14 MAGGIO 2020 - LICEO COPERNICO di UDINE

PaGES 5

Pia**a**nificazione, **G**estione ed esecuzione di un

Esperimento **S**cientifico

in un centro di ricerca internazionale

EVENTO CONCLUSIVO

PaGES 5: students at ELETTRA

Federico Cigolot, Filippo Domini, Anna Salvadori, Federico Zampa

Introduction to PaGES:

- Planning, Management and Implementation of a Scientific Experiment.
- supported by CERIC-ERIC an International research infrastructure
- the project is addressed to high school pupils to get the closer to the scientific environment and give them an overview of the career paths available in a research infrastructure.

Activity Board:

1. Presentation of the programme to students.
2. Introduction to the business plan:
    1) purpose/quality
    2) times
    3) costs/resources
3. Physics of particle accelerators.
4. Preparing for scientific experiment.
5. Experiment.
6. Thoughts and Considerations.
7. Presentation.

CERIC

- Central European Research Infrastructure Consortium.
- Objective: help science and industry.
- 8 European countries:

  Austria, Croatia, Czech Republic, Hungary, Italy, Poland, Romania and Slovenia.

- Access open to every researcher; only condition is the publication of the results of the experiment.
- Access to beam line for industries is on charge.

Project has to be: «SMART»

S «specific», the objective clearly defined;

M «measurable», each objective has to quantified in time and costs;

A «appropriate» to the working context and resources available;

R «realistic», the objective must be achievable;

T «time-related», the objective has to be scheduled and follow a timetable.

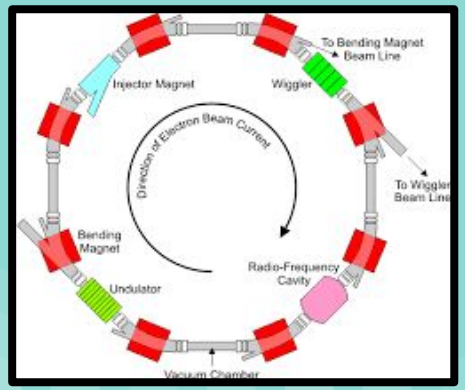
THE SYNCHROTRON LIGHT SOURCE

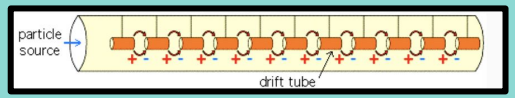
- 3rd GENERATION STORAGE RING
- PRODUCES SYNCHROTRON RADIATION FROM THE MAGNETIC DEFLECTION OF ELECTRONS TRAVELLING AT RELATIVISTIC SPEED

HOW DOES IT WORK?

- ELECTRONS ACCELERATION
- MAGNETIC FIELD ⇨ CURVATURE
- ELECTRIC FIELD ⇨ INCREASES ENERGY

< SPEED OF LIGHT
RELATIVISTIC PHYSICS



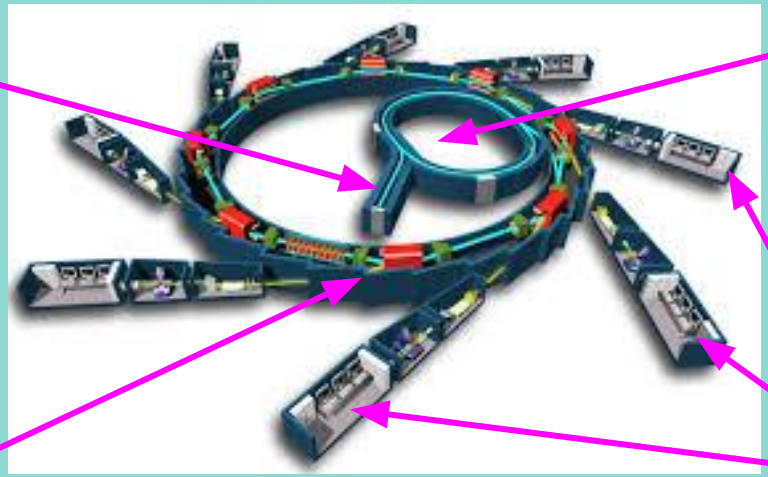


$$p = \gamma m v$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$

SYNCHROTRON STRUCTURE

LINAC - LINEAR ACCELERATOR



BOOSTER
SMALLER SYNCHROTRON

STORAGE RING

BEAM LINES

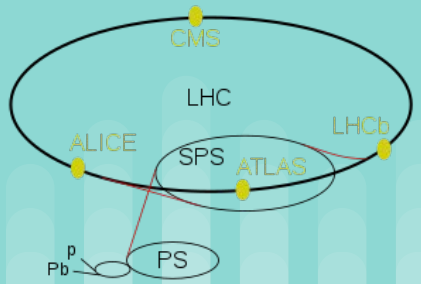
When high-energy electrons have their path deflected by magnetic fields, they produce a kind of high-brightness magnetic spectrum known as synchrotron light

LHC VS ELETTRA

COLLIDER

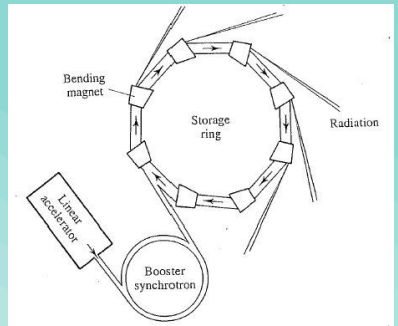
The machine accelerates two beams that circulate in opposite directions, inside the vacuum tubes. The beams collide at four points along the way, where the tunnel widens to make room for large rooms that house the detectors.

Synchrotron radiation, produced when particles curve in order to follow the circular trajectory, causes a loss in energy.



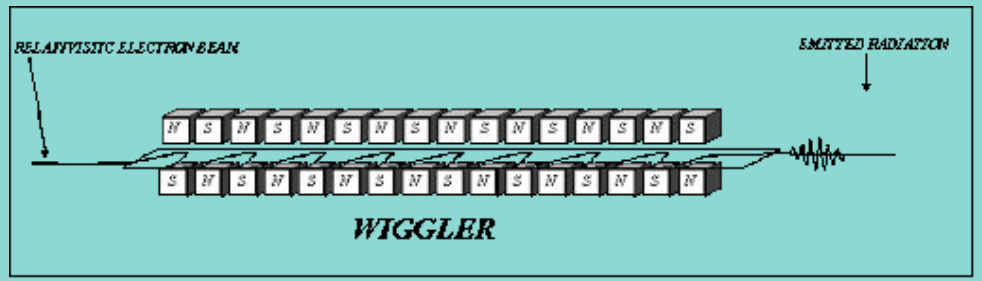
SYNCHROTRON LIGHT MACHINE

The machine is designed to maximize the production of synchrotron radiation. Synchrotron radiation is emitted in the passage of electrons by bending magnets, which makes them natural places for the output of lines of light. The straight sections are specially designed to accommodate the insertion devices, which cause oscillations in the beam path and again produce synchrotron light.

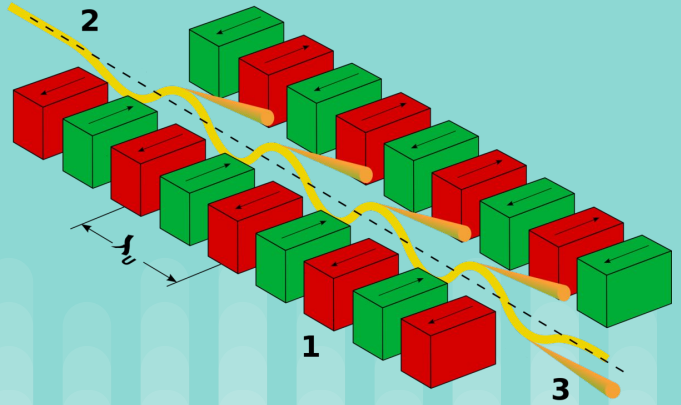


INSERTION DEVICES

The straight sections are specially designed to accommodate the insertion devices, which cause oscillations in the beam path. These oscillations are produced by magnetic fields generated by a succession of alternating magnetic poles. There is emission of synchrotron light at each oscillation of the trajectory

