

# TESINA PER L'ESAME DI STATO A.S. 2011/12

## ICT: INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGY

### DISPOSITIVI OTTICI REALIZZATI CON GUIDE DI LUCE CANALE

Di: *Alessandro Sorrentino*

Il presente contributo, elaborato dallo studente **Alessandro SORRENTINO** del Liceo Scientifico e Linguistico di Ceccano (FR), è connesso alle attività scientifiche e laboratoriali svolte durante lo "Stage a Tor Vergata", promosso da 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:

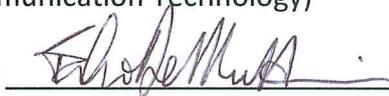
Stage Estivo dal 20 al 24 giugno 2011

Stage Invernale dal 7 al 9 febbraio 2012 (giornata conclusiva 19 marzo 2012).

Le attività didattiche previste dal Programma dello Stage sono state realizzate all'interno di tre gruppi di ricerca, guidati da docenti del Dipartimento di Fisica.

**I responsabili delle attività laboratoriali del Modulo di scienza dei materiali per ICT**  
(Information and Communication Technology)

Prof. Fabio De Matteis



Prof. Paolo Proposito



**Il Direttore degli Stage a Tor Vergata**

Prof. Nicola Vittorio



**ICT**

**INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGY**

**Dispositivi ottici realizzati con guide di luce canale**

**STAGE ESTIVO ED INVERNALE ALL'UNIVERSITA' DI  
ROMA "TOR VERGATA"**

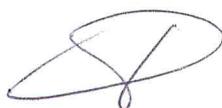
**Facoltà di scienze MMFFNN.**

**Ho visto più lontano degli altri, perché stavo sulle spalle  
di giganti.**

**Isaac Newton**

*Solo grazie all'aiuto dei giganti (i miei professori) sono riuscito a indagare  
ciò che pochi considerano o reputano importante. Solo grazie a loro sono  
arrivato a dare importanza ad un granello di polvere o a un cucchiaino di  
zucchero. E ora che sto crescendo anche io non vedo l'ora di poter  
mostrare a chiunque lo voglia ciò che ho imparato e forse arrivare a  
sentirmi anch'io importante. Sentirmi anch'io un pò gigante.*

**ALESSANDRO SORRENTINO.**



# ICT

## Information and communication technology

Studio per lo sviluppo di guide di luce canale.

L'ottica integrata è lo studio e lo sviluppo di componenti miniaturizzati su uno stesso substrato di vari elementi ottici (modulatori, rivelatori, sorgenti, filtri, ecc.) per la realizzazione dei circuiti ottici integrati.

Lo sviluppo dell'ottica integrata garantisce dei vantaggi basati su miglioramenti in termini di :

- Velocità
- Costi limitati
- Basso consumo di energia
- Assenza di cross-talk (rumore o interferenza elettromagnetica tra canali contigui)
- Sostituzione degli apparecchi elettronici per sistemi "All Optical"

Proprio queste caratteristiche hanno garantito il suo impiego nella tecnologia delle comunicazioni.

Il sistema di trasmissione basato sull'ottica integrata sfrutta la struttura della **Guida d'onda** definita come:

***"un dispositivo che permette di condurre fasci di luce sfruttando alcune proprietà delle onde tra cui la riflessione totale"***

All'interno dello stage al quale ho partecipato grazie all'opportunità propostami dalla scuola ho imparato a costruire e comprendere il corretto funzionamento della stessa.

La guida d'onda è una componente che sfrutta la riflessione totale delle onde all'interno di un' appropriata struttura caratterizzata da un'opportuna differenza di indici di rifrazione.

$$N_1 \sin \theta_1 = N_2 \sin \theta_2$$

Questo fenomeno si basa sulla legge di Snell. La legge di Snell descrive le modalità di rifrazione di un raggio luminoso nella transizione tra due mezzi con indice di rifrazione diverso. Se l'indice di rifrazione ( $n_1$ ) del primo mezzo è maggiore dell'indice di rifrazione ( $n_2$ ) del secondo mezzo per particolari angoli, superiori all'angolo limite, allora avviene la riflessione totale all'interno del secondo mezzo.

L'angolo critico è quell'angolo di incidenza oltre il quale si ottiene una riflessione interna totale, esso si trova tramite la legge

$$\theta_c = \arcsin(n_2/n_1)$$

dove  $\theta_c$  è l'angolo critico,  $n_2$  è l'indice di rifrazione del mezzo meno denso ed  $n_1$  è l'indice di rifrazione del mezzo più denso.

