

Introduzione

Dalla scoperta dei fullereni [1] ad oggi, un filone consistente della ricerca scientifica nel campo della struttura della materia, si è concentrato sullo studio delle proprietà elettroniche di queste particolari forme allotropiche del Carbonio.

All'inizio degli anni novanta Krätschmer et al. [2] misero a punto un metodo estremamente efficace per la produzione e per la purificazione di grandi quantità di fullereni, mediante scarica ad arco in campioni di grafite. Gli spettrometri di massa mostrarono fin da subito che fra le diverse molecole di fullerene che si riuscivano a produrre ne esisteva una particolarmente abbondante. Gli stessi Krätschmer et al. [2] proposero per questa molecola una struttura costituita da sessanta atomi di carbonio disposti ai vertici di venti esagoni e dodici pentagoni, di simmetria I_h , dalla forma analoga a quella di un pallone da calcio. A questa molecola fu dato il nome di Buckminster Fullerene o più semplicemente C_{60} .

Il secondo fullerene per abbondanza (3 volte meno abbondante del C_{60}), risultò essere costituito da settanta atomi di carbonio disposti ai vertici di ventiquattro esagoni e 12 pentagoni a costituire una struttura di simmetria D_{5h} simile nella forma ad un pallone da rugby. A questo fu dato il nome di C_{70} .

La grande abbondanza di questi due fullereni, rispetto alle altre molecole appartenenti alla stessa famiglia (C_{28} , C_{32} , C_{84} e molte altre) fu il motivo per cui la ricerca si concentrò, in un primo momento, principalmente su di essi. Tuttavia la scoperta di una fase superconduttiva nei solidi A_xC_{60} ($A = K$ [3], Rb [4], Cs [5],) avvenuta nei primi anni '90, ebbe l'effetto di concentrare ulteriormente tutti gli sforzi quasi esclusivamente sulla molecola di C_{60} e sui solidi da essa derivati.

Nel corso di questi anni sono comparse numerose pubblicazioni volte a determinare le proprietà elettroniche della molecola isolata di C_{60} , del solido cristallino denominato fullerite e dello stesso solido intercalato con atomi alcalini. Inoltre numerose pubblicazioni sono comparse anche riguardo le proprietà elettroniche di strati monoatomici di C_{60} chemisorbiti su diverse superfici, metalliche e non.

Decisamente in numero minore sono invece le pubblicazioni riguardo le proprietà elettroniche della molecola isolata di C_{70} e del C_{70} solido drogato con metalli alcalini, mentre del tutto inesistenti sono le pubblicazioni riguardo singoli strati di C_{70} chemisorbiti su diverse superfici, fatta eccezione per alcune misure STM compiute da Wang et al. [6] sulla superficie (111) del Cu.

La letteratura fino ad oggi disponibile sul C_{70} , mostra che esistono delle forti analogie tra le proprietà elettroniche del C_{70} e quelle del C_{60} . In particolare alcune misure di fotoemissione diretta e inversa [7] hanno dimostrato come la densità degli stati al livello di Fermi dei due solidi di C_{60} e di C_{70} sia molto simile. Questa osservazione ha suggerito la possibile esistenza di fasi superconduttive anche nel C_{70} solido, recentemente osservate da Schön et al. [8] mediante un dispositivo FET (Field Effect Transistor).

Quest'ultima scoperta mette in evidenza l'importanza dell'interfaccia tra il C_{70} e gli elettrodi del dispositivo, nel determinare le proprietà superconduttive del materiale. In questo quadro si inserisce il presente lavoro di tesi, focalizzato sulla struttura elettronica di strati sottili e monostrati di C_{70} depositati su superfici metalliche. Le evidenti analogie con le proprietà elettroniche dei sistemi derivati dal C_{60} , la ridotta letteratura e i numerosi punti oscuri relativi alle proprietà elettroniche di superficie e di interfaccia del C_{70} , costituiscono le principali motivazioni di questa tesi, in cui misure di fotoemissione e di assorbimento sono state compiute su monostrati e multistrati di C_{70} sia puri che drogati con atomi di sodio.

