



Interaction plasma/résine

E. Pargon, M. Martin, K. Menguelti, X. Mellhaoui, A. Bazin, J. Thiault

Journées scientifiques du LTM

Autrans, 6-7 octobre 2008

Contexte technologique

L'approche « top-down » est encore pour longtemps la stratégie qui sera utilisée pour réaliser des structures de dimensions décananométriques

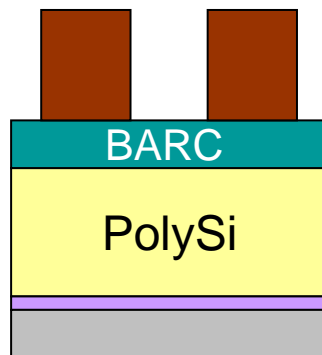
Lithographie

+

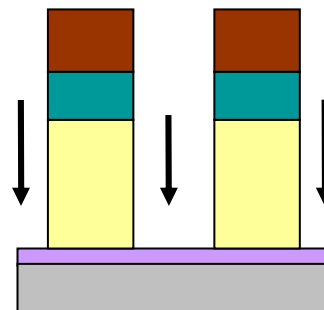
Gravure par plasma

=

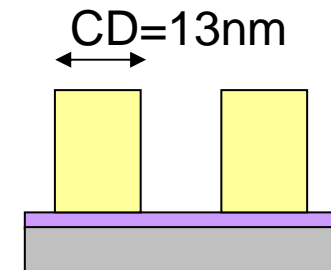
Réalisation de motifs



Réalisation d'un masque dans une résine photosensible



Transfert du masque dans les matériaux sous jacents



Après retrait du masque en résine

Objectif en technologie CMOS pour le nœud 32 nm prévu en 2013:
Dimension critique (CD) de 13 nm contrôlé à 0.8nm près!!

Evolution de la lithographie

➤ Résolution en lithographie donnée par critère de Rayleigh:

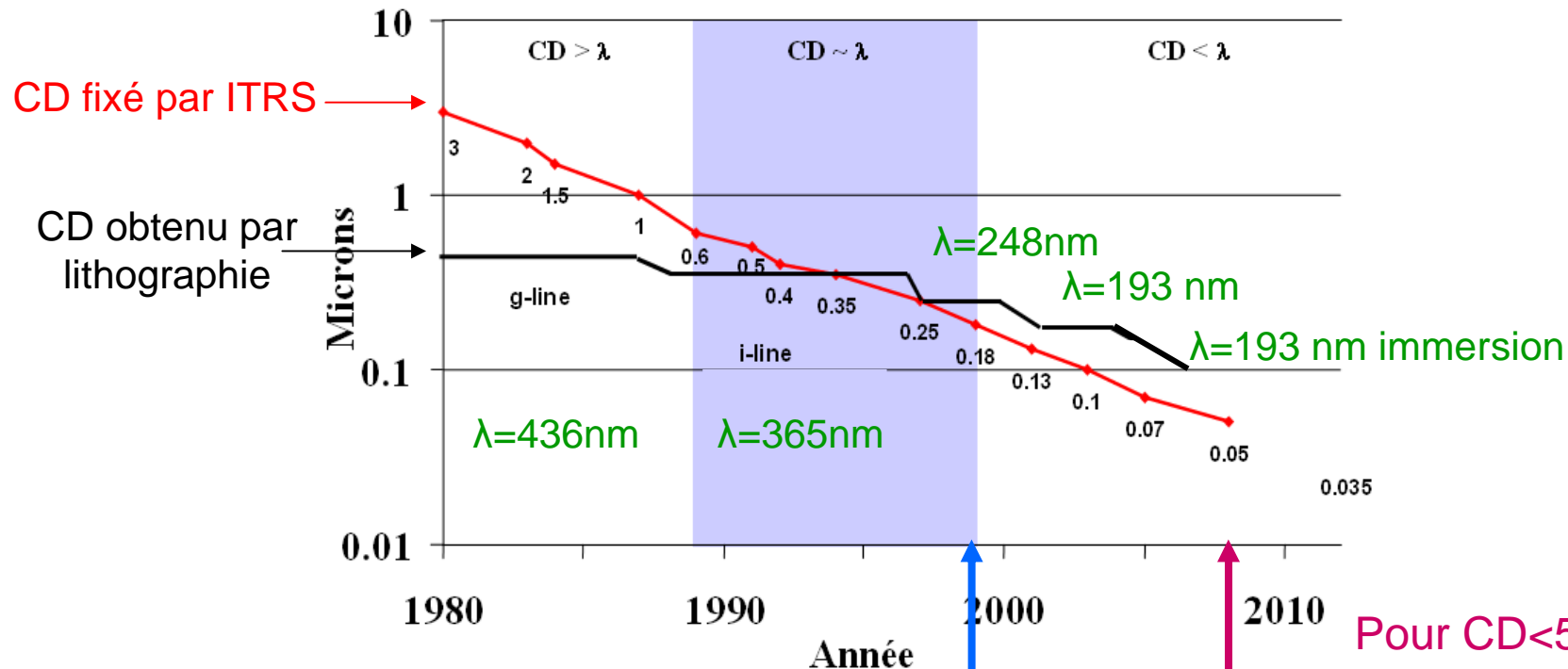
$$R \approx \frac{k\lambda}{ON}$$

Avec λ = longueur d'onde d'insolation

k = constante qui dépend du procédé lithographique (0.6 à 1)

ON = ouverture numérique du photorépéteur

La miniaturisation est assurée en diminuant la longueur d'onde d'insolation

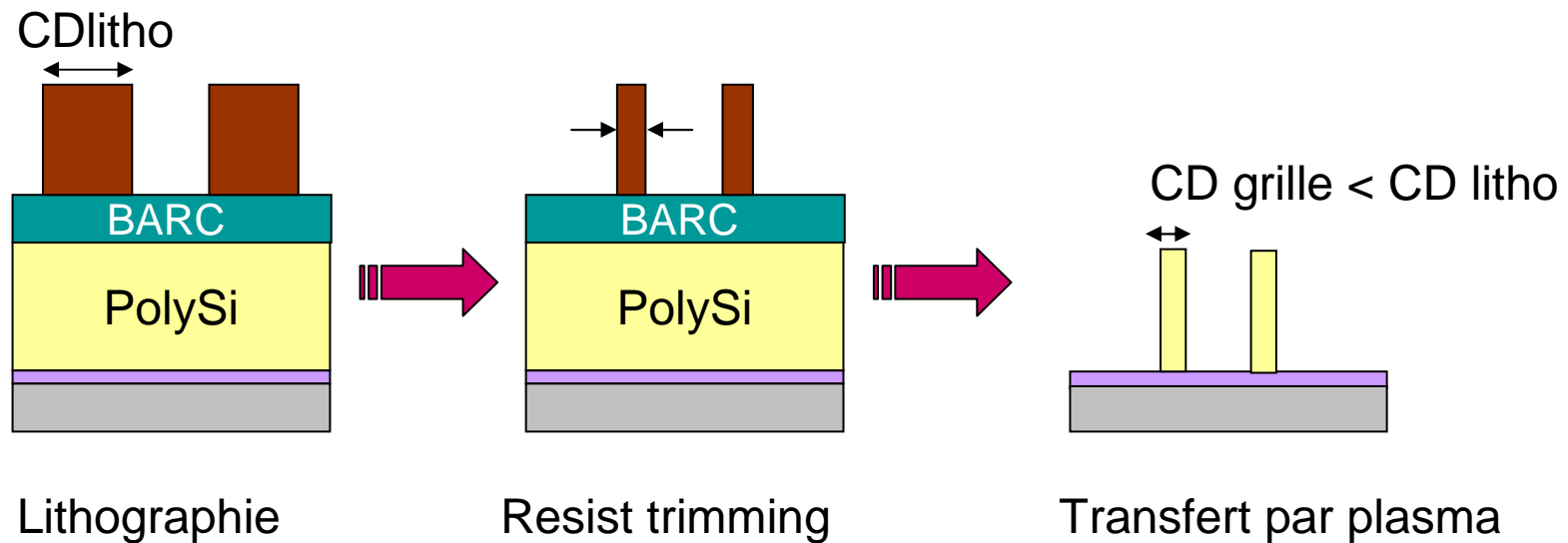


Introduction d'un procédé plasma dit de resist trimming pour contourner les limitations en résolution de la lithographie

Pour CD < 50nm:
Ebeam,
Litho EUV (13.5nm)
Nanoimprint?

