



Diplôme de Licence

**Electronique Télécommunication et Informatique
(ETI)**

RAPPORT DE FIN D'ETUDES

Intitulé :

Processus de la lithographie ;

Réalisé Par :

Meryem Kandaz

Encadré par :

M^{LLE} N. Nejmeddine (Nemotek)

P^r Mr H. EL Moussaoui P^r H. Abarkane (FST)

Soutenu le ?? Juin 2011 devant le jury

Pr T. Lamcharfi (FST FES)

Pr T. Lamhamdi (FST FES)

Pr H. Abarkane (FST FES)

Pr H. El Moussaoui (FST FES)

Année Universitaire 2010/2011

Sommaire

REMERCIEMENT :	3
I-INTRODUCTION.....	7
PRESENTATION DE NEMOTEK TECHNOLOGIE :	7
1- CREATION:.....	7
2-SITUATION ECONOMIQUE:.....	7
3- CLIENTS.....	8
4-ORGANISATION.....	8
5-GAMME DE PRODUCTION.....	9
6-TECHNOLOGIE UTILISE.....	9
INTRODUCTION GENERALE:	5
7- PROCESSUS DE FABRICATION:.....	10
II-DESCRIPTION DE LA LIGNE LITHOGRAPHIE :	12
Les salles blanches et ses differentes classes.....	14
I-C'EST QUOI UNE SALLE BLANCHE?.....	14
II-DIFFERENTES SALLES BLANCHES A NEMOTEK :	15
CONCLUSION :	16
wafer level packaging.....	17
1-CAVITY FORMATION.....	17
2-BOND:.....	17
3-GRIND :.....	17
4-ETCH1.....	18
5-LITHO ETCH2:.....	18
6-ETCH2 :.....	18
7-LITHO VIA.....	19
8-ETCH VIA.....	19
9-SILICONE ENCAPSULATION :.....	19
10-LASER DRILL.....	20
11-METAL SPUTTERING :.....	20
12-LITHO LEAD:.....	21
13-PLATING :.....	21
14-SMF :.....	22
15-BGA :.....	22
16-LASER MARKING :.....	23
17-DICING :.....	24
18-EOL :.....	24
Le principe de la lithographie.....	25
I-DEFINITION:.....	26
II-LES TYPES DES RESINES UTILISEES EN LITHOGRAPHIE :	26

1- DEFINITION DE RESINE PHOTSENSIBLE	27
2- LES APPLICATIONS DE RESINE PHOTSENSIBLE.....	27
3- LES DEUX TYPES DE LA PHOTRESINE :	27
1- LA PREPARATION DE SURFACE :.....	28
2-LE COAT:	28
3-L'EXPOSE :	30
3-1-L'INTENSITE DE L'UV :	31
3-2-LES DIFFERENTS MODES DE CONTACT ENTRE LE WAFER ET LE MASQUE :.....	31
3-3-L'ALIGNEMENT ENTRE MASQUE ET WAFER :.....	32
4-DEVELOPPE DE LA RESINE:.....	32
5-L'INSPECTION :	32
CONCLUSION.....	33
La lithographie au sein de Nemotek.....	34
I-CAVITY FORMATION:.....	34
II-LITHO ETCH2 :	35
III-LITHO VIA :	36
IV-SILICON ENCAPSULATION :.....	36
V-LITHO LEAD :.....	38
VI-SOLDER MASK FACE (SMF):.....	39
CONCLUSION GENERALE:	41
BIBLIOGRAPHIE :	42

Remerciement:

Je souhaite remercier toute l'équipe pédagogique de la Faculté des Sciences et Techniques de Fès, et en particulier mes deux encadrants, [Mr Abarkane El-Houssain](#) et [Mr Hassan El-Moussaoui](#) pour leur suivi de mon stage.

Je tiens à représenter mes sincères remerciements à l'ensemble du personnel de Nemotek, et à tous ceux qui ont consentis à me fournir les informations nécessaires pour faciliter la compréhension de mon sujet, et qui ont participé à l'élaboration de mon rapport.

Plus particulièrement ma gratitude s'adresse à [Madame Nadia Nejmeddine](#) qui était là, toujours présente, et prête pour me guider, pour son encadrement précieux qui a facilité mon travail.

Je tiens également à exprimer l'honneur que me font les membres du jury pour avoir accepté de me prêter leur attention et évaluer mon travail.

Je remercie également ma famille, pour le soutien et la patience qu'elle ma témoignée.

Introduction générale:

Durant ses dernières années, la fabrication des micros et nanostructures est devenue nécessaire pour réaliser des composants de plus en plus petits. Ce qui a conduit au développement de différentes techniques de structuration, telles par exemple la lithographie électronique ou bien la photolithographie.

Actuellement, la lithographie est la principale méthode de structuration. Elle est souvent utilisée pour la réalisation des circuits intégrés dans le monde industriel d'aujourd'hui.

La société Nemotek, qui est spécialisée pour produire les micros-cameras, répond à la demande de miniaturisation de la forme et l'amélioration de la qualité, en utilisant une licence qui s'appelle l'MVP (Micro Via Process). Cette licence qui permet la production de la partie électrique de la camera et dont la lithographie occupe plus de 35% de ses étapes.

En ce qui concerne mon sujet de stage " PROCESSUS DE LA LITHOGRAPHIE" :

- Premièrement: j'ai été chargé de comprendre le principe de la lithographie.
- Deuxièmement: j'ai été affecté à la ligne de production dans laquelle j'ai bien maîtrisé le processus de la lithographie au sein de Nemotek en travaillant sur plusieurs machines :
 - * Spin coater et Spray coater : les deux machines utilisées pour le coat (le dépôt de la résine sur la plaquette).
 - * Mask-aligner: machine utilisée pour exposer la plaquette sous la lumière ultraviolette.

* SRD: (Spin Rinse Dry): machine utilisée dans le développe du wafer et qui fait le rincer puis le sécher.

* **Hard cure** : c'est un four qui fait sécher le wafer pour bien polymériser la résine sur sa surface.

* **Différents bains**: de Soda, QDR(Quick Dump Rinse)...

Le présent rapport présente les différentes phases de mon sujet, il est structure en Cinq parties:

- La première partie est destinée à la présentation de la société Nemotek.
- La deuxième partie présente les différentes classes de la salle blanche à Nemotek
- La troisième partie développe les étapes du processus MVP (Micro Via Process) i.e.: le processus de la fabrication de la micro camera intégrée.
- La quatrième partie est consacrée à la description du processus de la lithographie.
- La cinquième partie présente le travail que j'ai effectuée au cours de mon stage, et on achèvera par une conclusion générale.

I-Introduction

Dans la région industrielle de Salé, une nouvelle génération de projets a été créée sous le nom de Technopolis dans le quel est la pépinière de ce créneau industriel qui privilégie les industries de pointe dans l'électronique, les matériaux, le médical, l'espace et l'environnement. Le but de cette création est d'avoir un centre technologique pour développer la nanoscience qui développera à son tour des nanomatériaux et ensuite la nanotechnologie.

Plusieurs sociétés étrangères ont déjà installées, parmi eu il y a Nemotek technologies, la première société installant au Technopolis, spécialisée dans la microélectronique et micro-optique.

II- Présentation de Nemotek Technologie :

1- Création:

Nemotek était la première société à s'y installer et précisément dans le pôle Industries high-tech. Spécialisée dans la microélectronique de pointe.

L'entreprise a été créée en septembre 2007 par Med Z, filiale de la Caisse de dépôt et de gestion (CDG), en partenariat avec la compagnie américaine Tessera. Il s'agit de la première compagnie au monde à disposer des licences des technologies OptiML et ShellCase CF & RT, développées par Tessera [1].

Nemotek dispose d'une unité de production de plus de 10 000 m², contenant des salles blanches dont une salle de Class 10, première du genre en Afrique. Ces salles blanches, ainsi que le reste de l'unité de production, sont pilotés par une équipe hautement qualifiée et multiculturelle, dotée d'une grande expérience dans divers domaines dont la conception, la fabrication, l'assemblage des modules, l'optique, les capteurs d'image et le test [1].

2-Situation économique:

Nemotek Technologie est le premier fournisseur au monde de l'Optique utilise deux technologies en même temps OptiMLTM Wafer-Level et SHELLCASE[®] Wafer-Level Packaging, cela permet aux clients de travailler avec un partenaire pour tous leurs besoins au niveau tranche.

Le début de production est commencé en février 2009. Cette technologie va répondre aux besoins du marché et générer pour son entreprise un chiffre d'affaires de plus de 150 millions de dollars en 2012, soit 1 milliard de DH. Ceci pour un investissement global de 850 millions de DH, dont 90% par Med Z et le reste par l'américain Tessera. Plus de «80% des téléphones portables seront dotés de caméras et leurs ventes dépasseront 1,1 milliard d'unités». Et les perspectives permettent de croire dans ce marché, estimé actuellement à 250 milliards de dollars.» [2].

3- Clients

Nemotek technologies est le premier fournisseur au monde des caméras miniaturisés, cela permet à la société de gagner plusieurs clients internationaux.