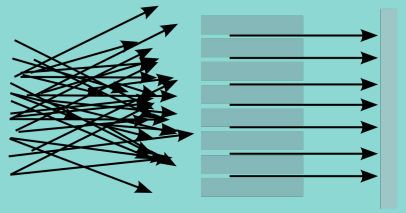


UNDULATORS

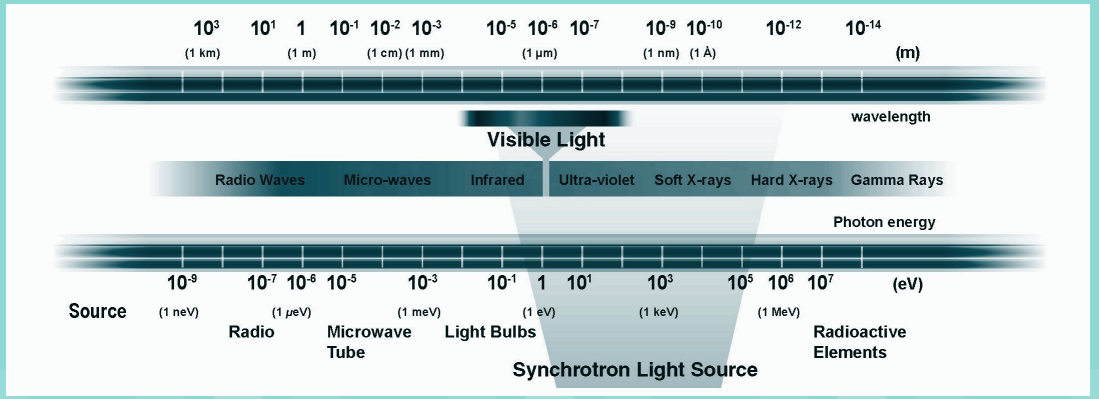


RADIATION PROPERTIES

- light is collimated (consisting of almost parallel rays) and concentrated over a small area



- wide frequency range (from infrared up to the highest-energy X-rays)

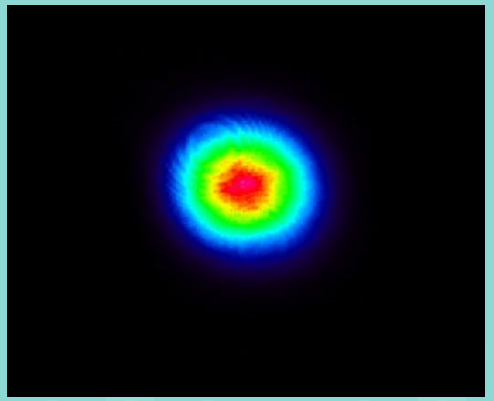


RADIATION PROPERTIES

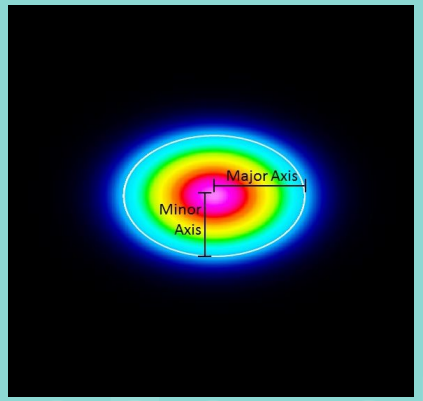
- brilliance (more than a billion times higher than a laboratory source; angles of the order of 1 mrad)
- high intensity (many orders of magnitude brighter than conventional sources)
- high energy (to penetrate into matter)
- small wavelengths (to study small features)

SPECTRAL FLUX

ideal e-Beam



real e-Beam



CREDITS

Lessons at Elettra laboratories taught by Benedetta Marmiroli e Alessio Turchet
Experience at Elettra beam line
Preparation taught by CERIC-ERIC staff: Andrea Santelli, Nicoletta Carboni, Marco Peloi.
Preparation lessons on synchrotron taught by Prof.ssa Chiara Barbina
Preparation lessons on lithography taught by Prof.ssa Cristina Sambo

https://www.elettra.trieste.it
https://www.ceric-eric.eu/
www.researchgate.net
pages.mtu.edu
www.iop.org/publications/iop
www.esrf.eu
www.sciencedirect.com
http://www.umich.edu/~ners580/ners-bioe_481/lectures/pdfs/2003-SynchRad(book)_Margaritondo-synchrotronLight.pdf

Applicazioni della luce di sincrotrone e microingegneria

Gabriele Giannuzzo, Giacomo Marangoni,
Massimo Brugnola, Federica Bertossi

MOLTI DIVERSI CAMPI DI IMPIEGO

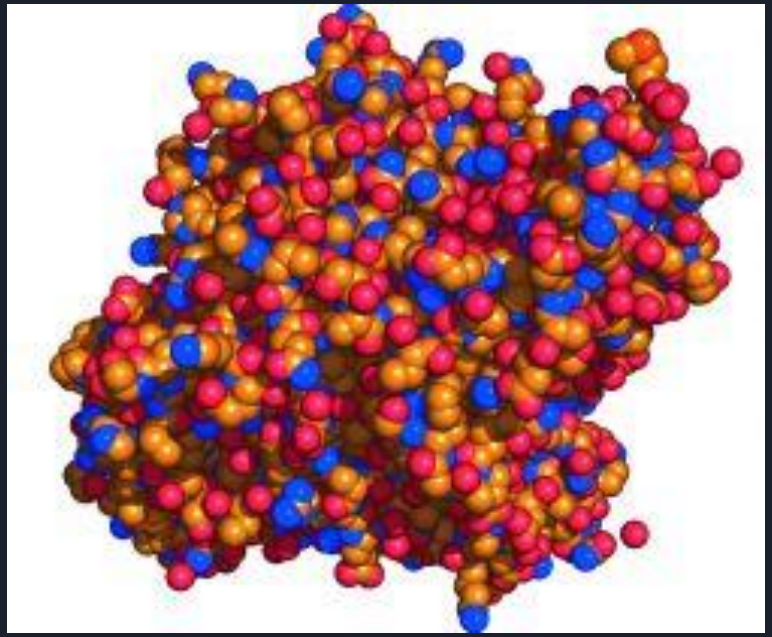
La luce di sincrotrone può risultare estremamente utile dalla scienza dei materiali alla biomedicina, dalla biofisica alla cristallografia, dalla radiologia alla microingegneria.

BIOTECNOLOGIA E MEDICINA

Uno dei più promettenti campi in cui viene utilizzata la luce del sincrotrone ad Elettra è la medicina.

La lotta contro l'Alzheimer: a Elettra stanno studiando tramite la diffrazione a raggi X la struttura della molecola Acetilcolinesterasi (AChE) coinvolta nella malattia per progettare nuovi composti in grado di combattere la malattia degenerativa.

La tecnica di diffrazione a raggi X permette lo studio delle molecole di alcuni farmaci contro l'ictus che ha come obiettivo la produzione di un farmaco migliore e con indicazioni di dosaggio più facilmente gestibili.



Enzima Acetilcolinesterasi

CHIMICA E CATALISI

L’utilizzo della luce di sincrotrone ha diverse applicazioni anche nel campo della chimica:

- è possibile studiare i processi determinati dalla frizione tra materiali acciaiosi in presenza di diversi tipi di lubrificanti.
- è possibile studiare le dinamiche dei catalizzatori, ovvero quelle sostanze che rendono la reazione chimica piú facile e veloce, senza alterarne la sostanza.
- è possibile studiare la microstruttura delle schiume utilizzate nell’industria automobilistica per silenziare e ridurre le vibrazioni dei motori.

SETTORE AGROALIMENTARE

- con la microspettroscopia infrarossa è possibile studiare matrici e film di polimeri usati nell’industria alimentare.
- è possibile mettere in relazione le proprietà della struttura interna degli alimenti con le proprietà organolettiche.
- è possibile studiare la struttura cristallografica degli oli alimentari per determinarne le modificazioni strutturali

MATERIALI HIGH-TECH

- E’ possibile eliminare le microinclusioni in modo da ottenere un materiale privo di imperfezioni.
- Si può analizzare nei dettagli la struttura micrometrica dei componenti della vela.
- E’ possibile comprendere al meglio lo stress che subiscono i lubrificanti mentre lavorano.

MICROINGEGNERIA

Microingegneria: l'arte di creare, fabbricare o utilizzare componenti, apparecchi e sistemi in miniatura prodotti in serie…"

Una parte importante delle macchine e delle apparecchiature nel settore della microtecnica riguardano l'acquisizione, il trattamento e lo stoccaggio dell'informazione; esempi: telefono, il fax, le macchine d'ufficio, le periferiche del PC come il lettore CD, l'hard disk o il mouse, l'apparecchio fotografico, i prodotti dell'orologeria, gli strumenti di misura, apparecchi audio e video, di diagnosi medica,…

CARATTERISTICHE MICROINGEGNERIA

Le loro principali caratteristiche sono:

- Prodotti o componenti di piccole dimensione
- Nella maggior parte dei casi, sono fabbricati in serie medie (ca. 10^3 unità) a grandi (>10^6)
- Pluridisciplinarità delle tecniche utilizzate nella realizzazione dei prodotti (meccanica, micromeccanica, elettronica, informatica, ottica, scienze dei materiali, tecniche di produzione, …)

APPLICAZIONI DELLA MICROINGEGNERIA

Lo sviluppo tecnologico richiede una costante ricerca nel campo dei materiali.