Resist trimming

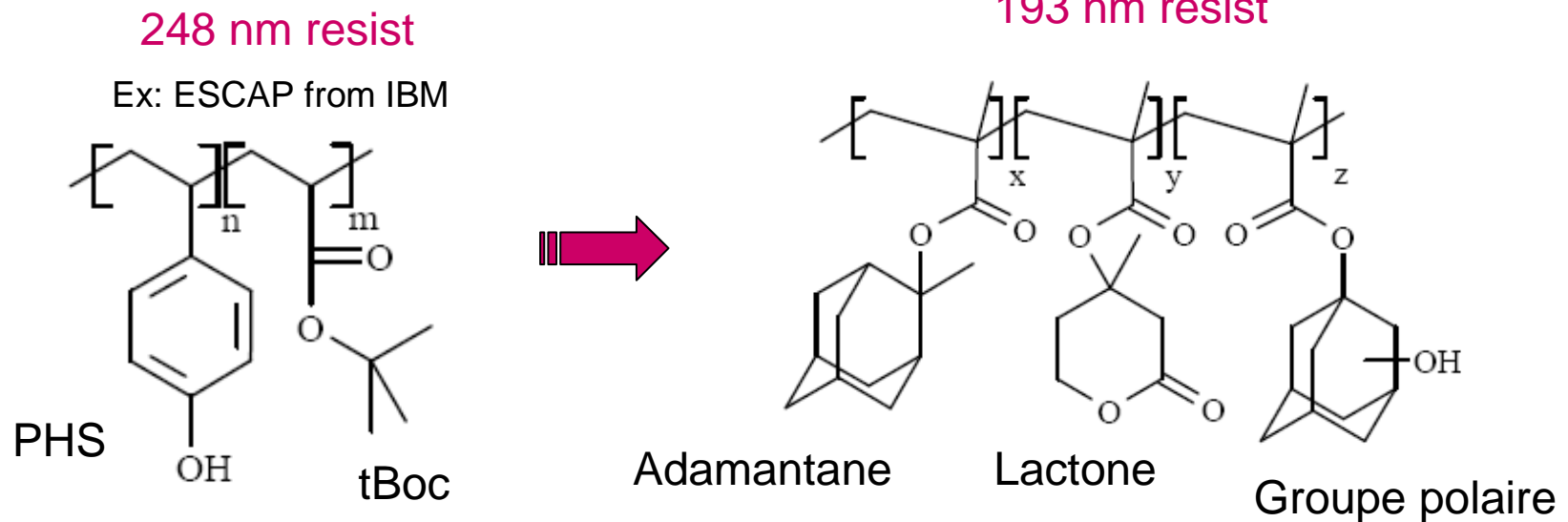
Érosion latérale (et verticale) par gravure plasma des motifs de résine définis par la lithographie



⇒ **Obtenir des dimensions inférieures aux possibilités de la lithographie pour répondre aux exigences de la miniaturisation**

Résine à amplification chimique: 248nm vs 193nm

Le passage de la lithographie 248nm à la lithographie 193nm a nécessité le développement de nouvelles plates-formes chimiques