4-Organisation

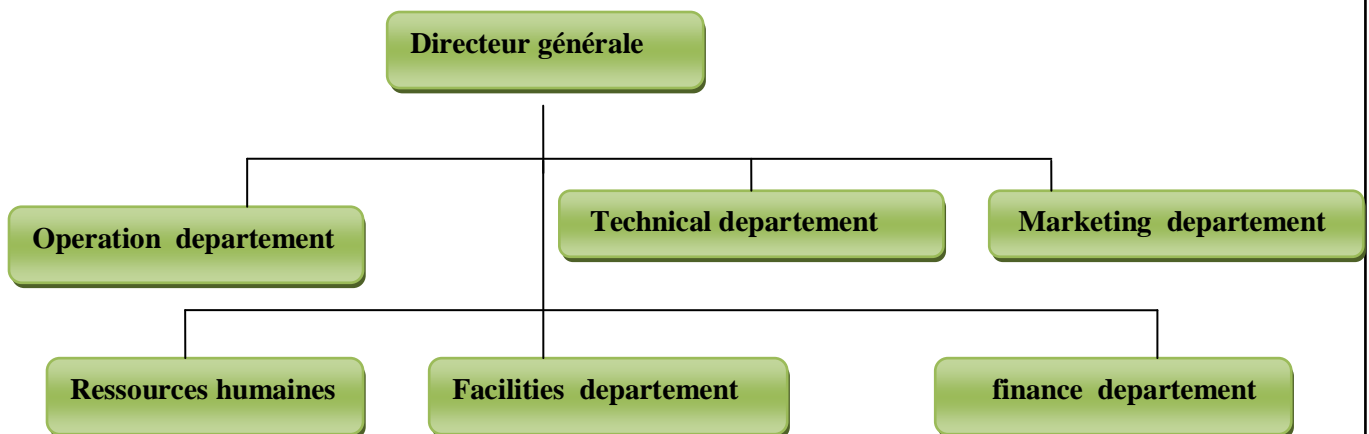


Figure 1: Organigramme présentatif de Nemotek

❖ Le département technique:

Ce département a pour mettre les procédures, qualifier les nouveaux processus, équipement tout en définissant leurs capacités de production. C'est au sein duquel que s'est déroulé mon projet de fin d'études, plus précisément dans la section qui s'occupe de la ligne de production lithographie.

❖ Equipement marketing :

Ce département a pour mission rencontrer des besoins et désirs des clients, permettant de faire correspondre l'offre produit de l'entreprise avec les attentes des consommateurs pour optimiser leur vente.

❖ Le département opération :

Son rôle principal est le suivi et le contrôle de la qualité de la matière première, des produits fabriqués après chaque étape de fabrication ainsi que celle du produit final. Il s'occupe de tout ce qui est installation et maintenance des machines et s'occupe du contrôle de la documentation également des certifications et des audits.

❖ Le département finance :

Son rôle principal est optimiser la gestion des sources de capitaux et leurs emplois, dans une optique de rentabilité et de maîtrise du risque au sien de la société, de préparer et mettre en œuvre les opérations financières importantes. de rendre compte de la situation financière auprès du Directeur général .

❖ Le département facilites:

Son rôle est d'assurer la continuité d'alimentation de l'usine en énergie électrique, pneumatique et hydraulique sans oublier l'alimentation en eau. Il s'occupe aussi de tout ce qui est éclairage, installation des prises de courant électrique et de connexions pour transmissions de données informatiques et télécommunications.

5-Gamme de production

Nemotek Technologie est spécialisée dans les services d'emballage de capteurs d'image, la conception de modules d'appareils photo et le montage d'équipements tels que les téléphones et les ordinateurs portables.

Nemotek pourra également produire des capteurs d'image et des modules caméras pour les téléphones mobiles, les ordinateurs portables, l'imagerie médicale, les appareils de sécurité et de l'automobile [1].

6-Technologie utilisé

Nemotek est la première entreprise qui a obtenu à la fois la licence des deux technologies "OptiML" et "SHELLCASE" de la société Tessera. Avec ces solutions technologiques. La combinaison de ces

technologies permet à Nemotek d'offrir une gamme complète des solutions optiques (caméras) de meilleurs rapport coût-efficacité à partir de l'assemblage des capteurs d'image et des lentilles jusqu'au l'intégration complète des modules cameras [1].

7- Processus de fabrication:

L'optique au niveau des plaques est une technologie nouvelle qui est conçu pour répondre à la demande pour les facteurs de forme plus petite, plus haute résolution et la tarification au coût -efficacité dans la prochaine génération de téléphones-appareils photo, fabriqués sur des wafers de verre (WLO) d'une manière similaire à celle des puces à circuit intégré sur la fabrication de wafers de silicium (WLP).

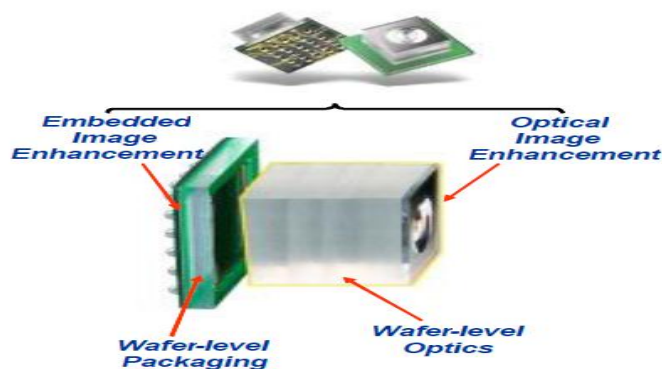


Figure 2: Représentation schématique des niveaux de wafers de Camera

WLC est compatible avec tous les processus de refusion et offre des résolutions du VGA au multi-méga pixel tout en éliminant le focus manuel.



Figure 3: Processus de production de la micro camera (WLC)

WLO est également compatible avec les processus de refusion, mais dans un format miniaturisé avec des composants réduits et jusqu'à 50% de réduction de taille. Wafer Level Optique est une technologie nouvelle qui est conçu pour répondre à la

demande pour les facteurs de forme plus petite, plus haute résolution et la tarification au coût-efficacité dans la prochaine génération de téléphones-appareils photo. Les composants optiques sont fabriqués sur des plaquettes de verre d'une manière similaire à celle des puces à circuit intégré sur la fabrication de plaquettes de silicium. L'appareil est entièrement aligné et assemblés au niveau de la plaquette, puis en dés pour former des modules caméra individuelle.

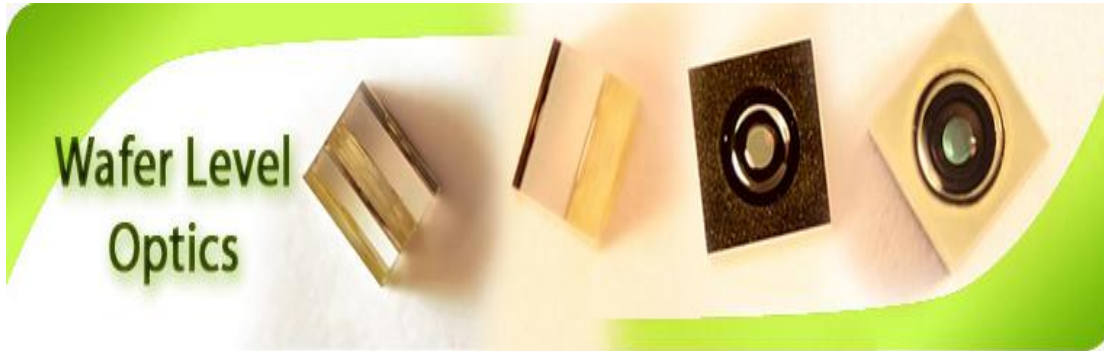


Figure 4: Processus de production de la partie optique de la micro camera (WLO)

WLP est un design hautement flexible qui propose du Through Silicon Via (TSV) permettant une encapsulation à la taille réelle de la puce. Celle-ci est l'une des rares technologies entièrement qualifiée à prendre en charge le standard JEDEC MSL1. Nemotek technologies traité des WLP de manière à avoir des bons capteurs d'image en utilisant la technologie SHELLCASE.

Les étapes Le processus de fabrication de ces capteurs d'image se résume dans cette figure:



Figure 5: Processus de production de la partie électrique de la micro camera (WLC)

III-Description de la ligne lithographie :

❖ Lithographie 1:

A l'intérieure de la salle on trouve des wets stations qui sont des bains dans les qu'elles on met des produits chimiques pour différents fonctionnes, parmi ses produits il y a :

- des acides pour l'élimination des contaminations chimiques sur les wafers de verre (wafers glass).
- des solvants pour la réutilisation des wafers glass et élimination des métaux sur ses derniers.

❖ Lithographie 2 :

C'est la même chose que la lithographie 1 mais la différence est dans le contenu des bains et son fonctionnement :

- Des bains pour le revêtement des wafers silicones.
- Des bains pour le développe de résine déposée sur les wafers silicones.

