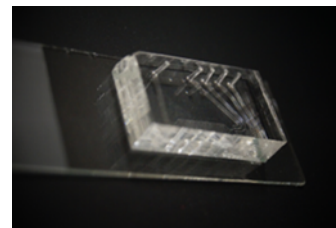
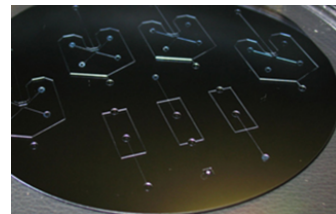


PIATTAFORMA DI MICROFABBRICAZIONE
Lab. 175 (Ed. P1)

MICROFABRICATION PROCESS:

1. Computer drawing to get the design.
2. Printing of a mask.
3. Lithography process:
 - Photoresist deposition
 - Baking or rest
 - UV exposure
 - Baking or rest
 - Development
4. PDMS preparation:
 - Mixing (PDMS/curing agent)
 - Degassing
 - Baking
 - Cutting and piercing
5. Bonding.



THE MOLD FABRICATION



THE PDMS REPLICATION



Riferimento: The Soft-photolithography process

ESEMPIO DI UNA SCHEDA DI PROCESSO



Process sheet

Resist name: SU8-2025

Thickness: 25 mm

1. Wafer Cleaning:

- 1) Rinse with acetone then IPA and dry with pressurized air.
- 2) Put the wafer 15 min at 120°C to remove all possible moisture on the surface, you can also do a small plasma 2 min at Hi power.
- 3) It's also possible to add an adhesion promoter or preliminary layer, in that case refer to the right process before to begin this one.

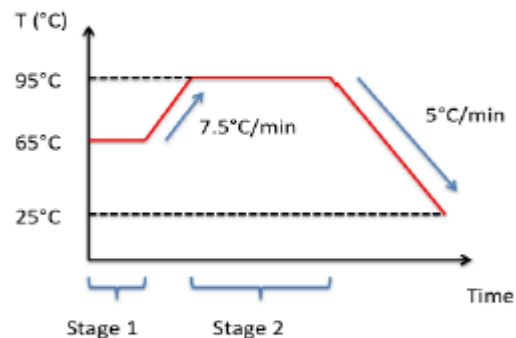
2. Spin coating: (use a volume of 5 mL for a 4 inches wafer)

Spread liquid Create thickness

Step	1	2
Speed	500 rpm	3000 rpm
Acceleration	100 rpm/s	300 rpm/s
Time	10 s	30 s

3. Soft Bake: **Remove solvent**

Stage	Temperature	Time
1	65°C	1 minutes
2	95°C	5 minutes



4. Exposure:

Exposure dose: 165 mJ/cm² (+10% if plastic photomask) 150+10% = 165

Equipment	Power	%	Exposure time
	186 mW.cm ⁻²	89	4 s

5. Post exposure bake: (following the same pattern as the soft bake)

Stage	Temperature	Time
1	65°C	1 minutes
2	95°C	5 minutes

6. Development:

Solution:

Time: min

Rinse: Isopropanol

Riferimento:
SU82000-ThinFilm;
SU82000-ThickFilm;
SU82000-VeryThickFilm.

FABBRICAZIONE MOLD: SU8 STATION

1. Wafer Cleaning

- Questo processo serve per rimuovere l'umidità e le impurezze presenti sul wafer di Si.
- Prendere il wafer di silicio dalla propria scatola con le pinze (**5795 4WF.SA**). Si suggerisce di inclinare la scatola a 45° in modo da evitare che i wafer si rompano. Richiudere la scatola contenente i wafer inclinandola di 45°.
- Il wafer va posizionato in un petri di metallo a disposizione nel laboratorio.
- Adagiare lentamente il wafer sulla **piastra riscaldante**.
- Accendere la piastra e impostare la T° di **120 °C** per **15 min**.
- Successivamente settare la T° della piastra riscaldante a 65°C (T necessaria per lo step successivo).

