

### Edito

*Le marché de l'ellipsométrie évolue, cette année 2007 marque un tournant important.*

*Un nouveau marché s'est ouvert à l'ellipsométrie : le photovoltaïque, un marché en très forte expansion, qui prévoit une augmentation d'environ 40% par an de la production des cellules solaires d'ici les prochaines années. Les contraintes économiques du marché liées à la diminution des coûts, l'augmentation du rendement des cellules, mais aussi la pénurie du silicium, sont à l'origine des récentes et intenses études concernant les cellules solaires en couches minces.*

*L'ellipsométrie est donc pour ce marché une technique de choix pour la caractérisation des épaisseurs et des constantes optiques.*

*Le marché de l'analytique requière quant à lui, une ellipsométrie complètement automatisée et communicante avec les autres systèmes, notre logiciel DeltaPsi2 a fortement évolué dans ce sens ces derniers mois.*

*Cette ouverture de la technique va enfin dans le sens de l'utilisation d'accessoires adaptés au besoin de l'expérience. Nous vous présentons dans les brèves techniques la nouvelle cellule liquide disponible pour la mesure de liquides et l'étude des interfaces.*

*Cette dernière lettre de l'année est l'occasion de vous annoncer la date de notre prochain **club utilisateurs qui se déroulera le 17 Janvier 2008.***

*Pour en savoir plus sur cette journée, reportez-vous à la dernière section de cette lettre.*

*Dès à présent, inscrivez-vous !*

*Toute la division couches minces se joint à moi pour vous souhaiter de joyeuses fêtes de fin d'année.*

Mélanie GAILLET  
Responsable Marketing & Communication

### Sommaire

#### Actualités

- **1<sup>ère</sup> session de formation aux USA**
- **Le calendrier des formations Ellipsométrie 2008**
- **Un livre de référence sur les nanobiotechnologies**
- **Une note d'application écrite en collaboration avec le CEA Leti, Minatec, Grenoble**

#### Les brèves techniques

- **La cellule liquide disponible en matériau PEEK**
- **Les nouveautés DeltaPsi2**
- **Revue technique : Calcul du bandgap par la fonction Tauc Plot**

#### Le Club utilisateurs

- **4<sup>ème</sup> rencontre du club, venez nombreux le jeudi 17 Janvier !**
- **De nouveaux membres**

## Actualités

- 1<sup>ère</sup> session de formation aux USA

Notre filiale américaine, basée à Edison, New Jersey, a organisé sa première session de formation le 7-8 Novembre 2007.

Vivement attendue par les utilisateurs du continent américain, cette première session a réuni une vingtaine de participants venant des Etats-Unis, du Canada et du Mexique.

Animées par Li Yan, ingénieur d'application aux Etats-Unis, et Michel Stchakovsky qui avait fait le déplacement, ces deux journées de formation ont allié rappels théoriques et entraînements pratiques, dans une ambiance conviviale et studieuse.

Félicitations aux organisateurs, dont l'accueil et la compétence ont permis de créer d'excellentes conditions de travail pour cette première session de formation américaine.



- Le calendrier des formations Ellipsométrie 2008

Ces formations sont organisées sur notre site de Chilly-Mazarin (91), mais peuvent également avoir lieu au sein de votre société et être adaptées à vos besoins.

Ces formations vous dispenseront les bases théoriques de l'ellipsométrie, et consacrent une large place à la pratique, via l'analyse de nombreux échantillons du plus simples au plus compliqués.

Ces formations sont conçues pour vous permettre de **maîtriser les techniques de modélisation et les différentes fonctions du logiciel afin de renforcer la qualité de vos analyses.**

Cette année, le programme se dote d'une formation dédiée aux utilisateurs avancés. Le programme de formation 2008 vous sera e-mailer en Décembre.