Lithographie 3

Cependant, la lithographie 3 contient différentes machine parmi eux il y a :

- Des machines de dépôt du différent type de résine sur les types de wafers (glass et silicone).
- une machine d'expose permette une projection d'une image sur la surface de la résine après l'alignement des marques existant sur les wafers à l'aide d'une source d'UV.
- une machine utilisée pour développer la résine utilisée pour les wafers de niveau- optique.

Conclusion :

Dans cette partie, on a donné une présentation générale de NEMOTEKTECHNOLOGIES, de la ligne de la lithographie, ainsi que le processus de fabrication des cameras miniaturisées.

I-C'est quoi une salle Blanche?

Pour éviter l'introduction de poussières venant de l'extérieur et pour obtenir des conditions optimales de fabrication des circuits intégrés les salles blanches sont soumises à des règles très strictes. Ce qu'on contrôle :

- Particules dans l'air.
- Humidité.
- Température.
- Pression d'air

On distingue deux types de contraintes :

-Contraintes humaines: toute personne entrant en salle blanche sera impérativement équipée de vêtements spéciaux : blouses, sur chaussures, bonnets, gants, masques...



Figure 1-1 : Personne avec les vêtements spéciaux.

-Contraintes atmosphériques: la salle est en surpression si bien qu'aucune poussière venant de l'extérieur ne pourra entrer.



Figure

2: la protection de la salle blanche

II-Différentes salles blanches à NEMOTEK :

A Nemotek il y a deux types de zones de la salle blanche, et chaque zone avec différentes classes.

Les deux types de zones de salle blanche à Nemotek :

-Front end : qui met en œuvre toutes les étapes de la diffusion, elle correspond à la première phase du cycle de production.

→ Composés de 3 types de classes :

- + Classe 10 : moins de 10 particules de $0.5 \mu\text{m}$ par pied cube (cf.) et aucune de $5 \mu\text{m}$.
- + Class100 : moins de 100 particules de $0.5 \mu\text{m}$ par pied cube (cf.) et aucune de $5 \mu\text{m}$
- + Classe 1000 : moins de 1000 particules de $0.5 \mu\text{m}$ par pied cube (cf.) et moins de 7 de $5 \mu\text{m}$.

-Back end : concerne l'encapsulation du circuit intégré individuel dans un boîtier ou un autre support (carte...) pour lui donner l'apparence que l'on connaît.

→Composé d'une seule classe de 20000

- + Classe 20000 : moins de 20000 particules de $0.5 \mu\text{m}$ par pied cube (cf.) et moins de 70 de $5 \mu\text{m}$.

Remarque : 1 pied cube = 0.028316846592 m³

✚ Ce tableau résume le nombre de particules dans chaque classe:

Class.	Particle Count Test Average (count/ft ³)					
Cls	≥ 0.1µm	≥ 0.2µm	≥ 0.3µm	≥ 0.5µm	≥ 1.0µm	≥ 5.0µm
10	≤284	≤67	≤28	≤10	≤2	
100	≤2,840	≤673	≤289	≤100	≤23	
1K	≤28,409	≤6,732	≤2,897	≤1,000	≤236	≤8
10K				≤10,000	≤2,363	≤83
20K				≤20,000	≤4,727	≤166
100K				≤100,000	≤23,636	≤832

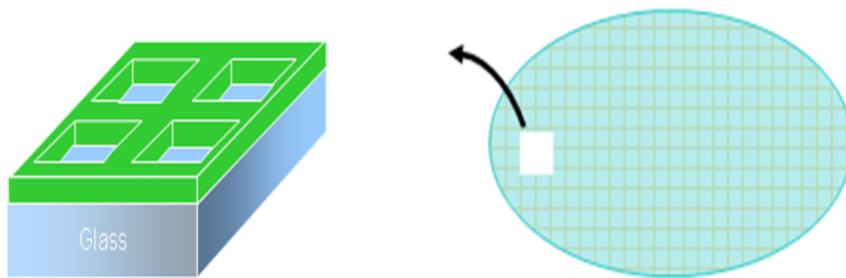
Conclusion :

Dans cette partie on a défini c'est quoi une salle blanche et les différentes propriétés de chacune de ses classes.

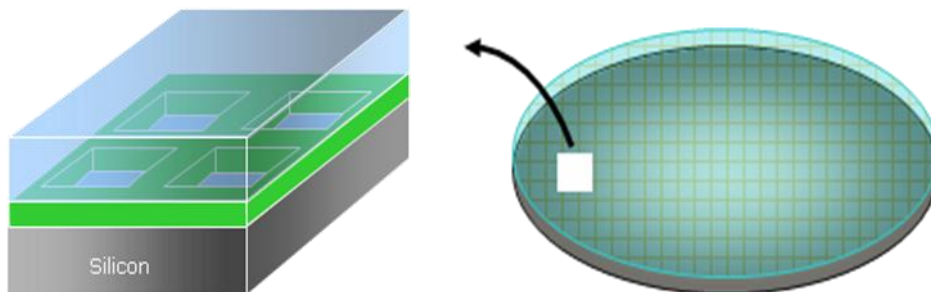
1-Cavity formation (la formation de la cavité)

C'est la première étape de l'MVP (Micro Via Process), à la réception on a un simple verre de 2 faces identiques le but c'est de construire des murs avec un polymère sur une face du verre (cavity walls)

→ Principe de la lithographie

2-Bond

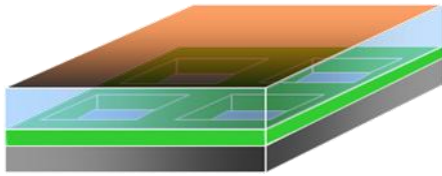
Dans cette étape on colle le verre avec des « cavities » qu'on a déjà préparé, avec le réel wafer du client (silicone).



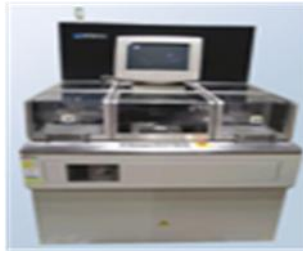
Remarque: Après cette étape tout le travail va s'effectuer sur le réel wafer : le Silicone (du client)

3-Grind :

Le but est de minimiser l'épaisseur du réel wafer en appliquant un stress mécanique.



Grinding System



4-Etch1

Pour la finition et pour éliminer le stress, causé par la machine Grinding, sur la surface du Silicone. Après Grind on enlève entre 20 et 30 μm du Si, le but c'est avoir une surface lisse, et cette gravure est faite à l'aide d'un mélange des gaz dans la machine « Plasma Etcher ».

Plasma Etcher



5-litho etch2:

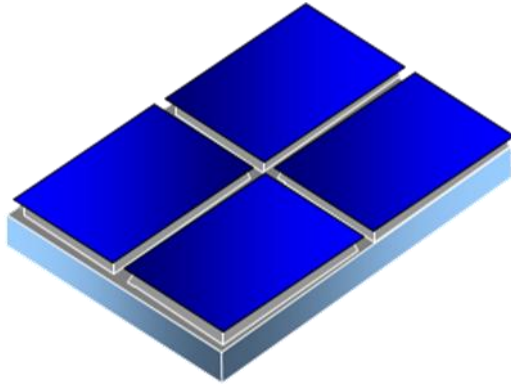
Le but de cette étape est de préparer des trenches qui vont être gravés dans le processus ETCH2.

→ Principe de La lithographie.

6-Etch2 :

Dans cette étape on grave le Silicone sur les zones qu'on a déjà défini dans litho etch2 .Donc bien tracer les trench, ce qui veut dire bien tracer les dies du wafer.

Après ces deux étapes le wafer est semblable à la figure si dessous:



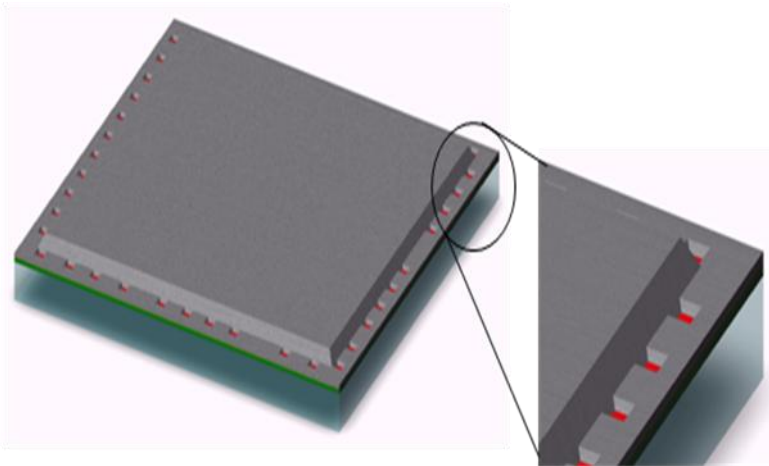
7-litho via

Chaque die est entourée par des vias, qui sont placés dans les trenches, donc dans cette étape on définit les zones dans lesquels le Si sera encore gravé pour extérioriser les pads.

