

Caractérisation par ellipsométrie des Matériaux en couche minces : effet des contraintes sur les constantes optiques.

F. Ferrieu.

STMicroelectronics

850, Rue Jean Monnet 38926 CROLLES Cedex France.

tel 33(0)438784056 fax 33(0)438789485 Email ferrieufr@cea.fr

L'ellipsométrie Spectroscopique permet de mesurer le comportement de l'indice optique complexe ou encore sa fonction diélectrique associée suivant la longueur d'ondes des photons de lumière utilisé. C'est un outil précieux qui vient en support de nombreuses techniques analytiques (nano indentation, acoustique picoseconde...) utilisées dans la mesure des contraintes de structures multicouches. La connaissance de l'indice optique et des épaisseurs des films demeurent en effet des données primordiales que seule l'ellipsométrie est en mesure d'apporter de façon non destructive.

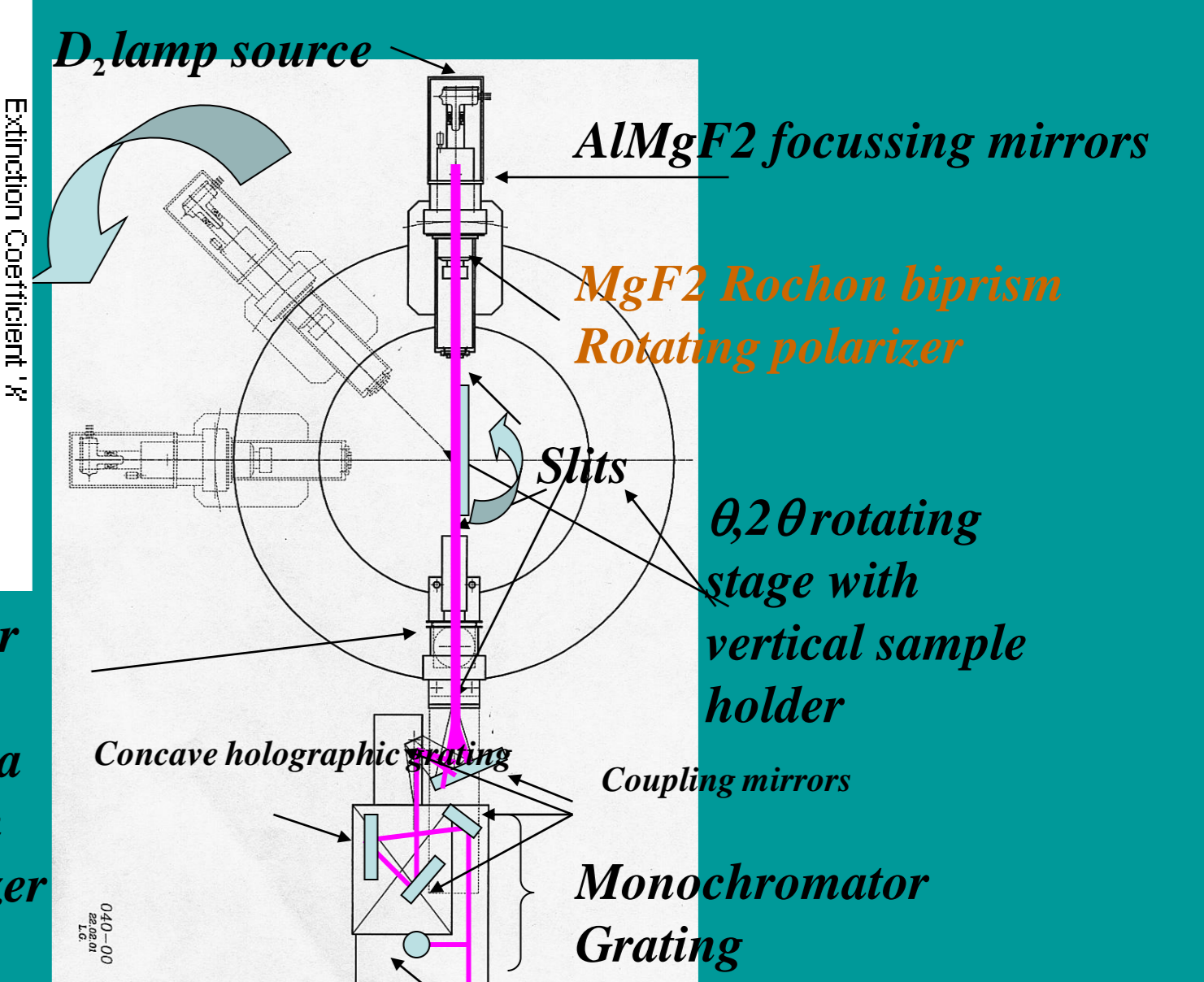
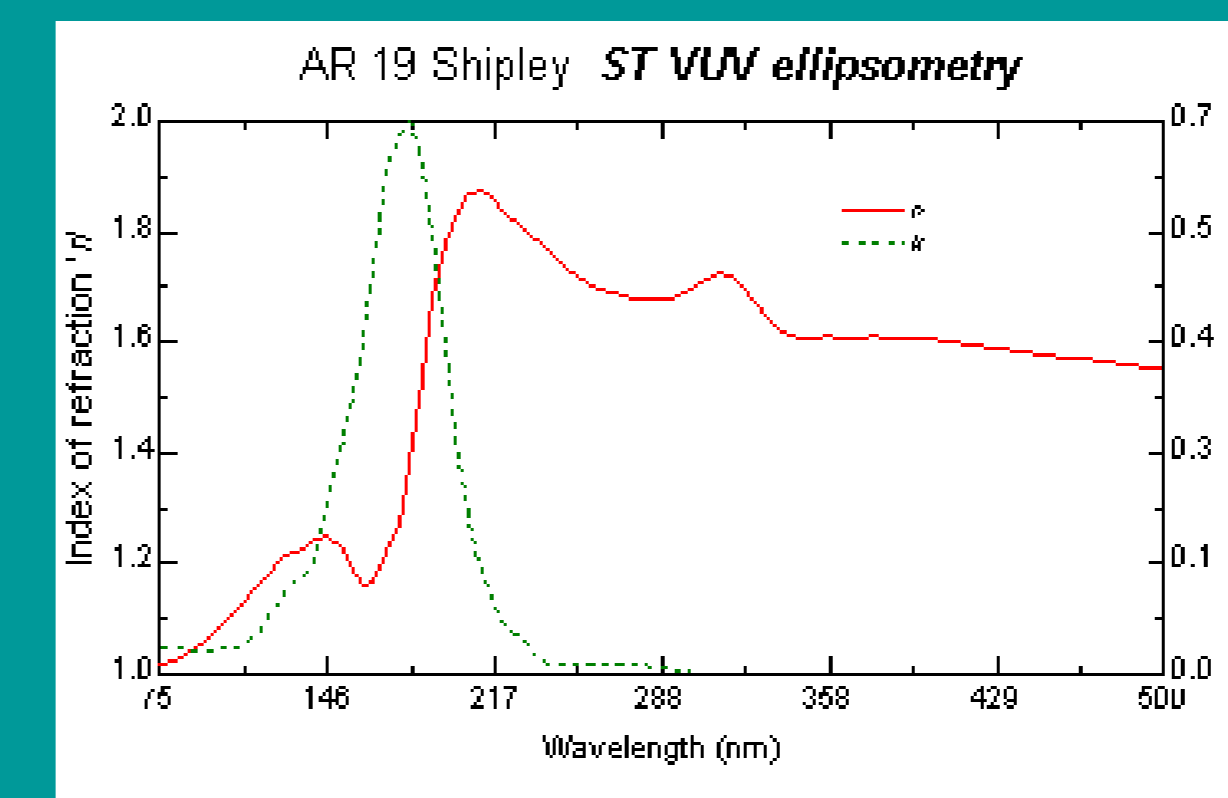
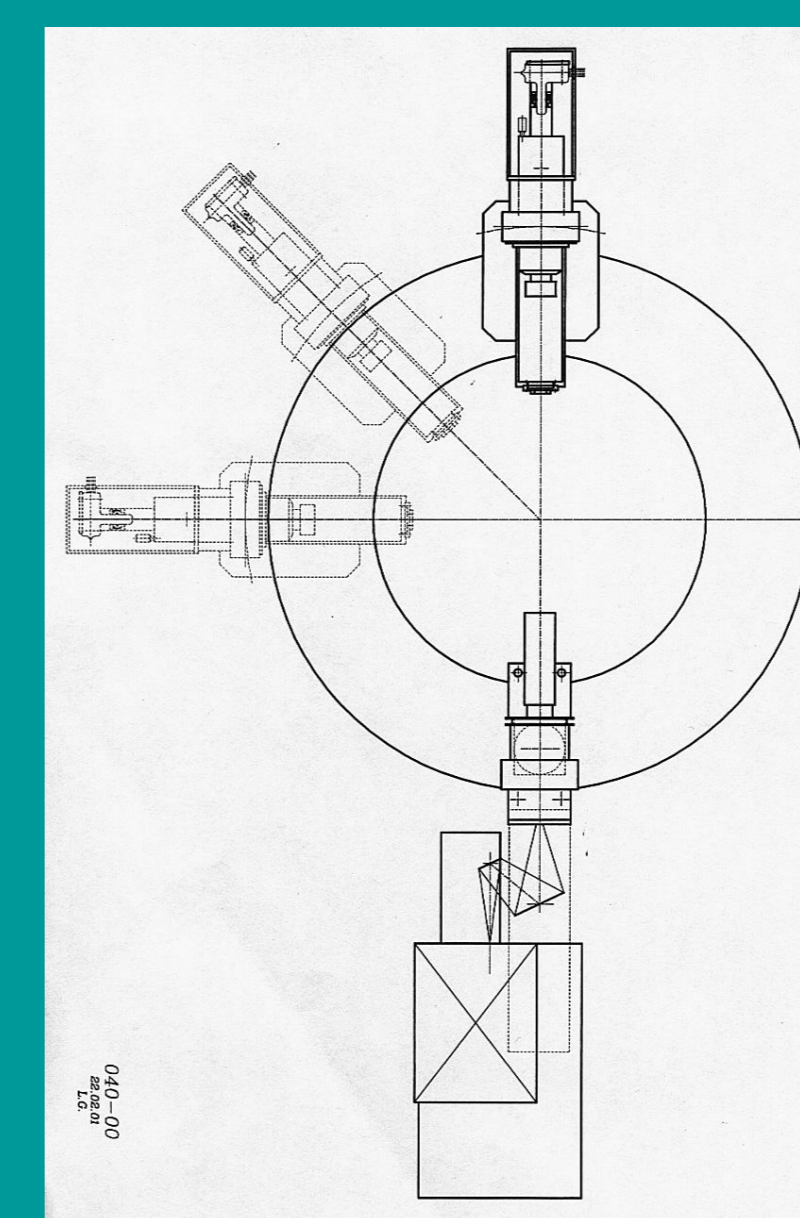
Mais l'enseignement de cette technique est bien plus riche si l'on considère l'effet des contraintes sur les propriétés optiques intrinsèques des matériaux.

