

Mise au point d'un procédé d'exposition UV (I-line 37%) sur résines standards



THERMIE : Filière pour la conception et le développement de nouveaux nanomatériaux et nanostructures réactifs pour la fabrication d'initiateurs pyrotechniques sécurisés de nouvelles générations

Date : 02/07/2018

Auteurs : J. JONEAU

Table des matières

Introduction.....	3
Chapitre 1 : Plan d'expérience.....	4
1-1 Le programme d'exposition.....	4
1-2 Plan d'expérience	4
Chapitre 2 : Optimisation des paramètres.....	5
Chapitre 3 : Validation programme « Résines standards ».....	6
3-1 Mesures de reproductibilité	6
Chapitre 4 : Résultats de mesures	7
4-1 Exploitation.....	8
Annexe 1	10
Annexe 2.....	12

Introduction

La machine d'exposition MA-BA6 de chez Suss Microtec est un système d'exposition UV semi-automatique, alimenté par deux boîtiers LED. Délivrant une puissance semblable à celle d'une lampe à vapeur de mercure de 1 kW, les sources LED permettent d'effectuer des insulations à des longueurs d'ondes spécifiques (I line : 365nm, H line : 405nm, G line : 436nm ou Broadband). Ces boîtiers à LED permettent également de moduler l'intensité lumineuse du signal et augmentent de manière significative la durée de vie des lampes.

Pour la mise au point du procédé,

- le plasma a été réalisé au DIENER plasma O₂,
- les mesures d'épaisseurs ont été réalisées au profilomètre mécanique.
- les observations ont été réalisées au microscope optique et microscope électronique à balayage.

Chapitre 1 : Plan d'expérience

Ce plan d'expérience devrait permettre de transférer les recettes d'expositions déjà existantes sur la MA6 ou MA150 vers cette nouvelle machine. La contrainte principale est de conserver les paramètres de recuit et de développement des anciennes recettes pour pouvoir intégrer plus facilement les nouveaux paramètres de cette machine aux recettes existantes.

1-1 Le programme d'exposition

Le programme d'exposition sur la machine MA-BA6 se décompose en 6 paliers :

- 1^{er} palier : chargement du masque sur le holder, suivi d'une mise sous vide du masque.
- 2^{ème} palier : chargement de la plaque sur le chuck, suivi d'une aspiration sous vide (vide de transport).
- 3^{ème} palier : chargement du chuck sur la platine, suivi d'une aspiration sous vide (500-700 mbar).
- 4^{ème} palier : alignement des marques grâce aux objectifs microscope.
- 5^{ème} palier : exposition aux UV (influence du temps, de la dose, de la raie d'exposition, de l'intensité lumineuse, des filtres, du mode de contact...).
- 6^{ème} palier : coupure de l'aspiration du chuck et extraction du wafer.

Note :

1-2 Plan d'expérience

Les paramètres dans le programme pouvant avoir une influence sur l'exposition UV sont :

- le temps d'exposition
- la dose
- la longueur d'onde (I, G, H ou Broadband)
- l'intensité du pic d'exposition

Pour le plan d'expérience la machine a été programmée en mode dose (renseignement d'une dose consigne à atteindre) en I line 37%. Il a été convenu de faire des tests sur 1/8 de plaque à l'aide d'un disque sectoriel. Ainsi sur une même plaque il sera possible de réaliser 8 mesures différentes (i.e. Tableau 1).

<i>Résine</i>	<i>Dose (mJ/cm²)</i>							
ECI 3012 (1,1µm)	50	100	150	200	250	300	400	500
AZ40XT (40µm)	490	650	820	980	1480	1980	2480	2980
Nlof 2035 CD (2,5µm)	40	60	80	100	150	200	250	300
Nlof 2035 (2,5µm)	40	60	80	100	150	200	250	300
Nlof 2035 CD (5µm)	40	60	80	100	150	200	250	300
Nlof 2035 (5µm)	40	60	80	100	150	200	250	300
SU8 3050 (100µm)	200	250	300	360	450	550	750	950

Tableau 1 : Grille d'expérience

Chaque expérience va être réalisée sur un wafer de silicium vierge ayant subi un plasma O₂ de 5 minutes à 800W. Un dépôt de HMDS réalisé sur la plaque Obducat sera effectué avant chaque insolation sur les résines le nécessitant. Après exposition, le wafer est développé selon les recettes déjà existantes puis observé au microscope optique, microscope électronique à balayage et mesuré au profilomètre.