→ Principe de la lithographie

8-Etch via

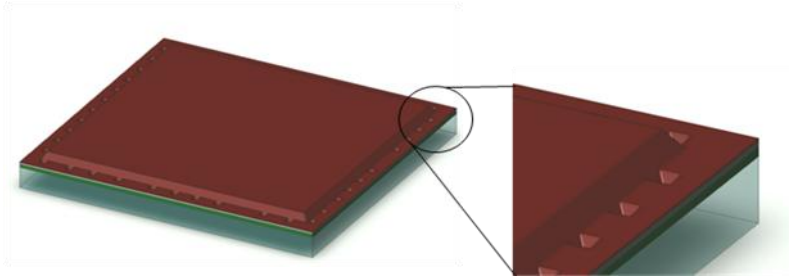
On a maintenant le design des via, alors on trace des trous profonds sur chaque via avec la machine Etcher (Figure ci-dessous)



9-Silicone Encapsulation :

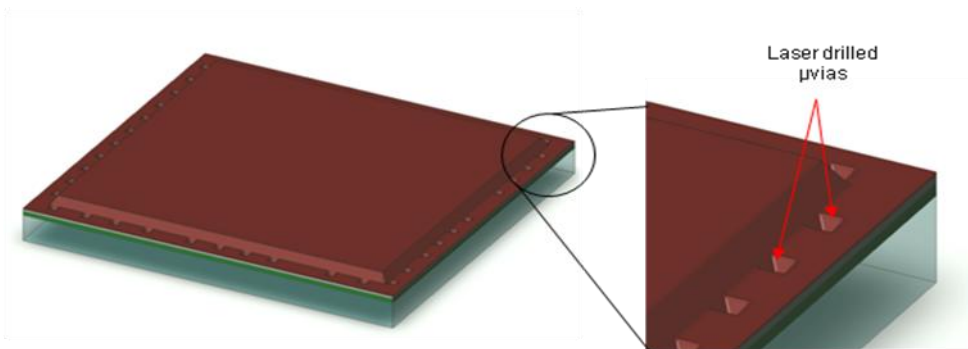
(L'encapsulation du silicium) dans cette étape on étale une matière Polymère sur toute la surface du wafer (Si) pour isoler la surface.

→ Principe de la lithographie



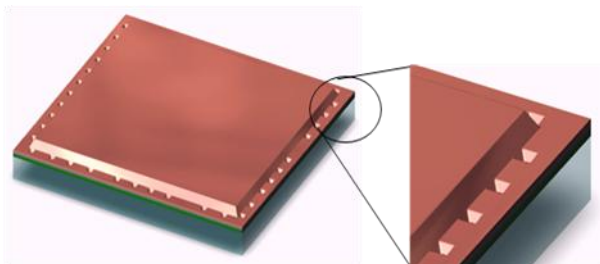
10-Laser Drill

Lorsqu'on étale la couche du silicone encapsulation sur tout le wafer, même les vias sont couverts par le polymère, alors le rôle de cette étape c'est d'enlever le silicone encapsulation des vias en appliquant des pulses du laser pour extérioriser les pads vers l'extérieur.

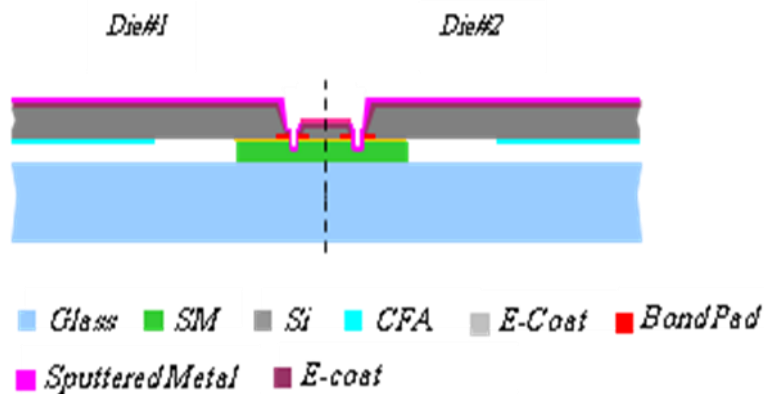


11-Métal Spattering :

Déposition d'une couche d'Aluminium sur le wafer car il est un bon conducteur (car notre but finalement c'est de créer une connexion qui relie les pad avec la surface supérieure du wafer).



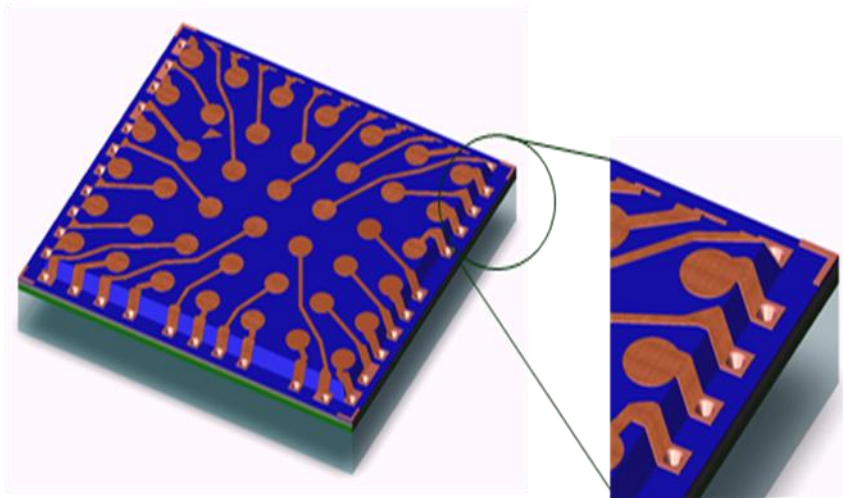
Cross-sectional view:



12-Litholead:

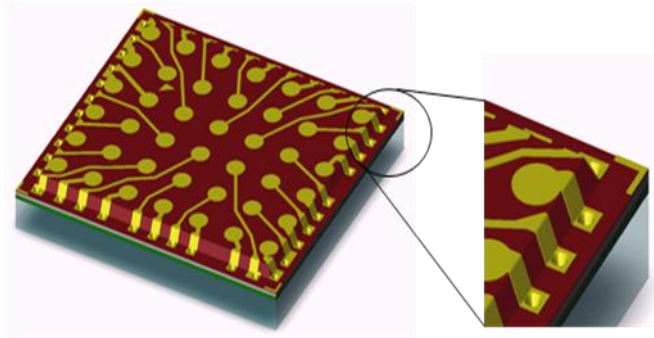
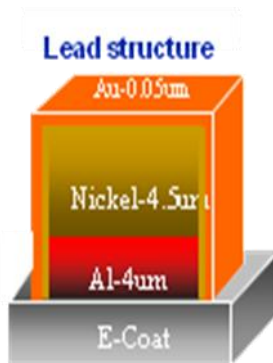
Dans cette étape on définit les lignes sur lesquelles il y aura une déposition des métaux (qui relie la partie extérieure des wafers avec les pad a travers les via qu'on a déjà créé).

→ Principe de la lithographie



13-Plating :

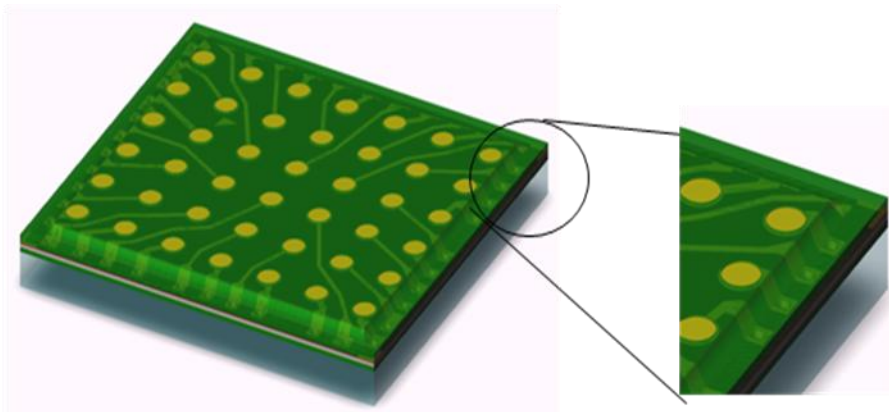
L'Aluminium est un bon conducteur mais on a le problème de corrosion, alors dans cette étape on dépose une couche du nickel et une autre d'or. Donc on a réalisé la connexion souhaitée sans problème de corrosion.