Si l'on considère les couches minces et plus généralement les empilements multicouches, cette technique peut donner des informations fines sur des états d'interface ou caractériser l'état des contraintes qui s'appliquent sur des structures.

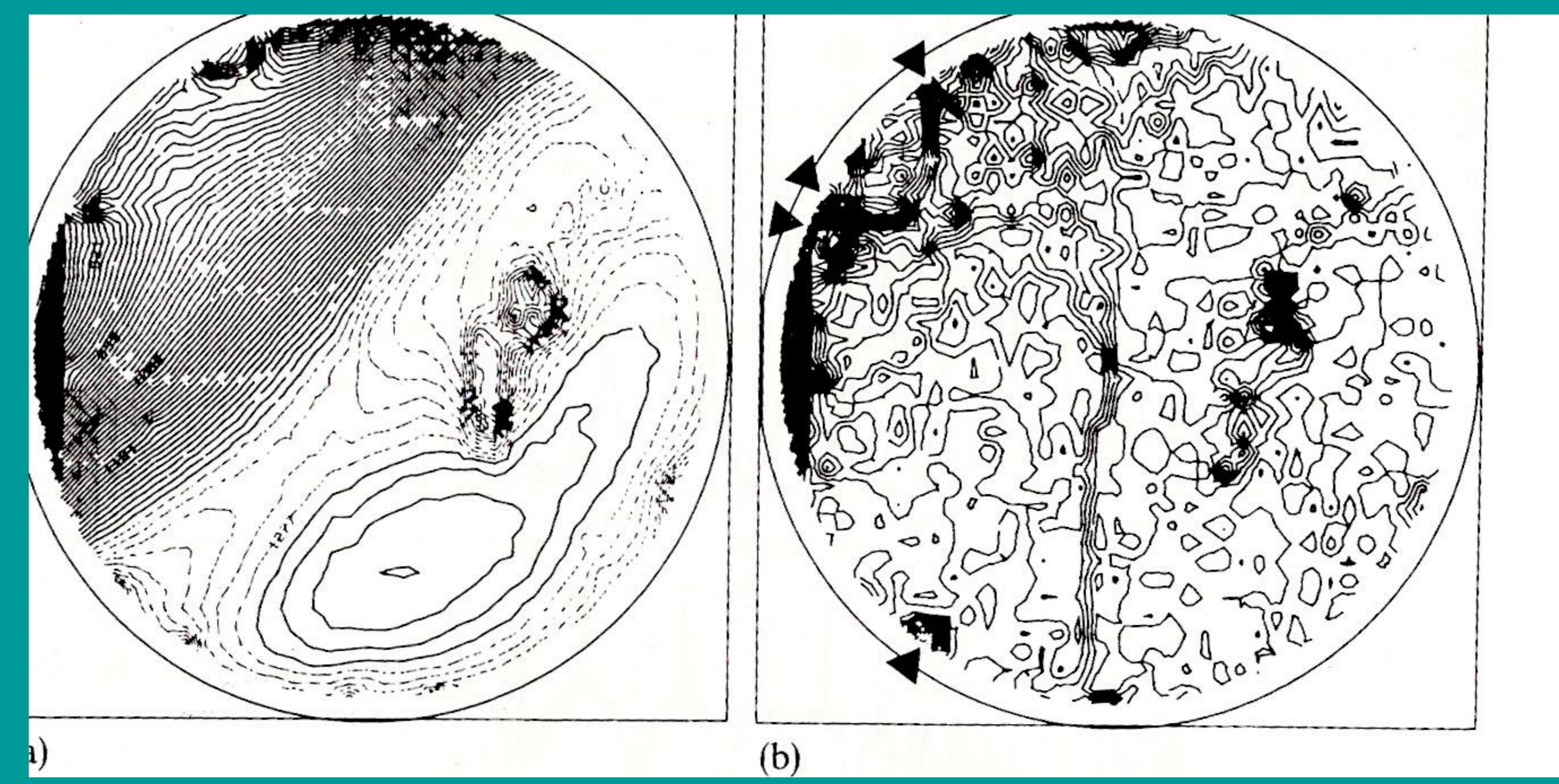
Exemples

• sur un oxyde SiO2 soumis a un stress mécanique en cours de croissance: Cartographie d'épaisseur et d'indice

• Interface Si/SiO2 exemple de collaboration avec ST Agrate en projet oxide 1000 angstroms etching. Les résultats du NIST: nature de l'interface Si/SiO2 substrat sous Stress of Electro-Reflectance



Developpement de l'Ellipsométrie Spectroscopique vers l' ultra violet lointain ou se situent les bandes d'absorption de dielectriques-> 20eV



Stress modification des constantes élastique
liés aux paramètres réseau Xtal
Mode phonons