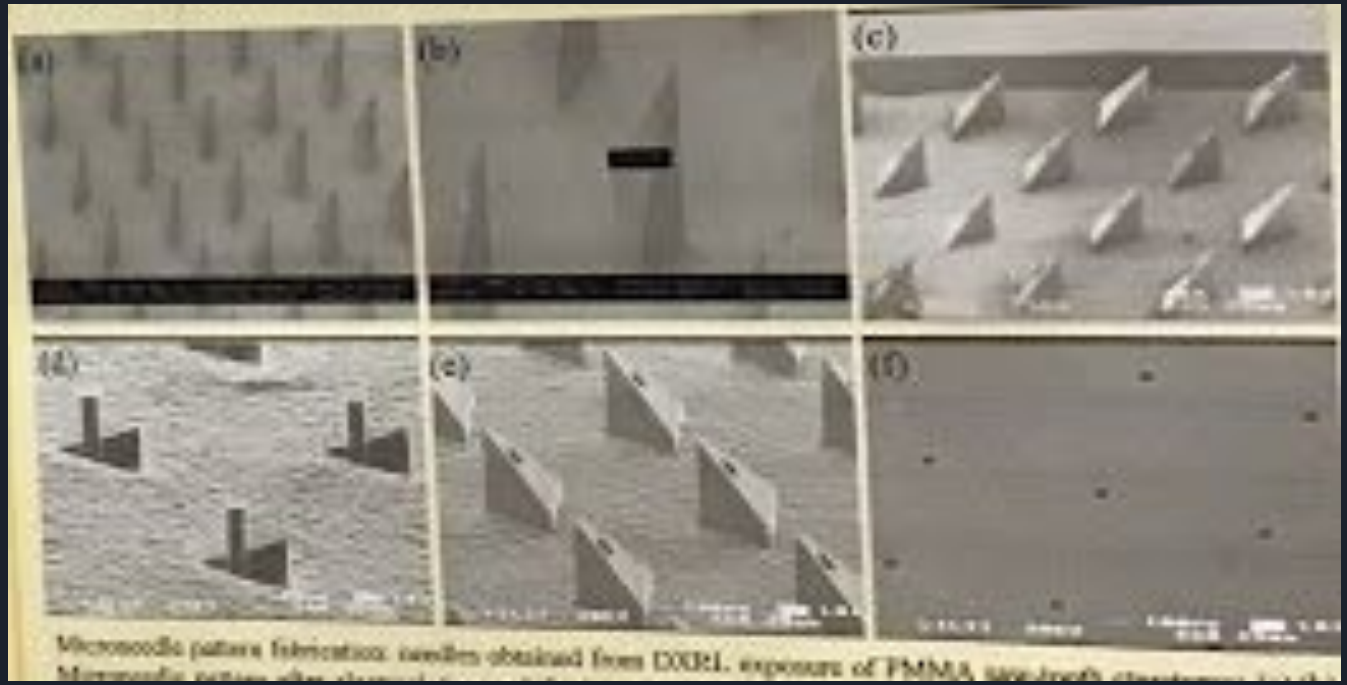
La necessità di microfabbricazione e della conoscenza delle proprietà dei materiali strutturali rende le linee di luce di Elettra i laboratori ideali per lo sviluppo delle tecnologie del domani.

MICROTURBINE PER APPLICAZIONI AEROSPAZIALI

MICROTURBINE PER APPLICAZIONI AEROSPAZIALI

- satelliti miniaturizzati
- DXRL
- gas ad alta pressione>>360.000 giri al minuto
- 8 W di energia elettrica

MICRONEEDLE PATTERN FABRICATION



MICRONEEDLE PATTERN FABBRICATION

- litografia, elettrodeposizione col rame e replica con il PVA (Poly Vinyl Alcohol)
- in PMMA biocompatibile
- farmaci per via transdermica
- aghi disposti su superficie alimentati da micropompa

Tutti i prodotti sono realizzati con litografia profonda a raggi x , di cui parleranno i nostri compagni!

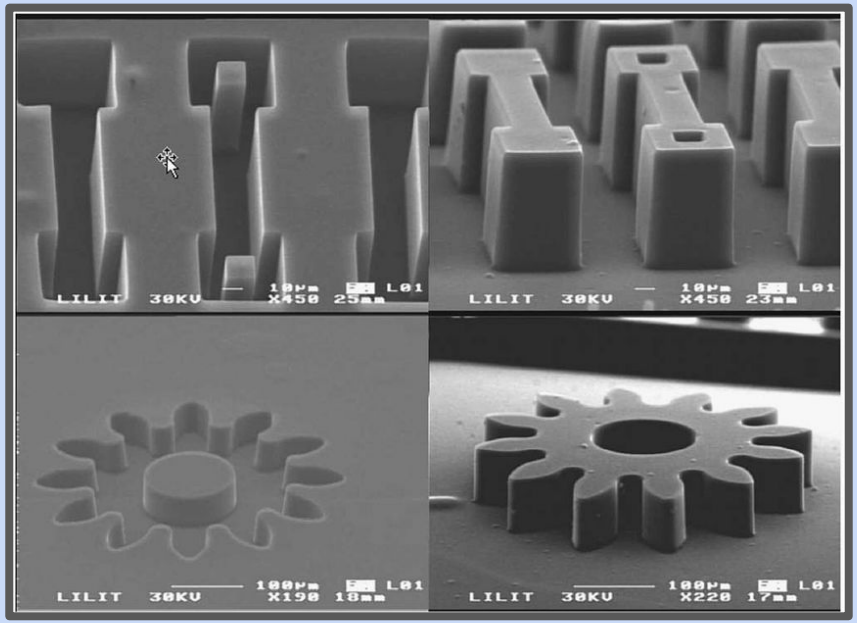
CREDITS

Lezione svolta ai laboratori di Elettra, a cura dei ricercatori Benedetta Marmiroli e Alessio Turchet.

Sitografia:

https://www.elettra.trieste.it
http://www.elettra.eu/elettra-beamlines/dxrl.html
https://it.wikipedia.org/wiki/MEMS
https://www.epfl.ch/education/master/programs/microengineering/

LA LITOGRAFIA PROFONDA A RAGGI X



a cura di:
Milena Zanor, Alessia Bratta, Lisa Dao, Lorenzo Gamberini.

LA LITOGRAFIA

LITHOS+GRAPHIA
scrittura su pietra

La litografia è una tecnica chimico-fisica di ***stampa*** delle immagini, inventata nel 1796,il cui procedimento è basato sull'***utilizzo di una matrice piana***.
La matrice può essere prodotta in diversi materiali (inizialmente pietre calcaree), che permettono attraverso numerosi passaggi di ***riprodurre il disegno impresso*** sulla matrice anche nel piano desiderato.

CHE COSA È?

La litografia profonda a raggi X è una particolare tecnica di ***fabbricazione*** che permette:

1. La produzione di ***microstrutture*** ad alto rapporto di forma con pareti alte, precise e rifinite;
2. La produzione di ***circuiti microfluidici;***
3. La produzione di ***microdispositivi*** per applicazioni industriali e studi scientifici

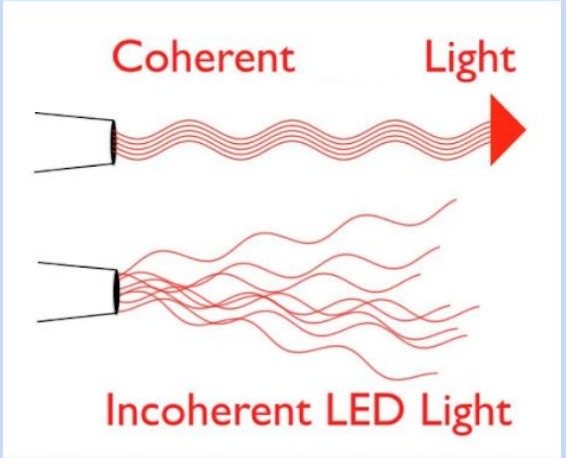
In tale processo è fondamentale l'utilizzo di una ***sorgente di raggi x ad alta energia.***

L'UTILIZZO DELLA LUCE DI SINCROTRONE

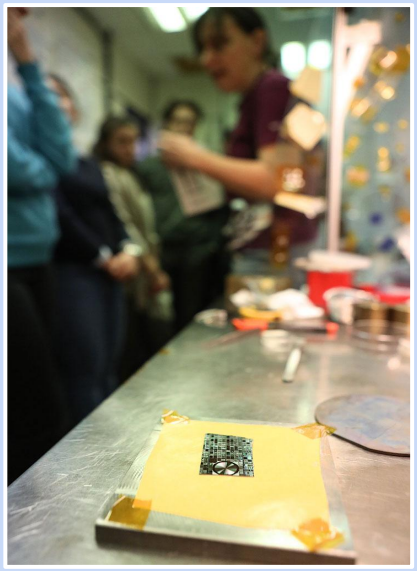
Nel processo di Litografia Profonda a Raggi X si utilizza la **luce di Sincrotrone** perché