La nostra guida d'onda è stata ottenuta tramite il processo SOL-GEL che ci permette di ottenere materiali vetrosi attraverso un passaggio di stato, a temperatura ambiente, da liquido a solido di un'opportuna soluzione

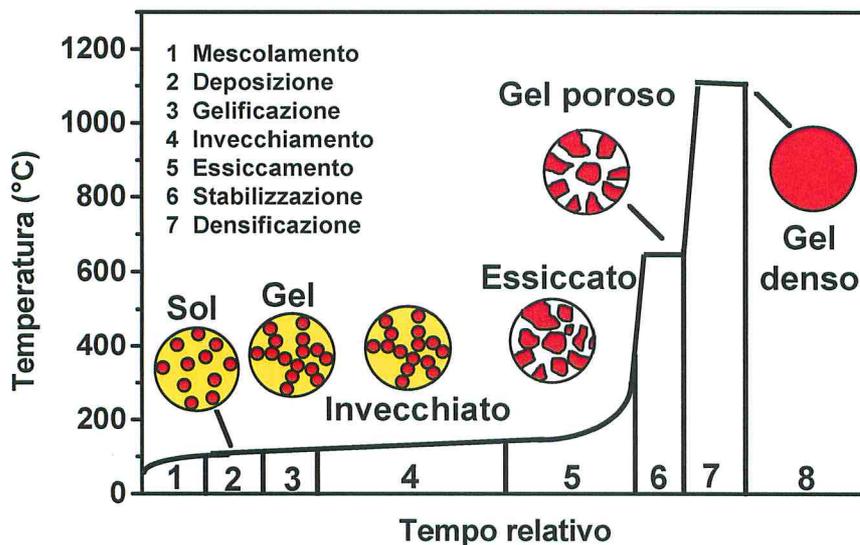
Nel nostro caso abbiamo utilizzato come base un substrato di silicio coperto da uno strato di 8  $\mu\text{m}$  di ossido di silicio ( $\text{SiO}_2$ ) con  $n_1$  pari a 1,46. Su di essa abbiamo depositato uno strato di ossido di titania/TMSPM (parte inorganica/organica utile nella fotolitografia) con indice di rifrazione  $n_2$  pari a 1,53. La titania conferisce al secondo mezzo l'alto indice di rifrazione.

La preparazione di questo strato avviene grazie all'unione di due soluzioni. La prima è composta dal silicio metacrilato TMSPM con l'alcool isopropilico per diluire la soluzione e l'acido HCl diluito in acqua (0,01 molare) che funge da catalizzatore per innescare la soluzione ed aumentare la velocità di reazione.



Mentre la seconda è formata dal precursore della Titania e dall'acido acetico glaciale (puro) con funzione di agente chelante che "copre" il titanio dall'aria e evita che la reazione avvenga troppo velocemente compromettendo la stabilità e l'uniformità del materiale.

All'unione delle due soluzioni viene aggiunto l'irgacure 184 una componente sensibile alla luce ultravioletta che permetterà la condensazione di legami nella parte organica nel processo fotolitografico.



Il processo *Sol-Gel* consente la realizzazione a bassa temperatura di materiali vetrosi partendo da componenti liquidi (*precursori*). Catalizzando opportunamente una miscela di precursori ed acqua si ottiene una prima fase liquida (*sol*) che è costituita da una sospensione di particelle di dimensioni colloidali (costituite da aggregati di dimensioni dell'ordine di  $1 \div 1000$  nm).

*Per condensazione delle particelle solide presenti in fase sol si arriva alla formazione di una nuova struttura, definita gel, costituita da una rete rigida con pori delle dimensioni submicrometriche immersa in una fase liquida.*

*[Firma]*

*[Firma]*

*[Firma]*

*Per essiccamento si ottiene poi lo strato solido finale.*

## **FOTOLITOGRAFIA**

La fotolitografia vuol dire disegnare con la luce, ed è il processo tramite il quale le configurazioni geometriche tracciate su di una maschera sono trasferite su un sottile strato di materiale organico, generalmente chiamato resist, sensibile alla radiazione, con il quale viene preventivamente ricoperta l'intera superficie della fetta di semiconduttore.

Per generare gli elementi veri e propri, le sagome di resist devono a loro volta essere trasferite agli strati sottostanti. Questo trasferimento avviene per mezzo di un processo di incisione o attacco chimico che rimuove in modo selettivo parti non mascherate di uno strato.

