



**Plateforme Silicium
Centre de Compétence :**

**Mesures
Dimensionnelles**



CD-SEM, Overlay
Scatterometry, 2D & 3D AFM

La mesure d'épaisseur par ellipsométrie

2024-05-28



Sommaire

- 1. L'ellipsométrie spectroscopique**
- 2. Approche expérimentale**
- 3. Cas pratiques**
- 4. Au-delà du 1D**





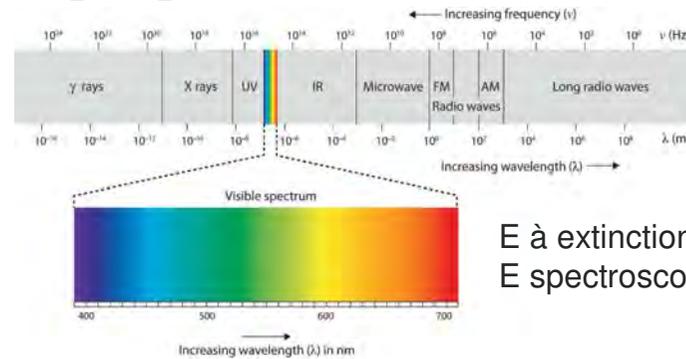
L'ellipsométrie spectroscopique



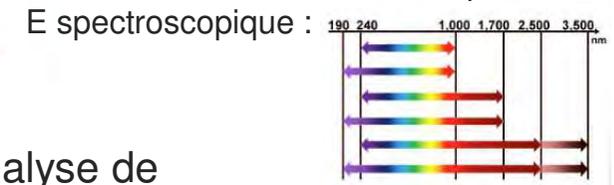
« L'ellipsométrie est une **technique optique** d'analyse de **surface** fondée sur la mesure du **changement de l'état de polarisation** de la lumière après **réflexion sur une surface plane** ».

*Frank BERNOUX et al., **Ellipsométrie**
Théorie, Technique de l'Ingénieur,
traité Mesures et Contrôle, R 6 490*

L'ellipsométrie spectroscopique



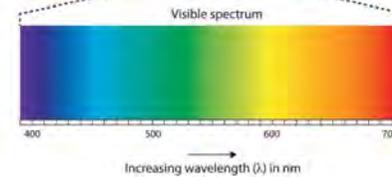
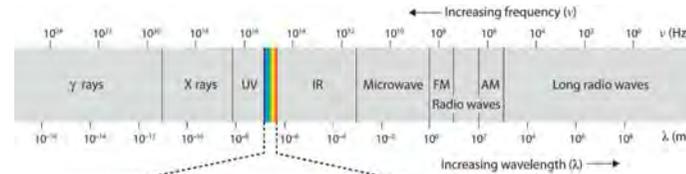
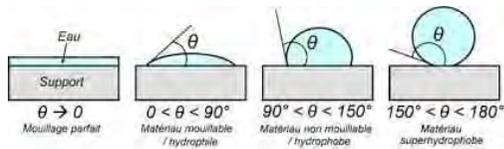
E à extinction : monochromatique



« L'ellipsométrie est une **technique optique** d'analyse de **surface** fondée sur la mesure du **changement de l'état de polarisation** de la lumière après **réflexion sur une surface plane** ».

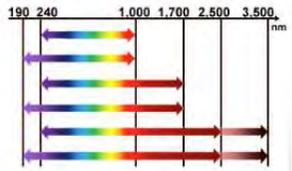
Frank BERNOUX et al., *Ellipsométrie Théorie, Technique de l'Ingénieur, traité Mesures et Contrôle, R 6 490*

L'ellipsométrie spectroscopique



E à extinction : monochromatique

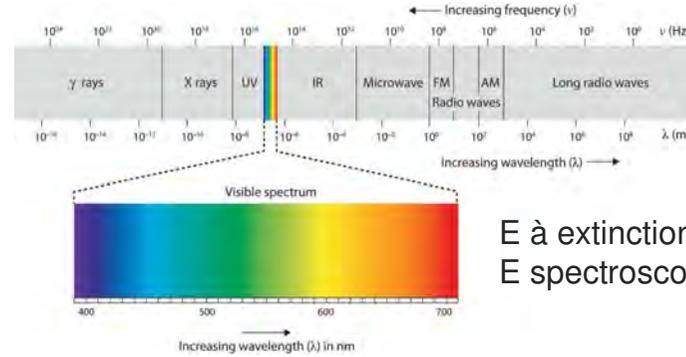
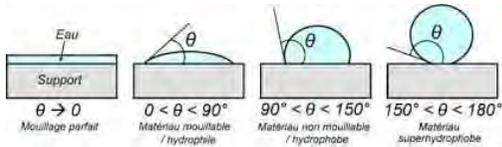
E spectroscopique :