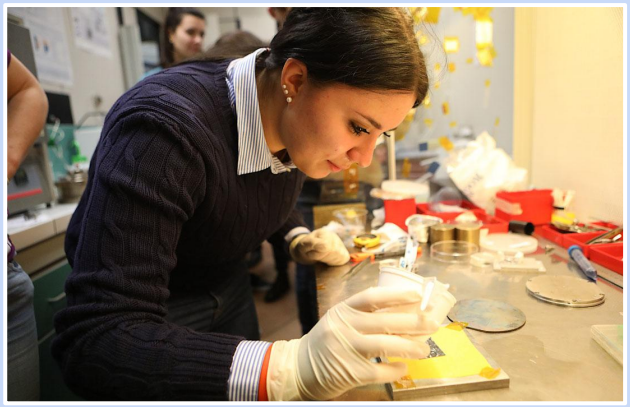
è costituita da ***radiazione ad alta brillanza, coerente***

e collimata

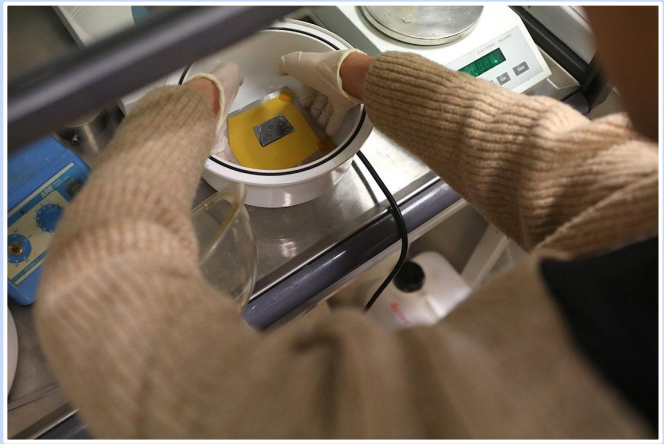


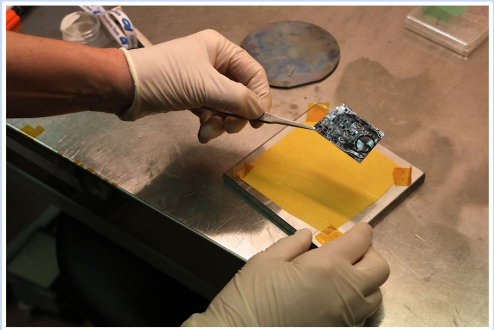
Minor tempo di esposizione al fascio di raggi X e ***alta risoluzione*** del disegno (200nm)

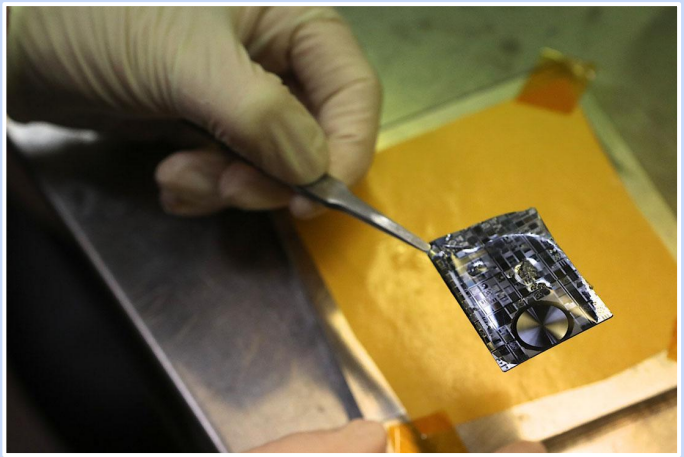




LIGA:
La tecnologia di fabbricazione utilizzata ad Elettra Sincrotrone







PROCEDIMENTO DELLA LITOGRAFIA A RAGGI X IN SINTESI

Tre step fondamentali:

1. Processo di fabbricazione delle ***maschere***.
2. ***Irraggiamento*** con luce di sincrotrone.
3. ***Sviluppo*** (bagno in un solvente liquido) che permette di ottenere una struttura finale precisa e ad alto spessore.

LA LITOGRAFIA A RAGGI X: STRUMENTI E MATERIALI

Strumenti:

- Maschera;
- Strato resist,
- Substrato resist, SI wafer

Materiali:

- **Maschere** costituite da due strati; uno ***trasparente*** alla radiazione, materiale con basso numero atomico (per esempio diamante, berillio) e uno con elevato numero atomico ***opaco*** ai raggi X (oro,cromo).
- Due tipi di **resist**: ***positivo*** (materiale polimerico le cui catene si spezzano se a contatto con la radiazione, PMMA, Polimetilmetacrilato); ***negativo*** (polimero che viene reticolato dalla radiazione, SU-8).

I PROCESSI BASE DELLA LITOGRAFIA

LIGA; acronimo tedesco per ***LI****tographie,* ***G****alvanoformung und* ***A****bformung.*

LITOGRAFIA :

1. ***Posizionamento maschera*** assorbente i raggi X (con oggetto da produrre) sul resist.
2. ***Irraggiamento*** con raggi X modifica il resist.
3. ***Sviluppo*** (bagno in solvente liquido); struttura finale precisa e ad alto spessore.

ELETTRODEPOSIZIONE:

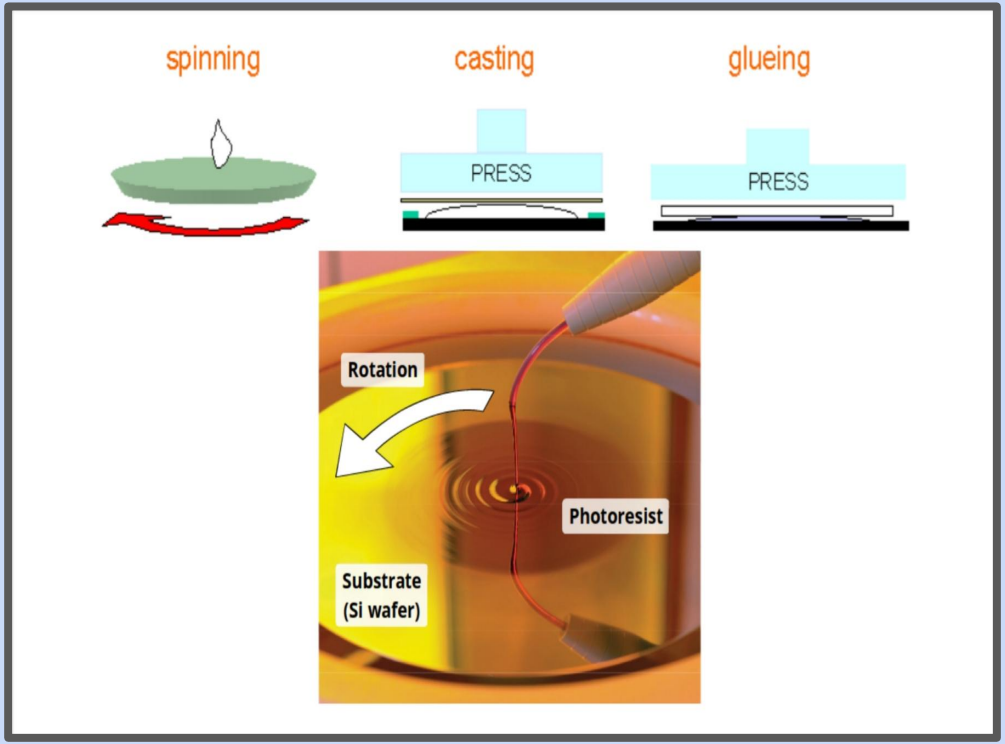
1. ***Riempimento*** cavità scavate nel resist.
2. ***Rimozione*** resist residuo; risultato: microstruttura metallica.

STAMPAGGIO: (dipende da come viene utilizzata la microstruttura metallica)

1. La microstruttura è ***prodotto finale***.
2. Utilizzo microstruttura come ***stampo***.

APPLICAZIONE DEL RESIST AL SUBSTRATO

- **SPINNING/SPIN-COATING**: il resist si spande per effetto della *forza centrifuga*.
- **CASTING**: il polimero viene versato sul wafer tra spaziatori di altezza desiderata, si pone una *lastra adesiva* che funge da coperchio e si esercita una *pressione* che è mantenuta fino al completamento della polimerizzazione.
- **INCOLLAGGIO**: si utilizza un opportuno *adesivo*.



