



真空之定義

真空(Vacuum)表示Empty或Nothing

在真空技術裡，真空定義為：

【1】在一空間中其內部之氣體分子，利用外力將其排除所形成之物理狀態。

【2】空間內氣體分子所產生的壓力比大氣壓小者稱之為真空。

在真空技術中，一密閉容器雖保持真空，但並非真正的空，也就是說真空並不表示容器內部全無氣體分子；事實上以目前之技術所及的超高真空狀態，其中仍有為數可觀之氣體分子存在。



真空之分類

真空技術中，將真空依壓力大小分為四個區域

1. 粗略真空(Rough Vacuum) 760 ~ 1 torr \ 黏滯流
2. 中度真空(Medium Vacuum) $1 \sim 10^{-3}$ torr \ 過渡流
3. 高真空(High Vacuum) $10^{-3} \sim 10^{-7}$ torr \ 分子流
4. 超高真空(Ultra-high Vacuum) 10^{-7} ~ torr 以下 \ 分子流



真空使用之單位



- 一、M.K.S. 制為Newton/m², 定義為1 pascal
=1 pa=1 Newton/m²
- 二、C.G.S. 制為Dyne/cm²，定義為1 bar
=1x10⁶ Dyne/cm²
- 三、F.P.S. 制為Pound/in²(PSI)
- 四、1 Torr=1/760 atm=1mm Hg

潘正堂 Lab • 微奈米系統實驗室



單位之間之換算



	Torr	Passcal	Bar	Atm
1 Torr	1	1.333332x10 ²	1.3332x10 ⁻³	1.3158x10 ⁻³
1 pascal(pa)	7.5006x10 ⁻³	1	10.x10 ⁻⁵	9.8692x10 ⁻⁶
1 bar	7.5006x10 ²	1.0x10 ⁵	1	0.98692
1 atm	760	1.0133 x10 ⁵	1.0133	1

760 Hgmm 1x10⁵ Pa 1 bar 1 atm
or 1 kg/cm² or 14.7 PSI



真空幫浦

定義：

凡能將一特定空間內之氣體去除，以減低氣體分子數目，造成某種程度之真空狀態之機件，統稱為真空幫浦。

幫浦主要分類：

排氣式：將氣體由特定空間內去除並排出至大氣。

除氣式：欲除去之氣體不排至大氣，而利用物理或化學作用永久或暫時性吸附在系統內。



機械幫浦.

