tale scopo sono state realizzate misure di magnetizzazione in funzione della temperatura, $M(T)$, raffreddando il campione in un campo magnetico (FC) pari a $H = 500 \text{ Oe}$. La temperatura di freezing è identificata come la temperatura alla quale si manifesta una irreversibilità nella curva di $M(T)$. In Fig. 1 è riportata tale misura per un campione di CuMn con spessore pari a $d_{CuMn} = 250 \text{ nm}$, da cui si può osservare che la temperatura di freezing è dell'ordine di $T_f \approx 50 \text{ K}$.

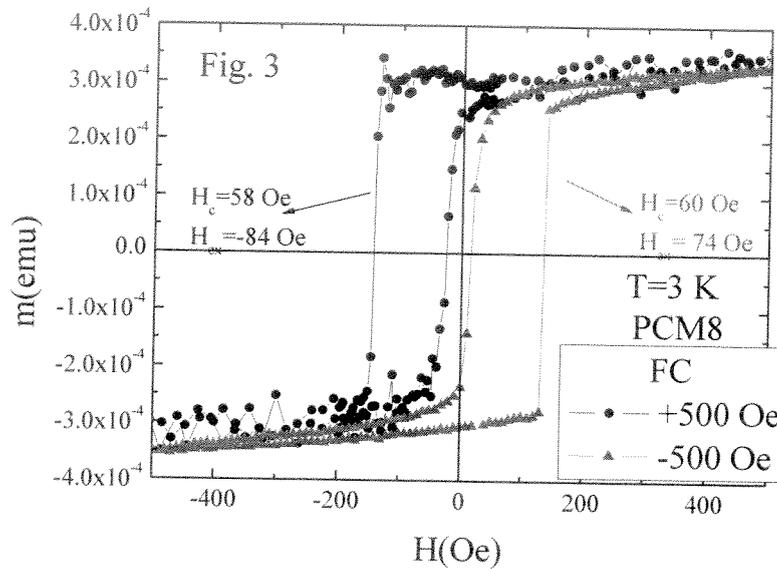


Successivamente è stata realizzata una misura di magnetizzazione $M(H)$ a temperatura costante ($T = 3$ K) su film di Py. Da tale andamento, riportato in Fig. 2, è possibile determinare i campi di coercizione del singolo film, che è pari a circa $H_c \approx 50$ Oe.

