



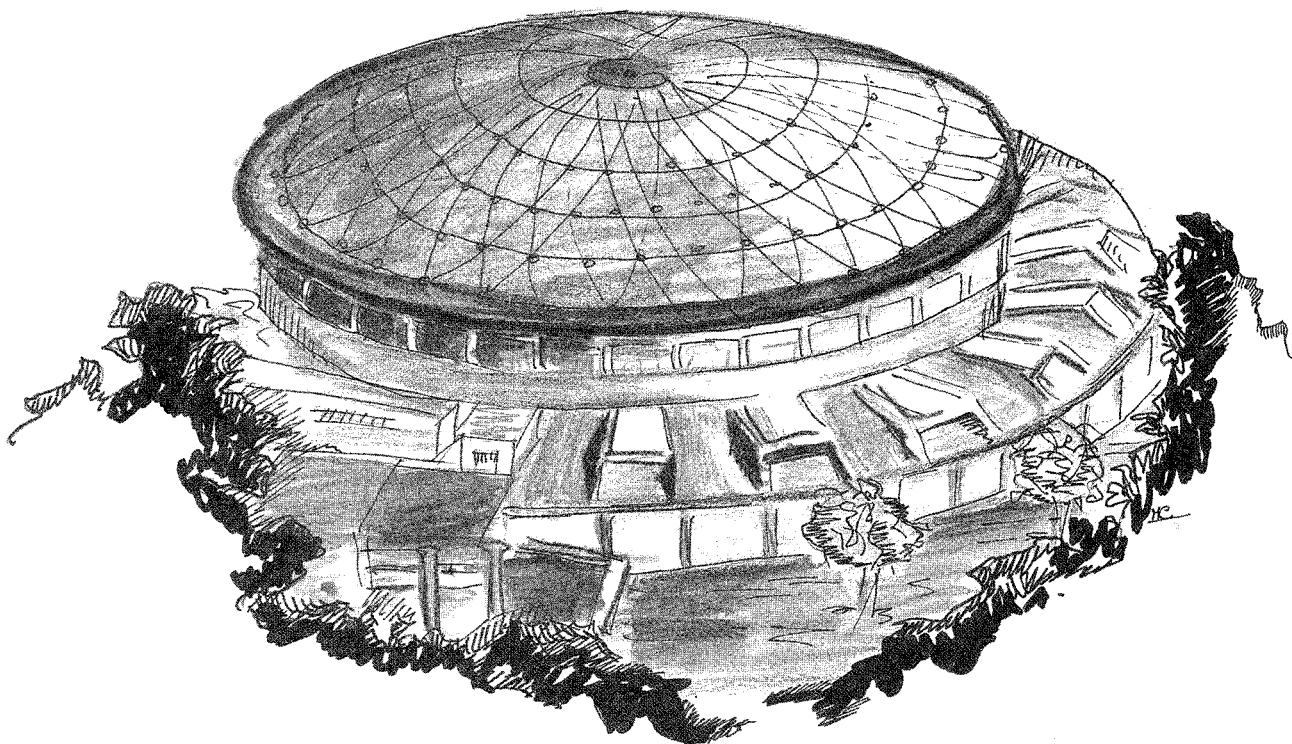
Laboratori Nazionali di Frascati

LNF-89/075(NT)

6 Novembre 1989

L. Moretto, F. Boscherini and S. Mobilio:

MONOCROMATORE PER RAGGI X MOLLI CON CRISTALLI DI InSb



Servizio Documentazione
dei Laboratori Nazionali di Frascati
P.O. Box, 13 - 00044 Frascati (Italy)

MONOCROMATORE PER RAGGI X MOLLI CON CRISTALLI DI InSb.

L. Moretto*, F. Boscherini and S. Mobilio

INFN - Laboratori Nazionali di Frascati, CP 13, 00044 Frascati (Italy).

RIASSUNTO

Nella presente nota descriviamo una modifica del monocromatore esistente sul canale raggi X del PULS realizzata allo scopo di estendere l'intervallo spettrale nei raggi X soffici (intervallo di funzionamento 1750 eV - 4500 eV). La modifica consiste essenzialmente in un porta cristalli che permette di allineare due cristalli di InSb entro la "rocking curve". Descriviamo inoltre alcuni dei primi risultati ottenuti con questo monocromatore.

ABSTRACT

In the present report we describe a modification of the existing monochromator on the x-ray beamline of the PULS laboratory which was implemented in order to extend the spectral range in the soft x-ray region (working interval 1750 - 4500 eV). The modification consists in a crystal holder which permits alignment of two InSb crystals within the rocking curve. Some of the first results obtained with this monochromator are also briefly outlined.