Le misure sperimentali proposte in questa tesi possono essere formalmente suddivise in tre gruppi distinti. Al primo gruppo (par. 3.4) appartengono le misure di fotoemissione e assorbimento compiute su un multistrato di C_{70} puro e drogato con atomi di Na. Lo scopo di tali misure è determinare le proprietà elettroniche di volume del C_{70} puro, e dell' Na_xC_{70} , verificando se esista una qualche analogia con le proprietà elettroniche del C_{60} puro e con le proprietà elettroniche dei sistemi A_xC_{60} (A = metallo alcalino). Al secondo gruppo (par. 3.5) appartengono le misure di fotoemissione e di assorbimento compiute su un monostrato (ML) di C_{70} chemisorbito sulla faccia (111) del Cu e successivamente su Al policristallino. Con queste misure ci si propone di studiare le interazioni di un singolo strato di molecole di C_{70} con due superfici differenti. La scelta delle superfici è motivata dall'intento di verificare ancora una volta se esiste un'analogia con le proprietà elettroniche di un monostrato di C_{60} che chemisorbito su Cu mostra carattere metallico mentre su Al mostra carattere semiconduttore. La natura policristallina dell'Al e quella monocristallina del Cu inoltre sono state scelte per verificare se le molecole di C_{70} assumono un'orientazione preferenziale sulla superficie indipendentemente dal grado di ordine di quest'ultima. Il terzo gruppo infine (par. 3.6) comprende misure di fotoemissione e di assorbimento compiute su monostrati di C_{70} chemisorbiti su

Cu(111) e Al policristallino esposti a vapori di Na, volte a determinare gli eventuali cambiamenti alle proprietà elettroniche del C_{70} indotte da questo metallo alcalino.

La presente tesi è articolata in quattro capitoli: nel primo capitolo vengono riportati i conti fino ad oggi disponibili in letteratura sulla struttura elettronica delle molecole isolate di C_{60} e C_{70} e dei rispettivi solidi. Il confronto fra le strutture elettroniche di questi due fullereni è infatti utile per capire i risultati sperimentali proposti nei capitoli successivi. Sempre nel primo capitolo inoltre vengono trattati gli effetti di correlazione elettronica tipici dei sistemi fullerenici, sulla base delle pubblicazioni fino ad oggi disponibili, i modi vibrazionali del C_{60} e del C_{70} , e la superconduttività dei sistemi A_xC_{60} (A = metallo alcalino). L'ultima parte del primo capitolo è infine dedicata ad una breve esposizione delle proprietà elettroniche dei sali fullerenici A_xC_{60} e A_xC_{70} e di strati singoli di C_{60} chemisorbiti su diverse superfici. Il secondo capitolo descrive le tecniche sperimentali utilizzate, precisamente la spettroscopia di fotoemissione e la spettroscopia di assorbimento NEXAFS (Near Edge X-ray Absorption Fine Structure). Il terzo capitolo presenta le misure sperimentali effettuate. Il quarto capitolo infine riporta le conclusioni ottenute.

Referenze

- [1] H.W.Kroto, J.R.Heath, S.C. O'Brien, R.F.Curl, and R.E. Smalley, Nature **318** (1985), 162
- [5] W. Krätschmer, L.D. Lamb, K. Fostiropoulos, D.R. Huffman, Nature **347** (1990), 354-358
- [3] K.Holczer, O. Klein, S.-M. Huang, R.B. Kaner, K.-J. Fu, R.L. Whetten, F. Diederich, Science **252** (1991), 1154.
- [4] M.J. Rosseinsky, A.P. Ramirez, S.H. Glarum, D.W. Murphy, R.C. Haddon, A.F. Hebard, T.T.M. Palstra, A.R. Kortan, S.M. Zamurak, A.V. Makija, Phys. Rev Lett. **66** (1991), 2830
- [5] Palstra et al. Solid State Comm. **93** (1995), 327
- [6] X.-D. Wang, V. Yu Yurov, T. Hashizume, H. Shinohara, T. Sakurai, Phys. Rev. B **49** (1994), 14746.
- [7] S.Saito and O.Oshiyama, Phys. Rev. B. **44** (1991), 11532
- [8] J.H Schön, Ch. Kloc, T. Siegrist, M Steigerwald, C. Svensson, B. Batlogg, Nature **413** (2001), 831.