14-SMF :

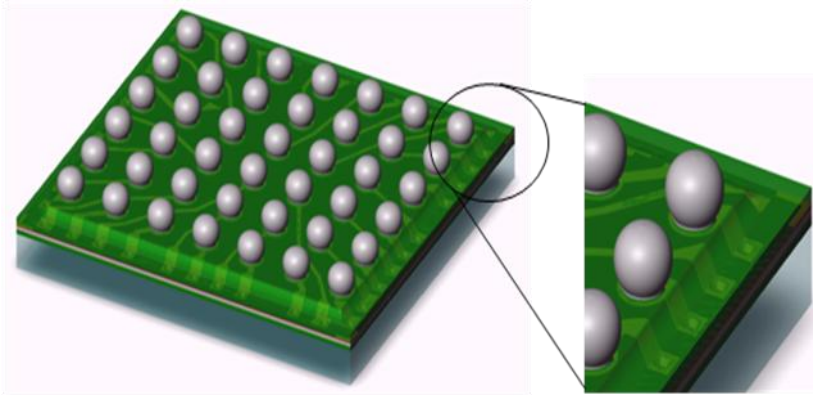
(Solder Mask Face) c'est la dernière étape de lithographie, l'objectif c'est de tracer la place des BGA (les bools) sur les dies (c'est la couche supérieure du wafer qu'on veut lier aux pads) on l'appelle aussi lead encapsulation.

→ Principe de la lithographie

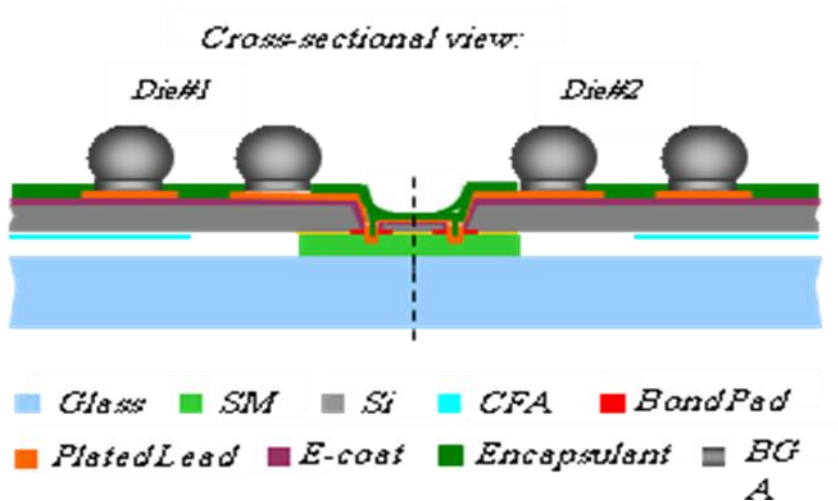


15-BGA :

C'est une pate (métallique) qui est mise sur chaque trou qu'on a déjà tracé dans le processus SMF. Ces bools sont l'intermédiaire entre la camera et le circuit imprimé où on va la placer.

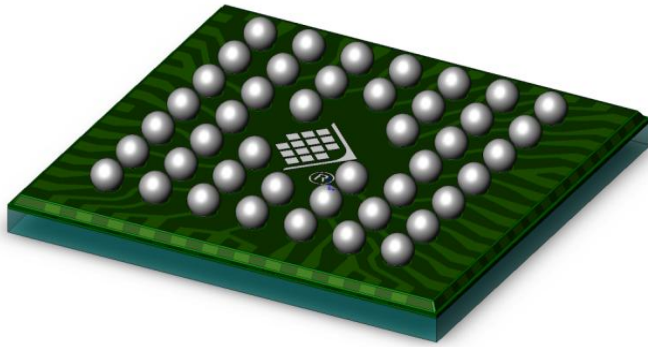


La figure ci-dessous correspond à deux dies:



16-Laser Marking :

On identifie chaque die et c'est à l'aide des pulses laser.

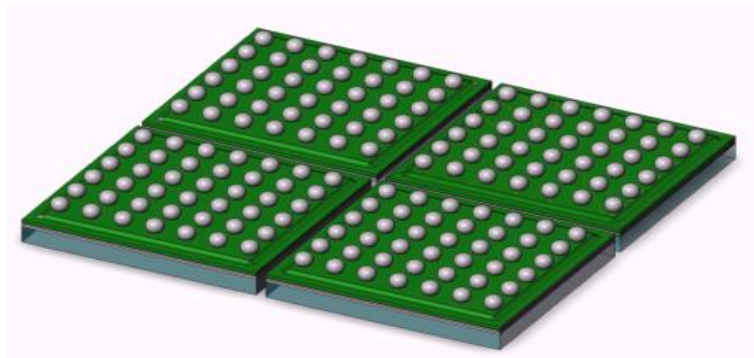


Laser Marking System



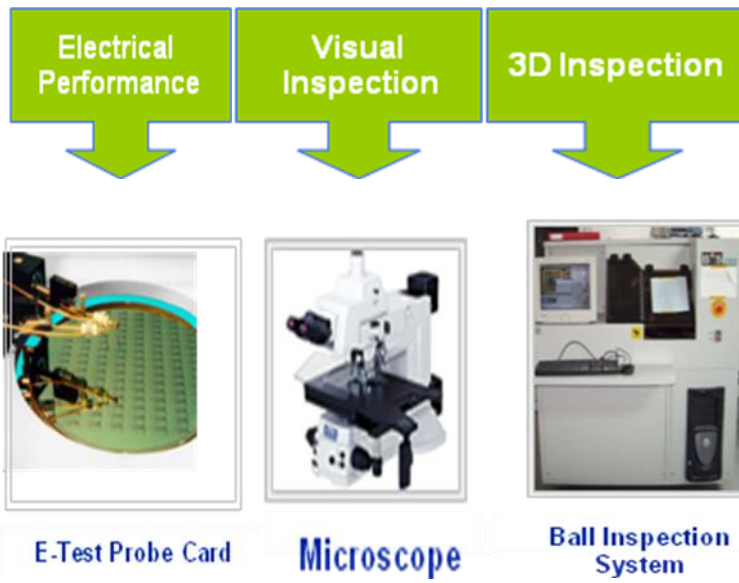
17-Dicing :

C'est l'étape où on sépare le wafer en dies.

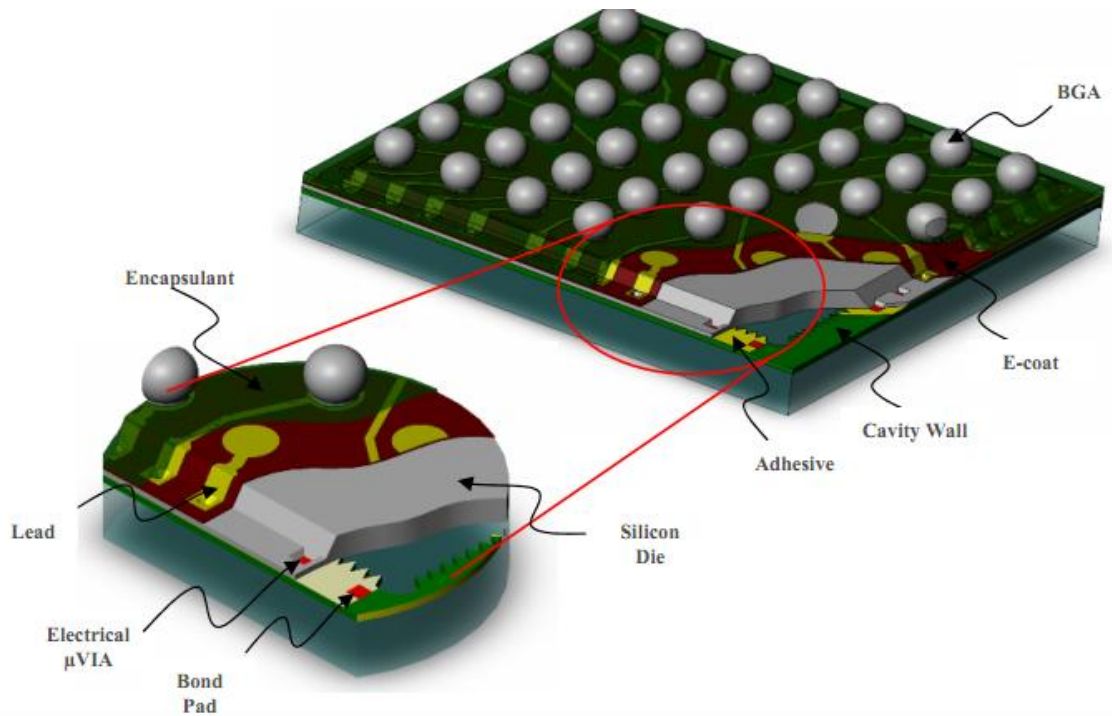


18-EOL :

End Of Line, on effectue un ensemble de testes sur chaque die, et sur les bools afin d'examiner la qualité et la connectivité.