CARATTERISTICHE DELLE MASCHERE A RAGGI X

MATERIALE	CARATTERISTICHE RICHIESTE	SOLUZIONE ADOTTATA
MATERIALE ASSORBENTE (elevato numero atomico)	• riduzione dell'impatto ai raggi X • accuratezza del disegno, pareti verticali • stabilità chimica e meccanica	**ORO**
MATERIALE TRASPARENTE (basso numero atomico)	• trasparenza ai raggi X • solidità, stabilità • superficie poco ruvida • buona conduttività termica • trasparenza ottica mantenuta dopo molte esposizioni	**BERILLIO** **DIAMANTE** **SU-8** **GRAFITE** **NITRURO DI SILICIO (4μm)** **OSSIDO DI TITANIO (2μm)**

LE MASCHERE UTILIZZATE AD ELETTRA

Dal momento che vengono prodotti ingranaggi di grandi dimensioni (superiori a 1µm), abbiamo potuto adottare:

- la parte assorbente in **oro** (20 µm)
- la parte trasparente in **grafite** (250 µm)

- il resit costituito da una lastra di PMMA di 500µm è stato applicata sul portacampioni. Si è poi eseguita la litografia a raggi X ed il successivo sviluppo.

CREDITS:

- https://en.wikipedia.org/wiki/LIGA

- Marmiroli Benedetta, Correlazioni tra il processo di produzione, la microstruttura e le proprietà di materiali per la previsione del comportamento di manufatti in esercizio, tesi di Dottorato di Ricerca in Ingegneria Industriale, 2004

- I Pérennès et al., Replication of deep x-ray lithography fabricated microstructures through casting of soft material, J. Microlith., Microfab., Microsyst. 5(1), 011007 (Jan?Mar 2006)

Un giorno da ricercatori su una linea di luce di Elettra

Elettra Sincrotrone Trieste

ESOF EuroScience Open Forum

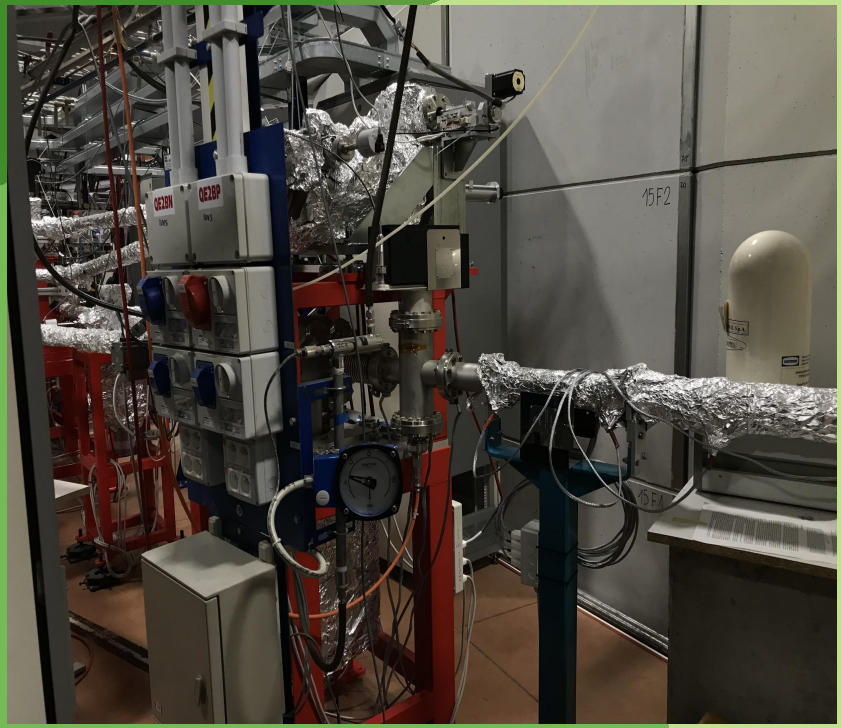
CERIC Central European Research Infrastructure Consortium

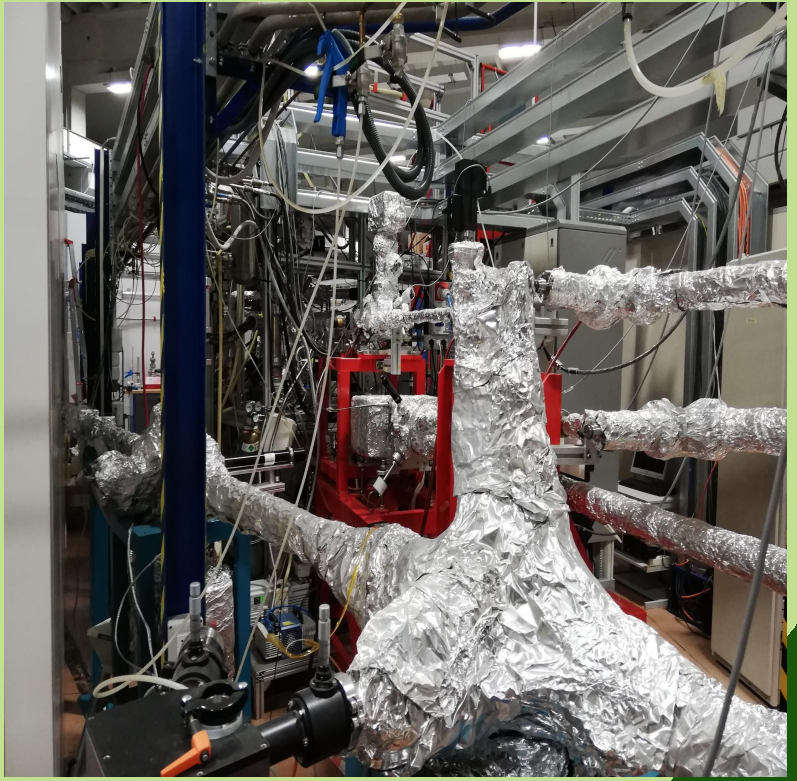
PaGES5

Sofia Zuccolo Marco Pecol Samuele Prati Matteo Venir

Arrivati alla sala didattica del sincrotrone: lezione introduttiva

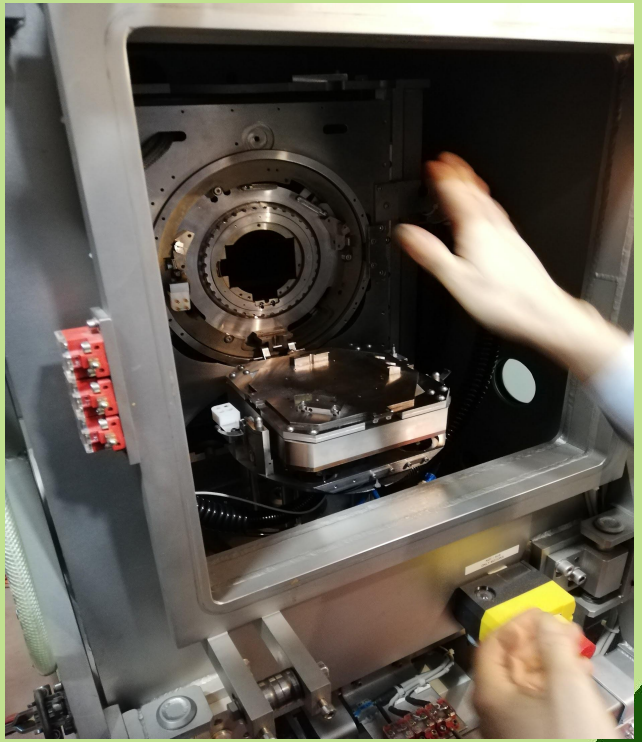
Primo ingresso all’area sperimentale sincrotrone:





Misure di sicurezza...

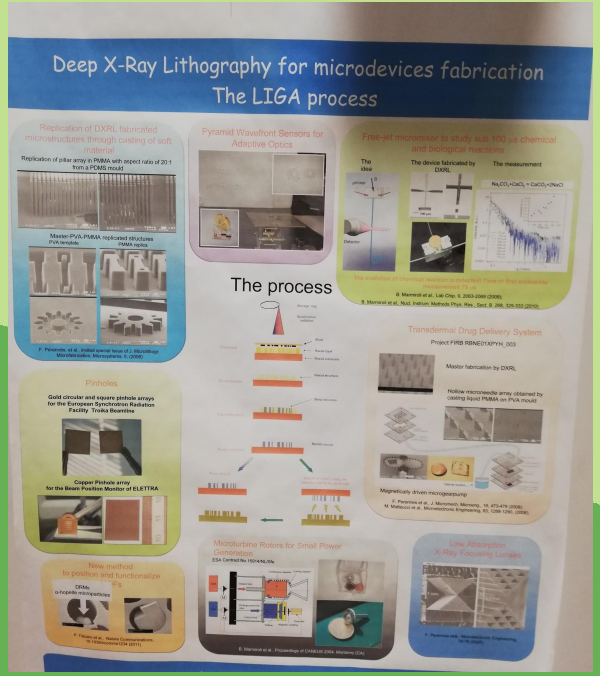
Abbiamo imparato come posizionare la maschera e il portacampione ...



