

TESINA PER L'ESAME DI STATO  
A.S. 2013/2014

ICT  
(Information and Communication Technology)

di Gianluca Simeone

MODULO PER L'ICT

Il presente contributo, elaborato dallo studente **Gianluca SIMEONE** dell'I.T.I.S. "Giovanni XXIII" di Roma, è connesso alle attività scientifiche e laboratoriali svolte durante lo "**Stage a Tor Vergata**" - promosso dal MIUR (Direzione Generale per gli ordinamenti scolastici e per l'autonomia scolastica) e tenuto presso il Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Roma Tor Vergata in due fasi:

Stage Estivo dal 24 al 28 Giugno 2013;

Stage Invernale dal 4 al 7 febbraio 2014

Le attività didattiche previste nel Programma dello Stage sono state realizzate in tre gruppi di ricerca, guidati da docenti dell'Università di Roma Tor Vergata

*I responsabili delle attività laboratoriali del Modulo "Materiali per l'ICT (Information and Communication Technology)"*

Dott. Paolo Proposito

Dott. Fabio De Matteis



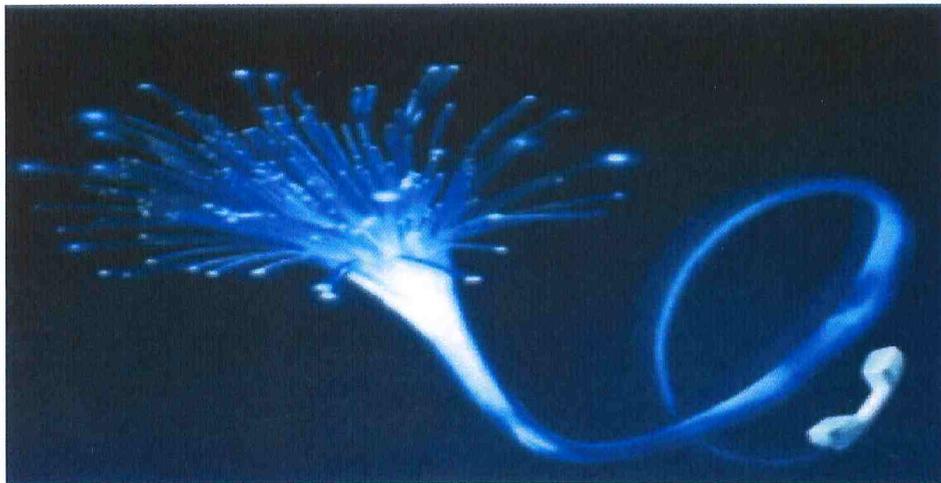
*Il Direttore degli "Stage a Tor Vergata"*

Prof. Nicola Vittorio



## MODULO PER L' ICT

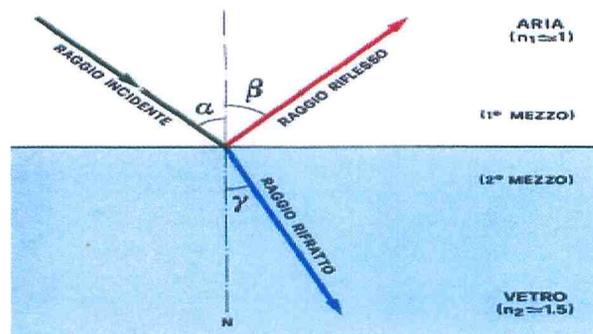
Nello stage effettuato all'Università degli studi di "Roma Tor Vergata" ho studiato e realizzato delle guide d'onda seguendo il corso per l'ICT. L'ICT (acronimo che sta per "information & communication technology") è l'insieme dei metodi e delle tecnologie che studiano e realizzano sistemi di trasmissione, elaborazione e ricezione dati con lo scopo di migliorare sempre più la capacità di trasmettere informazioni. Studia prevalentemente i fenomeni ottici al fine di realizzare ed utilizzare guide di luce trovando così un ampio impiego nel mondo delle telecomunicazioni e dell'informatica. L'esempio lampante dell'utilizzo pratico di una guida di luce sono le fibre ottiche, cavi che trasmettono le informazioni sotto forma di impulso luminoso.