« L'ellipsométrie est une **technique optique** d'analyse de **surface** fondée sur la mesure du **changement de l'état de polarisation** de la lumière après **réflexion sur une surface plane** ».

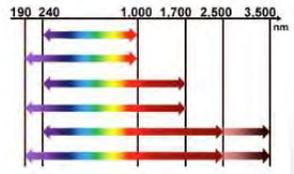
Frank BERNOUX et al., *Ellipsométrie Théorie, Technique de l'Ingénieur, traité Mesures et Contrôle, R 6 490*

L'ellipsométrie spectroscopique



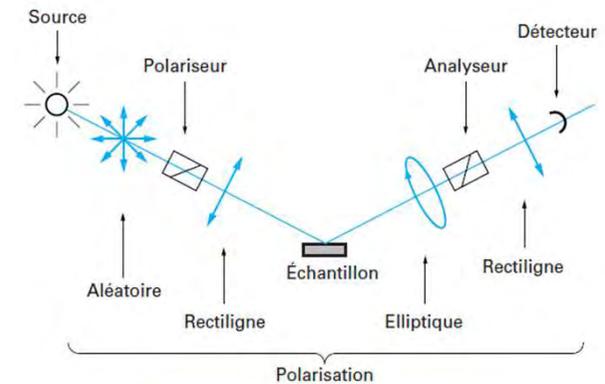
E à extinction : monochromatique

E spectroscopique :



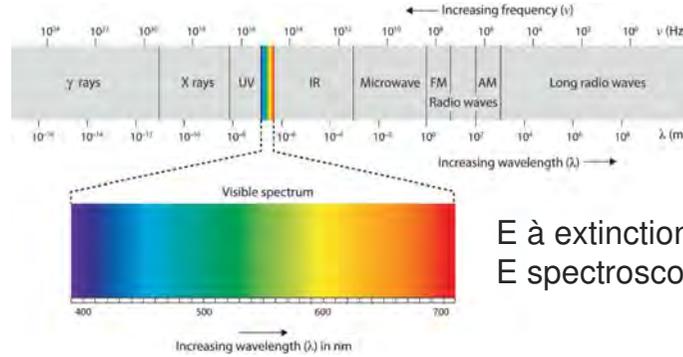
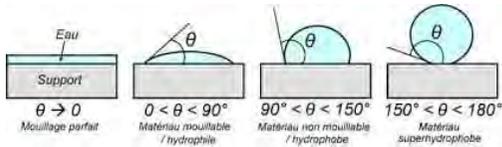
« L'ellipsométrie est une **technique optique** d'analyse de **surface** fondée sur la mesure du **changement de l'état de polarisation** de la lumière après **réflexion sur une surface plane** ».

Frank BERNOUX et al., *Ellipsométrie Théorie, Technique de l'Ingénieur, traité Mesures et Contrôle, R 6 490*

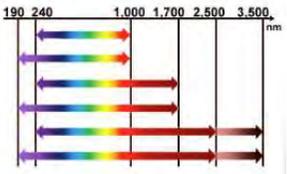


$$\rho = \frac{r_p}{r_s} = \tan \Psi e^{i\Delta}$$

L'ellipsométrie spectroscopique

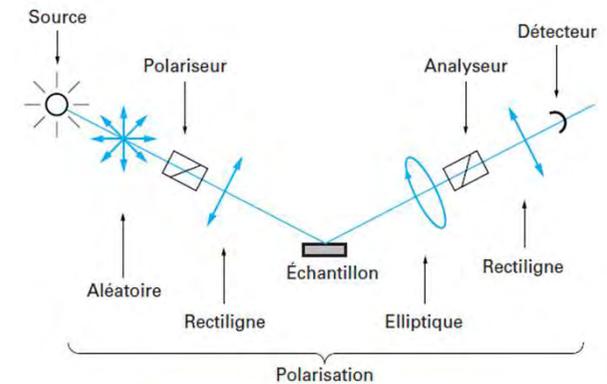


E à extinction : monochromatique
E spectroscopique :