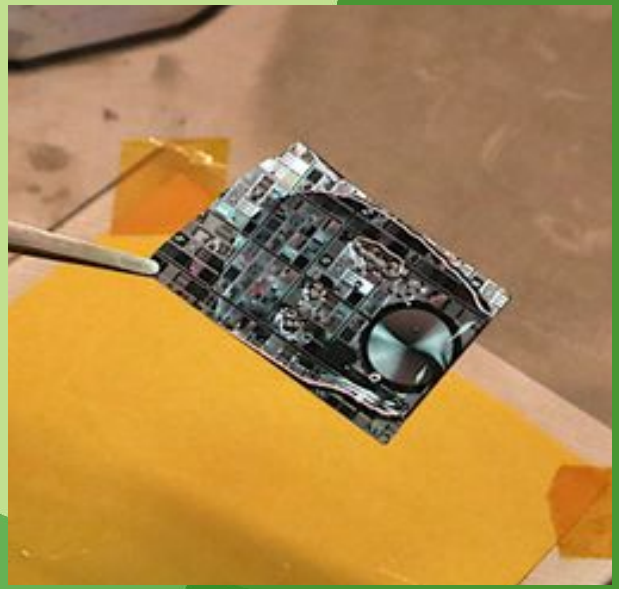
e finalmente il pranzo!

E dopo pranzo, ci siamo divisi in due gruppi:

Alcuni hanno iniziato con la produzione degli ingranaggi

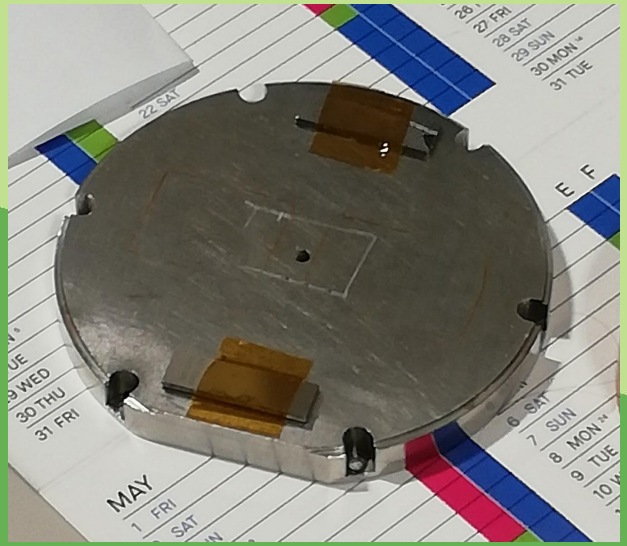


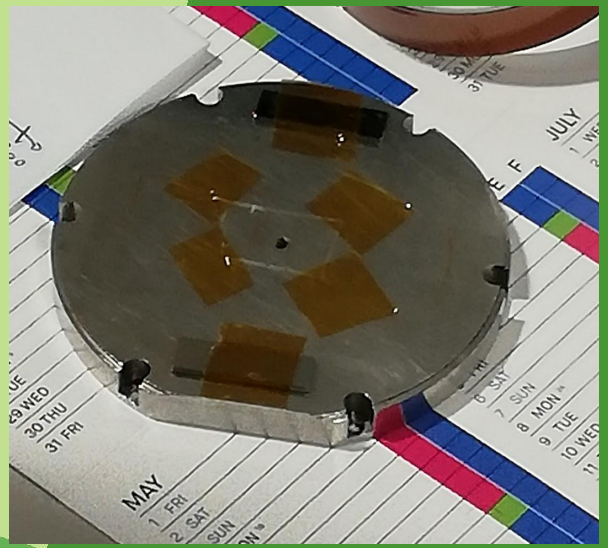
Mentre gli altri hanno creato una pellicola di PDMS con varie microstrutture sulla superficie



Microingranaggi: per primo il resist

Abbiamo fissato al substrato (il metallo) un pezzetto di plexiglass (il resist vero e proprio) con dello scotch

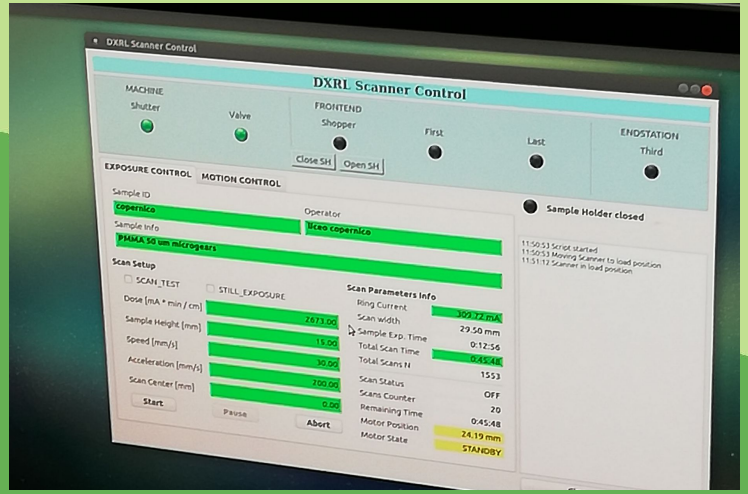


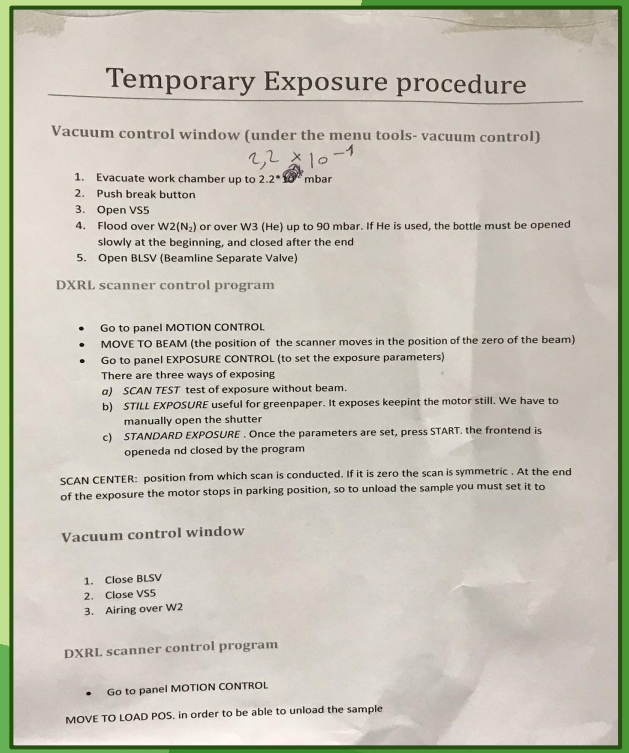


Abbiamo montato la maschera e il resist:

E quindi abbiamo:

- attivato la pompa ad acqua (per il raffreddamento)
- eseguito le procedure di sicurezza
- attivato la pompa a vuoto
- aperto il front-end per i raggi X
- e aspettato 45 minuti!