工作壓力範圍：

粗略真空→中度真空

$10^{-2} \sim 10^{-3}$ Torr

抽氣速率：轉子之轉速

約120 ~ 2000 l/min

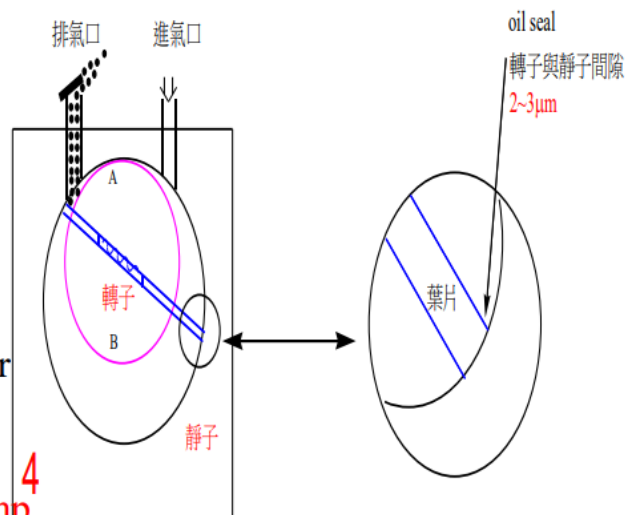
壓縮比：

$10^5 = 760/P$

$P = 10^{-5} \text{ atm} = 10^{-2} \sim 10^{-3} \text{ Torr}$

用途：低真空抽氣作為

Diffusion Pump、Roots Pump、Turbomolecular Pump
之前置幫浦。



迴轉油墊幫浦(rotary oil-sealed pump)
潘正堂 Lab·微奈米系統實驗室



薄膜沉積

將薄膜覆蓋在晶片上所需要的技術,便是所謂的薄膜沉積(Thin Film Deposition)及薄膜成長(Thin Film Growth)等技術。

沉積-是指薄膜形成的過程中,並不消耗晶片或底材的材質。

成長-則指底材的表面材質,也是薄膜的形成部份元素之一。



真空與薄膜沉積關係

在進行薄膜沉積(thin film deposition)製程時,應對於製程特性加以選擇沉積環境,例如使用蒸鍍的方式來沉積薄膜,若沉積時腔體的壓力過高(亦即指未達高真空),則當電子束打向蒸鍍材料時,材料被加熱至熔化的溫度,並且使原子蒸發,就在原子脫離材料表面在到達基材之前,就會因分子平均自由動徑過小,而發生散射(scattering)現象。一旦發生散射現象過於頻繁時,所沉積的薄膜就無法達到預期的品質,並且也可能導致薄膜性質的改變。因此,在進行蒸鍍薄膜製程時,必須將腔體可達到的背景壓力(base pressure)與真空蒸著時之氣壓壓力列為必要考量的因素。



薄膜沉積

薄膜沉積依據沉積過程中，是否含有化學反應的機制，可以區分為物理氣相沉積（Physical Vapor Deposition，簡稱PVD）通常稱為物理蒸鍍，及化學氣相沉積（Chemical Vapor Deposition，簡稱CVD）通常稱為化學蒸鍍。

PVD與CVD的差別在於：PVD的吸附與吸解是物理性的吸附與吸解作用，而CVD的吸附與吸解則是化學性的吸附與吸解反應。

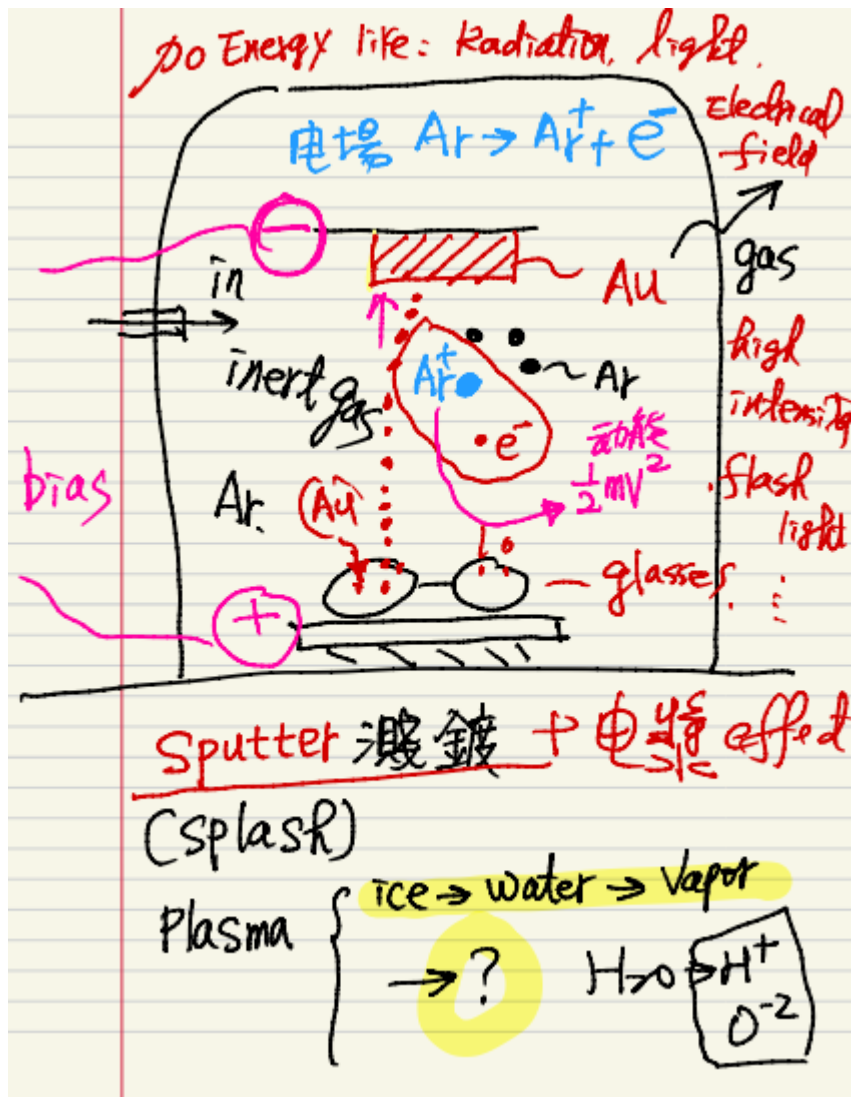
$$1 \text{ hair } \phi \approx 100 \mu\text{m} = 100,000 \text{ nm}$$

