

**Prof. Abdelhamid Benhaya**

Directeur du Laboratoire  
d'Electronique Avancée (LEA)

Responsable Salle Blanche

Département d'Electronique

Faculté de Technologie

Université Batna 2

Rue Chahid Boukhrouf

Mohamed El-Hadi

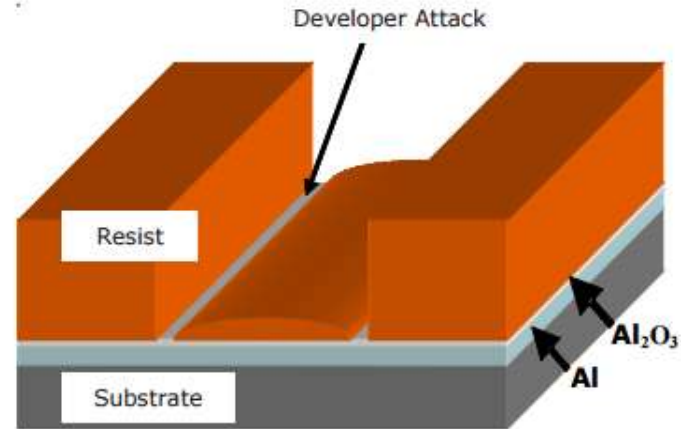
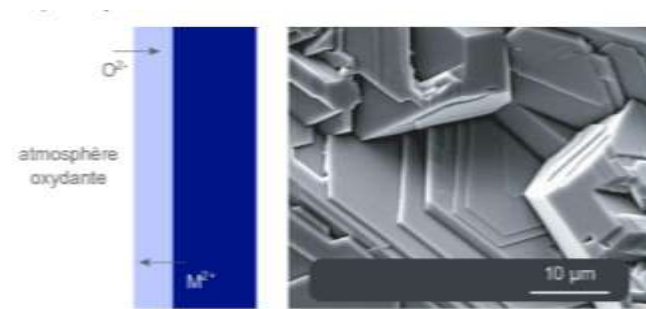
05000 Batna, Algérie

e-mail:

[a.benhaya@univ-batna2.dz](mailto:a.benhaya@univ-batna2.dz)

[benhaya\\_abdelhamid@yahoo.fr](mailto:benhaya_abdelhamid@yahoo.fr)

Tel: +213 (0)7 73 87 37 84



# COUCHE MINCES

## ASPECTS PRATIQUES

# BIBLIOGRAPHIE

- 1) C.Y. CHANG and S.M. SZE, ULSI Technologie, McGraw-Hill, 1996.
- 2) Krishna Saraswat, Cleanliness, contamination and chemical handling in the Stanford Nanofabrication Facility, Stanford University
- 3) Peter Van Zant, Microchip Fabrication, McGraw-Hill, 2004





# COUCHE MINCES

## **ASPECTS PRATIQUES**

**Choix et préparation des Substrats**

# COUCHES MINCES

## ASPECTS PRATIQUES

### Choix du substrat

Le choix des substrats dépend de plusieurs facteurs:

- Application envisagée;
- Compatibilité thermique (accord de dilatation thermique de manière à minimiser les contraintes à l'interface couche- substrat);
- Qualité des couches déposées (adhérence, structure,...)
- Les techniques de caractérisation retenues pour explorer les propriétés des couches réalisées (substrats en verre s'adaptent bien pour la caractérisation optique des couches déposées);
- Economique (réduction du prix de revient).



# COUCHES MINCES

## ASPECTS PRATIQUES

### Exemple de substrats utilisés

Parmi les substrats les plus utilisés, on cite:

#### Lame de verre

#### Caractéristiques:

- Boîtes de 50 à 100 lames;
- Dimensions standards :
  - Lxl:26 x 76 mm
  - Épaisseur du verre  $1,0 \pm 0,05$  mm
- Matériaux: Verre flotté (verre sodo-calcique)



# COUCHES MINCES

## ASPECTS PRATIQUES

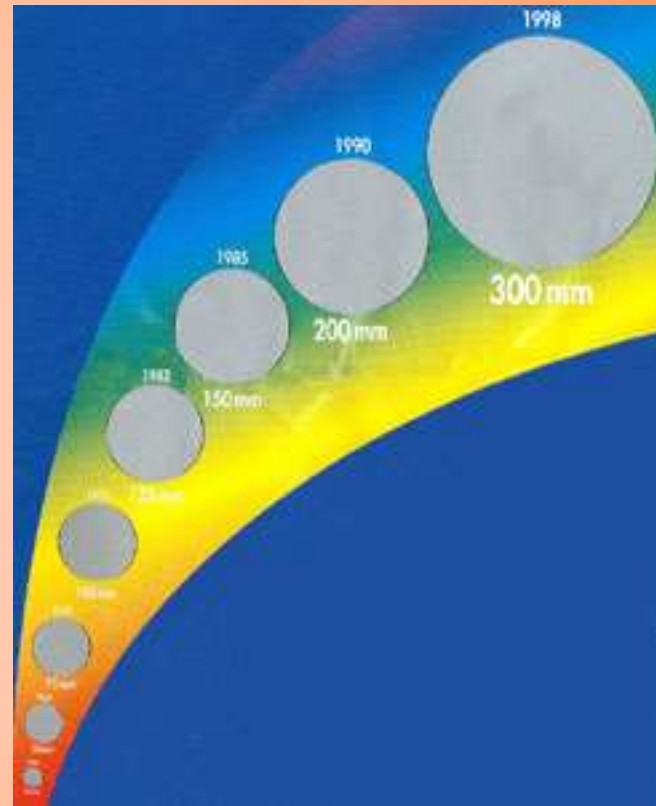
### Exemple de substrats utilisés (suite):