Temporary Exposure procedure

Vacuum control window (under the menu tools- vacuum control)

1. Evacuate work chamber up to 2.2* 10^{-1} mbar
2. Push break button
3. Open VS5
4. Flood over W2(N_2) or over W3 (He) up to 90 mbar. If He is used, the bottle must be opened slowly at the beginning, and closed after the end
5. Open BLSV (Beamline Separate Valve)

DXRL scanner control program

- Go to panel MOTION CONTROL
- MOVE TO BEAM (the position of the scanner moves in the position of the zero of the beam)
- Go to panel EXPOSURE CONTROL (to set the exposure parameters)
  There are three ways of exposing
  a) *SCAN TEST* test of exposure without beam.
  b) *STILL EXPOSURE* useful for greenpaper. It exposes keepint the motor still. We have to manually open the shutter
  c) *STANDARD EXPOSURE* . Once the parameters are set, press START. the frontend is openeda nd closed by the program

SCAN CENTER: position from which scan is conducted. If it is zero the scan is symmetric . At the end of the exposure the motor stops in parking position, so to unload the sample you must set it to

Vacuum control window

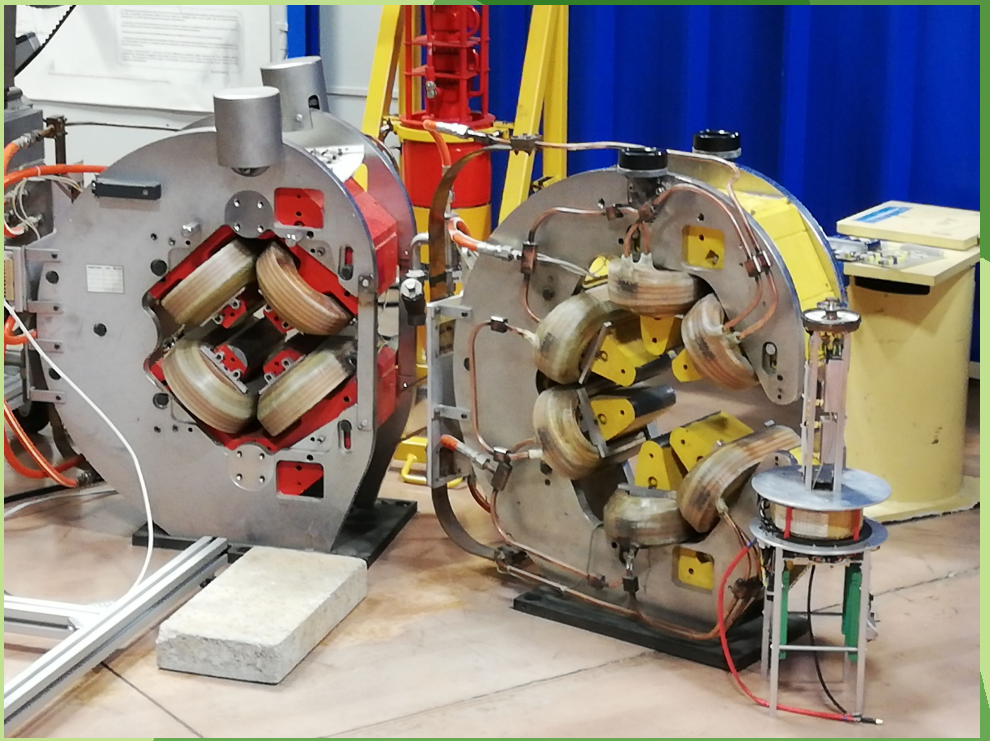
1. Close BLSV
2. Close VS5
3. Airing over W2

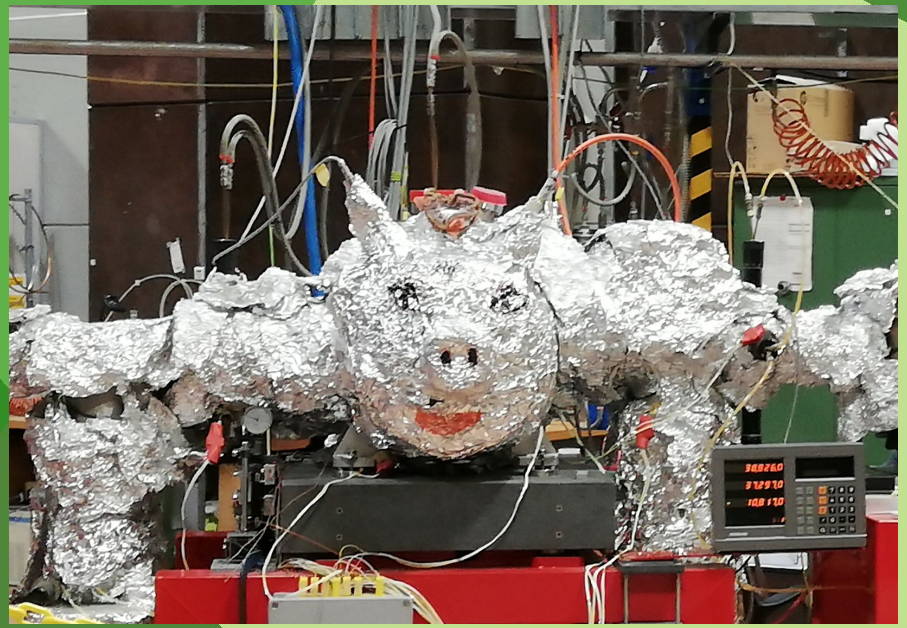
DXRL scanner control program

- Go to panel MOTION CONTROL

MOVE TO LOAD POS. in order to be able to unload the sample

Di sicuro non siamo stati con le mani in mano per così tanto tempo...





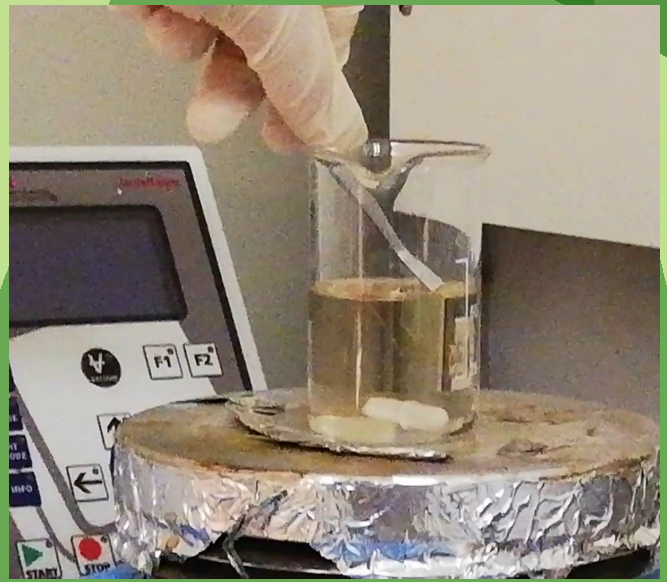
Ecco la pig-line!

Circonferenza dell'anello: **259.2 m**
Magneti curvanti: **24**
Quadrupoli: **108**
Sestupoli: **72**
Correttori: **168**
Pressione nell'anello: **< 1x10^{-9} mbar**
Energia degli elettroni: **2 GeV / 2.4 GeV**
Corrente a 2 GeV (2.4 GeV): **310 mA (160 mA)**
Tempo per percorrere un giro: **864 ns**
Numero di rivoluzioni al secondo: **1.157.407**
Velocità degli elettroni: **99,999997 % c**
Numero di pacchetti di elettroni *circolanti*: **432**
Lunghezza del pacchetto di elettroni: **3 cm**
Potenza accelerante in cavità: **315 kW**
Potenza elettrica consumata: **4 MW**
Potenza persa a ogni giro: **72 kW**

Una volta finita l'esposizione ai raggi X

Questo è stato il nostro risultato: immagine latente

Quindi, abbiamo iniziato a preparare la soluzione per il bagno del resist (GG bath):



Ed infine...il risultato!

Nel frattempo:

Mentre il resist era nel bagno abbiamo preparato la pellicola da cui abbiamo ottenuto varie microstrutture di test. Il procedimento è stato:

- mescolare la resina con l'indurente di PDMS
- coprire con il PDMS la superficie di uno stampo
- "cuocerlo" in forno affinché si reticolasse
- separare la pellicola dallo stampo

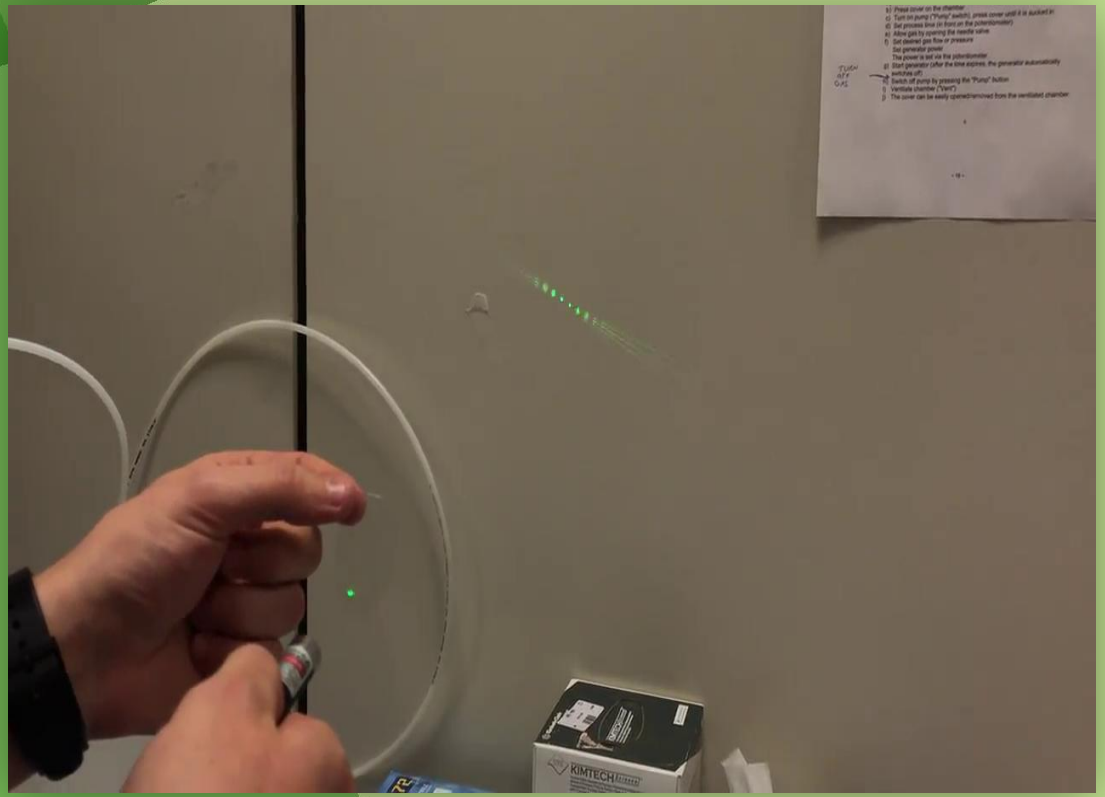
Ma che cosa è il PDMS?