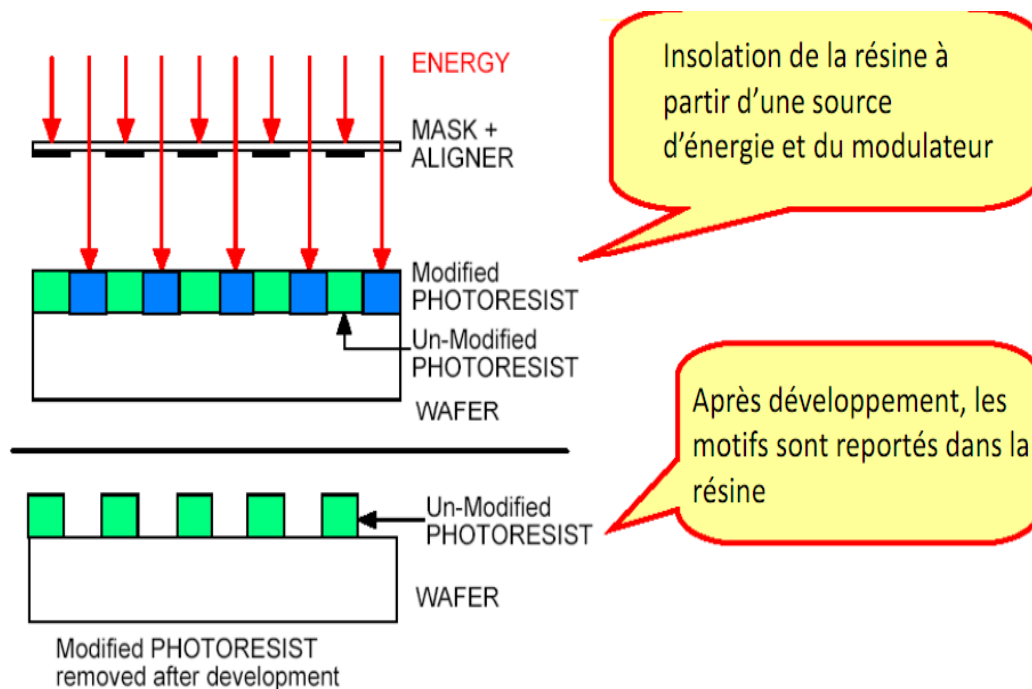
→ Chaque die aura finalement la forme suivante :



I-Définition:

Pour fabriquer un composant ou un circuit, il faut définir des zones particulières qui vont être recouvertes d'un dépôt métallique de contact, gravées afin d'obtenir le fonctionnement souhaité.

Cette opération, qui permet de masquer certaines zones du substrat avec une matière photosensible « photorésine », et d'en laisser d'autre sans protection de façon à traiter particulièrement certaines parties de la surface en laissant les autres sans modification, s'appelle:

La lithographie.**II-Les types des résines utilisées en lithographie :**

Les résines photosensibles jouent un rôle important en photolithographie. Une résine performante doit être capable de générer le transfert des motifs dessinés sur le masque vers le film de résine et, par la suite, de protéger les zones du substrat qu'elle recouvre.

Le terme anglais "photoresist" souligne bien le double rôle des résines utilisées en lithographie: elles doivent non seulement être photosensibles à la longueur d'exposition mais également résistantes à la gravure.

1- Définition de résine photosensible

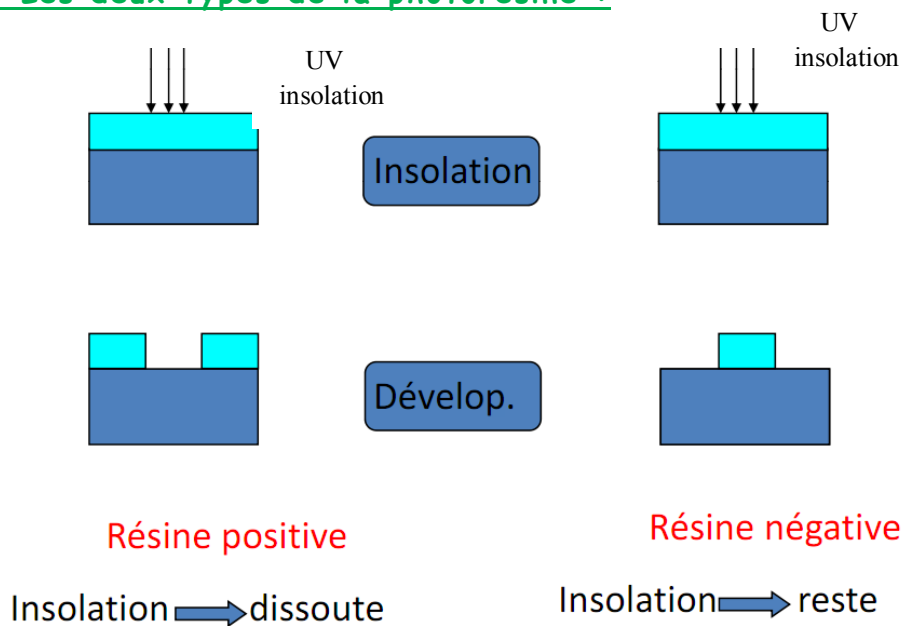
résine photosensible (appelée aussi photo résine et parfois résine) est un polymère organique utilisé dans nombreux procédés comme la photolithographie ou la photogravure, modifie sa structure chimique lorsqu'elle est exposée à la lumière ultraviolette et elle contient une substance sensible à la lumière dont les propriétés permettent le transfert d'image sur une carte de circuit imprimé.

2- Les applications de résine photosensible

Les résines photosensibles sont largement répandues dans plusieurs secteurs tels que :

- la formation des motifs précis.
- La protection du substrat contre les attaques chimiques pendant les processus de gravure.
- Les peintures, les vernis.

3- Les deux types de la photorésine :



→ On a alors deux types de résines:

- + une « résine » positive: c'est un type de résine photosensible pour laquelle la partie exposée à la lumière UV, devient soluble au révélateur, et ou la portion de résine photosensible non exposée reste insoluble.
- + une « résine » négative: c'est un type de résine photosensible pour laquelle la partie exposée à la lumière devient insoluble au révélateur et ou la portion de résine photosensible non exposée reste soluble.

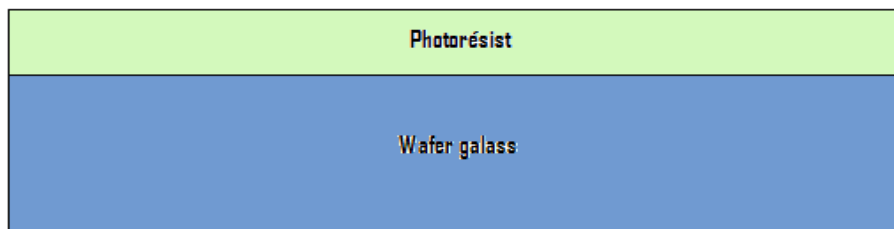
II-Les étapes nécessaires dans la lithographie :

1- La préparation de surface :

C'est l'étape capitale dans la lithographie. En effet les guides que nous allons réaliser sont micrométriques et la moindre poussière le rendrait inutilisables. Idéalement, toute la photolithographie se déroule en salle blanche a température ($T=19\text{ °C}$), et humidité contrôlée. La préparation de la surface vise à assurer une adhésion adéquate et une bonne uniformité de la couche photorésine son but c'est d'éliminer les matières organiques et les particules, qui sont sur la surface du wafer (surface cleaning).

2-Le coat:

Cette étape consiste à étaler la résine photosensible sur un substrat (wafer) Le principe de cette méthode est de déposer une certaine quantité de la résine (en solution) sur un substrat, placé soit sur un plateau en rotation soit fixe (ca dépend du mode de coat utilisé) avec une vitesse contrôlée.



2-1-Les modes de coat :

- + **Spin coater** : c'est une machine dont on coat les surface lisses. Cette machine est composée de deux stations, l'une pour déposer la matière de clean et l'autre pour déposer la matière du coat, en plaçant le wafer sur un plateau en rotation et avec une vitesse contrôlée.



- + **Spray coater** : c'est une machine dont on coat les surfaces avec topographie. Mais toujours avant le passage du wafer dans spray coater, il passe dans la première station de spin coater pour préparer sa surface.



3-L'expose :

Dans cette étape on fait exposer le wafer sous l'UV, en utilisant des différents masques (le design du masque utilise dépend de ce qu'on veut tracer du wafer), cette dernière va permettre de transférer le motif du masque sur la résine. Une illumination en lumière ultraviolette induit un changement de solubilité de toutes les résines lithographiques.

Durant l'exposition, la radiation incidente effectue un changement chimique dans le film de résine, qui crée une solubilité différentielle dans les solvants entre la résine exposée et non exposée.

Le masque utilise est une plaque de verre recouverte d'une couche de chrome photogravée dans laquelle est dessinée le motif que l'on cherche à reproduire.

$$E = I * t$$

Avec : E est la dose de l'exposition en mJ/cm².

I est l'intensité en mW/cm².