## Infos pratiques

Formation	Date	Prix HT
<b>Ellipsométrie Spectroscopique - Niveau 1 Les Bases</b>		
Savoir utiliser l'ellipsomètre pour la mesure et l'analyse d'échantillons simples	17-18 juin	800€
	18-19 novembre	
Maîtriser les techniques de modélisation et s'exercer à l'analyse de nombreux échantillons	19 juin	300€
	20 novembre	
<b>Ellipsométrie Spectroscopique - Niveau 2 Perfectionnement</b>		
Se perfectionner à l'analyse d'échantillons complexes: gradient, anisotropie, réflexion face arrière, multi modèles, fonctions de dispersion	01-02 avril	800€
DeltaPsi2 – Avoir une vision claire du logiciel et maîtriser les nombreuses fonctionnalités	03 avril	300€

## Plus d'informations:

**Contact: Mélanie GAILLET**E-mail: [melanie.gaillet@jobinyvon.fr](mailto:melanie.gaillet@jobinyvon.fr)

Tél: 01 64 54 13 00 - ext: 89 07

Fax: 01 69 74 88 61

**Téléchargement des programmes:**

<http://www.jobinyvon.fr/SiteResources/Data/Templates/1divisional.asp?DocID=1929&v1ID=&lang=9>

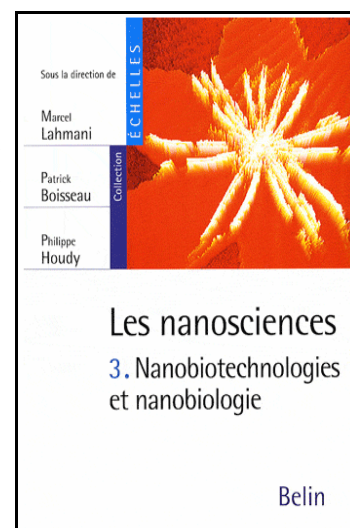
Nous vous rappelons que, HORIBA Jobin Yvon, division couches minces est un organisme de formation certifié et dans le cadre de la loi française, ces formations peuvent être prises en charge par vos sociétés ou laboratoires.

- Un livre de référence sur les nanobiotechnologies

Faisant suite aux deux premiers tomes Les Nanosciences (I - Nanotechnologies et Nanophysique ; II - Nanomatériaux et Nanochimie) parus aux éditions Belin et Springer, la sortie du troisième tome, consacré aux Nanobiotechnologies et nanobiologie connaît un très bon démarrage, avec plus de 400 livres vendus en deux mois.

Illustré de plus de 600 schémas, il propose un tour d'horizon exhaustif et accessible des nano-objets biologiques, briques des assemblages existants ou à venir.

Après avoir détaillé les méthodes d'étude des nanobiotechnologies, l'ouvrage fait également le point sur les multiples applications actuelles et potentielles, comme l'élaboration de nanoparticules activables ciblant finement les cellules cancéreuses. HORIBA Jobin Yvon a participé à la rédaction du chapitre concernant l'ellipsométrie pour l'étude des nanobiotechnologies.



• Une note d'application écrite en collaboration avec le CEA Leti, Minatec, Grenoble

Cette nouvelle note d'application est basée sur l'article intitulé «Coupling of advanced optical and chemical characterization techniques for optimization of high-k dielectrics with nanometer range thickness», publié dans le journal American Institute of Physics.

Références de l'article:

- American Institute of Physics: AIP Conference Proceedings 931
- Conference: Frontiers of Characterization and Metrology for Nanoelectronics, March 27-29, 2007
- Pages: 292-296

Cette note présente une partie de l'article basé sur l'étude des matériaux high-k par différentes techniques de caractérisation complémentaires. Dans cette note, l'ellipsométrie spectroscopique VUV et la spectroscopie infrarouge ont été utilisées.

Nous tenons à remercier les ingénieurs impliqués dans cette étude; le CEA Leti, Minatec et ST Microelectronics pour nous avoir autorisé à écrire cette note d'application, et spécialement Christophe Licitra pour son implication et son aide apportée dans la rédaction de cette note.

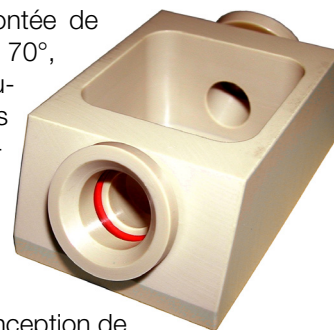
Le développement de l'UVISEL VUV a été réalisé dans le cadre du programme Nano2008, avec la collaboration de ST Microelectronics. Cet ellipsomètre se trouve actuellement au CEA Leti de Grenoble et est utilisé pour la caractérisation de matériau high-k pour les composants CMOS.