*FR*  
*Solito*

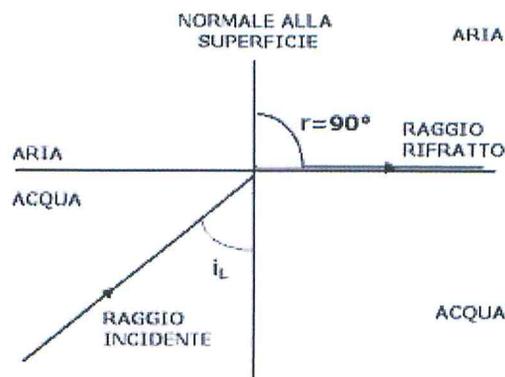
# RIFLESSIONE E RIFRAZIONE

Alla base della trasmissione ottica ci sono due importanti fenomeni fisici: la rifrazione e la riflessione. Quando un raggio incide su una superficie che separa due mezzi trasparenti con indice di rifrazione diversi, parte di esso viene riflesso e resta nel mezzo di provenienza mentre parte di esso entra nel secondo mezzo subendo una deviazione e si dice che viene rifratto.



Il raggio rifratto viene perso e quindi rappresenta un'attenuazione per l'informazione che stiamo trasmettendo con la conseguenza della perdita di dati. Per questo si cerca di eliminarlo sfruttando il fenomeno della riflessione totale interna.

Se infatti si passa da un mezzo con indice di rifrazione maggiore a uno con indice di rifrazione minore allora il raggio rifratto si allontana dalla cosiddetta "normale" fino a che variando il valore dell'angolo di incidenza e portandolo ad un determinato angolo limite il raggio rifratto risulta parallelo alla superficie di separazione quindi nullo. Questo fenomeno permette quindi al segnale luminoso di viaggiare attraverso un determinato mezzo ad alto indice di rifrazione, senza subire attenuazioni.



## **FASI DI LABORATORIO**

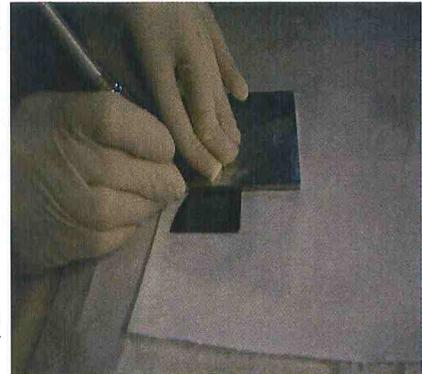
*Una volta studiate la teoria alla base delle nostre guide si è passati alla realizzazione vera e propria.*

### **PROCESSO SOL-GEL:**

*Innanzitutto, è importante dire che abbiamo costruito le guide d'onda mediante il processo SOL-GEL un processo diviso in tre fasi (idrolisi, condensazione e policondensazione) tramite il quale è possibile produrre materiale vetroso anche con semplici reazioni a temperatura ambiente partendo da composizioni controllate e ottenendo così vetri più omogenei composti da una parte inorganica e una parte organica, che ne migliora le proprietà meccaniche. Questi materiali sono detti ibridi.*

### **FASE 1: TAGLIO DEI SUBSTRATI**

*Abbiamo iniziato la costruzione delle guide d'onda tagliando dei Wafer di silicio con una punta di diamante per preparare i substrati delle future guide. Il silicio è un materiale con struttura cristallina, così bastava rompere un piccolo pezzetto alla base del disco di partenza per avere delle spaccature lineari e Wafer più o meno omogenei. Sulla superficie di ogni wafer è presente uno strato di ossido di silicio che ha indice di rifrazione pari a 1,46 quindi minore del silicio (3,3). Questo è importante perché per avere la riflessione totale interna è necessario che l'indice di rifrazione della guida sia maggiore dell'indice di rifrazione degli strati confinanti.*



### **FASE 2: PREPARAZIONE DEI COMPOSTI**

*Parallelamente al taglio dei substrati abbiamo fatto delle soluzioni di Titanio/TMSPM e Zirconio/Glymo. Il Ti/TMSPM è un materiale fotopolimerizzabile nonché un resist negativo ovvero se esposto a raggi ultravioletti polimerizza e diventa quindi insolubile*

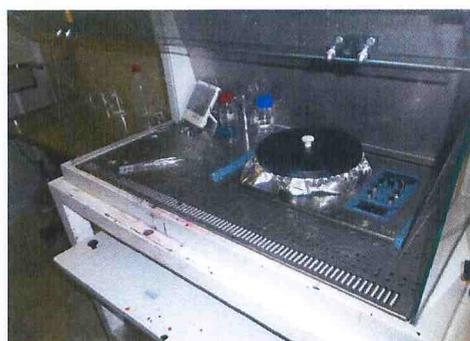
mentre altrimenti potrebbe essere lavato via tranquillamente tramite un bagno in alcool isopropilico o isopropanolo. Nella soluzione di Ti/TMSPM il titanio è la parte inorganica e quindi il TMSPM è la parte organica. Stesso discorso per l'altra soluzione dove lo zirconio è la parte inorganica e il glymo quella organica. Entrambe le soluzioni sono state prodotte a temperatura ambiente e lasciate a mescolare per diverse ore prima di poter essere utilizzate.