Riferimenti:

Application Note-Hot Plate;

video: 1_hotplate_1.MOV.

video: 2_start process_1.MOV

2. Spin Coating

Questo processo serve a diffondere il **photoresist** (SU8) sul **wafer** e creare il film di resina con uno spessore definito, su cui successivamente si stampa la maschera. Si usa il prodotto SU8- seguito da un numero a 4 cifre che indica il diverso spessore del film che si può ottenere. **SU8-2025** il numero "2025" indica che lo spessore del film che si ottiene è di **25 µm**. SU8 sono conservati al riparo dalla luce. Una volta utilizzato va chiuso con parafilm e rimesso a posto.

- Accendere lo **spin-coater** (pulsante sul retro).
- Aprire il **rubinetto dell'aria** (manopola blu) e controllare che il manometro segni **5 bar**.
- Aprire la **valvola dell'aria** e accendere la **pompa a vuoto**.
- Aprire anche la **valvola del vuoto** e controllare che tutte le altre connessioni a cui accede il tubo del vuoto siano chiuse.
- Aprire il coperchio dello **spin-coater** e togliere il vetrino protettivo dal centro.
- Settare il programma ("Set mode") e selezionare ("Run mode").
- Chiudere il vuoto dal touch screen. Prendere il **wafer** con le pinze dalla piastra e, con l'apposito **tool** (tipo forca). Cercare di allinearli al centro dello **spin-coater**. Mantenere il tool con il wafer alla stessa altezza dell'estremità in alto dello spin-coater (senza scendere sulla base), così che una volta acceso il vuoto il wafer aderisce perfettamente alla parte rotante dello spin. Contemporaneamente riaprire il vuoto per agevolare l'adesione.
- Chiudere il coperchio dello **spin-coater** e controllare che il wafer sia centrato e ben adeso, facendo partire la rotazione con il tasto **Start** per qualche secondo, poi stoppare premendo il tasto **Stop**.
- Se tutto è posizionato nel modo corretto (il wafer gira senza vibrazioni), selezionare il programma desiderato e controllare che i parametri siano quelli voluti, altrimenti cambiarli con il tasto **Edit Mode**. Siccome il processo è composto da 2 step, editare il primo (001/002) e poi il secondo (002/002).
- Premere il tasto **Run Mode**: nell'ultima riga dello schermo compaiono i messaggi di cosa non è ok. Es.: "Need vacuum" = apri il vuoto! Se compare "Ready", allora è pronto per partire.
- Premere il tasto **Start** e poi mettere subito in pausa (**Pause**). In questo modo si blocca il timer ma lo spin continua a girare questa è la **Modalità "Dynamic"**. Il wafer è pronto per la deposizione del **SU8**.

- Impostare la **pipetta** da 10 mL a **5 mL**. Siccome la resina **SU8** è un liquido molto viscoso, occorre tagliare il puntale di plastica con una lametta. È sufficiente tagliare **1.5 cm** di punta per il **SU8-2025** (2.0 cm per il 2075; niente taglio per il 2002). Soffiare aria compressa sul puntale per eliminare residui.
- Prelevare lentamente il **SU8**, impugnando la pipetta a 45°, una volta prelevato tutto il volume, mantenendola in posizione orizzontale farla ruotare leggermente per evitare che la resina sgoccioli. Lo **spin-coater** sta ancora girando.
- Inserire la pipetta nel foro centrale dello **spin-coater** in posizione perpendicolare al **wafer** e far scendere la resina lentamente e in modo continuo, senza toccare il **wafer**, così da creare un film più omogeneo possibile. Fermarsi appena prima dell'uscita dell'ultima goccia. Togliere la pipetta mantenendo la posizione perpendicolare. (Non preoccuparsi se rimane SU8 nella pipetta, il volume di 5 mL è una quantità più che sufficiente per coprire l'intera superficie del wafer).
- Premere di nuovo **Start** oppure **Pause** per far ripartire lo spin-coater, precedentemente messo in pausa. Coprire il foro dello **spin-coater** con un coperchio di metallo.
- Aprire il vuoto e il coperchio dello **spin-coater**, togliere il **mold** con le apposite pinze e posizionarlo sulla piastra settata alla temperatura desiderata. Nel caso in cui la piastra sia a una temperatura maggiore, aspettare che raggiunga quella settata, lasciando il **mold** nello **spin-coater** chiuso per evitare contaminazioni.