Les brèves techniques

• La cellule liquide disponible en matériau PEEK

Développée pour les mesures de liquide et l'étude des interfaces par ellipsométrie, la nouvelle cellule liquide consiste en une cuvette 30mm (L) x 30mm (W) x 13mm (H) en PEEK.

Deux fenêtres en silice UV montée de part et d'autre de la cellule à 70°, permettent le passage de la lumière pour l'étude des interfaces solides/liquides. Elle peut contenir des échantillons avec une hauteur maximum de 4mm et requière 12 ml de liquide pour ce type d'application.



Le choix des matériaux et la conception de la cellule permet son désassemblage complet pour un nettoyage facile prévenant toute contamination liée à son utilisation dans diverses expériences.

• Résumé des nouveautés DeltaPsi2

Un travail important a consisté à automatiser de nombreuses fonctions de mesure et de modélisation pour les besoins des marchés de l'analytique et de l'automatique.

Deux nouvelles automatisations concernent les scénarios d'acquisitions et les multimodèles en série.

> Les scénarios d'acquisition

Définition:

Un scénario d'acquisition consiste en l'enchaînement automatique de plusieurs types d'acquisition selon les besoins de l'utilisateur.

L'exemple ci-dessous illustre l'enchaînement de deux acquisitions couvrant la gamme spectrale 1.5 - 6.5 eV mais avec un changement de pas du monochromateur à partir de 4.5 eV, passant de 0.025 à 0.05 eV.

Accès:

Cliquez sur l'icône  et sélectionnez «Acquisition Scenarios».

Application Note

Semiconductor  
UVISEL  
Spectroscopic Ellipsometry SE21

High-k Dielectric with nanoscale thickness studied by Spectroscopic Ellipsometry & FTIR-ATR

Study performed at CEA LETI - MINATEC, Grenoble, France. HORIBA Jobin Yvon would like to acknowledge C. Licitra, E. Martinez, N. Rochat, T. Veyron, H. Grampeix, M. Gely, J.P. Colonna and G. Molas, the engineers involved in this work.

High-k dielectrics are under investigation to replace the conventional SiO<sub>2</sub> or SiO<sub>2</sub>N<sub>x</sub> gate dielectric in many applications of Complementary Metal Oxide Semiconductor (CMOS) devices. Hafnium aluminum oxides (HfAlO) were investigated in this study as they fulfill the physical properties required for such applications. The structure and composition of hafnium aluminate films as well as the HfAlO / Si interface play a very important role for the optimization of CMOS devices. For this study complementary optical techniques were used. VUV Spectroscopic ellipsometry and infrared spectroscopy (FTIR-ATR) provide accurate characterization of thin film thickness and optical properties near and above the bandgap.

**Introduction**

The standard inter-poly dielectrics (IPD) of Flash memories are reaching their lower thickness limit due to the reduction in size of the devices. However, high-k dielectric materials can be used to replace the standard Oxide/Nitride/Oxide (ONO) IPD stacks of Flash memories in order to maintain a high coupling ratio (due to the low equivalent oxide thickness) while reducing the leakage current through the IPD.

The physical properties that high-k materials must exhibit are:

- High dielectric constant
- Wide band gap
- Good thermal stability with silicon
- Good interface quality, morphology and reliability

Hafnium aluminum oxides (HfAlO) are promising candidates for this role as they combine the high dielectric constant of HfO<sub>2</sub> and the large barrier height and good thermal stability of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> materials.

