

La scatterométrie pour la mesure des procédés de lithographie par Nano Impression

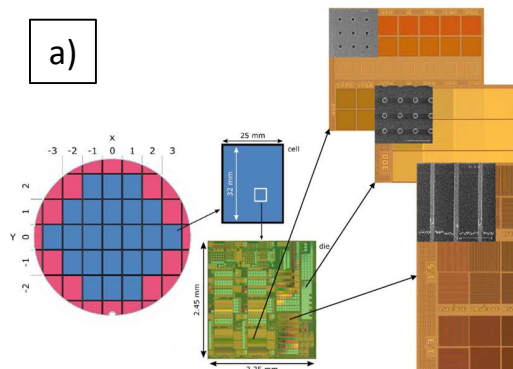
Yoann Blancquaert¹, Jérôme Reche¹

¹Univ. Grenoble Alpes, CEA, Leti, F-38000 Grenoble, France

Email: yoann.blancquaert@cea.fr

Keywords: Nano-impression, scattérométrie, métrologie, AFM-3D, CD-SEM

Il existe une grande variété de techniques de métrologie pour caractériser les procédés de lithographie¹. Parmi les plus utilisées citons les méthodes électroniques telles que la Microscopie Electronique à Transmission (TEM) ou encore la Microscopie Electronique à Balayage (MEB). Ces techniques sont bien connues et maîtrisées, et sont utilisées depuis des décennies dans différents laboratoires à travers le monde mais aussi dans l'industrie de la microélectronique². Les informations obtenues permettent de visualiser précisément la forme des structures caractérisées : les largeurs, hauteurs, angles latéraux, matériaux... Ces techniques électroniques peuvent être moins appropriées en présence de certains polymères sensibles à la quantité d'énergie incidente, telles que les résines utilisées pour les technologies CMOS : les structures lithographiées peuvent se déformer rapidement (effet de retrait sous des tensions supérieures à 300eV)³. Il est alors nécessaire, dans certains cas, de faire appel à d'autres techniques de métrologie qui donneront la même qualité d'information comme les techniques de Microscopie à Force Atomique (AFM) ou des techniques d'analyse des signaux diffractés par des structures périodiques. C'est ce type de technique que nous avons utilisée dans cette étude. La réponse optique d'un échantillon sur lequel est projeté une onde lumineuse est significative des indices optiques des matériaux et de la répartition géométrie des matériaux. Si les matériaux sont déposés en couches planes et que leurs propriétés optiques sont connues a priori, il sera alors possible de remonter à la géométrie du système. C'est sur principe que la technique de scattérométrie est basée. Si l'information de la périodicité de l'échantillon est connue, via d'autres techniques telles que l'AFM-3D et du CD-SEM, et qu'il est constitué de matériaux connus optiquement, il sera alors possible d'acquérir des informations sur la répartition des matériaux en analysant la réponse optique. Pour générer les échantillons de travail de notre étude, nous avons employé une plateforme de lithographie nano-impression utilisant un « stamp » de travail en polymère transparent collé sur un support flexible pour permettre un contact conforme avec la surface du substrat. Différents échantillons ont ainsi pu être générés sur substrat de silicium de 200mm. Une multitude de réseaux de lignes et de trous dans la résine avec différentes géométries et périodicités sont disponibles pour des mesures comparatives (figure a.). Dans un premier temps, l'étude s'est focalisée sur des réseaux de lignes de largeur 580nm, angle 90°, hauteur 360nm et 3020µm de périodicité. Différentes métrologies ont été employées pour avoir une estimation de la forme des lignes : MEB en coupe transverse (figure b.) et AFM-3D (figure c) pour avoir une représentation en 3 dimensions ainsi que du CD-SEM pour obtenir les largeurs des lignes (figure d). Les échantillons ont ensuite été mesurés avec la technique de scattérométrie. Dans une seconde étape, un modèle (figure e) décrivant la réponse optique du signal diffracté a été généré et comparé au signaux expérimentaux. Les résultats obtenus pour la morphologie des lignes ont ensuite été comparés aux résultats de mesure des autres techniques de métrologie : AFM-3D pour la hauteur, MEB pour la forme générale des lignes et angles latéraux et enfin le CD-SEM pour les corrélations avec la largeur de la structure. Vu les résultats très prometteurs obtenus par scattérométrie, une cartographie complète du wafer a pu être générée pour rendre compte des variations morphologies induites par le procédé de lithographie par nano-impression (figure f). Nous concluons cette étude par une revue des possibilités connexes de la scattérométrie^{4,5}.