潘正堂 Lab · 微奈米系統實驗室



薄膜沉積機制說明

- 1. 原子到達基板縱向動量發散，吸附(adsorption)在基板上。
- 2. 原子會因基材表面遷移，有些會脫附(desorption)至真空在基板上起化學反應。
- 3. 這些薄膜構成原子持續在基板表面作擴散運動，這個現象稱為吸附原子的表面遷徙 (surface migration)。
- 4. 易於孕核處結合而形成原子團，此過程稱為成核 (nucleation)。
- 5. 無法與基板鏈結的原子與基板脫離成為自由電子，此過程稱為吸解。



薄膜的微細結構 (Microstructure)

1. 基板的影響：薄膜成長模式、表面清潔程度、晶格常數和熱膨脹係數之匹配。
2. 成長條件的影響：薄膜成長速率、到達原子的能量、外來能量(如電漿、光束、離子束等)。



PVD技術分類

在半導體製程的發展上, 主要的PVD技術分為下列兩種:

1. 蒸鍍(Evaporation): 藉著對被蒸鍍物體加熱, 利用被蒸鍍物在高溫(接近其熔點)時所具備的飽和蒸氣壓, 來進行薄膜的沉積。
2. 濺鍍(Sputtering): 是利用電漿所產生的離子, 藉著對被濺鍍物體電極(Electrode)的轟擊(Bombardment), 使電漿的氣相具有被鍍物的粒子(如原子), 來產生沉積薄膜。

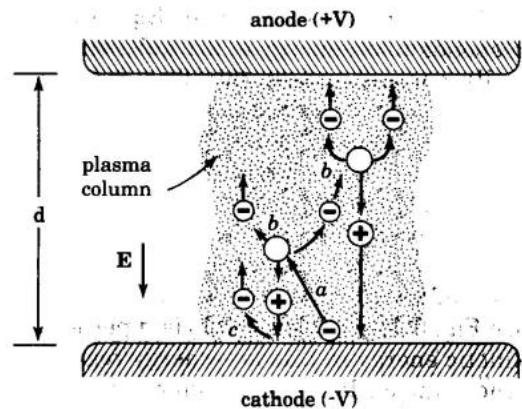


濺鍍製程原理

1. Ar 氣體原子的解離



2. 電子被加速至陽極, 途中產生新的解離。
3. Ar離子被加速至陰極撞擊靶材, 靶材粒子及二次電子被擊出, 前者到達基板表面進行薄膜成長, 而後者被加速至陽極途中促成更多的解離。



濺鍍製程技術的特點

- 成長速度快
- 大面積且均勻度高
- 附著性佳可改變薄膜應力
- 金屬或絕緣材料均可鍍製
- 適合鍍製合金材料

PVD製程比較

性質 方法	沉積速 率	大尺寸厚 度控制	精確成份 控制	可沉積材 料之選用	整體製造成 本 (COO)
蒸鍍(Evaporation)	極慢	差	差	少	差
分子束磊晶成長(MBE)	極慢	差	優秀	少	差
濺鍍(Sputter)	佳	佳	佳	多	優秀

CVD介紹



CVD是利用化學反應的方式，在反應室內，將反應物(通常為氣體)生成固態的生成物，並沉積在晶片表面的一薄膜沉積技術。因為這種薄膜沉積方式涉及化學反應，故以CVD稱之。

CVD在半導體製程中，最重要且主要的薄膜沉積工具不像PVD的應用大都侷限在金屬薄膜的沉積上，舉凡所有半導體所需的薄膜，不論是導體、半導體或是介電材料(Dielectrics)，都可以藉CVD法來進行配置。

四、補充資訊與問題討論

1. CVD 與 PVD 的優缺點。

PVD 的優點：

- 1.1 成本較低：相對於 CVD，PVD 的設備成本和運營成本較低。
- 1.2 適用於廣泛材料：PVD 適用於大多數固體材料的沉積，包括金屬、陶瓷和半導體材料。
- 1.3 適用於高溫基材：PVD 可以在較低的溫度下進行，因此適用於高溫敏感的基材。

PVD 的缺點：

- 2.1 成膜速率低：PVD 的成膜速率比 CVD 低，生產效率較低。
- 2.2 均勻性差：PVD 在沉積大型基材或複雜形狀的表面時，均勻性可能較差。
- 2.3 厚度控制難度較大：控制薄膜的厚度較 CVD 難度大，需要更精密的控制。