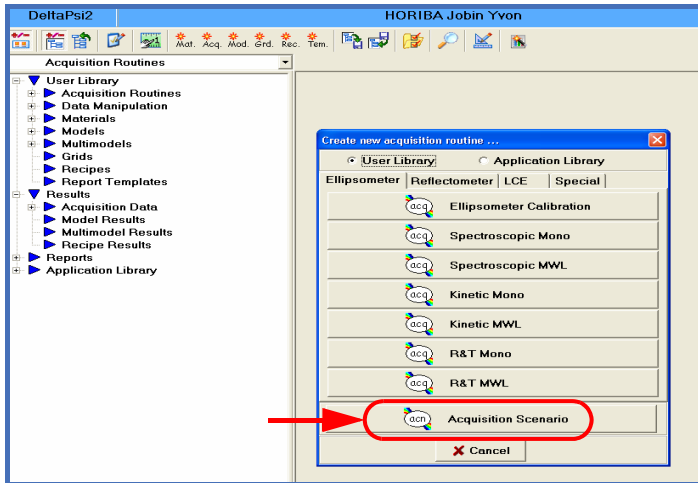
**Experimental Details**

A batch of eight HfAlO mixed layers was deposited on silicon substrates at 300°C by atomic layer chemical vapor deposition (ALCVD), using H<sub>2</sub>O, HfCl<sub>4</sub> (hafnium tetrachloride) and Al(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub> (trimethylaluminum) as precursors. Different compositions were obtained by controlling the ratio of HfCl<sub>4</sub> and Al(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub> in the deposition cycle. This procedure allows the hafnium content to be varied from 0% to 100% with an average layer thickness of 6 nm.

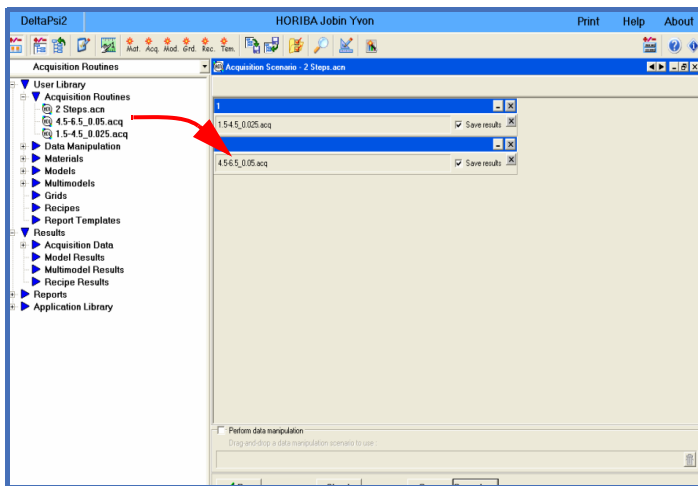
HfCl <sub>4</sub> :Al(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> deposition cycle ratio	Hf ratios (%)	Al ratios (%)
0:1 (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0	100
1:9	27	73
1:6	30	70
1:4	31	69
1:3	40	60
1:2	57	43
9:1	94	6
1:0 (HfO <sub>2</sub> )	100	0

HORIBA JOBIN YVON  
Explore the future

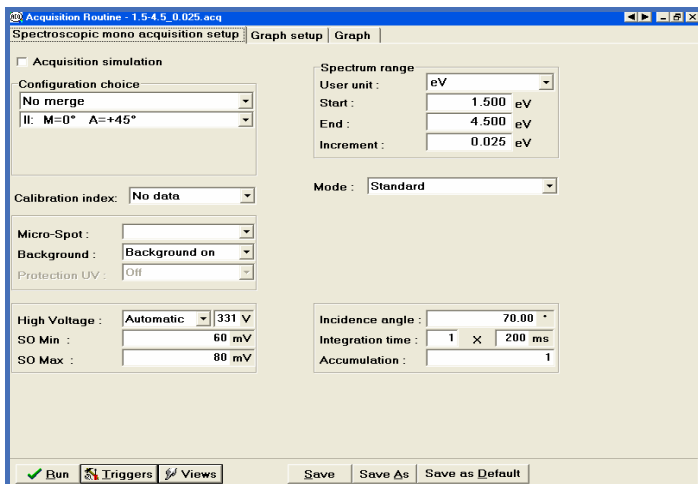
HORIBA



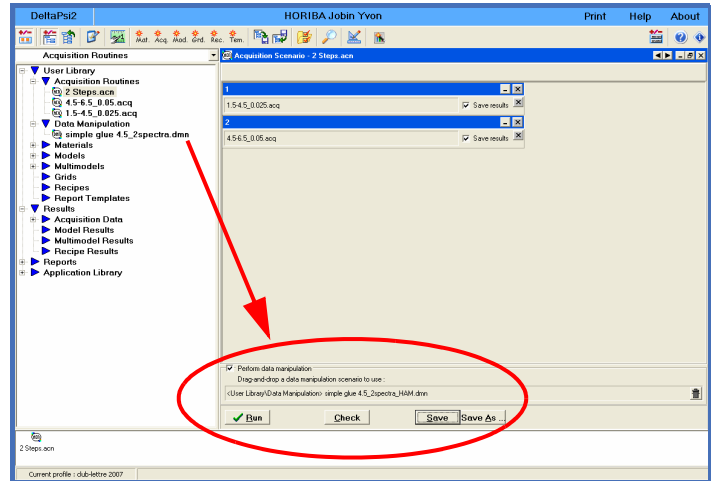
- Sélectionnez les routines d'acquisition préalablement créées dans la branche «Acquisition routines» nécessaires à votre scénario, et les glisser dans la fenêtre acquisition scénario.