### **FASE 3: REALIZZAZIONE DELLA GUIDA CANALE**

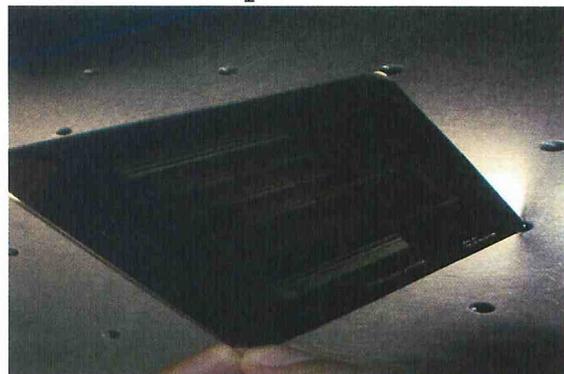
Possiamo distinguere le guide da noi realizzate in due tipi: canali e planari entrambe costruite sul substrato di silicio e ossido di silicio.

Per le guide canali abbiamo depositato sul substrato, in camera pulita, uno strato di Ti/TMSPM, che



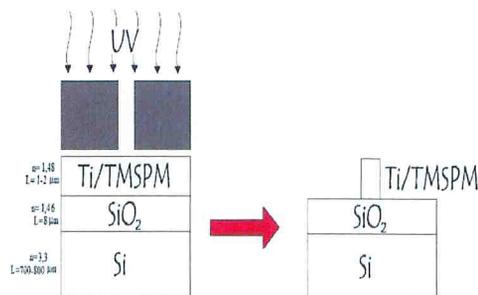
fungerà da guida per la luce, attraverso il processo di spinning che consiste nel mettere poche gocce della soluzione al centro del campione e poi farlo girare ad altissime velocità in modo che la forza centrifuga disponga la soluzione

omogeneamente su tutto il campione. Abbiamo poi sfruttato la sua fotopolimerizzazione per creare la guida. Abbiamo infatti appoggiato sul campione una maschera, ovvero un quadrato di quarzo parzialmente coperto da materiale metallico. Sono presenti parti scure e parti trasparenti che



nell'insieme formano disegni prestabiliti. Abbiamo posto il tutto sotto la lampada a raggi UV. Le parti trasparenti della maschera lasciano passare la luce ultravioletta polimerizzando il Ti/TMSPM mentre viceversa le parti scure non lasciano passare la luce UV lasciando solubili le parti non irraggiate. Sul campione si viene quindi a formare il disegno della maschera. Dopo un bagno in alcool isopropilico le parti solubili vengono lavate via e sul campione rimane soltanto la guida formatasi tramite la maschera. Questo procedimento prende il nome di litografia.

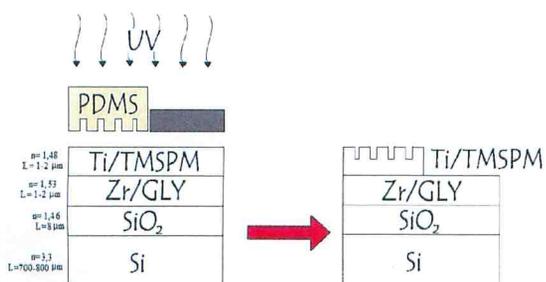
#### GUIDA CANALE



#### FASE 4: REALIZZAZIONE DELLA GUIDA PLANARE

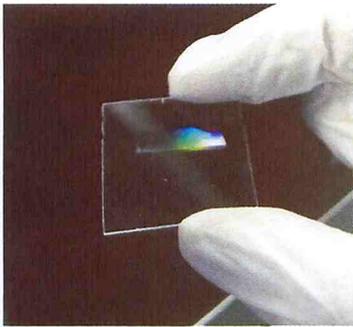
Per quanto riguarda le guide planari, invece, abbiamo posto sul substrato di Silicio ed ossido di silicio, uno strato di Zirconio/Glymo, che farà da guida, sempre tramite il processo di spinning avvenuto nella camera sterile. Questa volta invece di creare un canale per far entrare la luce nella guida abbiamo realizzato un reticolo di diffrazione tramite la