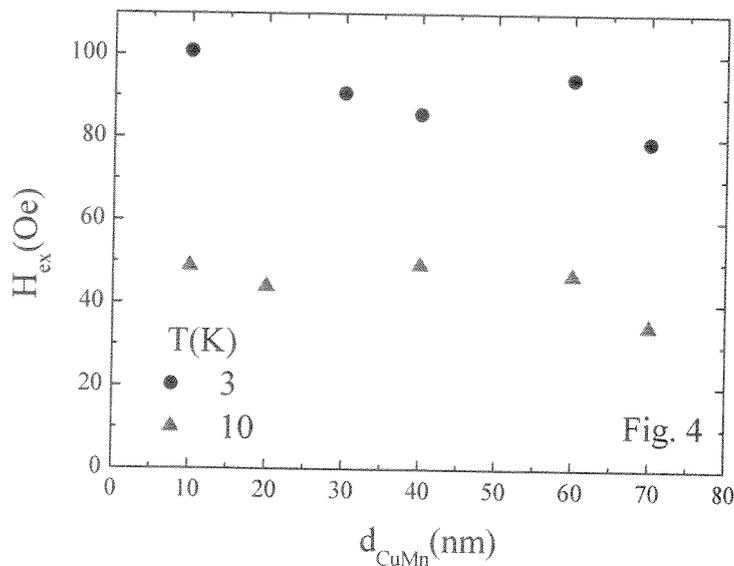


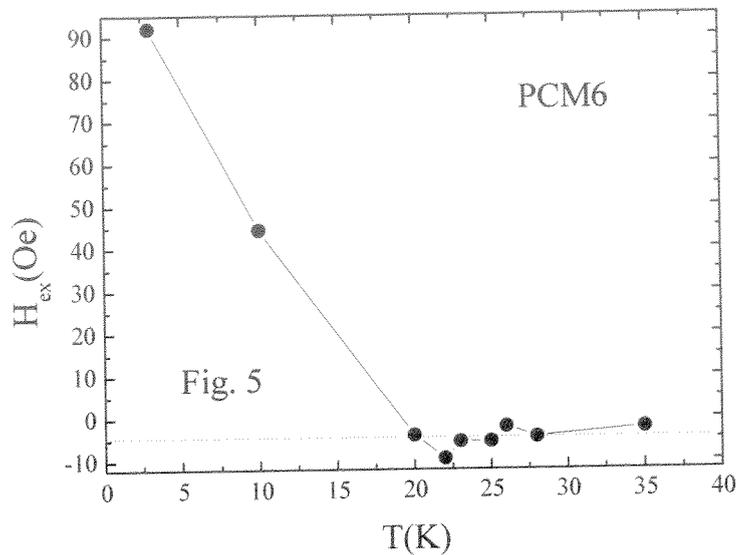
Dopo questa necessaria caratterizzazione preliminare dei film singoli di CuMn e Py, lo studio è stato rivolto all'osservazione dell'effetto di exchange bias (EB) [5] per la prima volta in bilayers CuMn/Py. Tale effetto consiste nello shift dei cicli d'isteresi, $M(H)$, come conseguenza dell'interazione di scambio tra i due layer magnetici una volta che il sistema è raffreddato in presenza di un campo magnetico esterno attraverso T_f . Come si può osservare in Fig. 3 nel caso del bilayer con spessore di CuMn pari a 80 nm (\equiv PCM8), tale effetto è realmente presente nei nostri campioni. In particolare nel grafico sono riportati i cicli d'isteresi misurati a $T = 3$ K raffreddando il campione sia in presenza di un campo negativo (-500 Oe), che in presenza di un campo positivo (+500 Oe). Come nel caso dell'EB canonico, i cicli d'isteresi sono shiftati nella direzione di campi magnetici opposti a quello in cui è avvenuto il FC, e lo shift in questo sistema è dell'ordine di $H_{ex} \approx 80$ Oe. Inoltre, come previsto, i cicli d'isteresi per effetto dell'EB sono leggermente più slargati

($\Delta H_c \approx 10$ Oe). Questi risultati confermano che il sistema CuMn/Py è effettivamente indicato per l'impiego in strutture del tipo spin-valve.



A questo punto si è proceduto ad uno studio sistematico dello shift dei cicli d'isteresi sia in funzione dello spessore dello spin glass che, una volta fissato quest'ultimo, in funzione della temperatura. La dipendenza di H_{ex} in funzione dello spessore di CuMn è riportato in Fig. 4 per due diversi valori della temperatura, $T = 3 - 10$ K. Questo andamento, pressoché costante di $H_{ex}(d_{CuMn})$ è forse legato alla scelta degli spessori di spin glass investigati. Ci si propone pertanto di realizzare dei bilayer con spessori più sottili di CuMn allo scopo di osservare la scomparsa dell'effetto di EB al di sotto di uno spessore critico [2,3]. Ci si è concentrati inoltre sullo studio della dipendenza del campo di exchange, H_{ex} , dalla temperatura.





In Fig. 5 è riportato tale andamento per il campione con spessore di CuMn pari a 60 nm (\equiv PCM6). H_{ex} descende all'aumentare della temperatura come è atteso, ma in un piccolo intervallo di temperature assume valori negativi. Questo comportamento è distintivo dei sistemi del tipo Ferromagnete/Spin Glass [2,3], non essendo presente nei tradizionali sistemi exchange-biased con struttura del tipo Ferromagnete/Antiferromagnete. Tale effetto, definito di EB inverso, non è presente in tutti i campioni, ma sembra scomparire per spessori $d_{CuMn} > 70$ nm. Concludendo, le misure di magnetizzazione realizzate sui bilayer CuMn/Py hanno consentito di osservare l'effetto di EB atteso. I risultati ottenuti sono in accordo con quelli riportati in letteratura per altri sistemi ferromagnete/spin-glass. Inoltre tale effetti sono stati osservati per temperature prossime a quelle cui l'eventuale dispositivo spin valve superconduttore dovrebbe operare.

- [1] L.R. Tagirov, Phys. Rev. Lett. 83, 2058 (1999)
- [2] M. Ali, P. Adie, C.H. Marrows, D. Greig, B.J. Hickey, and R.L. Stamps, Nature Mater. 6, 70 (2007)
- [3] F.T. Yuan, J.K. Lin, Y.D. Yao, and S.F. Lee, Appl. Phys. Lett. 96, 162501 (2010)
- [4] Mydosh, Spin Glasses, Taylor&Francis (1993)
- [5] J. Nogues and I.K. Schuller, J. Magn. Magn. Mater. 192, 203 (1999)

Il Fruitore/Proponente
Dr. Carla Cirillo

Carla Cirillo