

EXPERIMENTAL REPORT RAPPORT D'EXPERIENCE

Programme Committee Proposal Number
N° Projet Comité de Programme
32-02-626

PROJECT TITLE : TITRE DU PROJET :

**Optimisation du volume diffractant pour l'analyse des contraintes
dans les couches minces sub micrométriques**

LIGNE :	D2AM	I F
INSTRUMENT :	PETITS ANGLES <input type="checkbox"/>	EXAFS <input type="checkbox"/>
	7 CERCLES <input type="checkbox"/>	GM <input checked="" type="checkbox"/>
	FIP <input type="checkbox"/>	SUV <input type="checkbox"/>

NUMBER OF RUNS USED

NOMBRE DE SESSIONS EFFECTUEES : 9 shifts

STARTING DATE

DATE DE DEMARRAGE : 26 août 2005

AUTHORS : AUTEURS : O. Sicardy, C. Chabrol, P. Gergaud, P. Goudeau, G. Rolland, O. Thomas

EXPERIMENTAL REPORT RAPPORT D'EXPERIENCE

L'expérience est dans le cadre de la mesure par diffraction de rayons X de macro et micro déformations d'interconnexions en cuivre pour circuits intégrés. L'échantillon étudié (figure 1) est constitué d'un réseau de lignes d'épaisseur 350 nm et de largeur 300 nm, présentant une texture mixte composée d'une famille majoritaire orientée [111] et d'une famille minoritaire orientée [100].

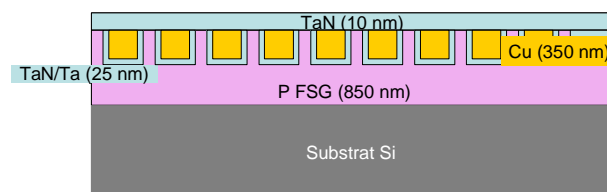


Figure 1 : réseau d'interconnexions en cuivre vu en coupe

Afin de pouvoir exploiter les profils de raies en termes de taille de grain et de micro-déformations, les conditions opératoires ont été optimisées pour réduire la largeur instrumentale des pics et augmenter la statistique de comptage. Le faisceau utilisé est très peu divergent, sa taille au niveau de l'échantillon a été réduite à 0,5 x 0,5 mm² et la fenêtre d'entrée du compteur, située à 830 mm de la zone d'analyse, a été limitée à 0,5 x 0,5 mm² (figure 2).

	Conditions opératoires
Longueur d'onde	1,23984 Å (10 keV)
Taille du faisceau	500 µm x 500 µm
divergence	0,1 mrad (0,006°) vertical 0,33 mrad (0,017°) (horizontal)
Fenêtre compteur	0,5 mm x 0,5 mm à 830 mm de l'échantillon

Figure 2 : conditions opératoires

Dans ces conditions, les volumes diffractant contiennent peu de grains et la statistique de comptage a été améliorée par des petites oscillations en θ (incidence de faisceau sur l'échantillon) ou en ω (rotation autour de la normale à la surface de l'échantillon) pour obtenir des profils de raies lisses. La figure 3 illustre le résultat obtenu lorsqu'on scanne un pic de diffraction en intégrant chaque pas en 2θ sur une désorientation $\Delta\omega = \pm 2^\circ$ de l'échantillon : la raie rouge ne présente plus le caractère dentelé de la raie noire, gênant pour la mesure précise des largeurs à mi-hauteur. Le profil en encadré illustre les fluctuations de signal diffracté observées lorsqu'on désoriente l'échantillon (ici en ω).

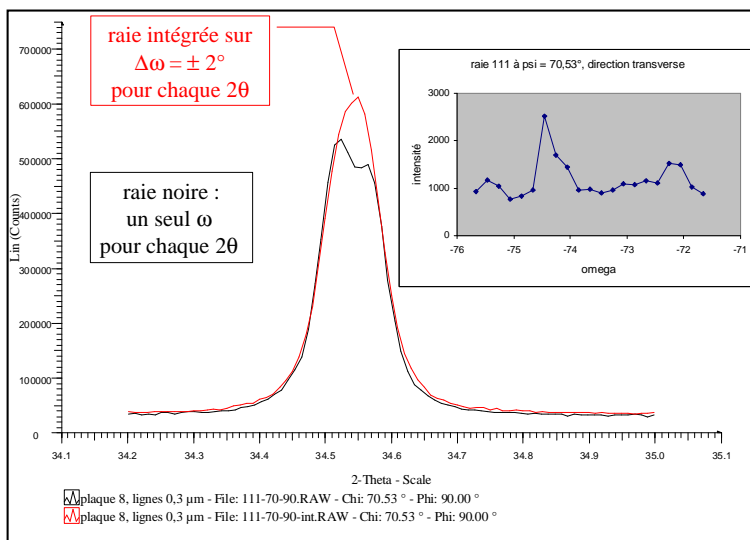


Figure 3 : amélioration des profils de raies plans cristallins (111) de déclinaison $70,53^\circ$ et d'azimut parallèle aux lignes

Les profils de raies obtenus ont rendu possible l'analyse des déformations du cuivre sur les 2 familles d'orientation [111] et [100]. Cette analyse a concerné non seulement les plans cristallins parallèles à la surface mais aussi des plans inclinés d'azimut parallèle à l'axe des lignes ou perpendiculaire à cet axe. Les résultats obtenus (figure 4) dépendent du modèle pris (gaussien ou lorentzien) mais ils mettent en évidence l'existence de micro déformations dans le cuivre. A ce stade de l'analyse, il peut s'agir soit d'une hétérogénéité de déformation inter-grain, soit de micro déformations au sein des grains eux-mêmes. La famille [100] est plus déformée que la famille [111].

	FWHM cuivre	FWHM platine	μ déformation cas Lorentzien	μ déformation cas Gaussien
222 $\Psi = 0^\circ$ axial	0,104°	0,077°	$3,2 \cdot 10^{-4}$	$8,2 \cdot 10^{-4}$
222 $\Psi = 0^\circ$ transverse	0,110°	0,077°	$3,9 \cdot 10^{-4}$	$11,2 \cdot 10^{-4}$
222 $\Psi = 70,53^\circ$ axial	0,142°	0,107°	$4,2 \cdot 10^{-4}$	$9,3 \cdot 10^{-4}$
222 $\Psi = 70,53^\circ$ transverse	0,128°	0,107°	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$8,3 \cdot 10^{-4}$
311 $\Psi = 25,24^\circ$ axial	0,151°	0,094°	$7,2 \cdot 10^{-4}$	$14,9 \cdot 10^{-4}$
311 $\Psi = 25,24^\circ$ transverse	0,142°	0,094°	$6,4 \cdot 10^{-4}$	$14,6 \cdot 10^{-4}$
311 $\Psi = 72,45^\circ$ axial	0,157°	0,107°	$6,0 \cdot 10^{-4}$	$13,4 \cdot 10^{-4}$
311 $\Psi = 72,45^\circ$ transverse	0,158°	0,107°	$6,5 \cdot 10^{-4}$	$14,8 \cdot 10^{-4}$

Figure 4 : micro déformations du cuivre – familles [111] et [100]

Référence :

O. Sicardy, J.S. Micha, F. Rieutord, O. Robach, *Mesures de macro et micro déformations de cuivre par rayonnement synchrotron*, Atelier « Contraintes mécaniques locales et micro diffraction », Grenoble, 28 et 29 septembre 2006.