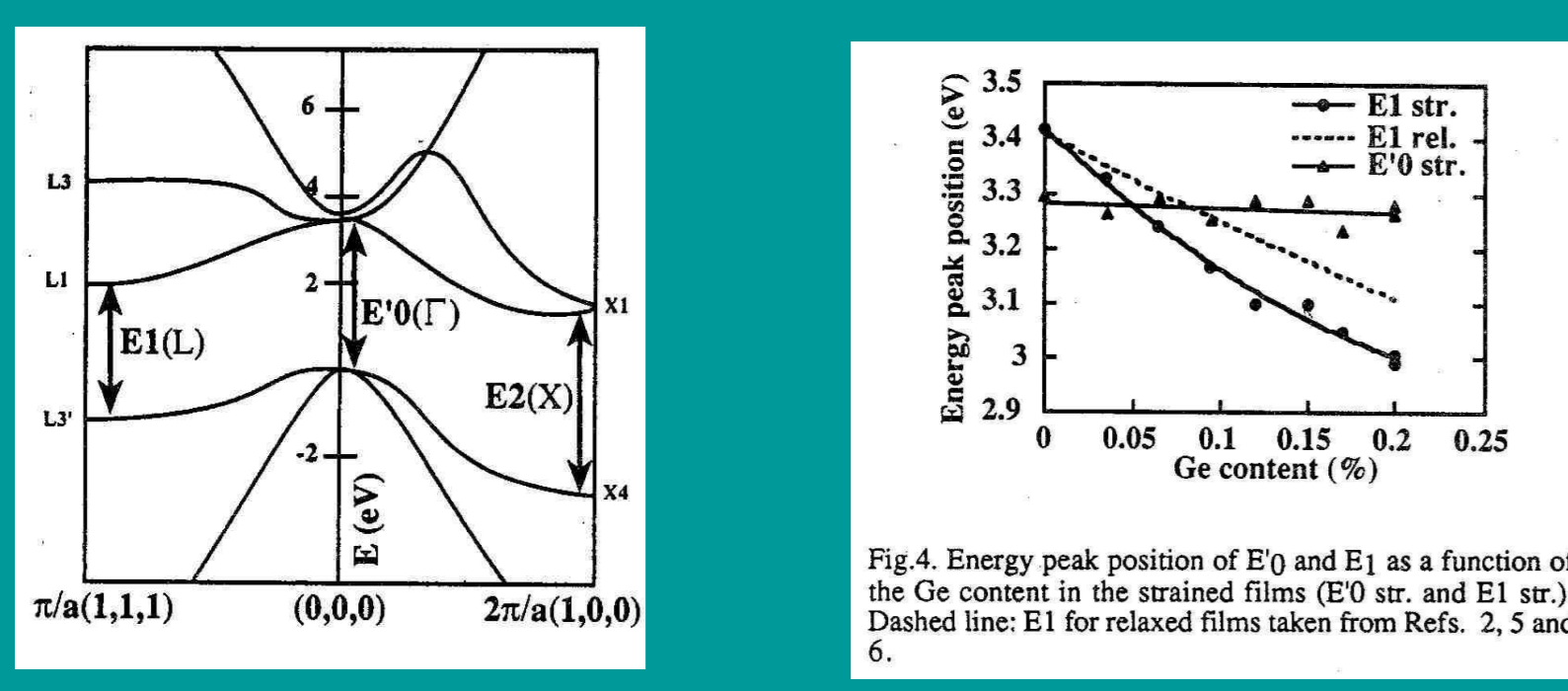
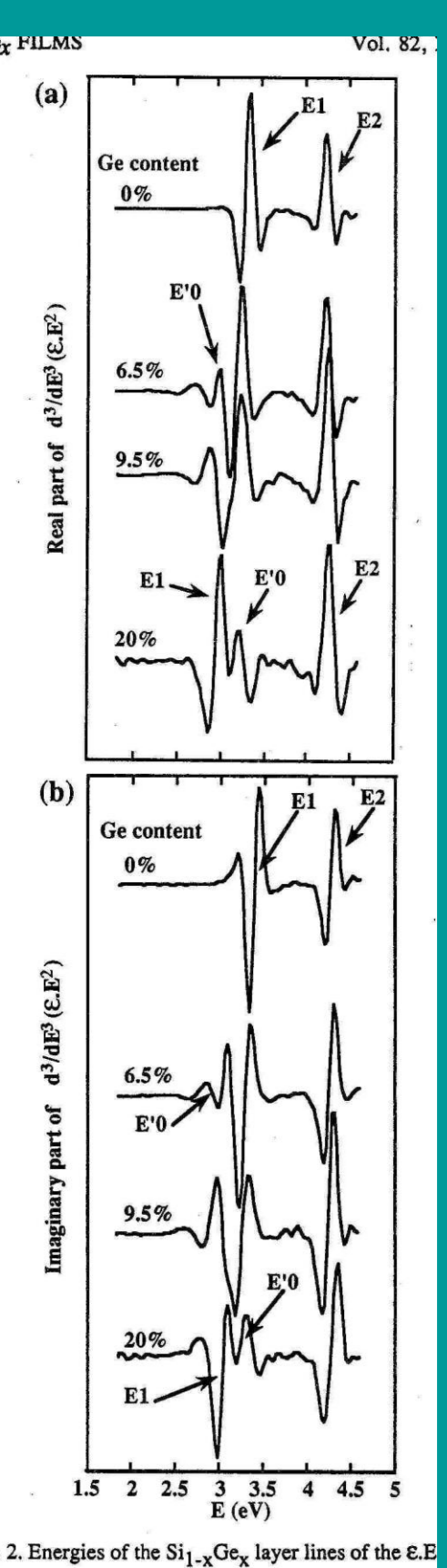
F.Ferrieu and J.H.Lecat Thin Solid Films 164,43-50 (1988)

Branche optique visible
• Deformation Structure de bande anisotropie optique (semiconducteurs)
• birefringence uniaxiale dans les polymères et diélectriques
• Ferroélectriques PZT, SrTiO3

Branche optique Infra Rouge
Mode longitudinaux
Raman Ellipsométrie Infrarouge

Branche acoustique
Brillouin et mesures Picosecondes

Dichroïsme et effet de shift en infra rouge



F.Ferrieu, F.Beck and D.Dutartre Solid State Com.82,6,427,(1982)