Plaquettes de silicium

### Caractéristiques:

- Matériaux: Silicium (Si)
- Dimensions standards :
  - Diamètre: 1", 2", 3", 4", 5", 6", 7", 8" et 12".
  - Épaisseur : 300-700  $\mu\text{m}$  (0.3 à 0.7 mm)

Selon diamètre (plus le diamètre est grand,  
plus la plaquette est épaisse)

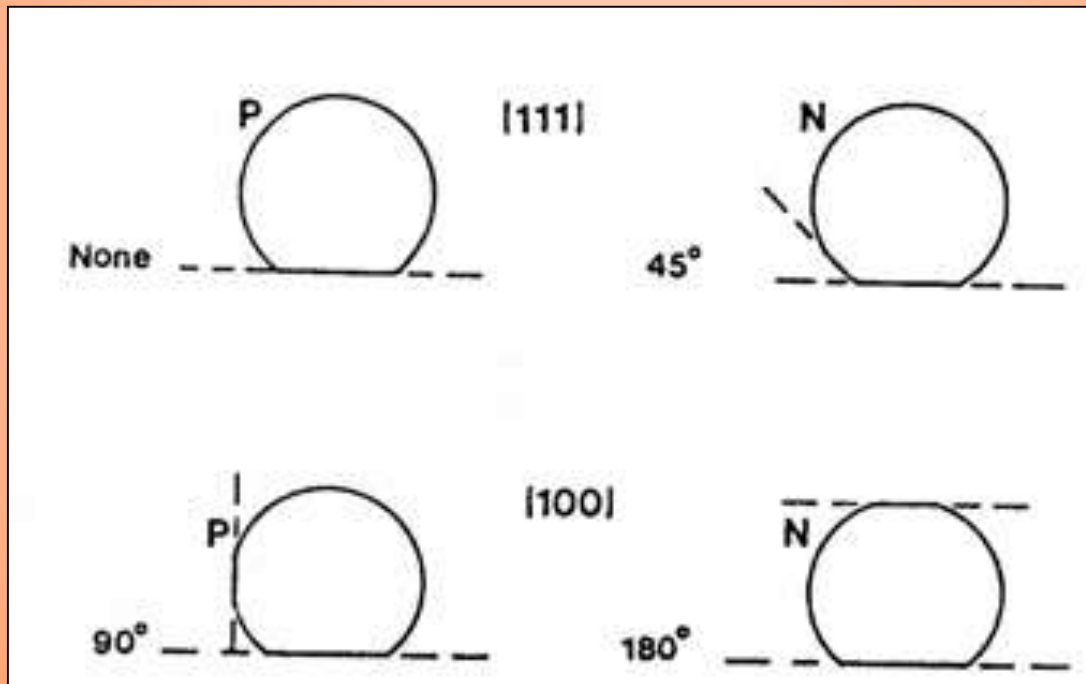


# COUCHES MINCES

## ASPECTS PRATIQUES

### Conventions pour l'orientation et le type des plaquettes de silicium

- L'orientation et le type des plaquettes doivent être connus pour éviter les erreurs au cours des procédés de préparation.
- Les conventions adoptées sont illustrées par la figure ci-dessous.



# COUCHES MINCES

## ASPECTS PRATIQUES

### Nettoyage des substrats

#### Pourquoi le nettoyage?

Le but du nettoyage est d'enlever les contaminants tels que :

- La matière organique;
- Les particules;
- Les métaux (Ions);
- L'oxyde natif.





# COUCHES MINCES

## ASPECTS PRATIQUE

### Sources et effets de contaminants

<b>Contaminants</b>	<b>Sources</b>	<b>Effets</b>
<b>Organiques</b> - Huiles de la peau - Photoresist - Polymères	Air ambiant, boîtes de stockage résidu de photoresist	Vitesse d'oxydation, Propriétés d'Interface
<b>Métaux</b> - Ions alcalins - Métaux lourds et métaux de transition	Nouvelles plaquettes, produits chimiques, gravure par plasma, équipement	Champ de claquage, fuite, Vitesse d'oxydation, Propriétés d'interface, durée de vie
<b>Oxyde natif</b>	Air ambiant, produits chimiques	Oxyde d'interface de haute constante diélectrique
<b>Microrugosité</b>	Produits chimiques, gravure	Champ de claquage, fuite, mobilité



# COUCHES MINCES

## ASPECTS PRATIQUE

### Nettoyage des substrats en verre

Il existe plusieurs recettes, parmi lesquelles on vous a choisi la suivante:

- Nettoyage dans un bac à ultrason avec un savon commercial pendant 20 mn;
- Rinçage avec de l'eau dés-ionisée chauffée vers 90°C;
- Nettoyage dans un bac à ultrason avec de l'acétone pendant 20 mn;
- Rinçage avec de l'eau dés-ionisée chauffée vers 90°C;
- Nettoyage dans un bac à ultrason avec de l'IPA ou l'éthanol pendant 20 mn;
- Rinçage avec de l'eau dés-ionisée chauffée vers 90°C;
- Séchage sous un jet d'azote.