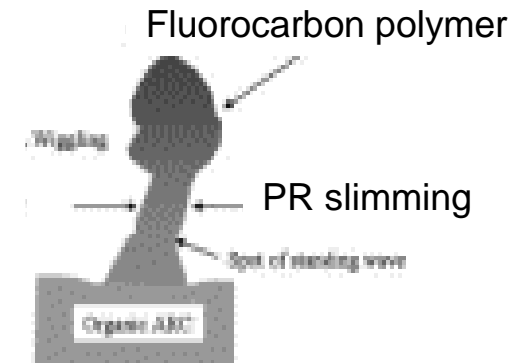
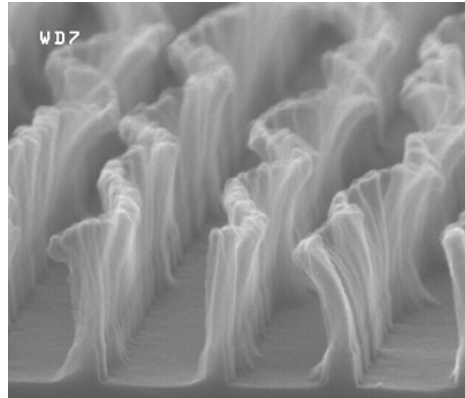
L'introduction de ces nouvelles résines 193nm ont engendré de nouveaux problèmes en terme de procédés de gravure par plasma, du fait:

- De leur faible résistance à la gravure
- De leur grande rugosité de bord (Linewidth roughness, LWR)

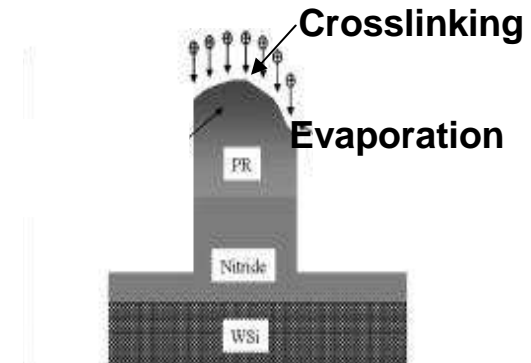
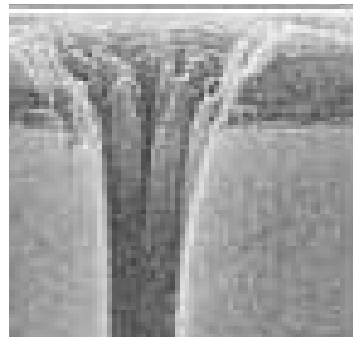
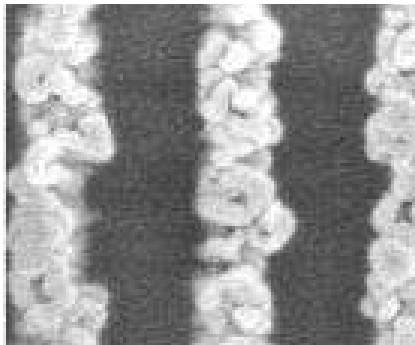
Dégradation du masque en résine

La faible résistance à la gravure des résines 193nm entraîne une dégradation des motifs lors du procédé de gravure

➤ **Wigging: zigzagment des lignes:**



➤ **Striations: rugosité verticale des flancs :**

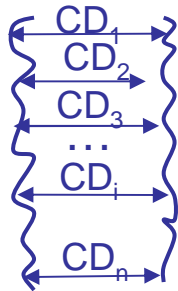


- Conséquences directes sur le procédé de gravure:
- Perte du contrôle dimensionnel
 - Dégradation de la rugosité de bord

Problématique du LWR

- Définition de la rugosité de bord (Linewidth roughness (LWR)):

Vue de dessus

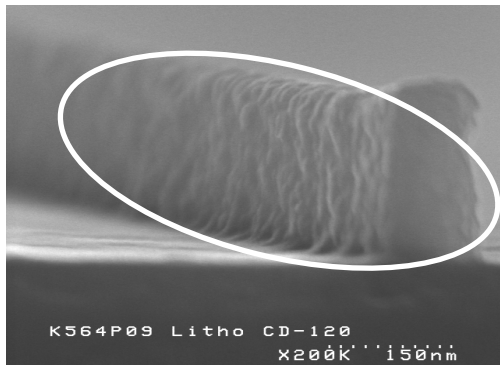


Déviatiun standard de la dimension critique (CD) à 3σ

$$\text{LWR} = 3\sigma = 3\sqrt{\frac{\sum_{i=0}^n (\text{CD}_i - \overline{\text{CD}})^2}{n}}$$