La modification de la stoechiométrie de l'alliage SiGe se traduit sur le diagramme de bande du cristal les transitions critiques se déplacent suivant l'introduction de Ge dans le maillage du Si et les stress induits. Cette technique est utilisée pour étudier les substrats contraints dans Si ou Ge Phys.Rev Cardona et al

• Etude des effets liés à l'apparition d'un caractère uniaxe lié soit à une configuration ou sous l'effet d'un stress Exemple du lattice matching dans SiGe ou l'effet de la relaxation se traduit par la disparition du caractère uniaxial) F.Ferrieu Appl.Phys.Letters 76, 15,2023 (2000).

Les structures de la techno

Variation de l'anisotropie en fonction de l'épaisseur de SiGe

Les mesures Ellipsométrie Spectroscopiques à angle variable

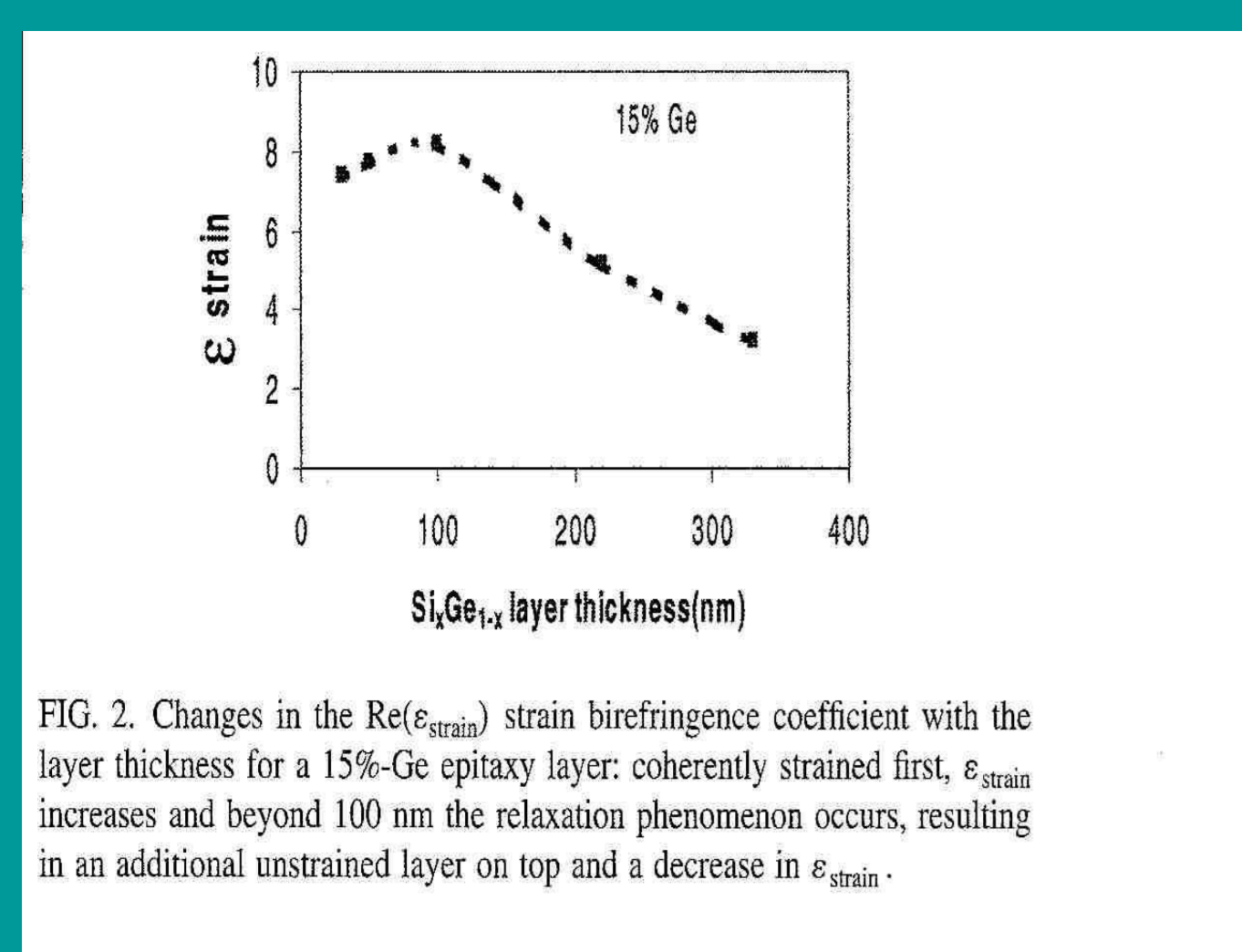


FIG. 2. Changes in the Re(ε_{parallel}) strain birefringence coefficient with the layer thickness for a 15%-Ge epitaxy layer: coherently strained first, ε_{strain} increases and beyond 100 nm the relaxation phenomenon occurs, resulting in an additional unstrained layer on top and a decrease in ε_{strain}.