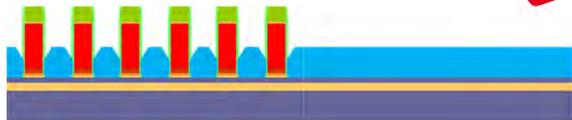


« L'ellipsométrie est une **technique optique** d'analyse de **surface** fondée sur la mesure du **changement de l'état de polarisation** de la lumière après **réflexion sur une surface plane** ».

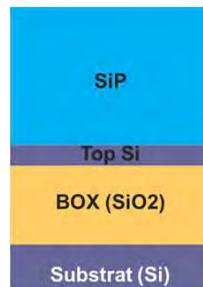
Frank BERNOUX et al., *Ellipsométrie Théorie, Technique de l'Ingénieur, traité Mesures et Contrôle, R 6 490*



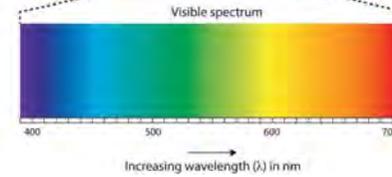
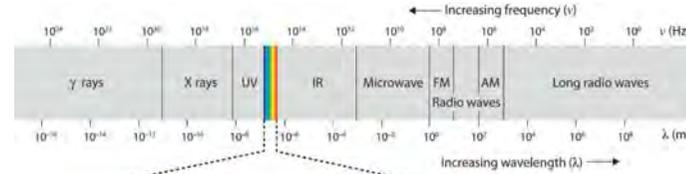
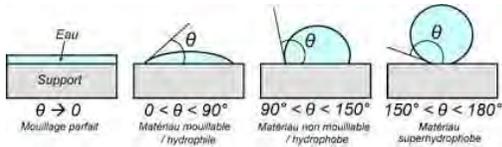
$$\rho = \frac{r_p}{r_s} = \tan \Psi e^{i\Delta}$$



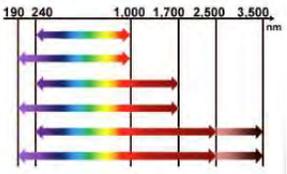
Surface plane sous le faisceau
Pas de rugosité
Isotrope et homogène



L'ellipsométrie spectroscopique

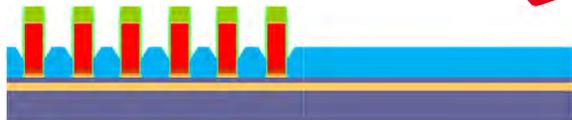
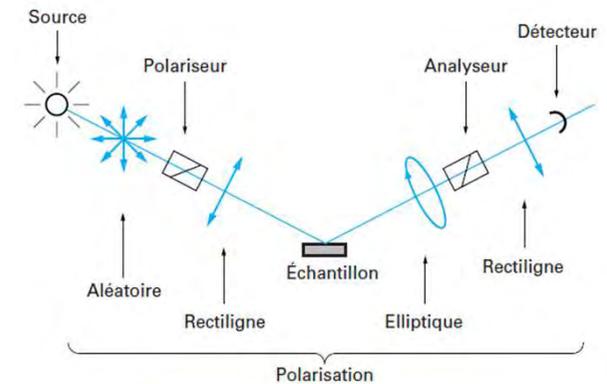


E à extinction : monochromatique
E spectroscopique :

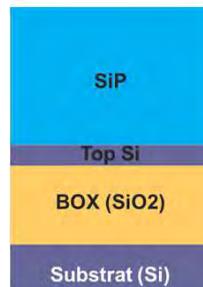


« L'ellipsométrie est une **technique optique** d'analyse de **surface** fondée sur la mesure du **changement de l'état de polarisation** de la lumière après **réflexion sur une surface plane** ».

Frank BERNOUX et al., *Ellipsométrie Théorie, Technique de l'Ingénieur, traité Mesures et Contrôle, R 6 490*



Surface plane sous le faisceau
Pas de rugosité
Isotrope et homogène



Mesure adaptée au contrôle de procédés microélectroniques (dépôts, polissages, gravure...)