Il processo processo fotolitografico è formato da varie fasi:

-**pulizia**: Pulizia dello strato su cui si vuole depositare il resist( il nostro  $TiO_2/TMSPM$ )

-**Deposizione del resist** (deposizione del nostro resist sui due substrati di Si/SiO<sub>2</sub> La tecnica usata è stato lo spinnaggio, a 6000giri/minuto)

-**Pre baking (RISCALDAMENTO)** Elimina i solventi in eccesso. Nel nostro caso abbiamo deposto i campioni in forno alla temperatura di 82/83 gradi all incirca per 80 minuti

**Esposizione** Ossia l'esposizione del campione, coperto da una maschera di quarzo ,alla luce ultravioletta prodotta da una lampada mercurio-xenon .La maschera è posizionata in maniera precisa sul campione grazie a degli strumenti chiamati Mask Aligner.

Ma cos'è una maschera?

**Maschera**: Sono lastre di quarzo (trasparenti nella regione spettrale di interesse) su cui è deposto un sottile (decine di nanometri) strato metallico (Cromo). Su queste vengono realizzati i disegni che si vogliono trasferire sui wafer attraverso il processo fotolitografico. I disegni sulla maschera sono realizzati di solito con litografia a fascio elettronico.

Cos' è la lampada mercurio-xenon?

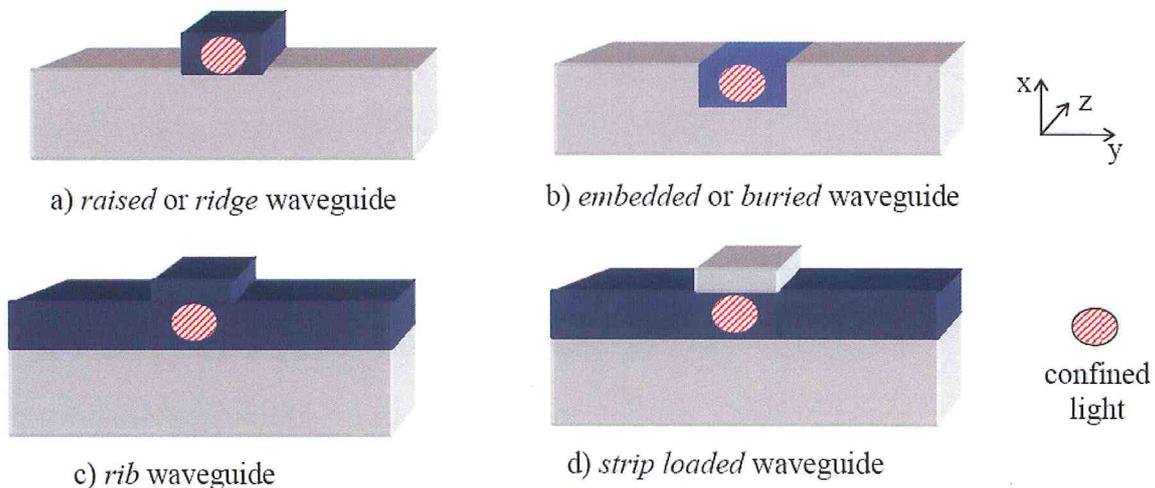
**Lampada mercurio-xenon:** La fotolitografia usa luce ultravioletta ( $\lambda < 400$  nm). Le lampade producono di solito spettri di radiazione ampi e si può usare un filtro per selezionare bande di energia più ristrette. Le lampade comunemente usate sono quelle a scarica di Mercurio. Per aumentare il potere risolutivo (realizzazione di strutture più piccole) si cerca di usare sempre più sorgenti con lunghezze d'onda minori (energie più alte).

**-Sviluppo del resist** il campione viene immerso nell'isopropanolo e leggermente centrifugato al fine di eliminare il resist non fissato dalla luce ultravioletta e ottenere i nostri canali.

**-Riscaldamento (Post-bake)** in forno a  $120^\circ$  per un'ora per irrigidire e stabilizzare definitivamente la struttura.