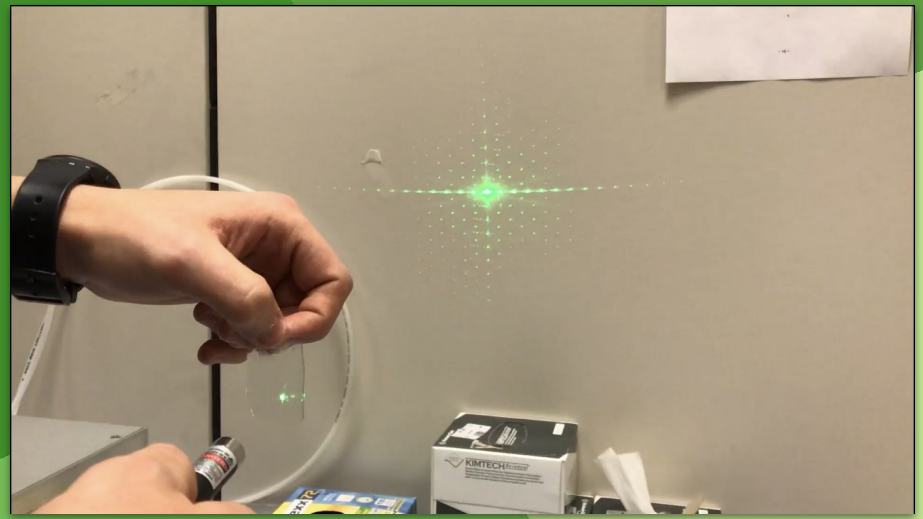
Il PDMS (polidimetilsilossano) appartiene alla famiglia dei siliconi e si distingue per varie proprietà:

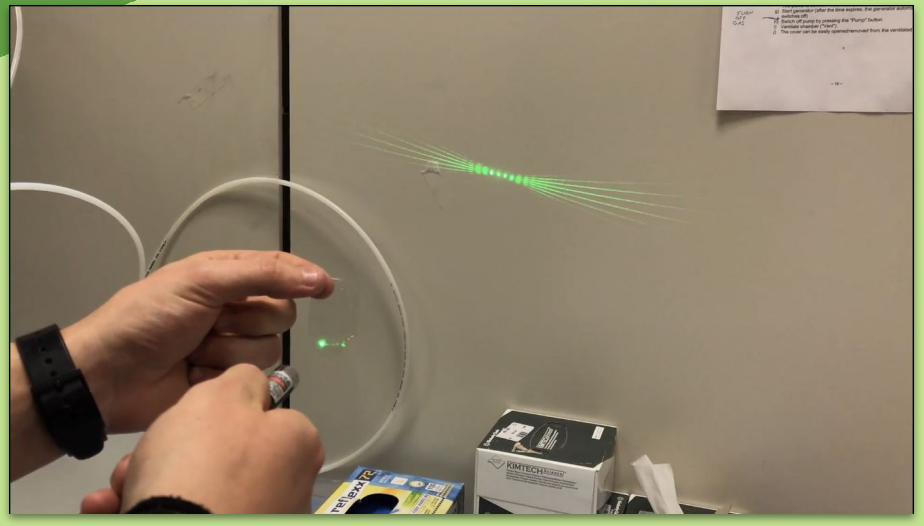
- trasparenza
- alta viscosità
- resistenza alla temperatura e agli attacchi chimici
- ottimo isolante.

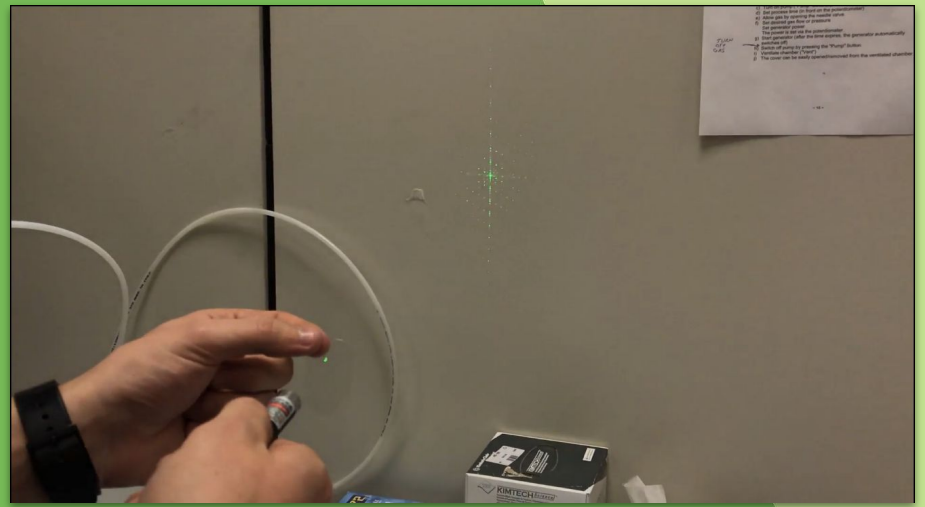
E' comunemente usato come resina nella litografia soft grazie alla peculiarità di riuscire a trasferire pattern di anche soli pochi nanometri.

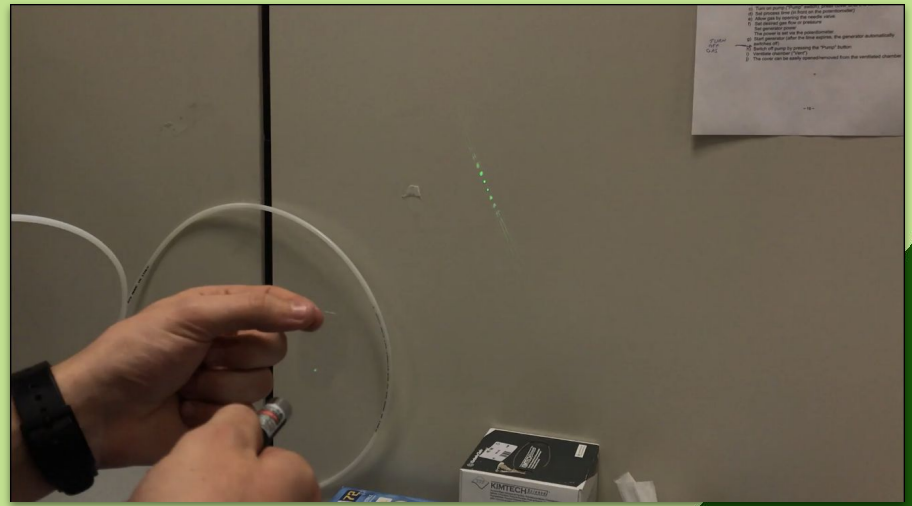
Ecco il risultato ottenuto:




KIMTECH


KIMTECH
reflex


KIMTECH


KIMTECH

Questa giornata è passata velocissima: è già ora di tornare a casa!

Grazie a tutti per l'attenzione, ma soprattutto grazie a CERIC-ERIC per l'opportunità e a Benedetta Marmiroli e Alessio Turchet che ci hanno accompagnati durante questa bellissima esperienza!

Alessia Bratta, Anna Salvadori, Federica Bertossi, Federico Cigolot, Federico Zampa, Filippo Domini Segat, Gabriele Gianuzzo, Giacomo Marangoni, Lisa Dao, Lorenzo Gamberini, Marco Pecol, Massimo Brugnola, Matteo Venir, Milena Zanor, Samuele Prati, Sofia Zuccolo.