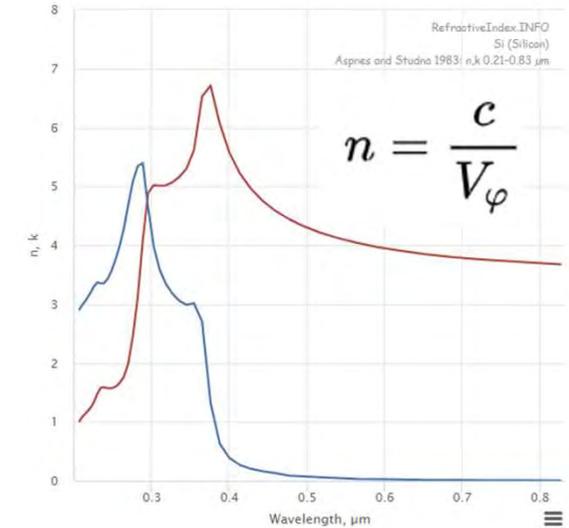
$$\rho = \frac{r_p}{r_s} = \tan \Psi e^{i\Delta}$$



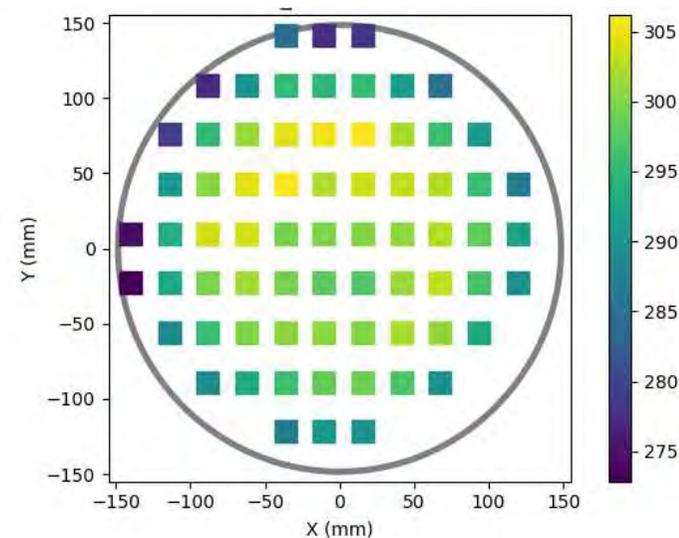
L'ellipsométrie spectroscopique

Ce que permet de mesurer l'ellipsométrie en microélectronique :

- Les indices optiques des matériaux
 - $\tilde{N} = n+ik$
- Les épaisseurs des films minces pour n et k donnés
 - Épaisseurs optiques



Mais son application est étendue dans d'autres champs (porosité, composition, rugosité, anisotropie...)