Chapitre 2 : Optimisation des paramètres

Des mesures au microscope optique ont dans un premier temps permis de déterminer les zones où les paramètres d'exposition étaient optimisés (i.e. Annexe 1).

Les résultats des observations au microscope optique indiquent que les conditions optimales sont comprises entre deux valeurs de dose, traduit par le tableau ci-dessous (i.e. Tableau 2).

Résine	Dose (mJ/cm ²)	
ECI 3012 (1,1µm)	150	200
AZ40XT (40µm)	490	-
Nlof 2035 CD (2,5µm)	80	-
Nlof 2035 (2,5µm)	100	-
Nlof 2035 CD (5µm)	150	-
Nlof 2035 (5µm)	200	-
SU8 3050 (100µm)	300	360

Tableau 2 : Résultats les plus probants

Des observations au microscope électronique à balayage ont été menées sur ces plages de mesures pour confirmer ou réfuter la valeur de la dose optimale pour chaque résine (cf. clichés MEB : annexe 2). A la vue de certains résultats, de nouvelles expériences ont été menées, notamment pour la AZ40XT (plage trop courte la première fois).

Les résultats des observations au microscope électronique à balayage indiquent que les conditions optimales sont les suivantes (i.e. Tableau 3), (i.e. Annexe 2 & Chapitre 4 : Résultats de mesures).

Résine	Dose (mJ/cm ²)
ECI 3012 (1,1µm)	200
AZ40XT (40µm)	400
Nlof 2035 CD (2,5µm)	80
Nlof 2035 (2,5µm)	250
Nlof 2035 CD (5µm)	150
Nlof 2035 (5µm)	250
SU8 3050 (100µm)	300

Tableau 3 : Résultats finaux

Chapitre 3 : Validation programme « Résines standards »

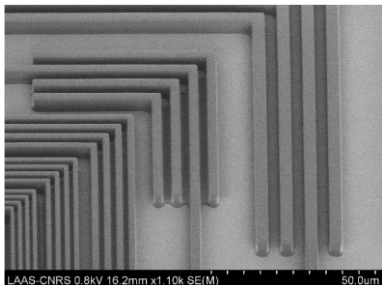
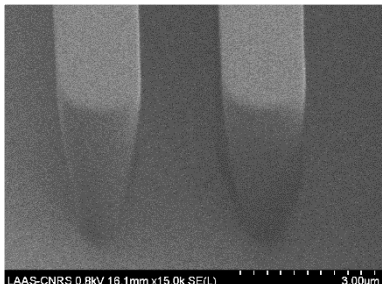
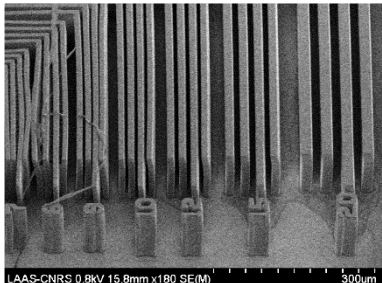
3-1 Mesures de reproductibilité

Chacune des doses sélectionnées ont été appliquées sur des plaques de silicium entière afin de juger de la reproductibilité.

Les qualifications des procédés ont été réalisées à différents intervalles de temps. Les résultats sont conformes.