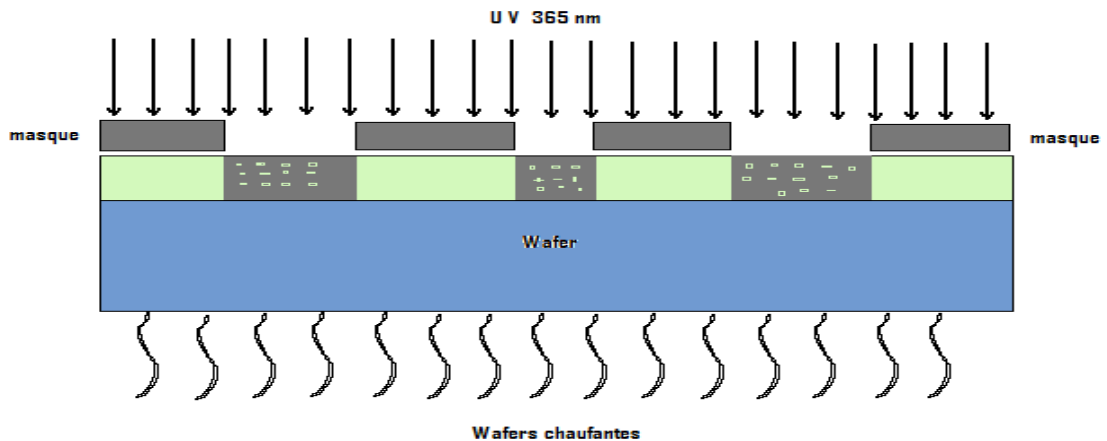
t est les temps d'exposition en s.

Exemple de masque utilisé:



3-1-l'intensité de l'UV :

Elle reste constante dans tout le processus de la lithographie. Mais le temps de l'expose change selon chaque étape. Ce qui veut dire que la dose de l'UV sur les wafer change aussi.



3-2-les différents modes de contact entre le wafer et le masque :

-Hard contact :

Le masque est attaché complètement au wafer (souvent on ne travaille pas avec ce cas car il se peut que des particules du résine utilisé reste sur le masque).

-Soft contact :

La distance entre le wafer et le masque est très minime que l'on peut négliger.

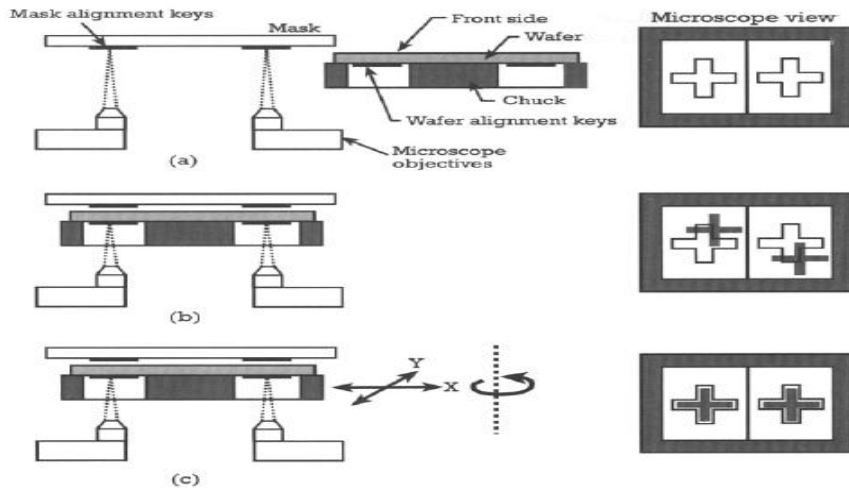
-Proximité :

La distance entre le wafer et le masque peut aller jusqu'à $80\mu\text{m}$.

Ces deux derniers modes de contact, sont souvent utilisés pour les processus de la lithographie, et permettent de protéger le Mask du contamination par le photorésine.

3-3-L'alignement entre masque et wafer :

L'exposition se fait par application du masque en dessus du wafer dans la machine Mask aligner, en alignant les marques d'alignement du masque par rapport aux marques du wafer, on ajuste la position sous microscope jusqu'à ce que les marques du masque et celles du wafer soient parfaitement superposées, et on effectue l'exposition aux UV.



4-Développe de la résine:

Maintenant après l'exposition du wafer sous les UV, on le développe pour éliminer les parties solubles et garder les parties insolubles dans le développeur (voir les différents modes du développeur).

Le temps de développe varie de quelques secondes à quelques minutes. Une fois les zones solubles dissoutes par le développeur, on nettoie le wafer par un rinçage à l'eau.

Il est possible de renouveler cette procédure afin d'obtenir un meilleur transfert de l'image du masque.

5-L'inspection :

Après chaque développe, il faut s'assurer que le design est bien tracé sur le wafer et qu'il n'y a pas de particules restantes sur la surface.

Conclusion

La lithographie est utilisée pour produire des images /dessins, en utilisant une source d'énergie pour modifier la résine, cette énergie forme une image latente sur le polymère utilisé (la résine) qui va être bien dessinée par suite dans le develop.

Dans cette partie, on a présenté le procédé de lithographie dans son ensemble, ce qui nous a aussi permis d'insister sur l'importance des résines utilisées lors des différentes étapes du procédé.

En lisant le flux de processus MVP, on constate que la lithographie occupe plus de 35% de ses étapes.

Voyant alors en détails chaque étape que j'ai effectué dans l'area de lithographie avec l'équipe de travail

I-Cavity formation:

Rappel : Le but de cette étape est de construire les murs sur le simple verre qu'on a au début, pour se faire nous suivons le même principe de la lithographie que j'ai déjà défini dans la partie précédente.

+ La préparation de la surface :

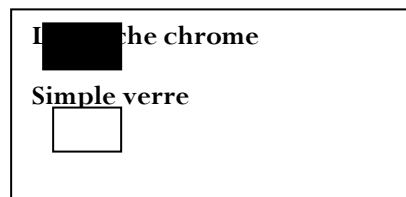
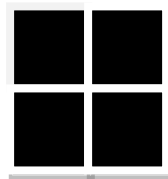
Je fais un nettoyage initial (first cleaning) du verre et un second cleaning dans des bains spécifiques pour cette étape dans un temps bien précis pour chaque bain.

+ coat : (dépôt de la résiné)

Le verre maintenant est prêt pour le dépôt du polymère. J'effectue le "coat" dans spin coater (c'est la machine utilisée pour les surfaces lisses), cette machine prolonge uniformément la matière polymère qui est un photorésine négatif (donc il devient insoluble après l'exposition a l'UV).

+ Exposition :

Maintenant je déplace le verre dans la machine Mask-aligner sous un masque qui transmet les zones-des murs sur le verre (glass). (Exemple de 4 dies).



+ Le Développe :

J'apporte le wafer dans des bains avec des matières spécifiques, pour éliminer les particules qui sont solubles (qui ne sont pas attaquées par l'UV). Car notre but c'est de ne garder que les walls (murs). Après j'entre le wafer dans le Hard Cure (four) pour bien polymériser et sécher le polymère.

+ L'Inspection :

Dans cette étape je fais juste une inspection visuelle avec un microscope afin de s'assurer que le wafer est bien développé, l'épaisseur des murs est celle désirée et qu'il n'y a pas de contaminations.

II-Litho etch2 :

Rappel : le but de cette étape est de préparer la place des trench qui vont être gravés par suite dans le processus ETCH2.

NB: on a déjà bondé la cavity avec le réel wafer, dans tout ce qui suit on va travailler sur la face arrière du Silicon wafer.

+ Préparation de surface :

Cette fois je prépare la surface du wafer dans spin coater avec 2 matières (une pour le nettoyer et l'autre pour bien assurer l'adhésion de la résine sur la surface) dans la première station de la machine.

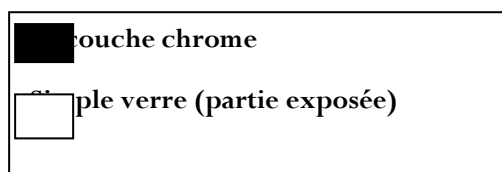
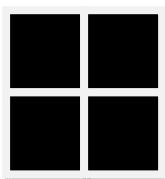
+ Coat : (dépôt de la résine)

Le wafer est déplacé vers la 2ème station du spin coater, cette fois avec un photorésine positif (devient soluble après l'exposition à l'UV).

+ Exposition :

On expose le wafer à l'UV.

Exemple de Mask utilisé :



Puisque le polymère utilisé est positif, ce sont les parties des dies qui vont être polymérisés par suite dans le develop. Par contre les trenches seront solubles.

+ Le Développe :

Je mets le wafer sur le developper, puis le rincer dans le QDR (Quick Dump Rinse) 3 min. puis je le déplace vers la machine SRD (Spin Rinse Dry) c'est une machine qui fait rincer et sécher le wafer.

+ L'inspection :

Toujours à l'aide de microscope, je fais un balayage pour mesurer les trenches, et s'assurer que le wafer est bien développé.

III-Litho via :

Rappel : chaque die est entourée par des via, qui sont au niveau des trenches, donc dans cette étape nous faisons le design des via qui seront gravés dans l'ETCH VIA.

+ Préparation de la surface :

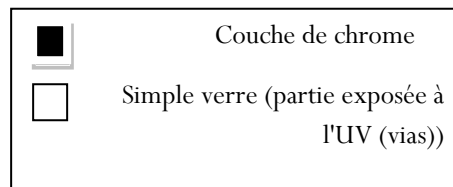
Je prépare le wafer dans spin coater, de la même façon de processus trench.

+ Coat : (dépôt de la résine)

Le dépôt de la résine du via s'effectue dans spray coater (c'est une machine que l'on utilise pour les surfaces avec topographie (et bien sur ici on a des trenches), l'équipe m'a aidée d'effectuer ce dépôt dans cette machine et remplir la pompe avec la matière polymère qui est cette fois positive.