Riferimenti:

Application Note-Spincoater;

HowTo-SpinCoater;

video: 3_spincoat_1.MOV;

video: 4_spincoat_2.MOV;

video: 5_spincoat_3.MOV;

video: 6_spincoat_4.MOV;

video: 8_photores_1.MOV;

video: 9_photores_2.MOV;

video: 10_photores_3.MOV.

3. Soft Bake

- Mettere il **mold** sulla **piastra riscaldante** e impostare la Temperatura e il Timer in base alla **scheda di processo**.
- Posizionare sulla **piastra** un pezzetto di **PDMS** per poter appoggiare l'estremità del **wafer** e poi proteggerlo dalla luce coprendolo con il coperchio della petri di alluminio leggermente rialzato da una parte (non deve essere completamente chiuso per permettere l'evaporazione).

Riferimenti:

video: 12_softbak_1.MOV

Pulizia Spin-Coater

- Aprire le valvole di vuoto e aria.
- Accendere la pompa.
- Selezionare il programma "**Cleaner**", aprire il vuoto dal touch-screen e premere il tasto "**Start**" e poi "**Pause**" subito dopo.
- Utilizzando la spruzzetta (sotto cappa), spruzzare **acetone** nello **spin-coater** attraverso il foro centrale.
- Aprire il coperchio senza spegnere il vuoto e rimuovere, con un foglio di carta, l'eccesso di sporco rimasto attaccato, specialmente sul coperchio. Nel caso in cui il coperchio e le parti laterali dello **spin-coater** risultassero "appiccicose", ripetere la procedura con **acetone**. Evitare di toccare e di bagnare con acetone le fessure della parte centrale dello **spin-coater**.
- Chiudere il vuoto dal touch-screen e poi le valvole.

4. Exposure

Questo processo è necessario per creare la “**mask**” sulla resina mediante reticolazione dell'SU8 tramite UV.

- Accendere lo strumento **UV-KUB2** con il bottone sul retro.
- **Attenzione:** Il cassetto dello strumento si apre automaticamente toccando lo schermo con l'apposita pennina; non deve esserci nessun oggetto davanti all'area delimitata con adesivo nero.
- Posizionare il **mold** nell'apposito vano dell'**UV-KUB2** esponendo la superficie con SU8 verso l'alto.
- Posizionare sopra il **mold** la **maschera** prescelta. Nel caso delle maschere di plastica, la faccia “opaca” deve essere a contatto col **mold**.
- Sopra la maschera posizionare il vetro quadrato contenuto nella scatola di plastica posizionata sopra lo strumento con scritto **virgin mask**.
- Cliccare **Masking** (con la pennina sullo schermo) e inserire il valore dello spessore del substrato, ovvero: wafer di silicio 500 μm + photoresist (SU8-2025) 26 μm + plastic mask 75 μm = 600 μm .
Masking distance = 0. Per confermare cliccare **V** ed infine **Continue**.
Attenzione: rimettere sempre la pennina nel suo sito.
- Il cassetto si chiude automaticamente. Cliccare su **New Cycle** e poi **Continuous**.
- A seconda del tempo di esposizione, calcolare la percentuale di riduzione della potenza per poter impostare il giusto valore di esposizione in base a quello attuale.