Chapitre 4 : Résultats de mesures

Résine	Recette	Caractéristiques	Caractérisation
ECI 3012 1,1µm	I-line 37% 200mJ/cm ² VC	Résolution : 0,9 µm Profil : Droit (Scalloping) Côte : 0,87 µm	<p>LAAS-CNRS 0.8kV 16.0mm x30.0k SE(U) 1.00µm</p> <p>Obs MEB : lignes 0,9 et 1 µm</p>
AZ40XT 40µm	I-line 37% 400mJ/cm ² VC	Résolution : 6 µm Profil : Droit Côte : 5,62 µm	<p>LAAS-CNRS 0.8kV 16.2mm x1.20k SE(L) 40.0µm</p> <p>Obs MEB : lignes 5 et 6 µm</p>
Nl of 2035 2,5µm CD	I-line 37% 80mJ/cm ² VC	Résolution : 1,5 µm Profil : Droit Côte : 1,36 µm	<p>LAAS-CNRS 0.8kV 16.4mm x2.50k SE(M) 20.0µm</p> <p>Obs MEB : lignes 1 à 2 µm</p>
Nl of 2035 2,5µm	I-line 37% 250mJ/cm ² VC	Résolution : 1 µm Profil : Incliné Angle : 96°	<p>LAAS-CNRS 0.8kV 16.1mm x20.0k SE(L) 2.00µm</p> <p>Obs MEB : lignes 1,5 µm</p>

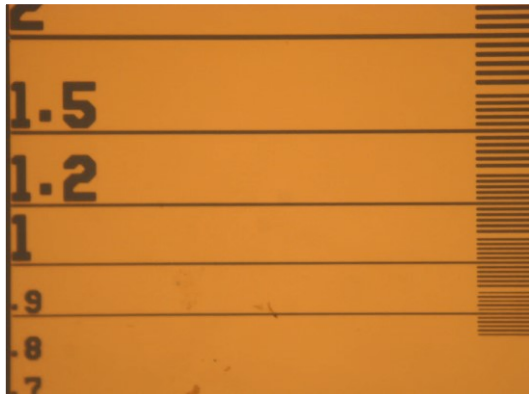
Résine	Recette	Caractéristiques	Caractérisation
Nlof 2035 5µm CD	I-line 37% 150mJ/cm ² VC	Résolution : 4 µm Profil : Droit Côte : 3,89 µm	 <p>Obs MEB : lignes 3 µm (centre)</p>
Nlof 2035 5µm	I-line 37% 250mJ/cm ² VC	Résolution : 2 µm Profil : Incliné Angle : 96°	 <p>Obs MEB : lignes 2 µm</p>
SU8 3050 100µm	I-line 37% 300mJ/cm ² HC	Résolution : 10 µm Profil : Droit Côte : 9,49 µm	 <p>Obs MEB : lignes 7 à 20 µm</p>

4-1 Exploitation

Ces résultats montrent une nette amélioration des procédés d'insolation vis-à-vis des anciennes machines (type MA6, MA150). A titre d'exemple, sans doute le plus significatif, la résolution de la résine AZ40XT est désormais de 6µm tandis qu'elle était de 15µm lors des dernières qualifications de procédés réalisés sur la MA150.

Certains éléments nécessitent cependant d'être corrigés, notamment les résines de type NLOF qui demandent un léger ajustement au niveau du développement. (résolution CD < résolution Ø CD : manque de développement).

Note : La résolution de la résine ECI 3012 semble être limitée par celle du masque.