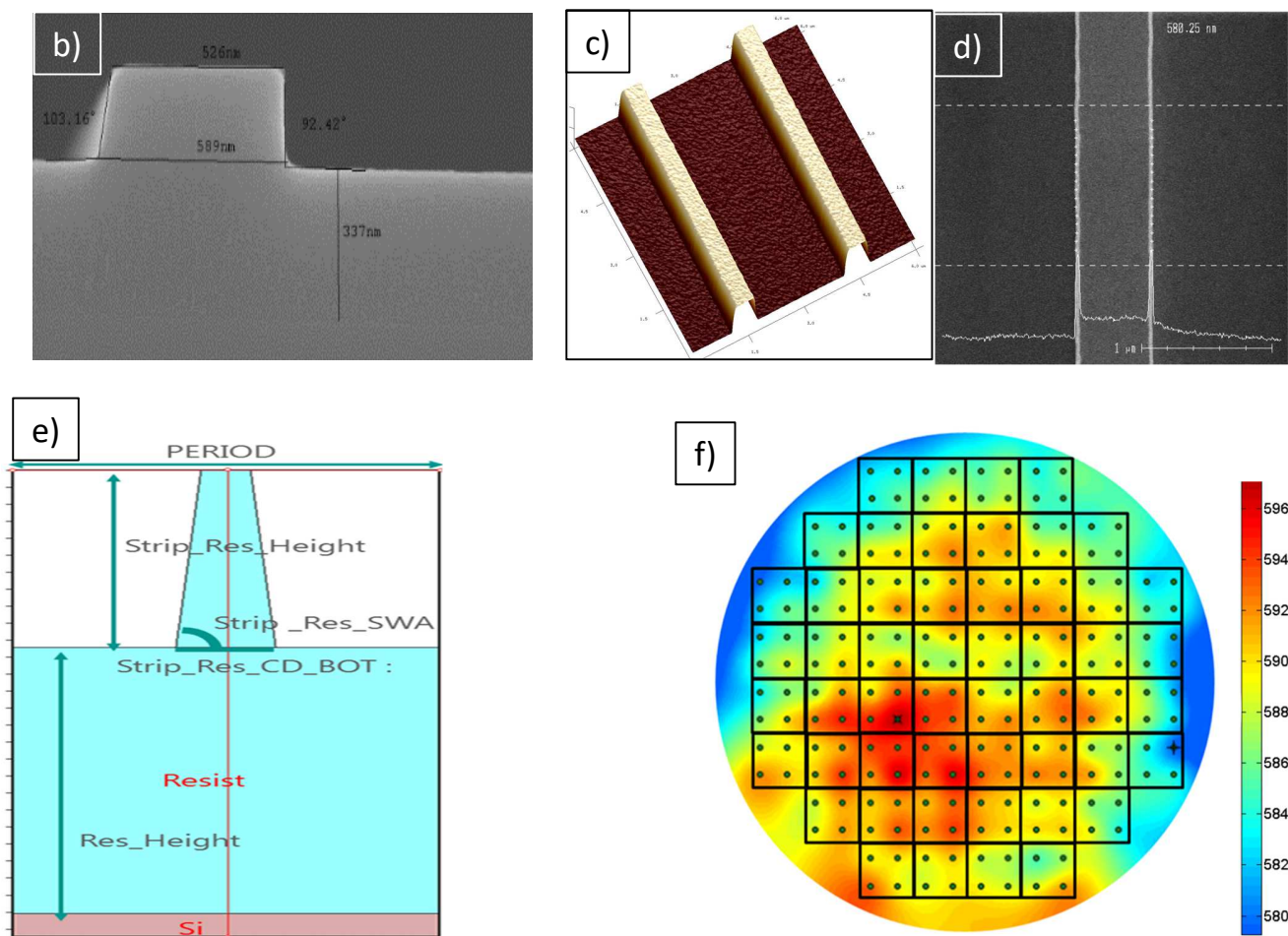


Figure - a) Représentation des échantillons générés par nano-impression sur wafer de silicium de 200mm, **b)** microscopie électronique à balayage vue latérale, **c)** AFM-3D et **d)** Microscope électronique « top view » d'une ligne imprimée par nano-impression, **e)** modélisation des lignes pour le traitement par la technique de scattérométrie et **f)** cartographie résultante des largeurs de lignes mesurées par scatterométrie sur l'ensemble du wafer de 200mm.

References

- [1] Ma, Z. Seiler D.G., "Metrology and diagnostic Techniques for Nanoelectronics (1st ed.)", Jenny Stanford Publishing (2016).
- [2] Li, Y.G., "CMOS Gate Oxide Integrity Failure Structure Analysis Using Transmission Electron Microscopy," 8th International Conference on Solid-State and Integrated Circuit Technology Proceedings", *Shanghai, China*, pp. 2190-2192 (2006).
- [3] Bian, Y., "Effects of Electron Beam on Photo Resist Shrinkage and Critical Dimension in SEM Measurement", China Semiconductor Technology International Conference (CSTIC), pp. 1-3 (2020).
- [4] Blancquaert, Y., "Scatterometry control for multiple electron beam lithography." Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering (2017).
- [5] Figueiro, N., "Application of scatterometry-based machine learning to control multiple electron beam lithography: AM: Advanced metrology". 29th Annual SEMI Advanced Semiconductor Manufacturing Conference, ASMC (2018).