CVD 的優點：

- 3.1 均勻性好：CVD 可以在整個基材表面均勻地沉積薄膜，包括複雜形狀的表面，因此具有很高的均勻性。
- 3.2 成膜速率高：CVD 的成膜速率比 PVD 高，可大幅減少生產時間。
- 3.3 控制薄膜厚度容易：通過調節反應條件（如反應溫度、氣相前體濃度和沉積時間），可以精確控制薄膜的厚度。
- 3.4 化學反應性強：CVD 可以利用化學反應在基材表面上沉積薄膜，使其與基材有更好的附着力。

CVD 的缺點：

- 4.1 成本高：CVD 需要控制較高的溫度和壓力，並使用氣相前體，因此相對於 PVD 來說，設備成本和運營成本較高。
- 4.2 需要複雜的設備：CVD 需要複雜的設備來控制反應條件，包括加熱系統、氣體供應系統和真空系統。
- 4.3 有害氣體排放：在某些 CVD 過程中會產生有害氣體，需要妥善處理以防止對環境造成污染。

2. CVD 與 PVD 的差異。

PVD 的吸附與吸解是物理性的吸附與吸解作用，而 CVD 的吸附與吸解則是化學性的吸附與吸解反應。

3. 影響濺鍍產率的因素有那些？

入射離子的種類。

入射離子的能量。

入射離子的流通量。

入射離子的角度。

入射離子的質量與靶材原子之質量比。

靶材原子之間的鍵能。

Basic Principle

- PVD (Physical Vapor Deposition)
 - 不涉及化學反應，而是以物理機制(相變化: 氣體→電漿)來進行薄膜沉積的製程技術。
 - 原理:
 - 通入惰性氣體 (ex: Ar) 到真空環境中並施加高電壓使其電漿化而游離成 Ar^+ ，經由電場加速後撞擊位於陰極的靶材 (Ag、Cr...)，擊出靶材的原子並沉積在欲鍍物上。



重點整理

- 濺鍍優點

- 附著性佳
- 均勻度高
- 沉積速度快
- 金屬或絕緣材料均可以鍍製

- 使用Ar優點

- 易取得
- 不容易產生化學反應
- 質量夠大，能夠有效轟擊靶材

2. 為什麼濺鍍要使用惰性氣體？並舉出 3 項優點。(請分兩小題回答)。

濺鍍過程中使用惰性氣體的主要目的是保護濺鍍目標物和濺鍍設備，同時提高濺鍍的效率和品質。

優點:

防止氧化和污染：惰性氣體不容易產生化學反應。如果濺鍍過程暴露在空氣中容易使材料氧化或污染。惰性氣體可以有效的隔離濺鍍目標物和空氣，防止氧化及污染。

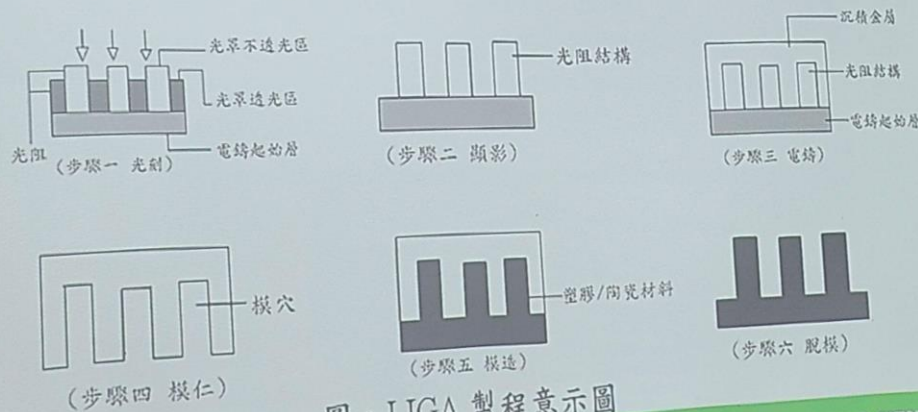
維持真空環境：濺鍍通常在真空環境下進行，以確保濺鍍膜均勻性。惰性氣體被用來填充濺鍍室，在真空環境中提供壓力平衡，防止空氣或其他雜質進入濺鍍室。

提高濺鍍效率：惰性氣體可以幫助提高濺鍍效率。通過在濺鍍過程中將惰性氣體注入濺鍍室，可以調節濺鍍蒸汽的行動軌跡，從而提高濺鍍速率和均勻性。

電鑄技術簡介

在微機電裡的微光刻電鑄技術(LIGA)中，可以完成結構之高深寬比及任意曲面加工的需求，其技術並可有非常高的精度而且可大量製造，對於應用在未來光電和光通訊產業上會有很大的幫助。傳統的車、銑、磨、鑽等機械加工方式已經無法滿足精密微結構模具的製造，故精密電鑄製程的應用已經日益受到重視。