1. INTRODUZIONE

Lo studio dei fenomeni connessi con l'assorbimento nella materia di raggi X soffici richiede lo sviluppo di monocromatori per luce di sincrotrone particolari. Per raggi X soffici si intende l'intervallo energetico approssimativamente da 1000 a 3000 eV nel quale ci sono soglie di assorbimento di elementi molto interessanti quali Si, P, S e Al. I monocromatori

normalmente usati negli esperimenti di spettroscopia di assorbimento nei raggi X utilizzano cristalli di Si, non adatti per l'intervallo dei raggi X soffici a causa del parametro reticolare troppo piccolo del Si. Da qualche anno e' possibile acquistare dei cristalli singoli di InSb⁽¹⁾ con densita' di dislocazioni accettabilmente bassa ($<10^3/\text{cm}^2$); questi cristalli hanno delle proprieta' fisiche quali parametro reticolare ($2d=7.4805 \text{ \AA}$) e coefficiente di assorbimento che li rendono adatti per monocromatizzare la luce di sincrotrone nell'intervallo energetico richiesto.

L'emissione di luce di sincrotrone di ADONE ha delle caratteristiche ideali per eseguire esperimenti nei raggi X soffici. Infatti l'energia critica di 1500 eV (con una energia degli elettroni di 1.5 GeV) definisce una curva di emissione di fotoni che ha un massimo nei raggi X soffici.

Questo motivo, insieme alla grande richiesta degli utenti di eseguire misure nel citato intervallo spettrale presso il canale raggi X del laboratorio PULS dei Laboratori Nazionali di Frascati ci ha spinto a progettare e realizzare una modifica del monocromatore esistente sul canale che permettesse di utilizzare cristalli di InSb. Nella presente nota descriviamo la soluzione adottata ed i primi risultati ottenuti.

2. IL PORTA CRISTALLI

Nella configurazione standard del monocromatore viene utilizzato un cristallo di Si, taglio (111) oppure (220), nella configurazione "channel cut": in un monoblocco del cristallo viene tagliato un canale le cui due facce interne agiscono da piani di diffrazione; queste due facce

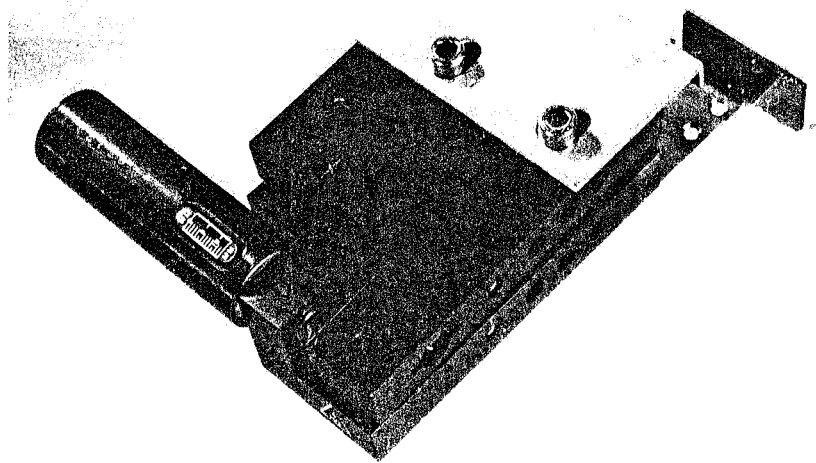


FIG. 1 Fotografia del portacristalli per InSb. Da notare le due piastre, il motore ed il primo cristallo.

sono naturalmente parrallele tra loro poiche' sono ottenute dal medesimo monocristallo. Cio' assicura che il fascio monocromatico diffratto dalla prima faccia sia trasmesso anche dalla seconda poiche' l'angolo di incidenza su questa faccia e' uguale all'angolo di incidenza sulla prima. In uscita al monocromatore si ottiene cosi' un fascio monocromatico parallelo al fascio di ingresso. Poiche' non e' possibile ottenere dei cristalli di InSb nella forma "channel - cut", per realizzare tale geometria si rende necessario utilizzare una geometria a due cristalli indipendenti. Questo fatto rende il montaggio molto piu' critico, poiche' l'allineamento meccanico dei due cristalli deve ora essere garantito entro la tolleranza molto stringente stabilita dalle regole di diffrazione.