#### GUIDA PLANARE



precedente soluzione di titanio/TMSPM. Per realizzare tale reticolo abbiamo depositato lo strato di Ti/TMSPM sopra lo Zr/GLY e poi vi abbiamo messo sopra uno stampo di PDMS (un materiale trasparente simile al silicone) sul quale era

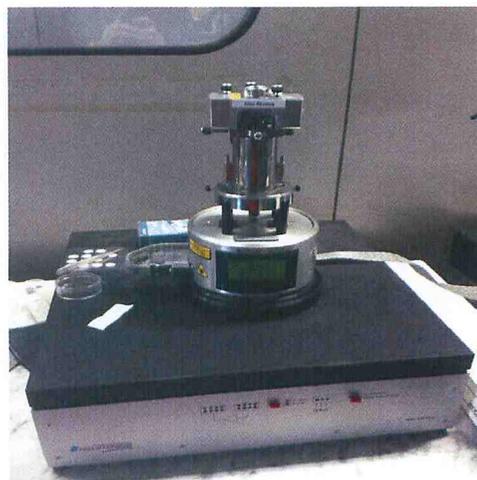
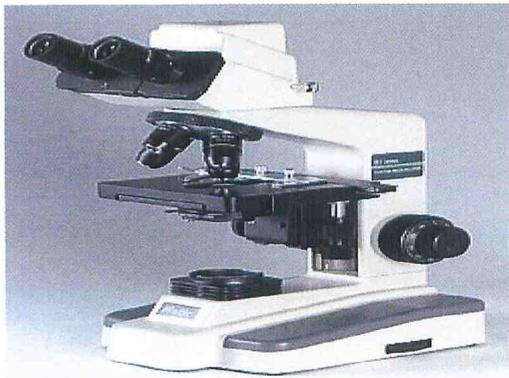
già presente la forma del reticolo. Il PDMS ha quindi imposto lo stampo sul Ti/TMSPM. Poi abbiamo "giocato" di nuovo con la fotopolimerizzazione coprendo il resto del campione con una maschera scura e mettendo il tutto sotto una lampada a raggi UV. La parte del Ti/TMSPM non esposta è stata lavata via mentre la parte esposta alla luce UV, passata attraverso il PDMS, si è solidificata e ha preso la forma dello stampo formando così un reticolo di diffrazione. In questo modo riusciremo a far entrare la luce all'interno della guida poiché il raggio da far entrare viene diffratto in numerosissimi altri raggi uno dei quali avrà sicuramente angolo d'entrata tale da rimanere confinato all'interno per il fenomeno della riflessione totale.



Reticolo di diffrazione

## **CARATTERIZZAZIONE DELLE GUIDE**

*Dopo aver realizzato le guide le abbiamo caratterizzate in due modi differenti: tramite microscopio ottico e tramite il microscopio AFM (microscopio a forza atomica).*



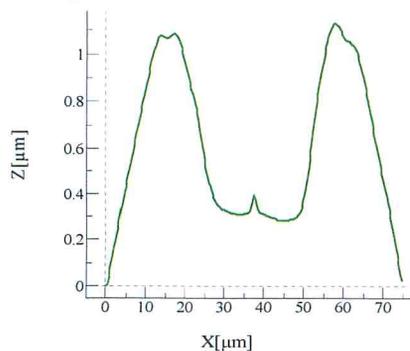
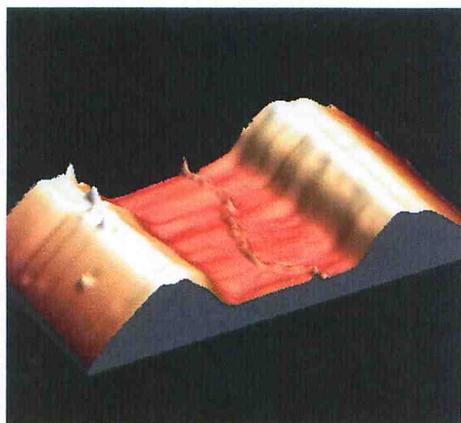
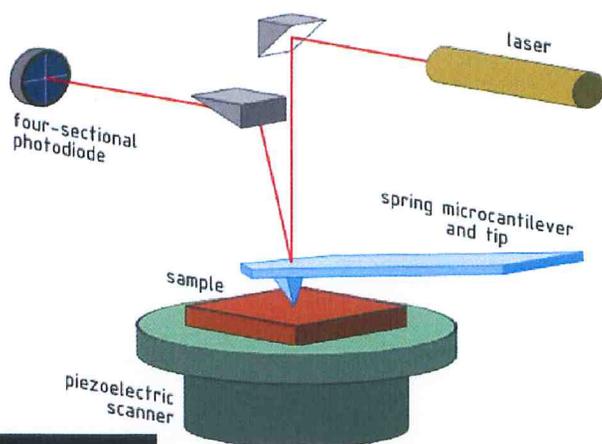
### **CARATTERIZZAZIONE CON MICROSCOPIO OTTICO**