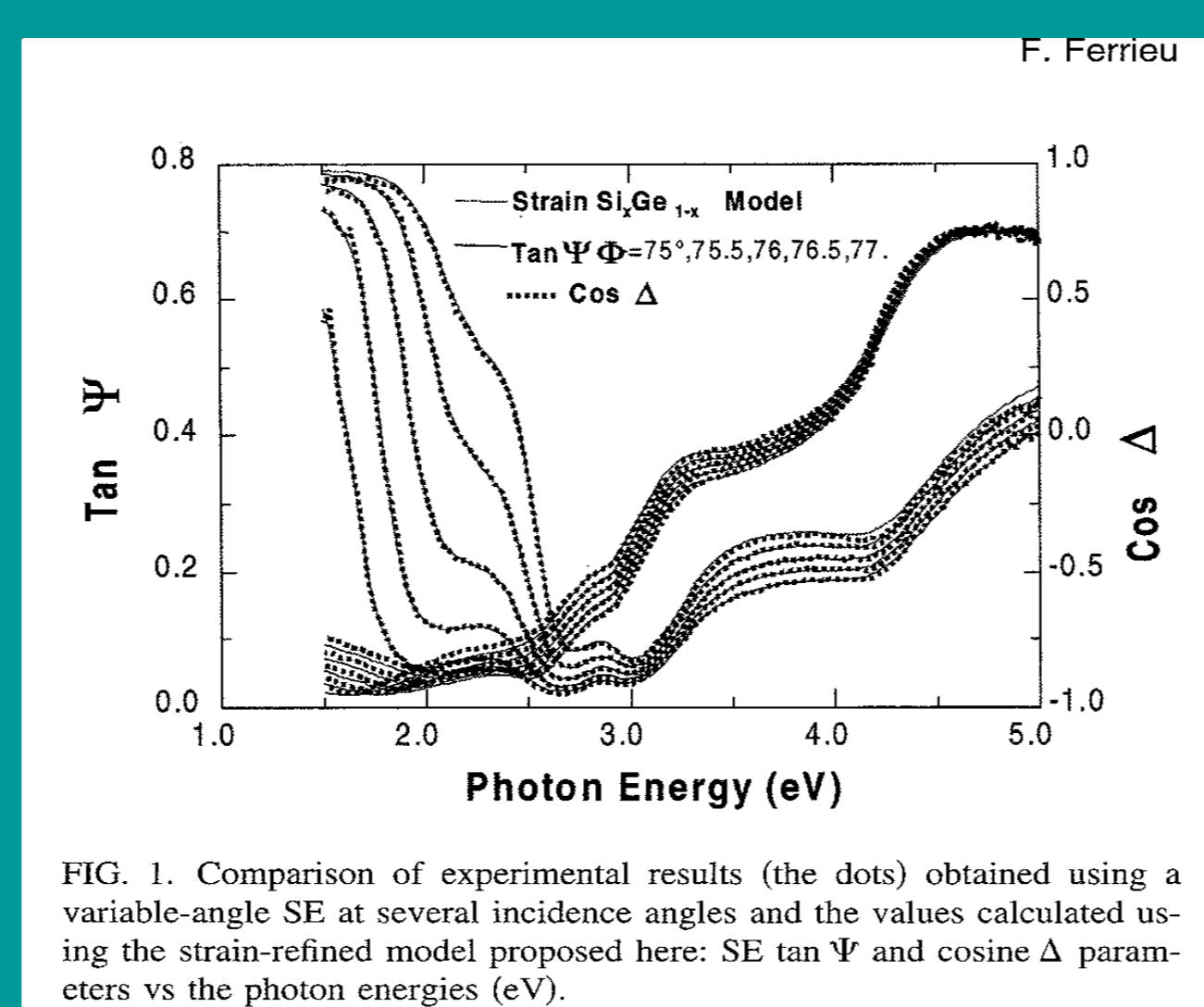


FIG. 1. Comparison of experimental results (the dots) obtained using a variable-angle SE at several incidence angles and the values calculated using the strain-refined model proposed here: SE tan Ψ and cosine Δ parameters vs the photon energies (eV).