# COUCHES MINCES

## ASPECTS PRATIQUE

### Nettoyage des substrats en silicium

Il existe un procédé de nettoyage standard appelé **RCA cleaning** développé par Kern et Puotinen en 1960.

Ce procédé se compose de trois étapes:

**Etape 1:** Standard cleaning 1 (**SC1**) pour éliminer les contaminants organiques;

**Etape 2:** Standard cleaning 2 (**SC2**) pour éliminer les contaminants métalliques;

**Etape 3:** Décapage de l'oxyde natif.



# COUCHES MINCES

## ASPECTS PRATIQUE

### Nettoyage des substrats en silicium

#### Standard cleaning 1 (SC1)

##### 1. Produits chimiques utilisés

- $\text{H}_2\text{O DI}$  (eau désionisée) ;
- $\text{H}_2\text{O}_2$  (eau oxygénée);
- $\text{NH}_4\text{OH}$  (hydroxyde d'ammonium).

##### 2. Quantités

- $\text{NH}_4\text{OH}(29\%) - \text{H}_2\text{O}_2(30\%) - \text{H}_2\text{O DI} \rightarrow (1 : 1 : 5)$  ou  $(1 : 2 : 7)$

3. Température : 70-80 °C.

4. Durée : 15 min.



# COUCHES MINCES

## ASPECTS PRATIQUE

### Nettoyage des substrats en silicium

#### Standard cleaning 2 (SC2)

##### 1. Produits chimiques utilisés

- $\text{H}_2\text{O}$  DI (eau désionisée) ;
- $\text{H}_2\text{O}_2$  (eau oxygénée);
- $\text{HCl}$  (acide chlorhydrique).

##### 2. Quantités

- $\text{HCl}(37\%) - \text{H}_2\text{O}_2(30\%) - \text{H}_2\text{O DI} \rightarrow (1 : 1 : 6)$  ou  $(1 : 2 : 8)$

3. Température : 70-80 °C.

4. Durée : 15 min.



# COUCHES MINCES

## ASPECTS PRATIQUE

### Nettoyage des substrats en silicium

### Décapage de l'oxyde natif

#### 1. Produits chimiques utilisés

- H<sub>2</sub>O DI (eau dés-ionisée) ;
- HF (acide fluorhydrique, 49%).

#### 2. Quantités

- HF - H<sub>2</sub>O DI → (1 :30) (selon la concentration voulue, généralement HF de concentration 1-5%)

3. **Température :** température ambiante.

4. **Durée :** 15 s\*.

\*N.B.: Profiter de la propriété hydrophile du silicium pour détecter l'élimination de l'oxyde natif.



# COUCHES MINCES

## ASPECTS PRATIQUE

### Nettoyage des substrats en silicium

#### Autres procédés de nettoyage

Certains laboratoires ont développé leur propre procédé de nettoyage. Par exemple, on remplace SC1 et SC2 par les deux étapes suivantes:

- SC1 est remplacé par un **nettoyage utilisant  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (96%) chauffé vers 140 °C pendant 3 mn;**
- SC2 est remplacé par un nettoyage utilisant un **mélange de  $\text{HNO}_3$  (69%) et  $\text{HCl}$  (37%) (1 :1) à T ambiante pendant 3 mn.**



# COUCHES MINCES

## ASPECTS PRATIQUES

### Nettoyage des substrats en silicium

#### Nettoyage avec le mélange PIRANHA

Le mélange PIRANHA est un mélange à concentration variable de  $\text{H}_2\text{O}_2$  et  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dans des proportions 1:2, 1:3, 1:4, 1:5 ou 1:7 .

- C'est une **réaction très exothermique** (plus de  $100^\circ\text{C}$ ).
- Son nom vient du fait qu'elle attaque rapidement tout ce qui est organique.
- La réaction peut s'emballer avec un apport trop grand de composés organiques, provoquant ainsi d'immenses quantités de chaleur et de gaz, et **pouvant entraîner une explosion.**