E' quindi richiesto di montare i due cristalli di InSb in modo da poterli allineare entro la "rocking curve" cioe' la larghezza angolare della riga di diffrazione monocromatica. Per il InSb alle energie in gioco tale rocking curve vale circa 3 minuti di arco. Inoltre un movimento angolare con una risoluzione tale da garantire un'allineamento entro la rocking curve assicurerà la possibilita' di disallineare leggermente i cristalli in modo da eliminare le armoniche superiori dal fascio in uscita del monocromatore⁽²⁾. Cio' e' possibile in quanto, come e' noto, le armoniche hanno un larghezza della rocking curve minore rispetto a quella della fondamentale. La eliminazione delle armoniche e' importante in particolare per il caso di ADONE a 1.5 GeV, in quanto vi e' flusso apprezzabile in uscita dai magneti a queste energie.

Lo schema adottato e' illustrato nelle figure 1 e 2. Nella figura 2 i due cristalli sono indicati dalla lettera A; i cristalli sono solidali con due piastre di un montaggio ottico "tilt table" commerciale (modello Newport M 36). Le due piastre si possono ruotare una rispetto all'altra di 3° al massimo; la motorizzazione (indicata da C) permette una risoluzione angolare di circa 2 secondi, piu' che sufficiente secondo il criterio su descritto. Questo movimento viene controllato dall'esterno della camera da vuoto del monocromatore. Tutto l'insieme viene poi montato sulla piastra esistente del monocromatore

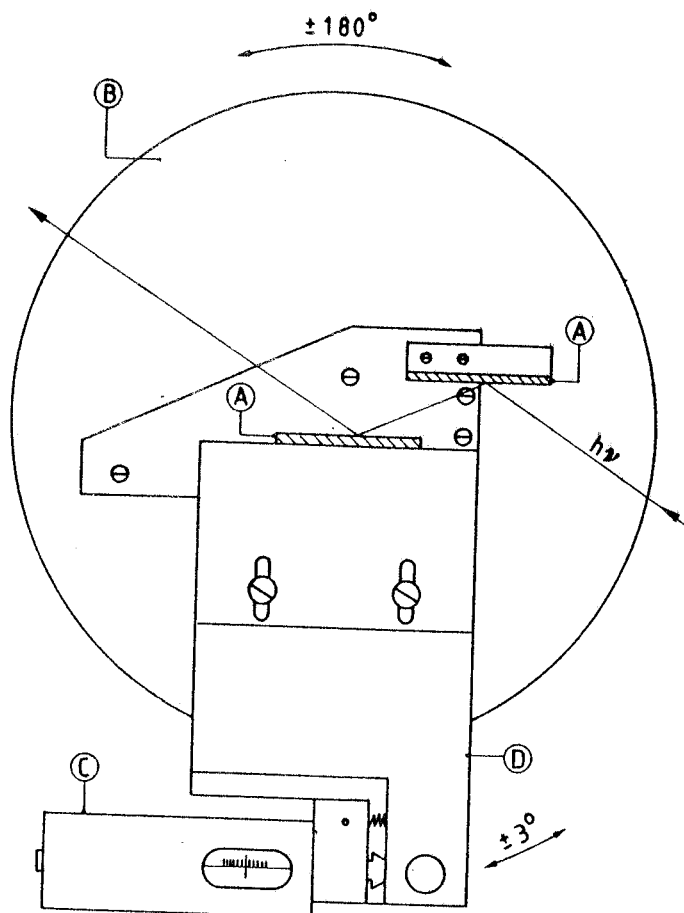


FIG. 2 Schema del portacrystalli.

(B), che ruota con una risoluzione di 0.001° . Tale rotazione, variando l'angolo di incidenza del fascio sul primo (e quindi anche sul secondo) cristallo determina l'energia trasmessa dal monocromatore. Il percorso della radiazione e' indicato da $h\nu$. Gli angoli di Bragg accessibili sono da 71° a 21° , equivalenti ad energie da 1750 eV a 4500 eV. Il cambiamento dalla configurazione con Si channel cut a quella con InSb(111) comporta solamente lo smontaggio e rimontaggio di tre viti e si puo' effettuare rapidamente, nel giro di 15 minuti circa. Oltre al cambiamento del porta cristalli non sono richiesti altri cambiamenti del canale per effettuare misure a basse energie

3. ALCUNI RISULTATI

Il nuovo monocromatore a InSb e' stato provato durante i turni di luce di sincrotrone della primavera - estate 1989. Mostriamo alcuni dei risultati sperimentali che dimostrano la possibilita' di eseguire misure di assorbimento con ottimo rapporto segnale rumore e buona risoluzione. In figura 3 mostriamo uno spettro completo di assorbimento alla soglia K del Si amorfo; sono evidenti le oscillazioni EXAFS sopra la soglia di assorbimento. In figura 4 mostriamo spettri EXAFS alla soglia K del P in tre campioni di Si amorfo drogato con P con concentrazioni del 4, 3 e 2 % (rispettivamente per i campioni 1, 2 e 3). L'analisi dei dati (3) ha

