



Dipartimento di Fisica Sperimentale
Università di Torino



Sezione di Torino
Istituto Nazionale di Fisica Nucleare



Centro di Eccellenza "NIS"
Università di Torino

"Diamond & New Technologies" Workshop

*Applicazioni tecnologiche del diamante artificiale
Nuove tecniche di modificazione e caratterizzazione di materiali avanzati*

Lunedì 14 novembre 2011
Sala Wataghin, Istituto di Fisica
Via P. Giuria 1, Torino

Programma

9 ³⁰ - 10 ⁰⁵	Attività di ricerca sul diamante presso il Gruppo di Fisica dello Stato Solido dell'Università di Torino	P. Olivero, <i>Università di Torino</i>
10 ⁰⁵ - 10 ⁴⁰	Misura assoluta della carica di fasci ionici in atmosfera	S. Calusi, <i>INFN LABEC</i>
10 ⁴⁰ - 11 ¹⁵	Diffrazione a raggi X ad alta risoluzione da diamante soggetto ad impiantazione ionica	M. Bazzan, <i>Università di Padova</i>
11 ¹⁵ - 11 ⁴⁵	<i>Coffee break</i>	
11 ⁴⁵ - 12 ²⁰	Modificazioni strutturali e sforzi meccanici indotti nel diamante cristallino tramite impiantazioni ioniche	F. Bosia, <i>Università di Torino</i>
12 ²⁰ - 12 ⁵⁵	Metodi interferometrici per la caratterizzazione di impiantazioni ioniche su diamanti artificiali	M. Vannoni, <i>CNR - INO</i>
12 ⁵⁵ - 14 ⁰⁰	<i>Pranzo</i>	
14 ⁰⁰ - 14 ³⁵	Studio sui canali conduttivi e la loro applicazione nella biosensoristica	F. Picollo, <i>Università di Torino</i>
14 ³⁵ - 15 ¹⁰	Tecniche ottiche di microscopia e spettroscopia	F. Quercioli, <i>CNR - INO</i>
15 ¹⁰ - 15 ⁴⁵	Microscopia a luminescenza risolta temporalmente in diamante monocristallino soggetto ad impiantazione ionica	D. Gatto Monticone, <i>Università di Torino</i>
15 ⁴⁵ - 16 ¹⁵	<i>Coffee break</i>	
16 ¹⁵ - 16 ⁵⁰	Misure di spettroscopia ellissometrica su diamanti danneggiati da impiantazione ionica	A. Battiato, <i>Università di Torino</i>
16 ⁵⁰ - 17 ²⁵	Guide d'onda in diamante e materiali correlati mediante impiantazione ionica	N. Argiolas, <i>Università di Padova</i>
17 ²⁵ - 18 ⁰⁰	Fabbricazione ed analisi IBIC mediante microfasci ionici di detector in diamante con micro-elettrodi grafici sepolti	J. Forneris, <i>Università di Torino</i>
18 ⁰⁰ - 18 ¹⁰	<i>Considerazioni conclusive</i>	P. Olivero, <i>Università di Torino</i>

informazioni: olivero@to.infn.it



Dipartimento di Fisica Sperimentale
Università di Torino



Sezione di Torino
Istituto Nazionale di Fisica Nucleare



Centro di Eccellenza "NIS"
Università di Torino

“Diamond & New Technologies” Workshop

*Applicazioni tecnologiche del diamante artificiale
Nuove tecniche di modificazione e caratterizzazione di materiali avanzati*

Lunedì 14 novembre 2011
Sala Wataghin, Istituto di Fisica
Via P. Giuria 1, Torino

