

EXPERIMENTAL REPORT RAPPORT D'EXPERIENCE

Programme Committee Proposal Number
N° Projet Comité de Programme
32-2-132

PROJECT TITLE : TITRE DU PROJET :

Contraintes de couches minces cobalt pour têtes magnétiques

LIGNE :	D2AM	I F
INSTRUMENT :	PETITS ANGLES <input type="checkbox"/>	EXAFS <input type="checkbox"/>
	7 CERCLES <input type="checkbox"/>	G M <input checked="" type="checkbox"/>
	F I P <input type="checkbox"/>	S U V <input type="checkbox"/>

NUMBER OF RUNS USED

NOMBRE DE SESSIONS EFFECTUEES : 9

STARTING DATE

DATE DE DEMARRAGE : 26 mars 2002

AUTHORS : AUTEURS : O. Sicardy, I. Touet, D. Comte, P. Renaux

EXPERIMENTAL REPORT RAPPORT D'EXPERIENCE

Echantillons :

La présente expérience entre dans le cadre de la maîtrise de la fiabilité des micro-systèmes magnétiques élaborés en technologie « couche mince ». Elle concerne la détermination par DRX des contraintes résiduelles dans des têtes en alliage $\text{Co}_{86}\text{Fe}_{12}\text{Cr}_2$ et $\text{Fe}_{55}\text{Ni}_{45}$ aux différents stades de leur fabrication. Les têtes sont développées par la société ALDITECH, sur la base de matériaux et d'un procédé mis au point au CEA-LETI. L'alliage magnétique est déposé par électrolyse à courants pulsés dans des micro-caissons de 20 ou 100 μm de coté et 2 μm de profondeur, préalablement gravés dans un substrat silicium. Les étapes de fabrication sont schématiquement les suivantes :

- gravure des caissons et dépôt des sous couches
- dépôt électrolytique pleine plaque à température ambiante
- recuit post dépôt
- planarisation (polissage de la couche au ras des caissons)
- encapsulation
- recuit final

L'expérience a pour but d'évaluer l'effet spécifique de la mise en caisson, de la taille des caissons, du recuit post dépôt, de la planarisation et de l'encapsulation, sur le niveau de contrainte des couches. D'où la grille d'expérience présentée dans les tableaux suivants :

réf.	matériau	motifs	recuit post dépôt	planarisation	encapsulation
P27	$\text{Co}_{86}\text{Fe}_{12}\text{Cr}_2$	pleine plaque	non	non	non
P28	$\text{Co}_{86}\text{Fe}_{12}\text{Cr}_2$	pleine plaque	oui	non	non
2-100	$\text{Co}_{86}\text{Fe}_{12}\text{Cr}_2$	caissons 100 μm	oui	oui	non
2-20	$\text{Co}_{86}\text{Fe}_{12}\text{Cr}_2$	caissons 20 μm	oui	oui	non
3	$\text{Co}_{86}\text{Fe}_{12}\text{Cr}_2$	caissons 20 μm	oui	non	non
6	$\text{Co}_{86}\text{Fe}_{12}\text{Cr}_2$	caissons 20 μm	non	oui	non
10	$\text{Co}_{86}\text{Fe}_{12}\text{Cr}_2$	caissons 20 μm	oui	oui	oui + recuit court
4	$\text{Co}_{86}\text{Fe}_{12}\text{Cr}_2$	caissons 20 μm	oui	oui	oui + recuit long

réf.	matériau	motifs	recuit post dépôt	planarisation	encapsulation
P30	$\text{Fe}_{55}\text{Ni}_{45}$	pleine plaque	non	non	non
P29	$\text{Fe}_{55}\text{Ni}_{45}$	pleine plaque	oui	non	non
7	$\text{Fe}_{55}\text{Ni}_{45}$	caissons 20 μm	oui	oui	non
8	$\text{Fe}_{55}\text{Ni}_{45}$	caissons 20 μm	oui	oui	oui + recuit court

Conditions opératoires :

L'énergie du faisceau incident a été réglée à 7003 eV, soit une longueur d'onde de 1,77046 Å. Ce choix permet d'être en dessous des seuils K_{1s} du nickel, du cobalt et du fer (respectivement situés à 8333 eV, 7709 eV et 7112 eV) et de limiter ainsi les problèmes d'absorption dans les couches.