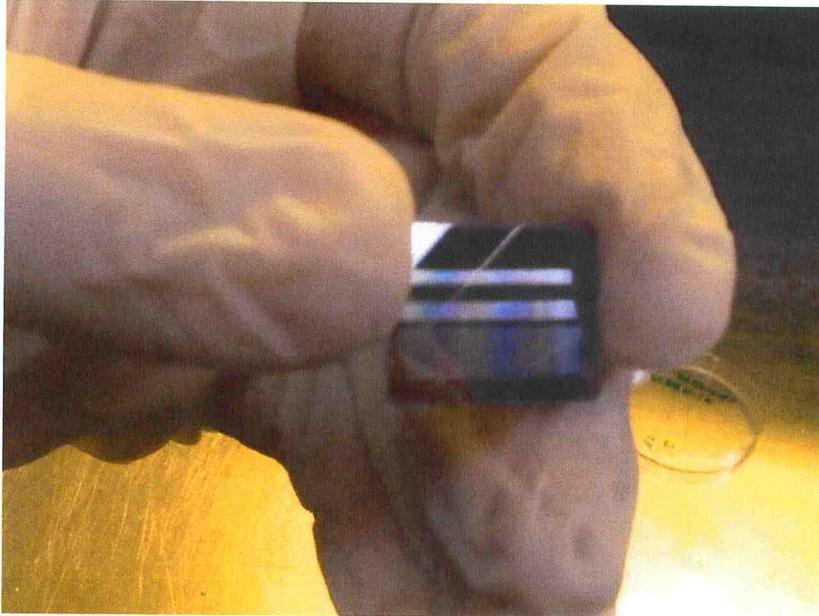
Tutti questi processi avvengono in camera pulita per evitare che le particelle di polvere o altro si depositino sul nostro campione compromettendo il nostro lavoro.

La guida è pronta. Tra i vari tipi di guida che possiamo osservare qui sotto la nostra è come quella nel primo disegno.

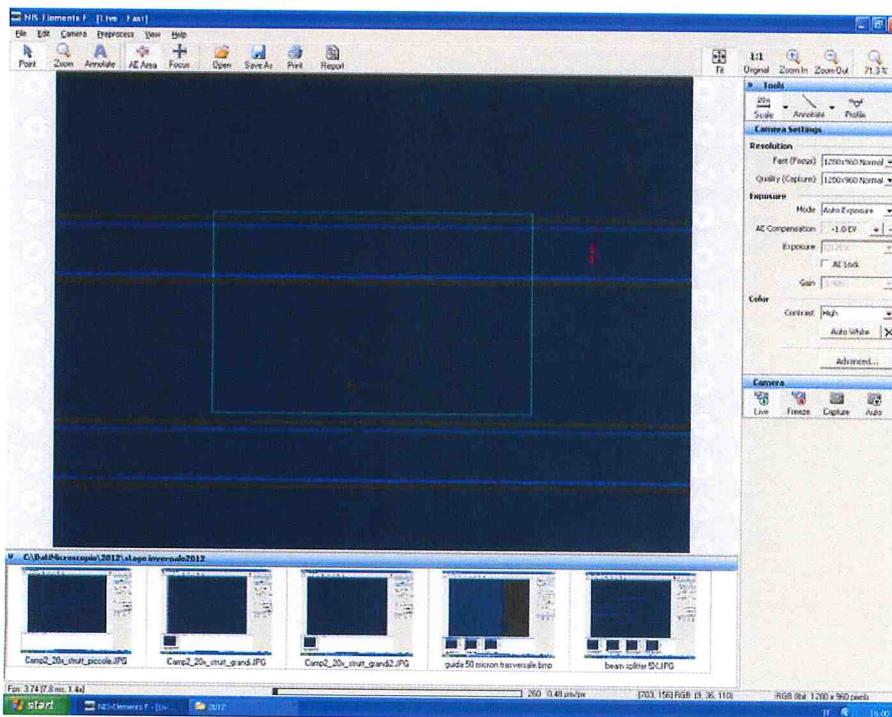


*[Handwritten signatures]*

Bene siamo arrivati alla fase conclusiva della creazione della guida, Non ci resta che vedere se questa funziona.