Book of Abstracts

Guide d'onda in diamante e materiali correlati mediante impiantazione ionica	N. Argiolas, <i>Università di Padova</i>	2
Misure di spettroscopia ellissometrica su diamanti danneggiati da impiantazione ionica	A. Battiato, <i>Università di Torino</i>	3
Diffrazione a raggi X ad alta risoluzione da diamante soggetto ad impiantazione ionica	M. Bazzan, <i>Università di Padova</i>	4
Modificazioni strutturali e sforzi meccanici indotti nel diamante cristallino tramite impiantazioni ioniche	F. Bosia, <i>Università di Torino</i>	5
Misura assoluta della carica di fasci ionici in atmosfera	S. Calusi, <i>INFN LABEC</i>	6
Fabbricazione ed analisi IBIC mediante microfasci ionici di detector in diamante con micro-elettrodi grafitici sepolti	J. Forneris, <i>Università di Torino</i>	7
Microscopia a luminescenza risolta temporalmente in diamante monocristallino soggetto ad impiantazione ionica	D. Gatto Monticone, <i>Università di Torino</i>	8
Attività di ricerca sul diamante presso il Gruppo di Fisica dello Stato Solido dell'Università di Torino	P. Olivero, <i>Università di Torino</i>	9
Studio sui canali conduttivi e la loro applicazione nella biosensoristica	F. Picollo, <i>Università di Torino</i>	10
Tecniche ottiche di microscopia e microspettroscopia	F. Quercioli, <i>CNR - INO</i>	11
Metodi interferometrici per la caratterizzazione di impiantazioni ioniche su diamanti artificiali	M. Vannoni, <i>CNR - INO</i>	12

Guide d'onda in diamante e materiali correlati mediante impiantazione ionica

Nicola Argiolas

Dipartimento di Fisica "G. Galilei", Università degli Studi di Padova

La realizzazione di guide d'onda per mezzo di impiantazione ionica è una tecnica matura in diversi materiali ottici [1, 2]; la combinazione di questa tecnica con la litografia ottica consente di ottenere una produzione accurata e ripetibile di guide d'onda e lo sviluppo di geometrie non accessibili con altre tecniche, come la diffusione termica di sottili film droganti. Tipicamente ci sono due tecniche mutualmente esclusive per utilizzare l'impiantazione ionica: il drogaggio ed il danneggiamento locale; in particolare la seconda tecnica è basata sulla modificazione dell'indice di rifrazione indotta negli strati danneggiati dalla variazione di densità del materiale. Le guide ottenute possono essere caratterizzate otticamente con la tecnica "prism coupling", nella quale un fascio laser di sonda è accoppiato nella guida d'onda attraverso un prisma ad alto indice di rifrazione. Questo metodo consente di eccitare soltanto un modo di propagazione per volta e, quando diversi modi di propagazione sono disponibili, per stimare accuratamente il profilo di indice di rifrazione della guida d'onda [3]. I risultati ottenuti su campioni di diamante soggetto ad impiantazione ionica saranno presentati e confrontati con altri materiali tipici.

Bibliografia

- [1] "An overview of ion-implanted optical waveguides profiles", P. D. Townsend, Nucl. Instr. Meth. B 46, 18-25 (1990)
- [2] "Development of ion implantation for optical applications", P. D. Townsend, Vacuum 51, 301-304 (1998)
- [3] "Optical waveguide refractive index profiles determined from measurements of mode indices: a simple analysis", J. M. White, P. F. Heidrich, Appl. Opt. 15, 151-155 (1976)

Misure di spettroscopia ellissometrica su diamanti danneggiati da impiantazione ionica

Alfio Battiato

Dipartimento di Fisica Sperimentale e centro di Eccellenza NIS - Università di Torino, INFN Sezione di Torino

L'ellissometria è una tecnica spettroscopica che misura la variazione dello stato di polarizzazione nella riflessione di un fascio di luce su di un campione; è così possibile ricavare spessore e indice di rifrazione di film sottili di diversa natura eventualmente presenti e sovrapposti sul materiale di interesse. Nel caso proposto tale tecnica viene utilizzata per studiare la variazione di indice di rifrazione del diamante sottoposto a danneggiamento da impiantazione ionica: attraverso confronti con studi OPD e simulazioni SRIM (Crystal TRIM) viene valutata la dipendenza tra tale incremento e la densità di vacanze prodotte.