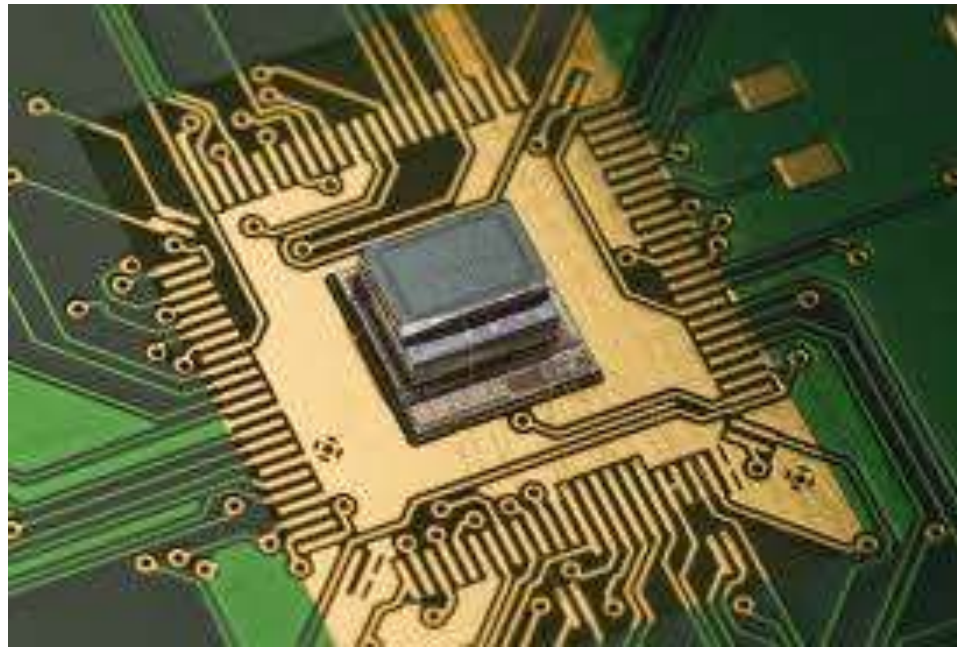


# COUCHES MINCES

## ASPECTS PRATIQUES

Silicium	Germanium
Non toxique et abondant (extrait de $\text{SiO}_2$ . Il constitue plus de 50 % de la croûte terrestre).	Non toxique mais moins abondant.
L'oxyde $\text{SiO}_2$ est stable.	L'oxyde $\text{GeO}_2$ est soluble dans l'eau et se dissocie vers $800^\circ\text{C}$ .
$E_g=1.12 \text{ eV}$ .	$E_g=0.7 \text{ eV}$
Caractéristique électriques stables jusqu'à $150^\circ\text{C}$ .	Caractéristique électriques stables jusqu'à $85^\circ\text{C}$ .
$\mu_n=1400 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ $\mu_p=500 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$	$\mu_n=3900 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ $\mu_p=1900 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$





# COUCHES MINCES

**Applications en Technologie des Semi-conducteurs**

# COUCHES MINCES

## ASPECTS PRATIQUES

**Les différentes étapes pour réaliser un dispositif ou un circuit intégré**

### **1<sup>ère</sup> Etape: Conception**

**Avant de commencer la fabrication d'un dispositif ou d'un circuit, il faut :**

- Déterminer l'architecture du dispositif ou du circuit à réaliser ;
- Disposer de toutes les données technologiques sur le procédé de fabrication (Règles de conception);
- Etre en mesure de vérifier la capacité du dispositif ou du circuit à remplir sa fonction avant la réalisation.

### **2<sup>ème</sup> Etape: Réalisation**

- **Nettoyage standard**
- **Oxydation**
- **Lithographie**
- **Gravure**
- **Dopage**
- **Métallisation**

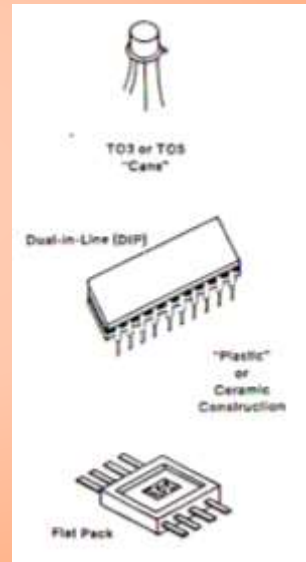
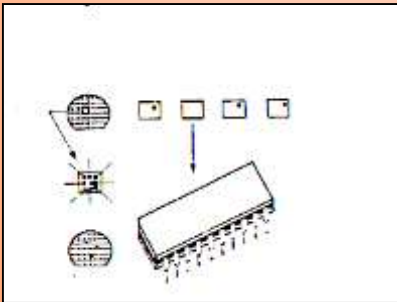
### **3<sup>ème</sup> Etape: Découpe et encapsulation**



# COUCHES MINCES

## ASPECTS PRATIQUES

A la fin du procédé, le wafer contient plusieurs puces qu'il faut tester, séparer et enrober.



## Encapsulation

La puce ou le dispositif obtenue est :

- Vulnérable à la contamination,
- Dépourvue de connexion;

**Il faut donc:**

- Enrobage ( placer la puce dans un boîtier),
- Réaliser des contact (connexion entre les parties métallisées de la puce et les broches du boîtier).



# COUCHES MINCES

## ASPECTS PRATIQUES

### EXEMPLE: RÉALISATION D'UNE RÉSISTANCE

#### 1. Plaquette de silicium



#### 2. Oxydation de la surface de la plaquette



#### 3. Etalement de la photorésist



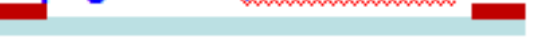
#### 4. Insolation de la photorésist



#### 5. Développement de la Photorésist



#### 6. Décapage de la photorésist



#### 7. Dopage



17/04/2015

#### 8. Oxydation



#### 9. Etalement de la photorésist



#### 10. Insolation de la photorésist



#### 11. Développement de la Photorésist



#### 12. Enlèvement de la photorésist



#### 13. Métallisation



#### 14. Gravure pour limiter les contacts



# COUCHES MINCES

## ASPECTS PRATIQUES

### EXEMPLE: RÉALISATION D'UNE RÉSISTANCE

#### Remarque:

A l'étape 11. (Développement  
Photorésist), au lieu de:



Avec condition:  
épaisseur résine  $\geq 3$  épaisseur métal

• Nous avons en réalité:



Après métallisation on aura::