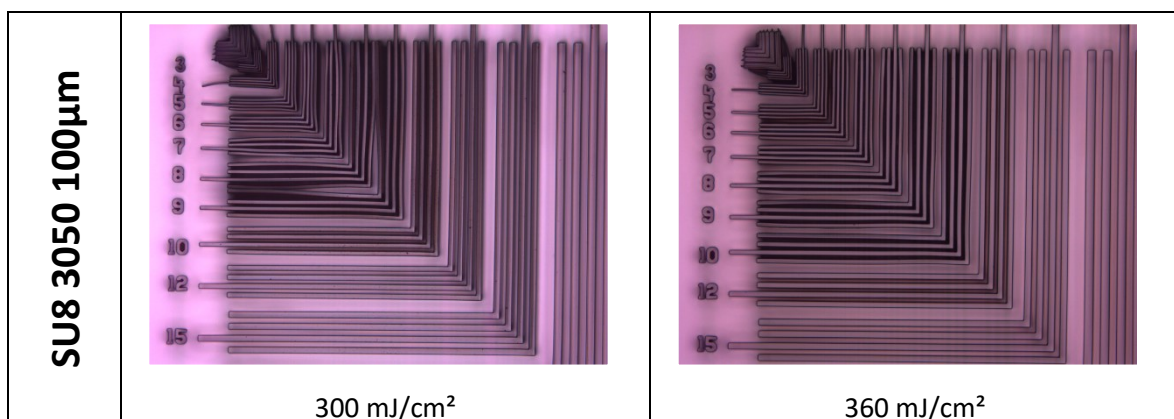
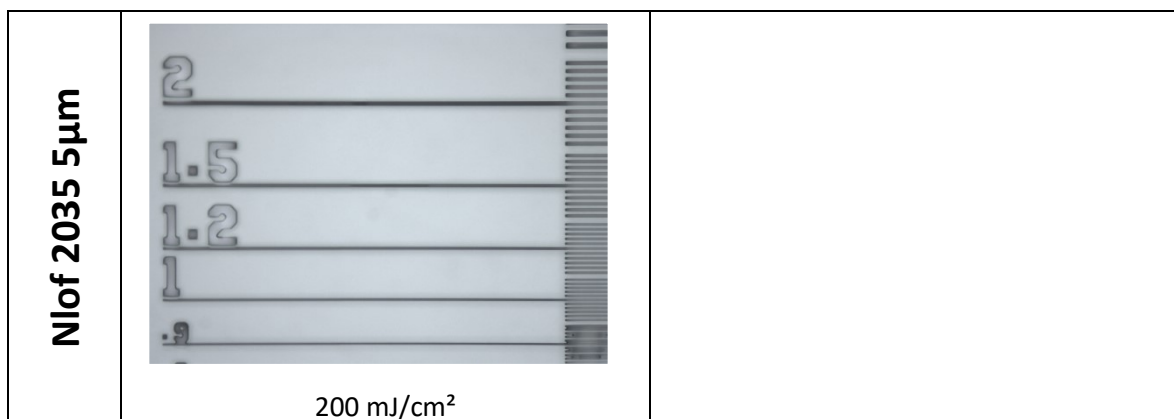
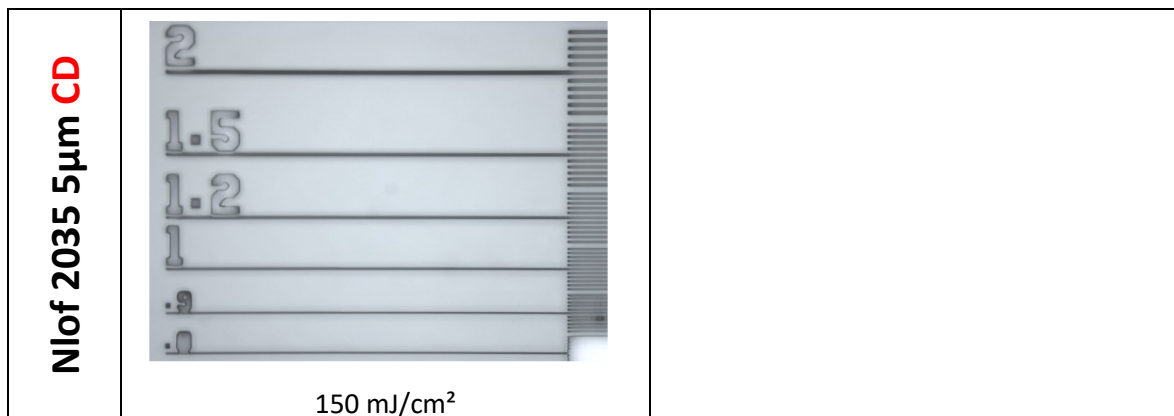
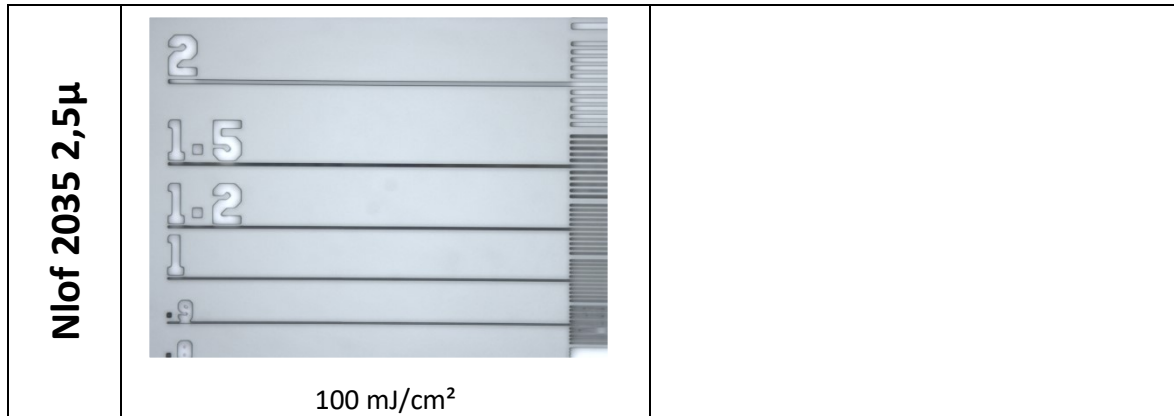
En effet suite à des observations au microscope optique il s'est avéré que la résolution critique du masque était de $0,9 \mu\text{m}$, ce qui correspond au limite de résolution de l'ECI (i.e. Figure 1).