Diffrazione a raggi X ad alta risoluzione da diamante soggetto ad impiantazione ionica

Marco Bazzan

Dipartimento di Fisica “G. Galilei”, Università degli Studi di Padova

La diffrazione di raggi X ad alta risoluzione (HR-XRD) è una potente tecnica analitica, in grado di sondare con alta sensibilità le deformazioni strutturali che si manifestano presso la superficie di campioni cristallini [1]. Lo sviluppo di questa tecnica fu inizialmente stimolato dall'avvento della ricerca nei semiconduttori per applicazioni nella micro- e opto-elettronica. In questa attività di ricerca, semiconduttori di alta qualità cristallografica erano prodotti e modificati superficialmente per mezzo di diversi processi fisico-chimici (ad esempio *etching*, drogaggio per diffusione termica, impiantazione ionica, epitassia, etc) e la tecnica HR-XRD ha ricoperto un ruolo importante nello sviluppo di queste tecnologie. Nonostante questo, il potenziale della tecnica HR-XRD non è ancora pienamente sfruttato in altri materiali cristallini, come il diamante. In questo seminario riassumerò i principi di base della tecnica HR-XRD con un'enfasi sull'informazione che può essere estratta da questa metodologia. In seguito presenterò i nostri recenti risultati sull'applicazione di questa tecnica di analisi al caso del diamante impiantato con ioni boro.

Bibliografia

[1] P. F. Fewster, “X-Ray Scattering from Semiconductors”, 2nd Ed., 2004, p. 194

Modificazioni strutturali e sforzi meccanici indotti nel diamante cristallino tramite impiantazioni ioniche

Federico Bosia

Dipartimento di Fisica Teorica - Università di Torino, INFN Sezione di Torino

Presentiamo un modello fenomenologico per descrivere risultati sperimentali relativi alla variazione in profondità di densità e deformazione di diamante cristallino sottoposto a impiantazioni ioniche. Sono stati considerati campioni impiantati con He a 500 keV e 1.8 MeV, caratterizzati tramite spettroscopia di perdita di energia elettronica (EELS), confrontando i risultati con simulazioni SRIM sulla distribuzione in profondità delle vacanze. I risultati sperimentali mostrano un effetto di soglia nella variazione di densità di massa in funzione della densità di vacanze e una saturazione all'aumentare del danneggiamento. Sulla base di queste osservazioni, è stato formulato un modello fenomenologico che include questi effetti, oltre ad uno "spostamento" del picco di danneggiamento verso profondità maggiori rispetto a quelle simulate, a causa della diminuzione della densità lungo il tragitto degli ioni impiantati. Il modello è stato validato confrontando i valori previsti dal modello con quelli misurati per la profondità e lo spessore di un canale grafítico sepolto realizzato con una maschera di spessore variabile. Sulla base del modello sono stati discussi i concetti di "soglia di amorfizzazione" e "soglia di grafitizzazione". Inoltre, sono stati acquisiti dati sperimentali di rigonfiamento superficiale delle aree impiantate, misurato tramite interferometria ottica, in seguito a trattamenti termici di annealing dei campioni. Sulla base di questi dati è stata discussa la dipendenza delle modifiche strutturali dalla temperatura.

Misura assoluta della carica di fasci ionici in atmosfera

Silvia Calusi

INFN Sezione di Firenze, Dipartimento di Fisica e Astronomia - Università degli Studi di Firenze

La misura della carica che ha inciso su un campione durante un irraggiamento con un fascio di ioni è un parametro cruciale quando si vogliono fare analisi quantitative di composizione del campione e soprattutto quando si fanno impiantazioni allo scopo di studiare il comportamento di un materiale proprio in funzione della fluenza impiantata. I metodi che si usano tipicamente in set-up di rivelazioni in atmosfera sono tutti indiretti, in questa presentazione verrà fatta una panoramica di diversi sistemi che vengono o sono stati usati per misurare la carica di fasci ionici in esterno e verranno analizzati i problemi legati a questo tipo di misure. Il set-up di misura della carica del microfascio esterno a scansione del laboratorio LABEC è stato progettato in maniera da venire incontro ad esigenze pratiche di spazio e maneggevolezza e alla luce dei risultati di alcuni test di affidabilità del sistema, è stata messa a punto una procedura di misura della carica impiantata in un campione che cerchi di superare i problemi legati a questo tipo di misura.