Esempio per un film di 40 μm :

Tempo di esposizione, $t = E/P$

$E = 165 \text{ mJ/cm}^2$ (dose tabulata)

$P = 46.5 \text{ mW/cm}^2$ (potenza attuale della lampada misurata senza substrato inserito)

Quindi $t = 165/46.5 = 3.5 \text{ sec}$ (approssimato a 4 sec)

$E = P \times t = 46.5 \times 4 = 186 \text{ mJ/cm}^2$

$\text{In \%} = 165 \text{ mJ/cm}^2 \text{ (dose tabulata)} / 186 = 0.89 \times 100 = \mathbf{89\%}$

- Cliccare **Exposure** e **Check** se la posizione del substrato è giusta.
- Riaprire lo **UV-KUB2** e togliere il materiale: 1) riporre il vetro nella scatola **virgin masks**; 2) prendere la maschera utilizzata (ogni utilizzatore riprenderà la propria); 3) riporre il **mold** nella petri di metallo.

Riferimenti:

ApplicationNote-UVLamp_v2;

HowTo-UVLamp;

video: 13_UVLamp.MOV

5. Post Exposure Bake

- Si segue lo stesso procedimento del pto. 3 “Soft Bake”, ma questa volta coprendo totalmente il **mold** con il coperchio di metallo.

6. Development

Questo processo serve a rimuovere il materiale non reticolato.

- Mettere il **mold** stampato nel contenitore di vetro contenente **SU8-Developer**. La quantità deve essere tale da coprire bene la superficie del mold. Tappare con il “tappo di vetro” e fare dei movimenti circolari (tipo infinito), per permettere al solvente di bagnare tutta la superficie. Il tempo necessario è riportato sul datasheet. Nel caso di spessori di 25-40 μm il tempo è di 4-5 minuti.

- Prendere il **mold** dai bordi con le apposite pinze, tenendolo in verticale e bagnandolo delicatamente dall'esterno verso l'interno prima con fresh solution di **SU8-Developer** e successivamente con **isopropanolo**. (mai spruzzare i solventi perpendicolarmente al mold).
- Asciugare il **mold** usando aria compressa seguendo le stesse accortezze utilizzate per il lavaggio, ovvero tenete il **mold** in verticale, passando aria compressa dall'alto verso il basso, mai in direzione perpendicolare al **mold**.
- **Hard bake cure**: Posizionare il **mold** sulla **piastra** a 150 °C per 30 minuti.
- Riporre il **mold** nella scatola vuota per i wafer di Silicio, oppure in una petri.

Riferimenti:

Process SU8-2000 Thick film;

video: 14_dev_1.MOV;

video: 15_dev_2.MOV;

video: 17_dev_4.MOV

PDMS REPLICATION: PDMS STATION

1. Mixing PDMS e Curing Agent

- Accendere la **stufa** e settare la T a 80°C.
- Per pesare il PDMS usare un bicchiere di plastica o l'apposito contenitore (usa e getta). Le quantità di PDMS da usare dipendono dalla dimensione del **mold** e del suo contenitore. **Attenzione: non toccare strumenti e accessori con PDMS per evitare contaminazioni. Si devono usare solo i tools per il PDMS (contenuti nell'apposita scatola).**
- Pesare **PDMS e il curing agent** in un **rapporto 10:1**.
Generalmente, se il **mold** è contenuto in un foglio di alluminio, si usano 40-50 g PDMS + 5 g Curing Agent. Se si usa una petri da 20 cm, allora pesare circa 80 g di PDMS + 8 g di Curing Agent. Nel caso di petri piccole, pesare 15 g di PDMS + 1.5 g di Curing Agent.
- Mescolare tutto con una **bacchetta di vetro** (o cucchiaino di plastica usa e getta). Non appena terminato, pulire accuratamente la bacchetta di vetro.

2. Degassing

- Accendere l'**essiccatore** sottovuoto (pompa + valvola aperta) e far degassare il **PDMS** fino a che le bolle sono completamente sparite (circa **30 min**). La soluzione diventa trasparente.
- Prendere il **mold** dalla petri, passare leggermente aria compressa per rimuovere la polvere dalla superficie e metterlo su un **foglio di alluminio** modellato a forma di petri dish, o eventualmente usare direttamente una petri e depositare il **PDMS** con cautela evitando di formare bolle.