$Co_{86}Fe_{12}Cr_2$ et $Fe_{55}Ni_{45}$ cristallisent dans le système cubique (réseau faces centrées) avec un paramètre de maille de l'ordre de 3,55 Å. Nous avons choisi d'utiliser les plans (111) comme jauge de déformation car la raie de diffraction associée est la plus intense et la moins large du diagramme. Des raies à indices hkl plus élevés seraient préférables pour une meilleure sensibilité mais, malgré l'apport du rayonnement synchrotron, elles restent difficilement exploitables à cause de leur largeur et leur faible intensité. A la longueur d'onde choisie, l'angle de diffraction (111) est voisin de 51°: sur un goniomètre classique cet angle serait trop faible pour des mesures de contraintes mais il est suffisant sur le goniomètre multi-technique de la ligne IF du fait de sa grande précision angulaire.

Nous avons travaillé avec une incidence du faisceau sur les échantillons de 12° et une fenêtre de compteur de 2 x 2 mm². Les mesures de déformations ont été réalisées selon la méthode du $\sin^2(\Psi)$. Un seul azimut (parallèle au coté des caissons) a été exploré : la taille des caissons étant grande devant l'épaisseur des couches et les textures cristallographiques étant de type fibre, on peut faire l'hypothèse d'une isotropie de l'état de déformation dans le plan des couches et limiter la mesure à un seul azimut. La gamme de déclinaison Ψ allait de 18° à 63° avec un pas voisin de 0,1 en $\sin^2(\Psi)$.

Le réglage du goniomètre a été vérifié sur une poudre témoin (platine) sans contrainte : les angles de diffraction mesurés et leur stabilité en fonction de Ψ sont satisfaisants. Des décalages minimes (de l'ordre du centième de degré) sont néanmoins observés : nous les avons pris en compte pour corriger les mesures effectuées sur $Co_{86}Fe_{12}Cr_2$ et $Fe_{55}Ni_{45}$.

Principaux résultats :

Les couches pleine plaque brutes de dépôt ou en caissons sont le siège de contraintes intrinsèques biaxiales en traction : 160 MPa pour $Fe_{55}Ni_{45}$ et 600 MPa, pour $Co_{86}Fe_{12}Cr_2$. Après le recuit post dépôt et retour à l'ambiante, les contraintes ne sont pas relaxées. Dans le cas du $Fe_{55}Ni_{45}$, elles augmentent un peu. Dans le cas du $Co_{86}Fe_{12}Cr_2$, elles restent du même ordre.

Dans tous les cas étudiés, la planarisation provoque une forte diminution des contraintes. Ceci est observé pour les 2 alliages $Fe_{55}Ni_{45}$ et $Co_{86}Fe_{12}Cr_2$, que les échantillons aient subi ou non un recuit post-dépôt. On peut faire l'hypothèse d'un effet mécanique de la planarisation, provoquant une décohésion entre couche et substrat et, de là, une relaxation des contraintes.

L'encapsulation et les recuits finaux ne modifient pas l'état de contraintes qui reste faible dès lors que les échantillons ont été planarisés.

Le recuit post-dépôt, s'il ne modifie pas beaucoup le niveau de contrainte, tend à diminuer la largeur des raies de diffraction. Sous réserve de l'absence de micro déformations, cet effet est interprétable en termes de grossissement du grain : ce grossissement est limité pour sur $Co_{86}Fe_{12}Cr_2$ et plus net pour $Fe_{55}Ni_{45}$.

Référence :

O. Sicardy, I. Touet, F. Rieutord, J.S. Micha, D. Comte, Contraintes Résiduelles de couches minces pour micro-systèmes magnétiques – Mesure par DRX sur la ligne IF-BM32 de l'ESRF, Note Technique DTEN N°2002-099.