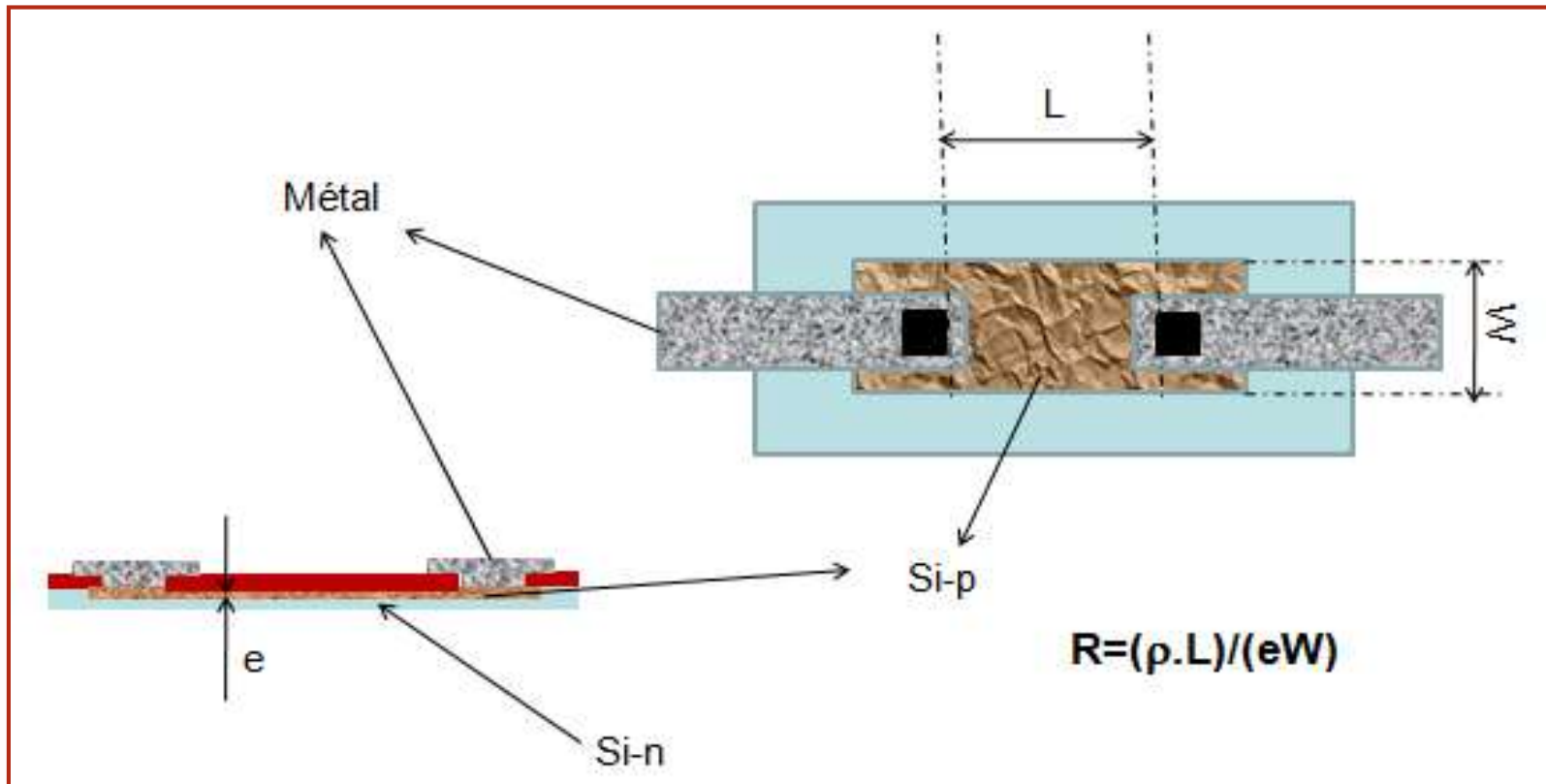
Après gravure aluminium (Lift  
Off) on obtient:



# COUCHES MINCES

## ASPECTS PRATIQUES

EXEMPLE: RÉALISATION D'UNE RÉSISTANCE

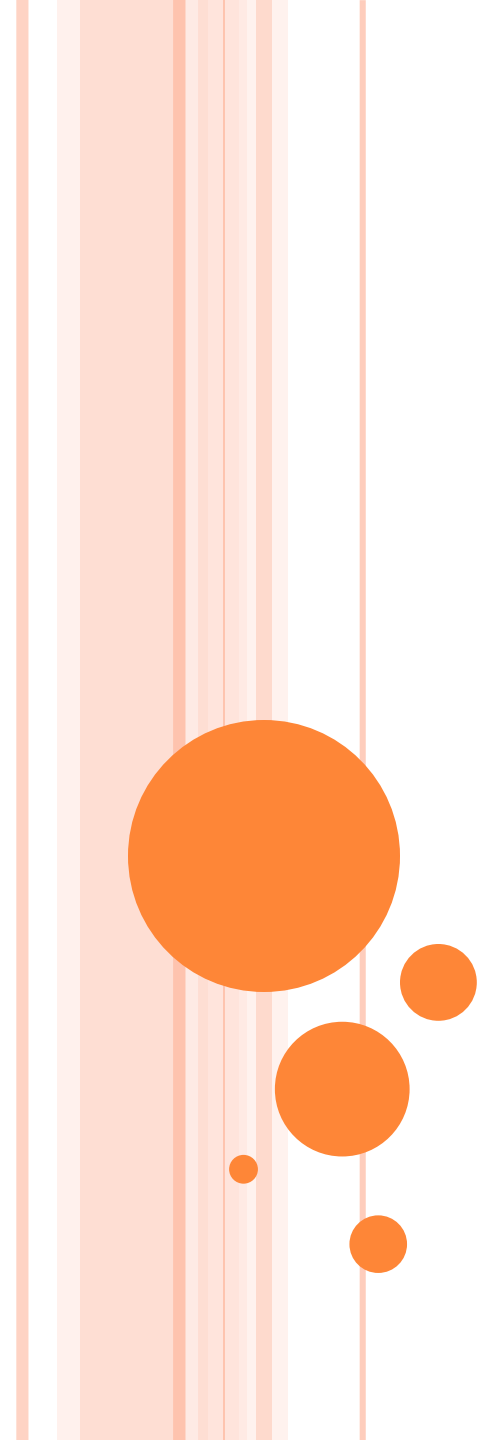


# Annexe 1

## Procédé technologique d'une cellule solaire







Plaquette de silicium

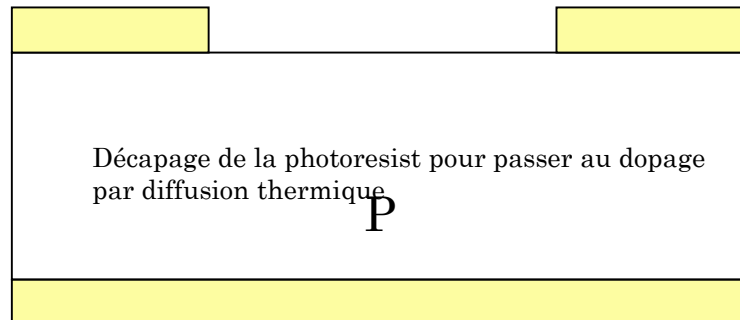
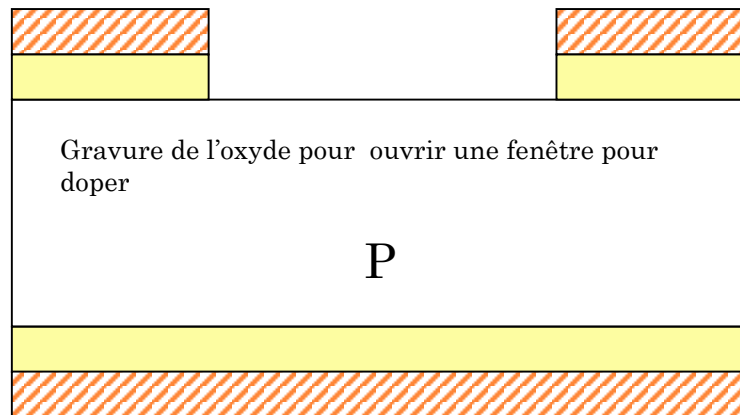
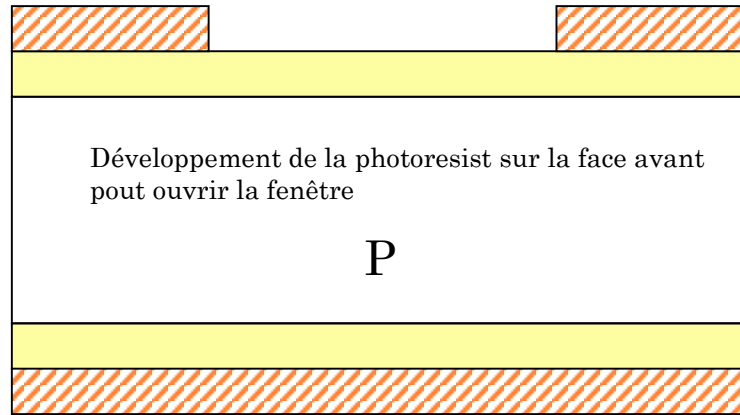
P

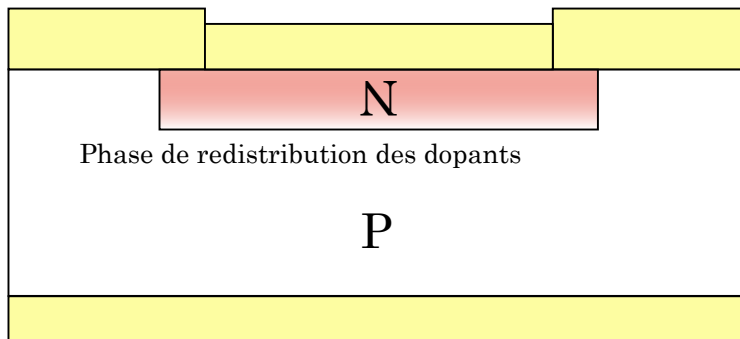
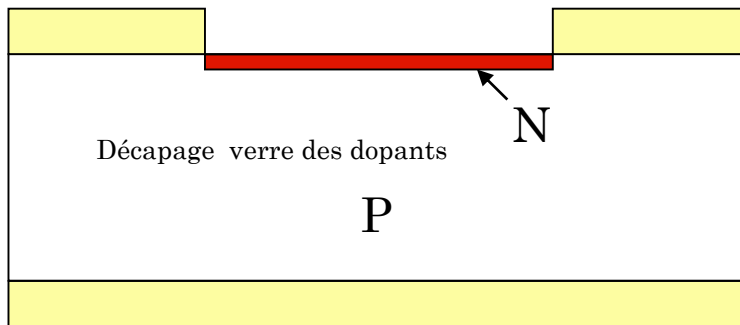
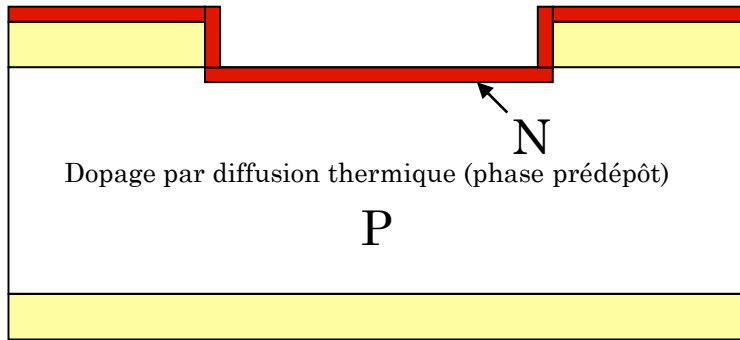
Oxydation de la plaquette de silicium des deux faces