On peut donc penser qu'avec des masques de meilleure résolution, il serait possible de descendre en dessous de 900nm de résolution sur de l'ECI $1,2\mu\text{m}$.

Figure 1 : Masque de qualification de procédés

Annexe 1

Résine	Caractérisation	Caractérisation
ECI 3012 1,1µm	<p>150 mJ/cm²</p>	<p>200 mJ/cm²</p>
AZ40XT 40µm	<p>490 mJ/cm²</p>	
Nlof 2035 2,5µm CD	<p>80 mJ/cm²</p>	



Annexe 2

Résine	Caractérisation	Caractérisation
ECI 3012 1,1µm	<p>LAAS-CNRS 0.8kV 16.0mm x22.0k SE(U) 2.00µm</p> <p>200 mJ/cm²</p>	<p>LAAS-CNRS 0.8kV 16.0mm x2.50k SE(U) 20.0µm</p> <p>200 mJ/cm²</p>
AZ40XT 40µm	<p>LAAS-CNRS 0.8kV 16.1mm x450 SE(L) 100µm</p> <p>400 mJ/cm²</p>	<p>LAAS-CNRS 0.8kV 16.1mm x1.30k SE(L) 40.0µm</p> <p>400 mJ/cm²</p>
NIof 2035 2,5µm CD	<p>LAAS-CNRS 0.8kV 15.9mm x2.00k SE(M) 20.0µm</p> <p>80 mJ/cm²</p>	<p>LAAS-CNRS 0.8kV 16.4mm x2.50k SE(M) 20.0µm</p> <p>80 mJ/cm²</p>

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">NIof 2035 2,5μ</p>	<p style="text-align: center;">250 mJ/cm²</p>	<p style="text-align: center;">250 mJ/cm²</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">NIof 2035 5μm CD</p>	<p style="text-align: center;">150 mJ/cm²</p>	<p style="text-align: center;">150 mJ/cm²</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">NIof 2035 5μm</p>	<p style="text-align: center;">250 mJ/cm²</p>	<p style="text-align: center;">250 mJ/cm²</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">SU8 3050 100μm</p>	<p style="text-align: center;">300 mJ/cm²</p>	