- Dans l'exemple ci-dessus, 2 routines d'acquisition ont été créées. La première est une mesure de 1.5 à 4.5 eV avec un pas de 0.025 eV, et la deuxième de 4.5 à 6.5 eV avec un pas de 0.05 eV.

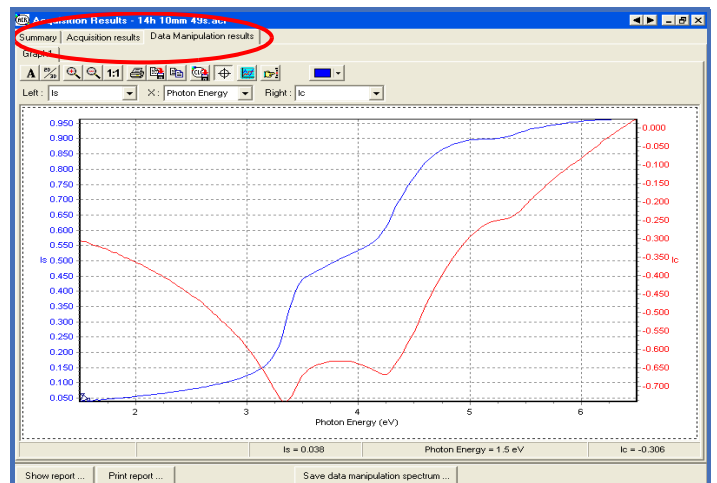


- Afin d'obtenir un seul fichier expérimental, une opération supplémentaire est nécessaire.
- Cochez la case «**Perform data manipulation**» et sélectionnez un data manipulation scenario préalablement créé et disponible dans la branche data manipulation, et le glisser dans le rectangle dessous.



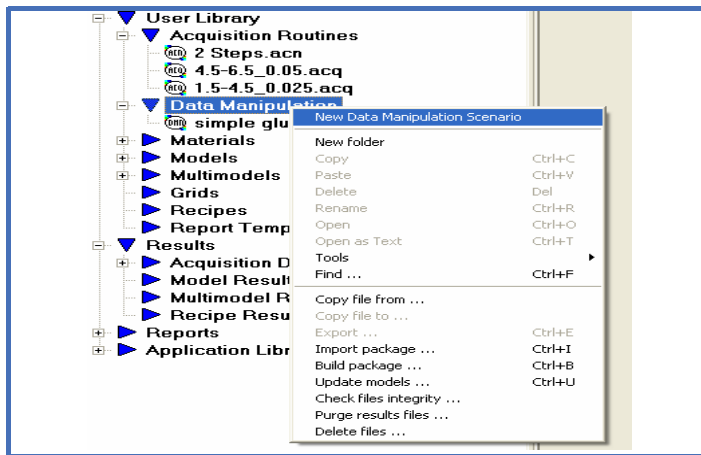
Sauvegarder votre **scénario d'acquisition** en cliquant sur save as et donner lui un nom. Il sera enregistré dans la branche Acquisition routine, sous l'extension **acn**.

- Cliquez sur Run pour lancer la mesure automatique de 1.5 à 6.5 eV avec un incrément différent de 1.5 à 4.5 eV puis de 4.5 à 6.5 eV.
- Le fichier d'acquisition se trouve dans la branche Results/Acquisition data, avec l'extension **acr**.
- Il se présente sous la forme de trois onglets : summary, acquisition results, data manipulation results.
- Le premier onglet est un résumé textuel du scénario d'acquisition. Le deuxième présente graphiquement les différentes mesures. Dans notre exemple, 2 mesures de 1.5-4.5 eV et 4.5-6.5 eV. Le troisième onglet correspond au graphe total joignant les deux gammes spectrales.