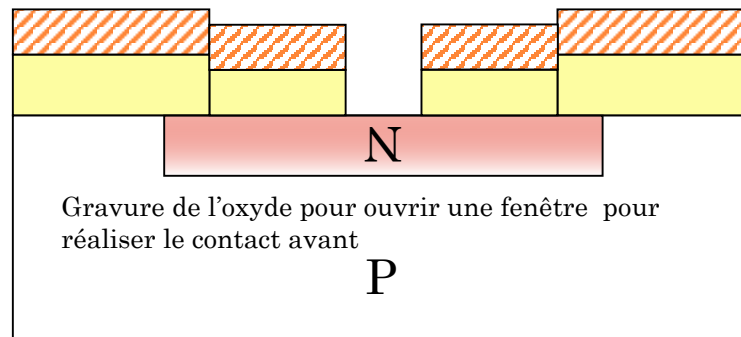
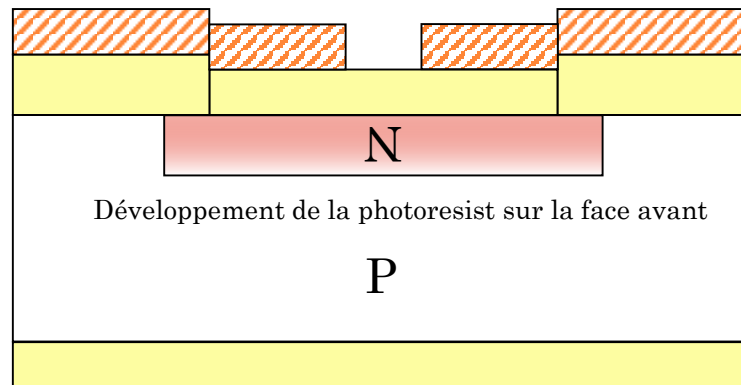
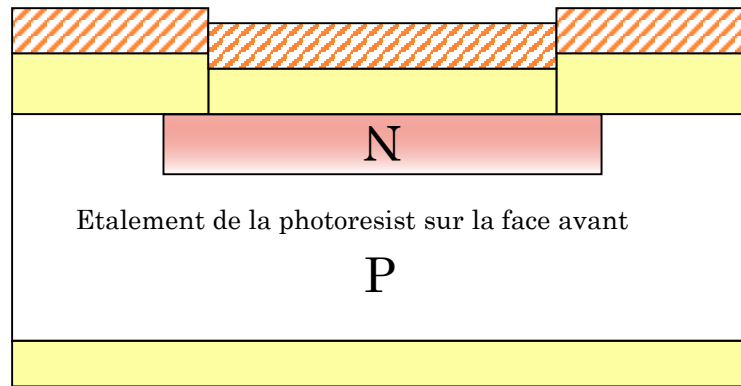
P

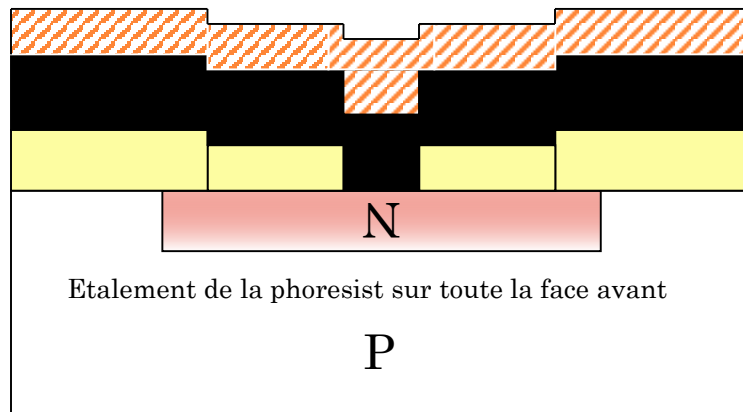
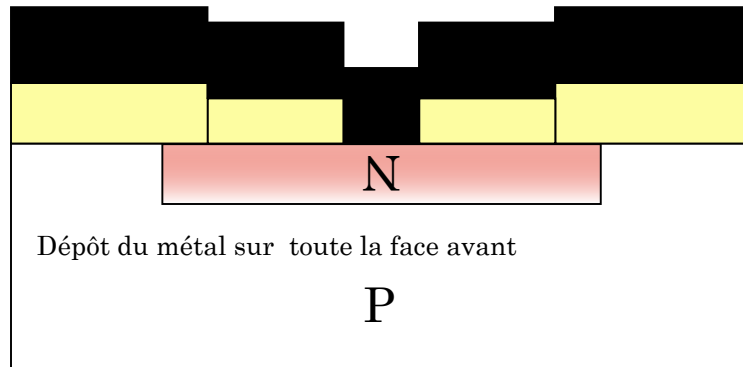
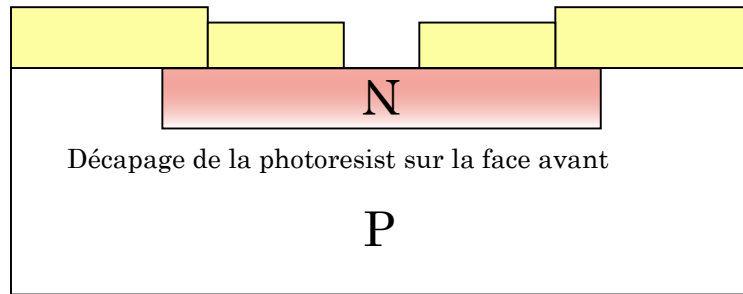
Etallement de la photoresist sur les deux faces