Fabbricazione ed analisi IBIC mediante microfasci ionici di detector in diamante con micro-elettrodi grafitici sepolti

Jacopo Forneris

Dipartimento di Fisica Sperimentale e centro di Eccellenza NIS - Università di Torino, INFN Sezione di Torino

Il seminario consisterà in un sintetico report sui recent risultati ottenuti sfruttando la tecnica di *Deep Ion Beam Lithography* (DIBL) per la fabbricazione di rivelatori di radiazione ionizzante in diamante. La tecnica DIBL è uno strumento unico per la scrittura diretta di canali grafitici sotto-superficiali per mezzo di danneggiamento indotto da fascio ionico, consentendo la realizzazione di strutture conduttive sepolte ed emergenti presso la superficie per mezzo dell'adozione di maschere a spessore variabile durante il processo di impiantazione. La tecnica è stata utilizzata con successo per la micro-fabbricazione di elettrodi grafitici inter-digitati altamente conduttivi in diamanti CVD *detector-grade*. Per valutare le funzionalità di questi dispositivi innovativi come rivelatori di particelle, sono state effettuate misure IBIC (Ion Beam Induced Charge) in geometria frontale, utilizzando fasci di focalizzati ioni MeV a scansione sulla superficie del diamante. Si sono raccolte mappe di efficienza di raccolta di carica con risoluzione micrometrica a diverse tensioni di polarizzazione e diverse configurazioni degli elettrodi sensibili. I risultati ottenuti dalla microscopia IBIC sono stati confrontati con le simulazioni numeriche basate sul formalismo di Shockley-Ramo-Gunn, con lo scopo di valutare le proprietà di trasporto del dispositivo e l'utilità della tecnica litografica per la realizzazione di rivelatori di particelle *position-sensitive* tridimensionali in diamante.

Microscopia a luminescenza risolta temporalmente in diamante monocristallino soggetto ad impiantazione ionica

Daniele Gatto Monticone

Dipartimento di Fisica Sperimentale e centro di Eccellenza NIS - Università di Torino, INFN Sezione di Torino

L'impiego dell'impiantazione ionica per la formazione controllata di specifici centri di colore nel diamante è nota per essere uno strumento importante per la realizzazione di sorgenti a singolo fotone, magnetometri e dispositivi che possono in principio essere prodotti con tecnologia scalabile. La misura del tempo di vita realizzata sui centri di colore è di fondamentale importanza sia nella crittografia quantistica, dove il rate di emissione è uno dei fattori principali a determinare le prestazioni dei dispositivi, così come in applicazioni di computazione quantistica e magnetometria. Inoltre la misura del tempo di vita è un'utile strumento per investigare le interazioni tra i centri di colore e altri difetti non necessariamente attivi otticamente. La tecnica di *luminescence lifetime mapping* è stata raramente impiegata in lavori di caratterizzazione ottica sul diamante, in particolar modo la tecnica associata ad un microscopio, che permette di osservare diverse regioni del campione con risoluzione micrometrica. In questo lavoro sono state condotte misure sui centri di luminescenza NV in diamanti Ib irraggiati con ioni leggeri, mostrando come la concentrazione d'azoto in forma singola sostituzionale e il danneggiamento del cristallo influenzino l'efficienza quantica dei centri NV.