+ Exposition :

Je fais exposer le wafer sous les UV, exemple de masque utilisé :



+ Le Développe :

Dans l'exposition, les via sont attaqués par l'UV, donc ils sont devenus solubles. Le développe cette fois s'effectue de la même façon que dans trench (le bain du developper, le bain de QDR, puis l'SRD).

+ L'Inspection :

A l'aide du microscope nous inspectons les wafer sur les zones des via.

-chaque via doit avoir $35 \pm 2 \mu\text{m}$ de diamètre.

-on voit si on a des résidus de la photorésine.

IV-Silicon encapsulation : (l'encapsulation du silicium)

Rappel : cette étape vient après l'ETCH VIA, en étalant une matière Polymère sur toute la surface du wafer (Si) pour isoler sa surface.

+ Préparation de la surface :

J'importe le wafer dans spin coater pour le préparer pour le polymériser, en prolongeant la première matière pour le cleaning et la deuxième pour assurer une bonne adhésion.

+ Coat : (dépôt de la résine)

Le wafer est polymériser cette fois dans spray coater avec un polymère, de la même façon de l'ETCH Via

+ Exposition :

Dans cette étape le masque est un simple verre car on ne veut rien tracer sur la surface, par contre on veut que la matière du coat soit bien polymériser sur le wafer.

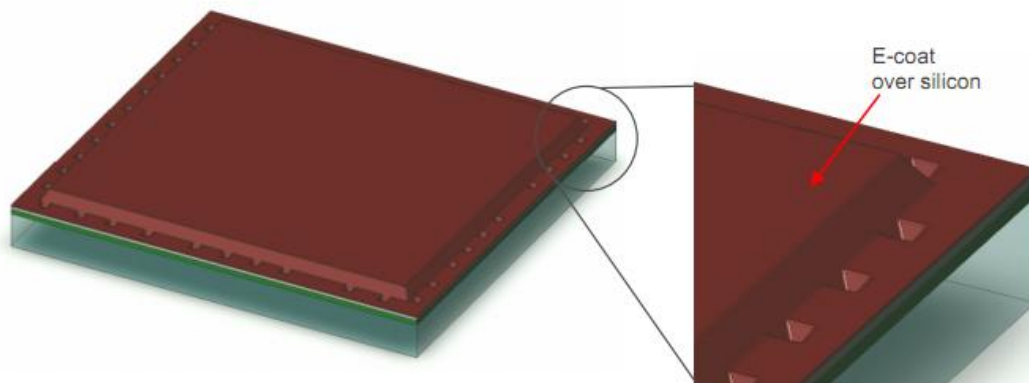
+ Le Développe :

Dans cette étape nous n'effectuons pas ce processus, car nous n'avons rien dessiné, je mets le wafer directement dans le hard cur (le four).

+ Inspection :

- Dans l'inspection visuelle nous voyons si on a des black spots (points noir), contaminations...

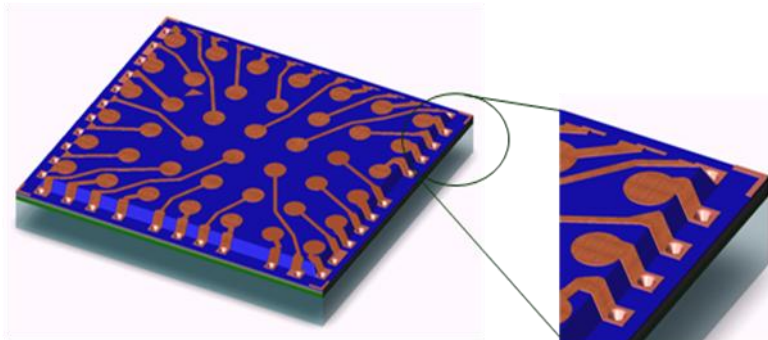
Image d'une die avec le silicone encapsulation:



V-Litho lead :

Rappel : après l'étape Métal Spattering i.e. : (la couche l'Aluminium), dans cette étape nous ne le laissons que sur les lead (qui relie la surface extérieure des wafers avec le pad a travers les via qu'on a déjà créé).

Image de wafer lead :



+ Préparation de la surface :

Toujours de la même façon dans la première station du spin coater. Pour déplacer le wafer vers spray coater.

+ Coat : (dépôt de la résine)

Le dépôt est effectuée dans le spray coater avec un photoresist positif.

+ Exposition :

Exemple de Mask utilisé :



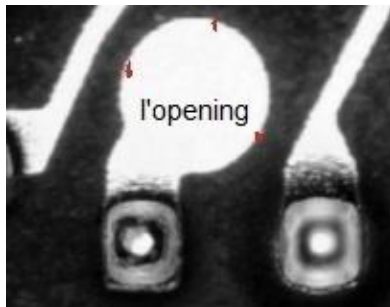
Le temps d'expose est 44s.

Remarque : la couche d'Aluminium ne doit être que sur les lead (à travers lesquels on extériorise la connexion) sinon on a un court circuit, car l'Aluminium est un conducteur. Et le but toujours c'est d'avoir la connexion entre les BGA qui sont dans la surface externe du wafer et le pad (le circuit intégré du wafer).

+ Le Développe :

Le développe du Litholead se fait de la même manière que le développe de via et trench.

+ Inspection :



Dans l'inspection de Litholead, nous choisissons 3 zones sur l'opening pour mesurer le diamètre. Puis nous faisons un balayage pour vérifier est ce qu'il n'y a pas de résidus de photorésine pour ne pas avoir un court circuit.

VI-Solder mask face (SMF):

Rappel : c'est la dernière étape de lithographie, l'objectif c'est tracer la place des BGA (les bools) sur les dies (c'est ça la couche supérieure du wafer qu'on veut lier au pad) on l'appelle aussi lead encapsulation et encapsuler le wafer avec un polymère (isolant).

+ Préparation de la surface :

Je mes le wafer dans la première station du spin coater, pour prolonger les 2 matières.

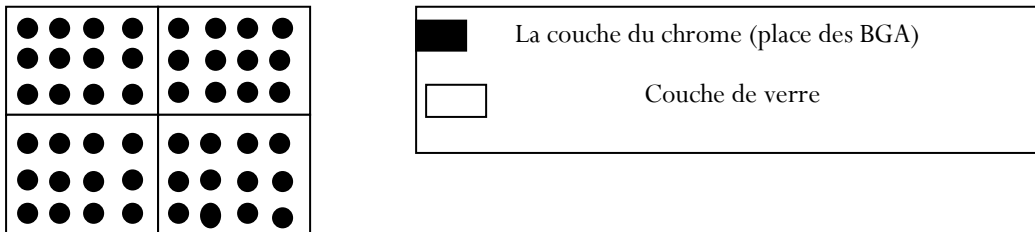
+ Coat : (dépôt de la résine)

Dans cette étape je le coat dans spin coater, de la même manière du coat de la cavity et avec le même photoresist qui est négatif.

+ Exposition :

On expose le wafer sous l'UV :

Exemple de Mask utilisé:



Le temps de l'expose est 20s.

+ Le Développe :

Le développe s'effectue de la même manière que dans la cavity formation, avec les mêmes matières dans des bains spécifiques.

+ Inspection :

Nous inspectons le wafer pour s'assurer que :

-l'opening de l'SMF est centré par rapport a l'ouverture des lead avec un diamètre bien spécifié. -l'opening

SMF doit être claire i.e. : aucune particule ne doit être dedans.

Conclusion :

Cette partie décrit le travail que j'ai effectué à Nemotek avec l'équipe de la ligne lithographie.

Conclusion générale:

En conclusion, ce stage était pour moi une expérience professionnelle dans le domaine microélectronique, j'ai pu découvrir une nouvelle technologie celle de l'MVP (Micro Via Process), cette technologie que a travers laquelle Nemotek produit la partie électrique de la camera intégrée.

Durant ses 6 semaines de stage, j'ai pu bien maîtrisée le processus de la lithographie au sein de Nemotek, j'ai eu l'opportunité de travailler sur différentes machines (spin coater, spray coater, Mask-aligner), ce qui m'a permis d'avoir une vision détaillée et réelle de ce processus.

J'ai découvert l'importance de la microélectronique dans le monde industriel d'aujourd'hui.

Le fait de travailler en équipe m'a permis de m'intégrer dans le groupe de travail et de voir en quoi consistait la responsabilité de chacun d'eux, et son importance au sein d'une structure comme Nemotek Technologie.

Bibliographie :

Documentation Nemotek technologie (informations confidentielles).

http://www.imagesensors.org/Past%20Workshops/2009%20Workshop/2009%20Papers/017_paper_zoberbier_suss_wlc.pdf

http://pc-web.cemes.fr/Ecoles_Doctorales/site_web-ed_2008/cours/Cours_Lithographie_1.pdf

<http://mon.univ-montp2.fr/claroline/backends/download.php?url=LOZNRTM0NI90ZWNobm9fZF9saXRoby5wZGY%3D&cidReset=true&cidReq=FME346>