電鑄(electroforming)製程就是把原型母模放在陰極上，利用電鍍(electroplating)原理沉積至適當的厚度，再使其與母模脫離，這種製程可以生產各種金屬模具和精密零組件。



圖、LIGA 製程示意圖

1. 電鑄與電鍍的差異與基本原理，請畫圖以及解釋。

電鑄：電鑄技術的基本原理，是通過電解過程使金屬離子沉積於母模上，運用其技術將母模附著金屬外，再依產品需求選擇後續加工。電鑄沉積層是由金屬離子堆積而成，能完整包覆母模且呈現其造型。電鑄技術是將母模表面附著一層導電質後連接於陰極，並浸漬於電鑄液中，將金屬材料置放於陽極鈦籃中，導入直流電後即可

電鍍：利用電解原理，將一種 A 金屬（擬鍍物）鍍到另一種 B 金屬或導體（被鍍物）的表面上，以形成一層 A 金屬外殼的方法，稱為電鍍。電鍍的目的是保護內部金屬，防止生鏽，以及使物體表面有光澤，增加美觀。電鍍時通入的電流必為直流電，且電鍍液為含有擬鍍金屬的鹽類溶液。

	電鍍	電鑄	濺鍍
沉積方法	化學沉積	化學沉積	物理沉積
沉積厚度	薄	厚	薄
適用材料	導電材料	導電、非導電材料	導電、非導電材料
注重特點	表面光滑性、抗 耐磨、耐腐蝕性	金屬物理性質與 機械性質	不產生化學反應
沉積時間	中	長	短

2. 電鑄技術之最主要目的及優缺點。(至少三點)

優點：

可由電鑄液成份來調整電鑄材質及其機械性質。

成形試片不會受到幾何形狀限制。

可用於少量及大量製造缺點。

缺點：

操作時間長。

調配電鑄液與製程需要一定的熟度。

Why is soft lithography ?

優點：

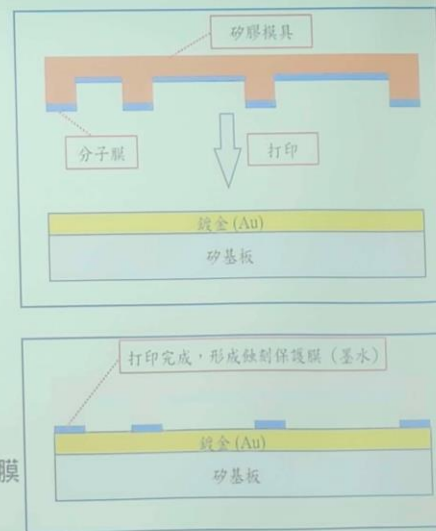
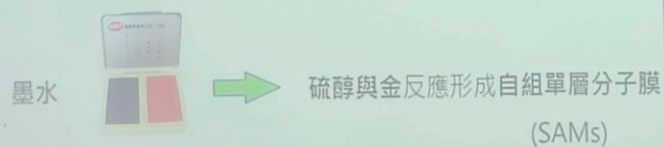
- 製程簡單 (室溫、低壓、非無塵室)、便宜，且解析度可達 10~100 nm。
- 矽膠模具可撓性，平面及曲面皆可進行投影。
- SAMs 薄膜分子具有選擇性，可應用於生物測定及化學檢測。

缺點：

- 模具易變形，影響解析度。
- 不適用於疊層之微晶片 (解析度不夠)。

What is soft lithography ?

軟微影 (微觸壓印)：以鑄模打印 (蓋印章) 方式對矽基板微影。



四、補充資訊與問題討論

1. 矽膠有哪些特點？

高彈性和柔韌性、耐高低溫、生物相容性、耐化學性、電絕緣性能、透氣性、耐老化性、環保

2. 軟微影的特點有什麼？

優點：

製程簡單 (空溫、低壓、非無塵室)、便宜，且解析度可達 10~100 nm

矽膠模具可撓性，平面及曲面皆可進行投影

SAMs 薄膜分子具有選擇性，可應用於生物測定及化學檢測

缺點：

模具易變形，影響解析度

不適用於疊層之微晶片 (解析度不夠)