Approche expérimentale

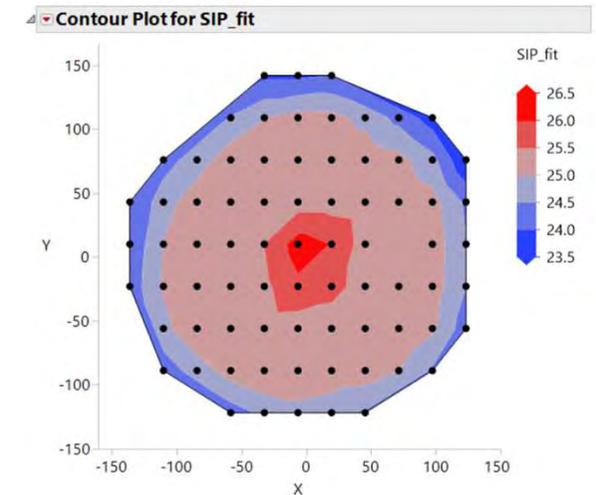
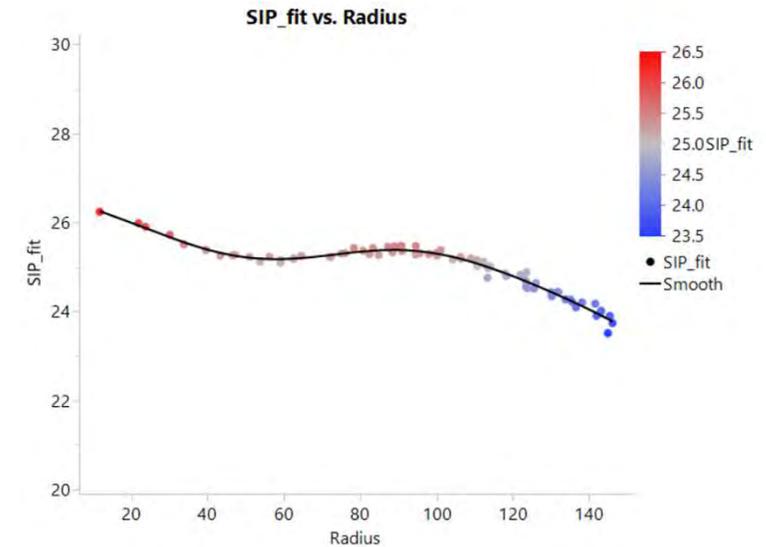
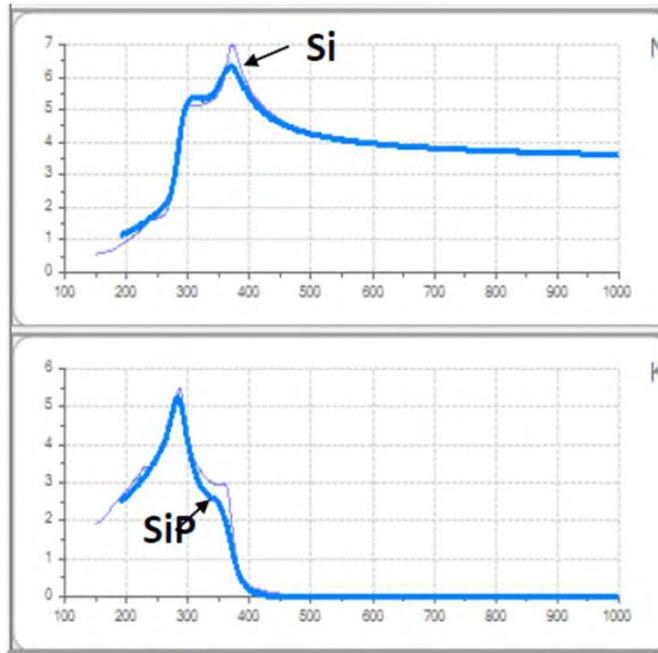
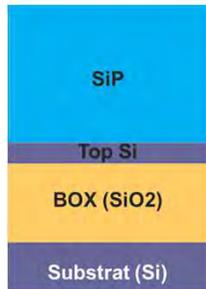
La mesure ellipsométrique est une mesure basée sur la résolution de problème inverse

- Mesure → Idéalement plusieurs points
- Modélisation → choisir le modèle adapté aux matériaux
- Régression → facteur de qualité à suivre (GOF, Chi2)

Dispersion models:

- ④ Brendel oscillator
- ④ Cauchy
- ④ Cody-Lorentz
- ④ Drude-Lorentz oscillator
- ④ Effective medium and index gradient
- ④ Extended Drude
- ④ Formula
- ④ Forouhi-Bloomer
- ④ Hamberg
- ④ Harmonic oscillator
- ④ Sellmeier
- ④ Sernelius
- ④ Spectral combination
- ④ Tanguy
- ④ Tauc-Lorentz
- ④ Uniaxial & biaxial anisotropic and others