Attività di ricerca sul diamante presso il Gruppo di Fisica dello Stato Solido dell'Università di Torino

Paolo Olivero

Dipartimento di Fisica Sperimentale e centro di Eccellenza NIS - Università di Torino, INFN Sezione di Torino

In questo contributo introduttivo verranno rapidamente le svariate attività di ricerca incentrate sulla fisica del diamante artificiale attualmente in corso presso il Laboratorio di Fisica dello Stato Solido dell'Università di Torino, nell'ambito di diversi progetti in corso a livello regionale, nazionale ed europeo. Dopo una presentazione degli aspetti scientifici e tecnologici di interesse verso un materiale "estremo" come il diamante artificiale, verrà in particolar modo presentata l'attività di micro-fabbricazione e funzionalizzazione del materiale con microfasci ionici per applicazioni nella rivelazione di radiazione ionizzante, nella sensoristica e nella fotonica. I diversi aspetti delle suddette attività verranno semplicemente introdotti in questo contributo, per essere poi presentati in maggior dettaglio dai membri del gruppo di ricerca di Torino nell'ambito del Workshop.

Studio sui canali conduttivi e la loro applicazione nella biosensoristica

Federico Picollo

Dipartimento di Fisica Sperimentale e centro di Eccellenza NIS - Università di Torino, INFN Sezione di Torino

Nel presente lavoro verranno descritti i nostri studi sulla micro-fabbricazione diamante monocristallo al fine di realizzare al suo interno strutture conduttive tridimensionali. Il processo di litografia impiegato sfrutta fasci di ioni focalizzati con energia del MeV, questi provocano il danneggiamento del reticolo del diamante così da indurre la transizione in grafite (dopo trattamenti termici) delle sole aree impiantate. Il controllo della profondità di penetrazione degli ioni si ottiene utilizzando una maschera a spessore variabile; questa tecnica garantisce una completa emersione dei canali sepolti in punti specifici sulla superficie del campione. Le strutture così realizzate sono state caratterizzate elettricamente mediante misure corrente-tensione a diverse temperature. Questo approccio ha consentito un esame dettagliato della natura dei meccanismi di conduzione nei canali, sia nelle strutture appena impiantate sia dopo trattamenti termici di ricottura (200-1300 °C), riuscendo a descrivere la progressiva grafitizzazione. Infine, verrà mostrato un prototipo di biosensore cellulare dedicato alla rilevazioni dell'exocitosi cellulare in cui i canali grafitici sepolti nel diamante svolgono il ruolo di elettrodi attivi per la raccolta dei segnali.

Tecniche ottiche di microscopia e microspettroscopia

Franco Quercioli

Istituto Nazionale di Ottica - CNR

In questo contributo verranno descritti i principi di funzionamento e le tecniche di misura della moderna microscopia ottica con particolare riguardo alla microscopia confocale, non-lineare e FLIM (Fluorescence Lifetime Imaging Microscopy) applicate alla caratterizzazione di materiali.

franco.quercioli@ino.it

Metodi interferometrici per la caratterizzazione di impiantazioni ioniche su diamanti artificiali

Maurizio Vannoni

Istituto Nazionale di Ottica - CNR

Le tecniche interferometriche sono utilizzate comunemente per caratterizzare la qualità e in generale le caratteristiche di componenti ottici come prismi, specchi, lenti e sistemi ottici completi. Sono tecniche molto sensibili ed accurate, che danno la possibilità di misurare profili di fronti d'onda con precisioni sub-nanometriche. Recentemente, nell'ambito di una collaborazione che comprende l'Istituto Nazionale di Ottica di Firenze, il Dipartimento di Fisica Sperimentale di Torino e il laboratorio LABEC dell'INFN di Firenze, si sono utilizzati questi metodi fisici per investigare le proprietà ottiche e di superficie di diamanti artificiali cvd, impiantati con fascio ionico. Si presentano i fondamenti delle tecniche utilizzate ed i risultati più recenti, in particolare sulle modifiche superficiali e sulle variazioni di indice di rifrazione che si realizzano in corrispondenza delle impiantazioni ioniche.