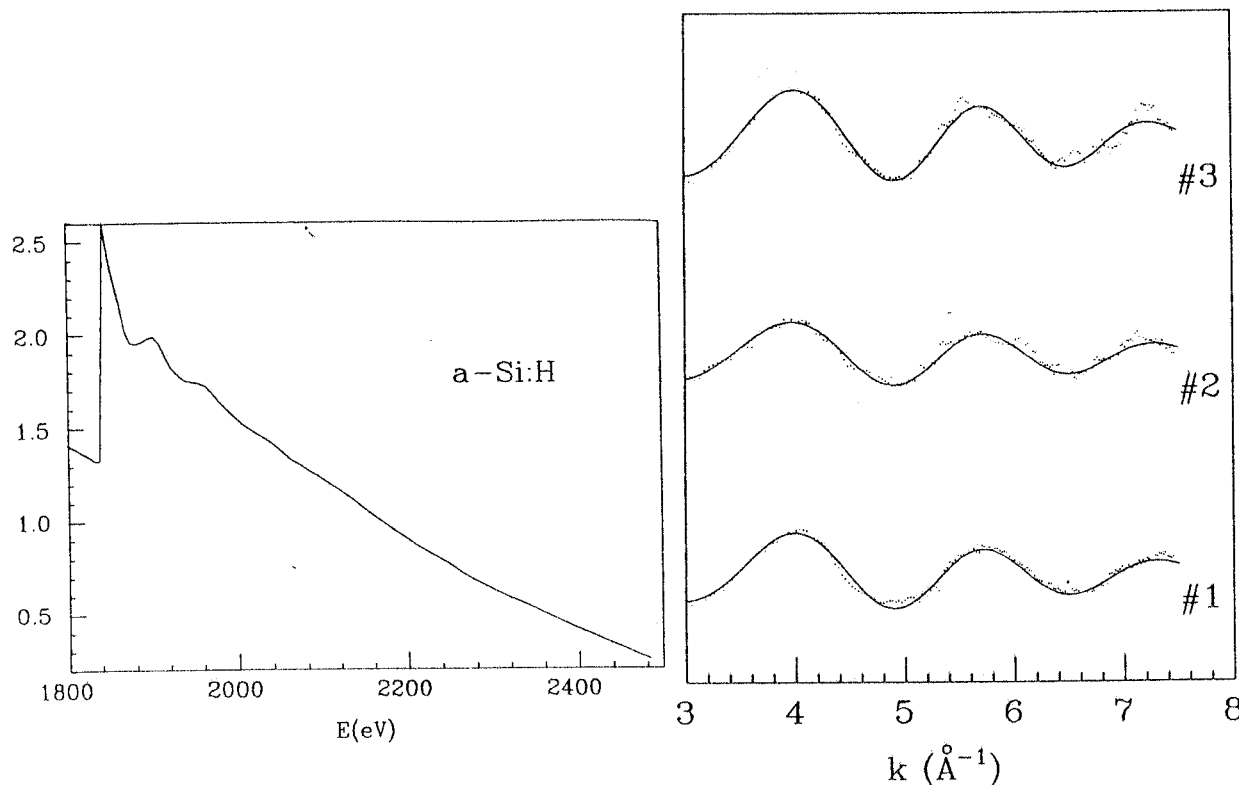


FIG. 3 Spettro di assorbimento EXAFS del Si amorfo.

FIG. 4 Spettri EXAFS del P in tre campioni di Si amorfo drogato con P.

permesso di ottenere degli importanti risultati su questi materiali. In particolare si e' stabilito che la coordinazione del P varia tra 3 e 5, che implica che nello stato non drogante il P puo' avere anche coordinazione 5; questo e' in contrasto con i modelli attuali dell'incorporazione del P in Si amorfo.

4. BIBLIOGRAFIA

- (*) CNR - Istituto di Struttura della Materia, via E. Fermi 38, 00044 Frascati.
- (1) Y.Gohshi, H. Hirao, M. Murata, T. Tanoue and M. Tsuruoka, *X-Ray Spectrometry*, **4**, 74 (1975).
- (2) T. Matsushida and H. Hashizume in *Handbook of Synchrotron Radiation*, vol. 1, edited by E.E. Koch, North Holland, Amsterdam, 1983.
- (3) F. Boscherini, S. Mobilio, F. Evangelisti and A.M. Flank, proceedings of the 13th International Conference on Amorphous and Liquid Semiconductors, to be published.