

EXPERIMENTAL REPORT
RAPPORT D'EXPERIENCE

Programme Committee Proposal Number
N° Projet Comité de Programme
32-02-121

PROJECT TITLE : TITRE DU PROJET :

Contraintes résiduelles d'interconnexions en cuivre pour circuits intégrés

LIGNE :	D2AM		IF	
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 : 15

STARTING DATE

DATE DE DEMARRAGE : 31 mai 2001

AUTHORS : AUTEURS : *O.Sicardy, I.Touet, F.Rieutord*

EXPERIMENTAL REPORT
RAPPORT D'EXPERIENCE

Les travaux ont porté sur des réseaux de lignes en structure damascène constituées de cuivre électrolytique avec sous couche de cuivre IMP (Ionized Metal Plasma). La barrière de diffusion entre le cuivre et le SiO₂ est en TaN et les lignes sont encapsulées sous 1µm de SiO₂. 4 largeurs de lignes ont été étudiées : 0.3, 0.5, 1 et 3 µm.

Il s'agissait d'étudier l'évolution des contraintes résiduelles au sein du cuivre en fonction de la température pour des échantillons ayant subi un recuit final à 400°C lors de leur fabrication.

La ligne IF est équipée d'un four sous vide permettant de chauffer les échantillons à la température désirée. Le contact thermique et la fixation entre les échantillons et le porte objet chauffant ont été assurés par un film d'indium. Le vide dans la chambre était de 10⁻⁵ mbar. La mesure et la régulation de la température ont été effectuées via un thermocouple soudé sur le support à proximité des échantillons. Des paliers successifs de température ont été imposés au cuivre : ambiante, 150°C, 300°C et 450°C, à la montée et à la descente. Ils se sont révélés très stables avec des écarts types de fluctuation de l'ordre de 0,1°C. La longueur d'onde a été fixée à 1,4 Å pour se placer à une énergie située juste en deçà du seuil K du cuivre et limiter ainsi les problèmes d'absorption.

Les mesures de déformation élastiques ont été réalisées sur les plans (220), (311) et (222). Ce choix résulte d'un compromis sur les angles de diffraction : ils ne doivent pas être trop grands (car l'utilisation du four limite les possibilités goniométriques) mais suffisamment élevés pour garder une bonne sensibilité de mesure. Le choix des déclinaisons Ψ est imposé par la forte texture (111) du cuivre et les analyses ont été faites selon 2 azimuts : dans l'axe des lignes (direction 1) et dans la direction transverse aux lignes (direction 2).

Les principaux résultats sont les suivants :

A température ambiante, le cuivre est en traction (figure 1). Ceci était attendu compte tenu du différentiel de dilatation thermique entre le matériau et son environnement (SiO_2 , Si). On peut remarquer que pour les lignes $3\mu\text{m}$, on a $\sigma_1 = \sigma_2$ (isotropie dans le plan des couches) et $\sigma_3 \approx 0$ (surface libre) : lorsque la largeur de ligne est grande devant son épaisseur et l'épaisseur des couches de passivation, on se rapproche du cas des dépôts pleine plaque. Ce n'est plus le cas quand la largeur de ligne diminue, l'état de contrainte devient tri axial.

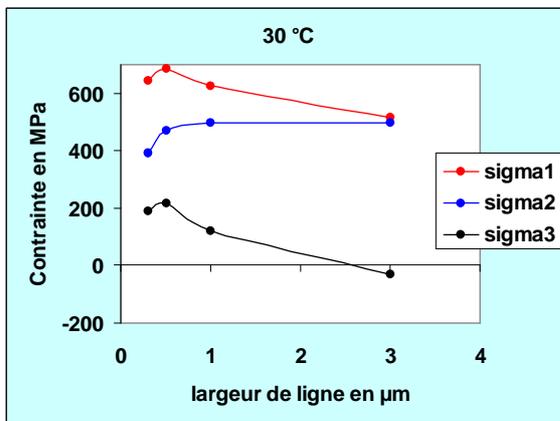


Figure 1 : évolution des contraintes principales en fonction de la largeur de ligne

Lorsque T augmente, le niveau de contrainte diminue pour s'annuler aux environs de 300°C , c'est à dire à une température inférieure à celle du recuit post dépôt subi par les plaques (400°C).

Au-delà de 300°C , le cuivre passe en compression, pour atteindre un niveau de l'ordre de -200 MPa à 450°C (sur σ_1 et σ_2 pour les lignes $3\mu\text{m}$, sur σ_1 seul pour les lignes $0,3\mu\text{m}$). Lors de la descente, le chemin suivi n'est pas le même : le passage en traction est plus précoce, c'est à dire observé au-delà de 300°C . Ce comportement est clairement mis en évidence sur les lignes $3\mu\text{m}$ (figure 2), laissant supposer que le cuivre subit des déformations plastiques irréversibles à haute température.

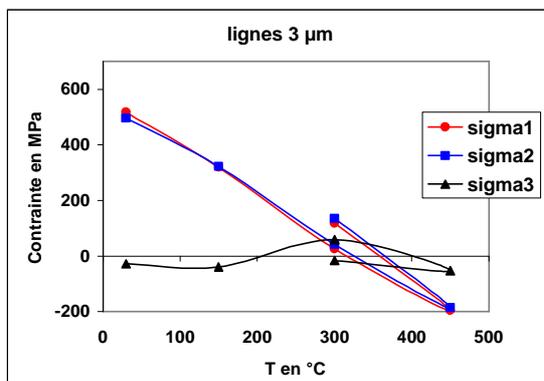


Figure 2 : évolution des contraintes principales en fonction de la température, cas des lignes de largeur $3\mu\text{m}$.

Référence :

O. Sicardy, I. Touet, F. Rieutord, L. Arnaud, *Evolution en Température des Contraintes Résiduelles de Dépôts en Cuivre Electrolytique pour Connexions de Circuits Intégrés*, Congrès Matériaux 2002 « de la conception à la mise en œuvre », 21-25 octobre 2002, Tours.