3. Baking

- Mettere il tutto in **stufa** per **2 ore** a **80 °C**. Non superare la T di 90 °C. Settare il timer per lo spegnimento automatico della stufa.
- Tolto dalla stufa, lasciarlo raffreddare. Con uno **scalpellino** incidere delicatamente i bordi per togliere via il foglio di alluminio, e staccare il **PDMS**. Questa operazione può essere agevolata bagnando con **isopropanolo**, se necessario.
- Una volta rimosso il PDMS, il **mold stampato** è riutilizzabile n volte. Conservarlo in una petri chiusa.

Riferimenti: *PDMS chips replication*;

video: 18_PDMS_1.MOV;

video: 19_PDMS_2.MOV

4. Cutting and piercing

- Appoggiare il **PDMS** sul piano di lavoro (cutting pad) e posizionarlo in modo da usare le linee dei quadretti come guida al taglio.
- Per il taglio usare sia lo **scalpello** che la **lametta**. Deve essere un taglio netto e profondo.
- Attaccare un pezzo di **scotch** sul pezzo tagliato, in modo da proteggere le fessure.
- Usare il **puncher** per fare i buchi del **chip** (non togliere lo scotch). Mettere il puncher perpendicolare al PDMS e con un colpo deciso fare i buchi. Successivamente, premere l'estremità superiore del puncher per eliminare il PDMS. (Tips! Per arrotondare puncher e forbici, tagliuzzare un foglio di alluminio.)
- La parte di **PDMS** stampata che non viene usata si copre con dello **scotch** a protezione delle fessure e si mette in una **petri**.

Riferimenti:

PDMS chips replication;

video:20_CUT_1.MOV;

video:21_CUT_2.MOV;

video:22_CUT_3.MOV

5. Bonding

- Prendere un vetrino portaoggetti e pulirlo attaccando/staccando lo scotch. Lo stesso va fatto con il chip di PDMS.
- Successivamente, posizionare **vetrino** e **chip** nella camera del **plasma cleaner**, con il design rivolto verso l'alto, la faccia del vetrino che va in contatto con il chip deve essere rivolta verso l'alto (tipo sandwich). Il chip si attacca al vetrino in modo che i fori siano esposti verso l'alto. Se non si usa subito coprire il chip con lo scotch.
- Mettere i campioni nella camera, chiudere lo sportello e accendere i tools: pulsante del controller della pressione nella camera (Equinox) e il pulsante rosso in basso sulla destra del **plasma cleaner**.
- Accendere il vuoto, premere leggermente lo sportello per portarlo a tenuta.
- Girare la valvola in senso antiorario (verso sinistra) e aspettare che il valore della pressione all'interno raggiunga i **0.5 Torr**.
- Quando si è raggiunto il valore ottimale del vuoto, accendere il **plasma** ruotando la manopola in alto a destra in senso orario (fino all'ultima tacca).
- Controllare che ci sia luce viola nella camera, e finalmente settare il cronometro per 2 minuti.
- Quando il processo è terminato, spegnere il plasma.
- **Importante: prima di spegnere la pompa del vuoto, si apre la valvola girandola in senso orario (verso destra), così entra aria nella camera; successivamente si spegne il vuoto. Questo step è fondamentale per evitare che entri olio nella camera.** La pressione nella camera inizia a salire.
- Aprire lo sportello e mettere in contatto le due facce esposte al plasma del vetrino portaoggetti e del chip di PDMS (tipo sandwich) per chiudere i canali.
- In ultimo, mettere il chip sul vetrino in stufa a **80°C** per **15 minuti**.

Riferimenti:

ApplicationNote-PlasmaCleaner;

ApplicationNote-PlasmaCleaner_v2;

HowTo PlasmaHarrick_equinox;

video: 23_Plasma_1.MOV;

video: 24_Plasma_2.MOV;

video: 25_Plasma_3.MOV;

video: 26_Plasma_4.MOV;

video: 27_Final.MOV