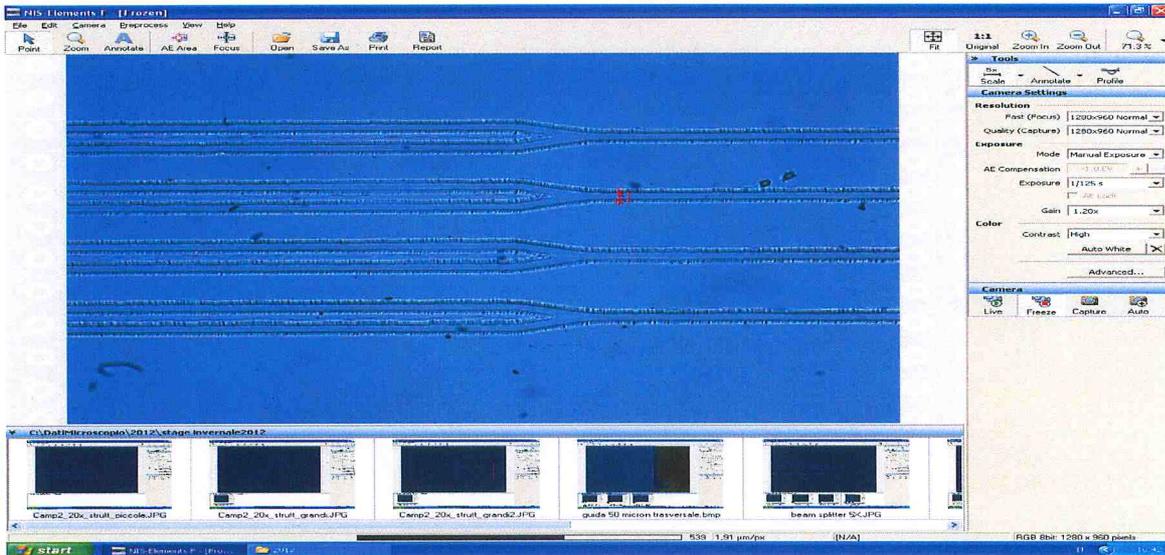


Sottoponiamo il nostro campione all'osservazione in maniera diretta con l'utilizzo del microscopio ricordando che l'ampiezza dei canali è determinata dal disegno impresso sulla maschera, nel nostro caso ci aspetteremo di trovare canali di ampiezze pari a 50, 20 e 10  $\mu\text{m}$ .

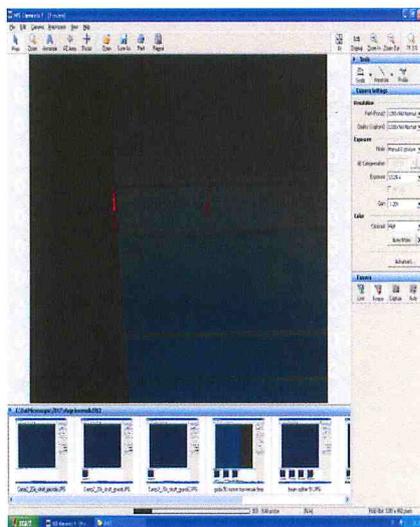


*[Handwritten signatures]*

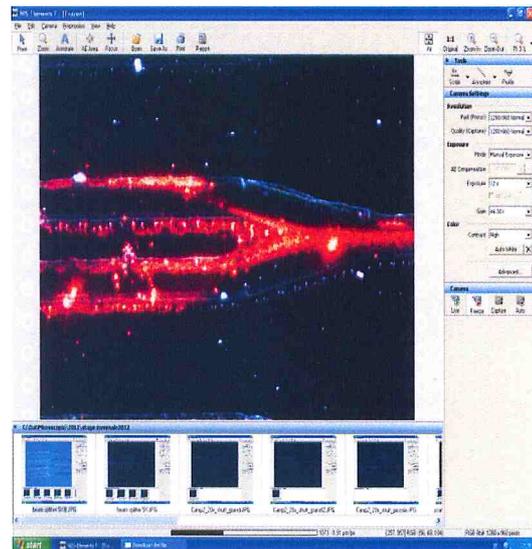
In dei casi questi canali possono avere delle biforcazione (beamsplitter) così come disegnati sulla maschera.



Per verificare se la guida d'onda è efficiente ora è indispensabile immettere in uno dei canali la luce. Utilizziamo la luce rossa di un laser e uno strumento di precisione nell'ordine dei micron per immettere la luce nel canale. Affinchè avvenga l'esperimento la luce deve entrare in un canale e uscire nel lato opposto, o dallo stesso canale o dalle biforcazioni create nel canale d'entrata.



Uscita della luce.



luce nella biforcazione.

*Nell'osservazione al microscopio notiamo, che non tutta la luce resta nella guida e parte di essa viene dispersa in seguito ad un fenomeno chiamato "SCATTERING" causato dalla presenza di pareti della guida d'onda non*

perfettamente lisce. Ne consegue che parte del raggio incidente non viene completamente riflesso, provocando dispersione o rifrazione nella parte frastagliata.

Nonostante questa imperfezione non possiamo lamentarci. La guida d'onda che abbiamo costruito si è rivelata efficace.

Alessandro Sorrentino.

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and a long, sweeping tail that extends towards the top right corner of the page.