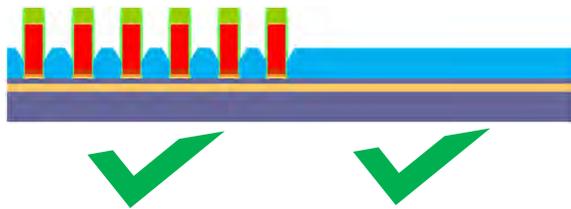
Cas pratiques



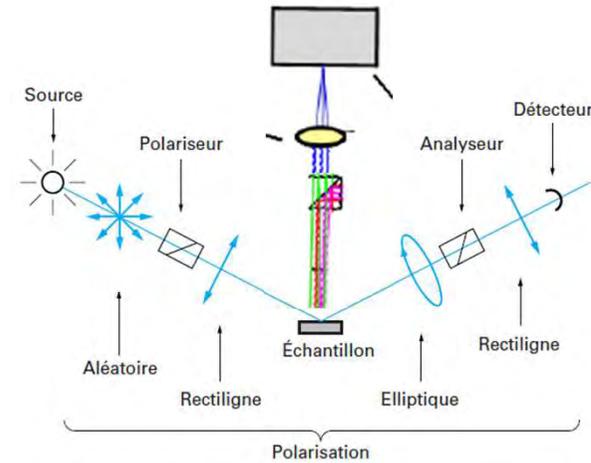
- Épaisseur du SiP sur substrat type SOI (Silicon on Insulator)
- Le dopage du Si modifie la réponse optique
- Qualité du dépôt par épitaxie → en spécification

Au-delà du 1D

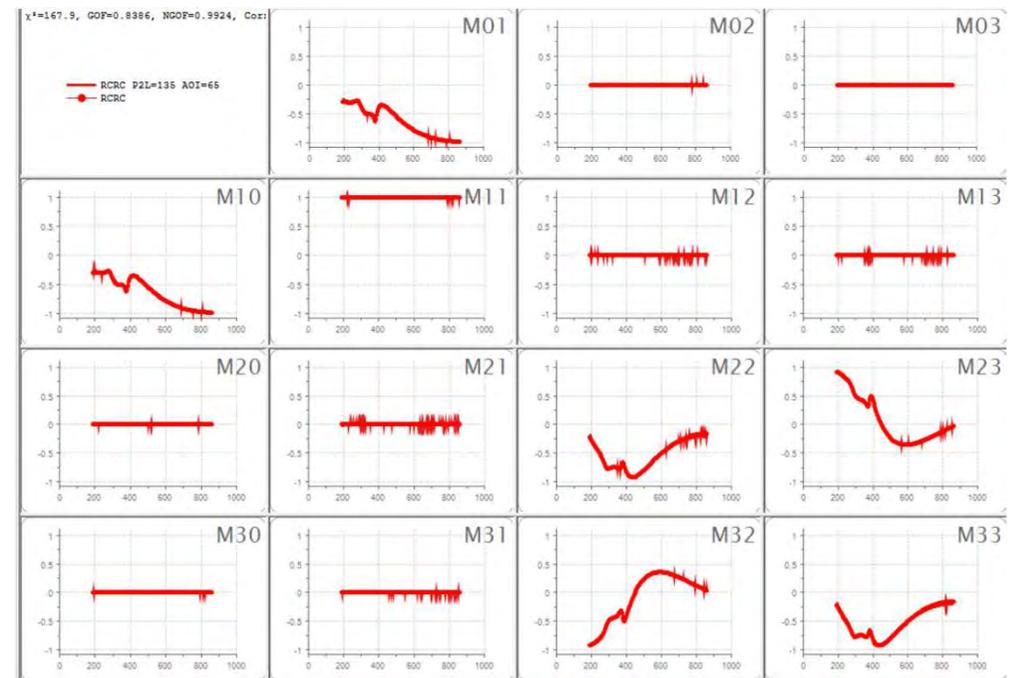
Scattérométrie CD



- Information sur 1D à 3D
- Approche également basée sur un modèle
- Besoin : indices optiques des matériaux au plus proche de ceux déposés

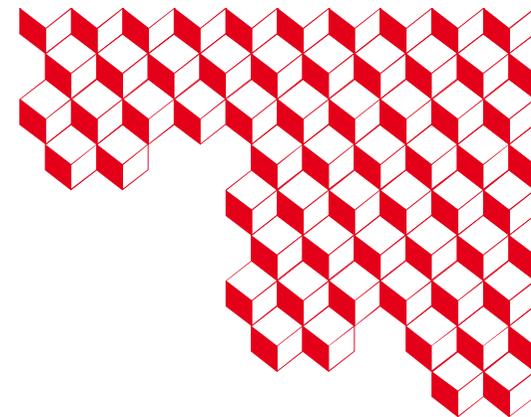


Matrice de Muller





leti



Merci de votre attention

CEA-Leti, Grenoble, France

cea-leti.com

olivier.dubreuil@cea.fr

T. + 33 (0)4 38 78 44 99