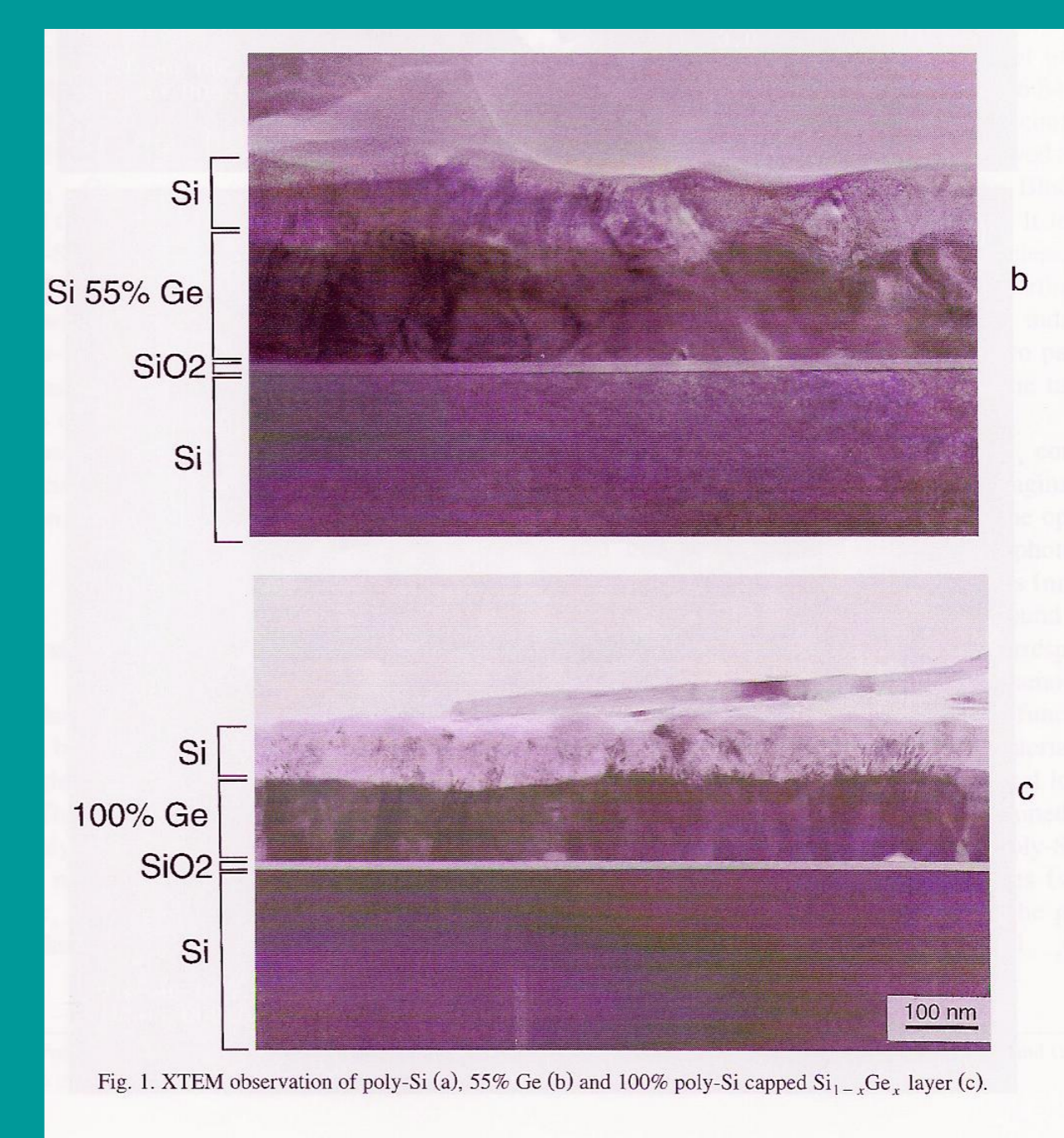


Fig. 1. XTEM observation of poly-Si (a), 55% Ge (b) and 100% poly-Si capped Si_{1-x}Ge_x layer (c).

F.Ferrieu, C.Morin, J.L.Regolini Thin Solid Films 315,316-321 (1997)