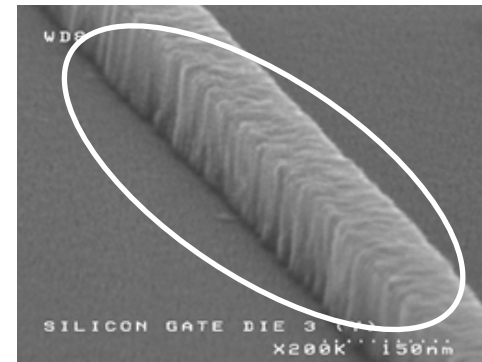
- Problématique:

193nm PR après lithographie



Transfert de
rugosité

Grille en Polysilicium après gravure



LWR réalisable en lithographie actuellement: 4-5 nm
Nécessaire pour le nœud 32nm: 1.7 nm

LWR de la grille obtenue bien supérieure aux exigences fixées par la roadmap

Pourquoi étudier les interactions plasma-résine 193nm ?

1. Comprendre les mécanismes de gravure par plasma des résines 193nm

-Développer des procédés de gravure moins agressifs vis-à-vis des résines 193nm et qui assurent un respect du contrôle dimensionnel

-Développer des traitements plasma (cure HBr) qui modifient les propriétés physico-chimiques de la résine photosensible afin de modifier son comportement à la gravure



Thèse Arnaud Bazin (2005-2008)

Postdoc : Kevin Menguelti (2007-2009) +Xavier Mellhaoui (2006-2008)

2. Comprendre les mécanismes de transfert de la rugosité de bord lors des étapes de gravure

-Proposer des solutions pour minimiser la rugosité de bord des résines 193nm (par des traitements plasma par ex.) avant le transfert par plasma

- Mettre au point des procédés de gravure qui répondent aux exigences de la roadmap



Thèse Jérôme Thiault (2003-2006)

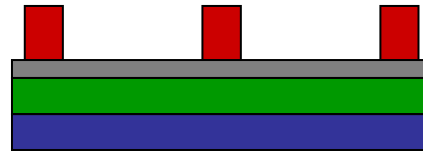
Postdoc : Mickael Martin (2006-2009)

Nouveau thésard: Laurent Azarnouche (2008-2011)

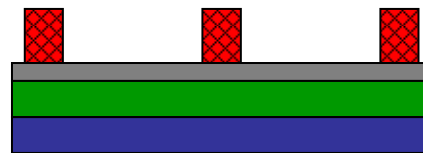
Application futur proche: Double Patterning

Exemple: "Freezing" approach

1. First lithography

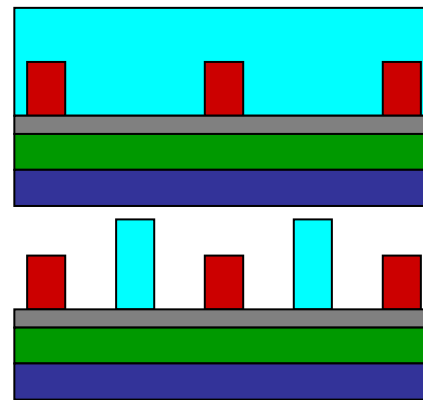


2. Freezing process



Resist Image is "frozen" by a thermal curing process.

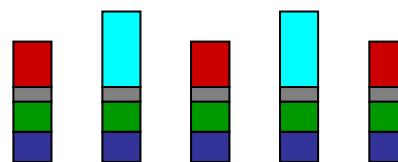
3. Second lithography



⇒ **Obtension de deux types de motifs de résine avec des épaisseurs différentes et certainement des LWR différents**



4. Plasma etching



Problèmes engendrés pour la gravure:
- Sélectivité de gravure différente des 2 résines/sous-couche
- LWR finaux différents