*Per prima cosa abbiamo osservato le guide con un microscopio ottico che forniva le immagini ad un computer. Attraverso una barra tarata, messa a confronto sopra l'immagine ricevuta dal microscopio, abbiamo potuto misurare la larghezza delle guide canali, nonché la distanza tra una guida e l'altra sullo steso campione, e il passo reticolare del reticolo di diffrazione fatto sopra la guida planare. Attraverso il microscopio ottico si commettono però errori anche piuttosto grossolani poiché la misure sono, si confrontate con un valore prestabilito, ma comunque rilevate a mano. Così abbiamo analizzato le nostre guide anche con il microscopio AFM.*

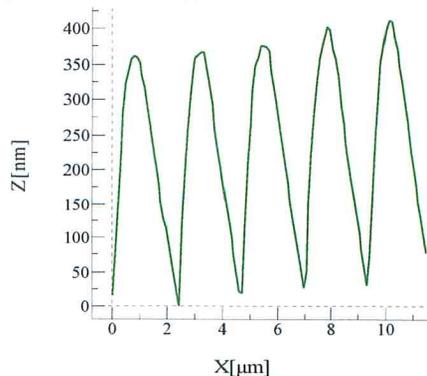
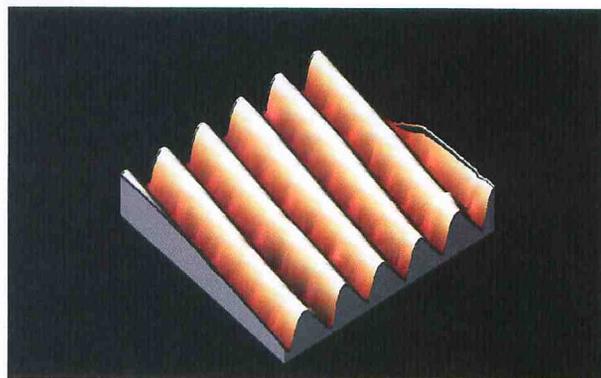
### **CARATTERIZZAZIONE CON IL MICROSCOPIO AFM**

*Il microscopio AFM è un microscopio molto preciso tanto è vero che è posizionato su di una superficie esente da vibrazioni esterne che, anche se noi non ce ne accorgiamo, sono sempre presenti e disturbano la misurazione. L'AFM è composto essenzialmente da un cantilever con una punta di diamante e una serie di specchi sul quale è puntato un fascio laser. Il cantilever si muove in altezza e lunghezza seguendo gli alti e bassi del campione che sta analizzando. Il fascio laser, attraverso questa serie di specchi*

colpisce proprio il cantilever, seguendo i suoi spostamenti ed inviandoli ad un foto-rilevatore posto alla fine di tutto il sistema. Il foto-rilevatore acquisisce quindi gli spostamenti che il cantilever effettua seguendo il profilo della guida e li invia ad un computer. Tali misure le abbiamo analizzate con un programma chiamato WSXM che oltre a darci delle immagini in 3D delle guide realizzate ci ha anche permesso di poter attuare dei filtri per rendere migliori le immagini togliendo così eventuali disturbi causati dalle impurità presenti sulla guida o da vibrazioni esterne.



**GUIDA CANALE**



**GUIDA PLANARE**

## INSERZIONE DELLA LUCE

Come atto finale della nostra esperienza abbiamo verificato l'effettiva funzionalità delle guide realizzate inserendovi la luce all'interno. Per farlo abbiamo usato una fibra ottica collegata ad un obiettivo da microscopio e un sistema di lenti che potevamo far variare in altezza, larghezza e profondità per inserire meglio la luce nella guida. Il risultato è stato ottimo. Infatti grazie al microscopio ottico abbiamo visualizzato come la luce fosse entrata nella guida. Ad onor del vero bisogna dire che anche ad occhio nudo si poteva vedere il fascio di luce all'interno della guida a causa delle perdite verso l'esterno del campione. Ciò avrebbe potuto essere però un'illusione ottica dovuta al fatto che la luce fosse sopra la guida e non dentro di essa, ma ponendo sulla guida un pezzettino di materiale scuro abbiamo constatato come la luce fosse effettivamente dentro la guida e non riflessa sopra la guida.