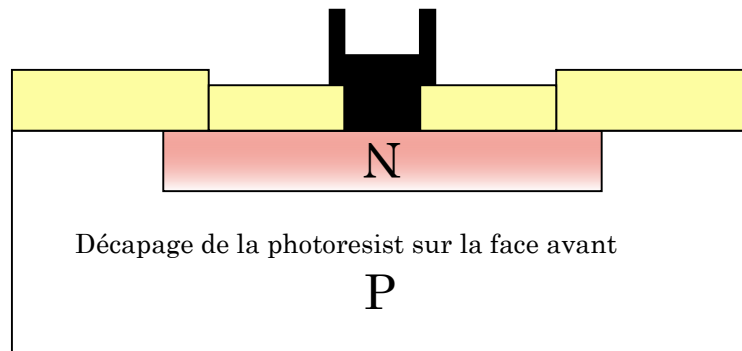
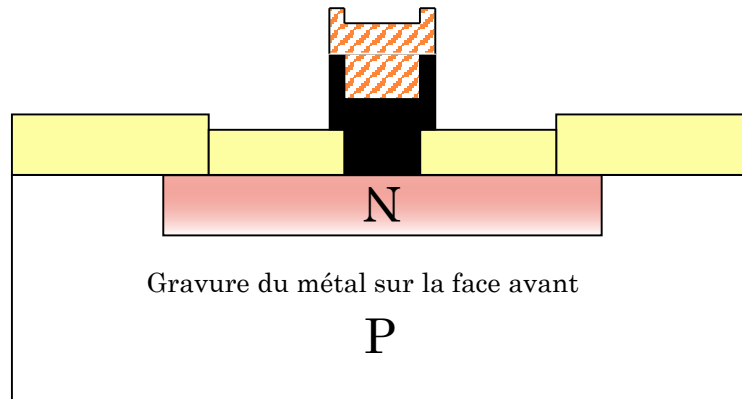
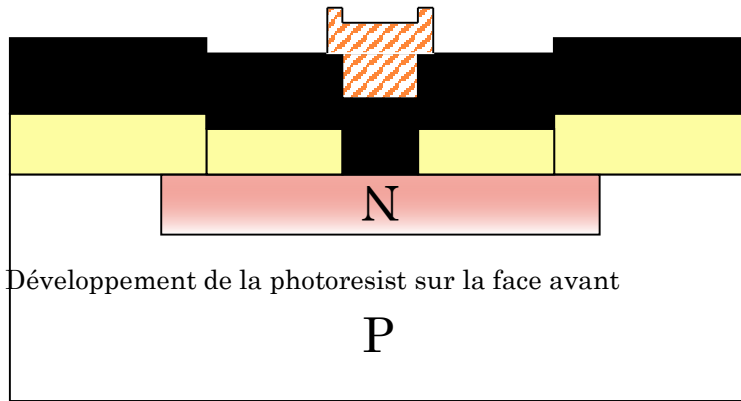
P

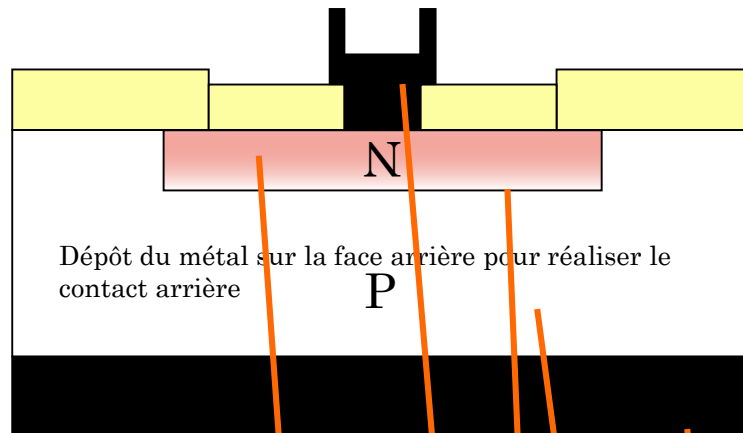












**N. B.:** Dans le but de simplifier le schéma, nous nous sommes limités à un seul doigt pour la grille du contact avant.