3. 矽膠的應用有哪些？

醫療和衛生用品：用於製作醫療器械、假肢、導管、嬰兒奶嘴等。

食品和飲料行業：製作烘焙模具、廚具、餐具、密封墊等食品級產品。

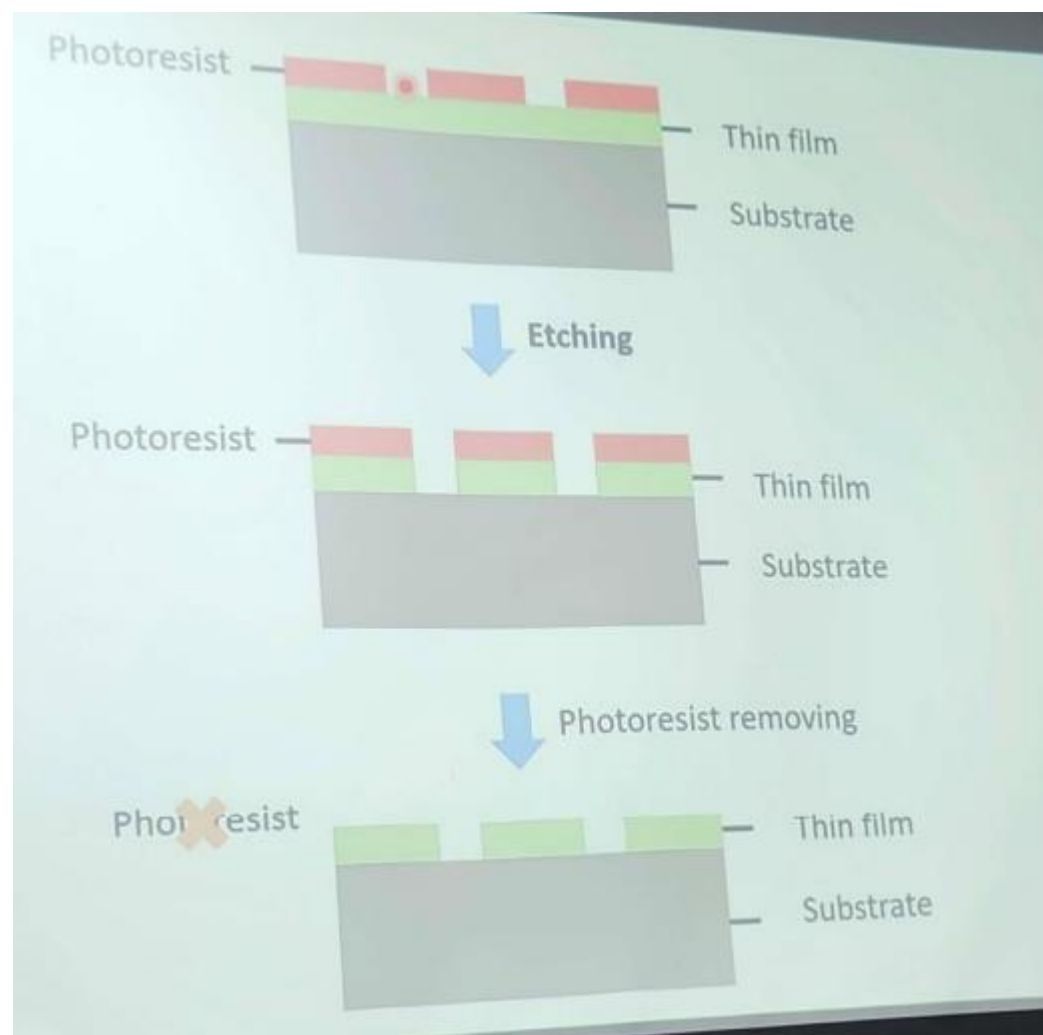
電子和電氣行業：用於製作密封墊圈、絕緣材料、鍵盤按鍵等。

工業和建築：用於密封劑、墊圈、模具製作等。

日常用品：製作手表帶、泳帽、手機殼等。

4. 日常使用的矽利康是與空氣中的什麼來進行硬化反應呢？

日常使用的矽利康是與水分進行硬化反應。這類矽利康一般是單組分的室溫固化矽膠 (RTV-1)，當暴露在空氣中的濕氣時會開始交聯反應，從而固化形成彈性體。





備用其說明問題時

1. 乾、濕式蝕刻的差異

性質	乾式蝕刻	濕式蝕刻
均勻性	電漿均勻性最好	
選擇性	低	高
方向性	非等向性	等向性
蝕刻速度	慢	快
成本	高	低