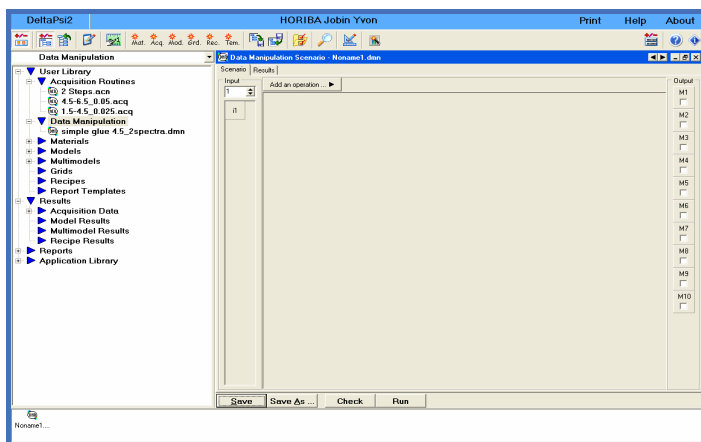


### Comment créer un data manipulation scénario ?

- Cliquez droit sur data manipulation, et sélectionnez new data manipulation scenario.



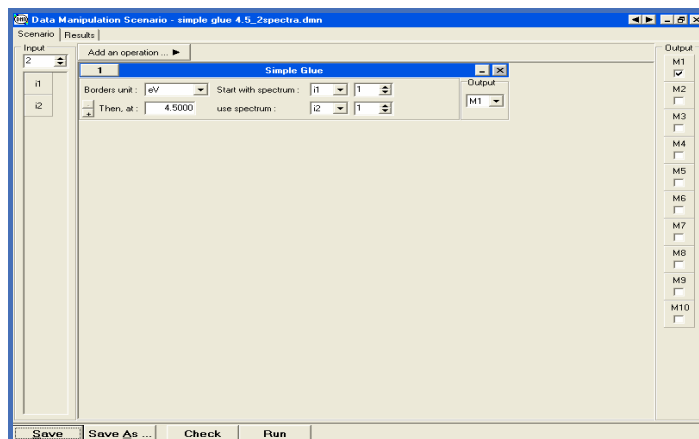
- La fenêtre suivante s'ouvre.



### Paramétrage de la fenêtre:

Dans la partie «Input»: sélectionner vos nombres d'entrée. Ici 2, car vous avez deux fichiers expérimentaux.

- Cliquez sur «Add an operation»: vous avez dès lors accès à toutes les fonctions de data manipulation. Pour notre exemple, consistant à automatiser la mesure d'une large gamme spectrale avec deux incréments différents, sélectionner la fonction Glue - Simple.
- Cette fonction permet de coller le premier spectre au second à la longueur d'onde 4.5 eV.
- Dans la partie «Output», cocher la case M1, indiquant la sauvegarde de ce graphe final assemblant les deux gammes spectrales. Ce graphe se situe dans le troisième onglet du fichier résultat **acr** «data manipulation results».
- «Save as» permet de donner un nom au fichier data manipulation scenario, qui sera sauvegarder dans la branche data manipulation, sous forme **dmn**.




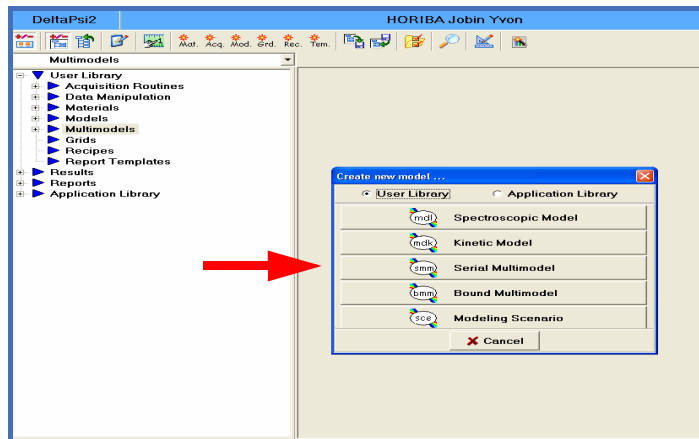
### > Les multimodèles en série

#### Définition:

Lors de l'étape de modélisation, plusieurs modèles sont souvent testés afin de trouver le meilleur qui décrira l'échantillon mesuré. La fonction «multimodèles en série, ou serial multimodel, nom de la fonction dans DeltaPsi2» permet d'automatiser le fit de plusieurs modèles et classe les résultats obtenus du meilleur au plus mauvais  $\chi^2$ .

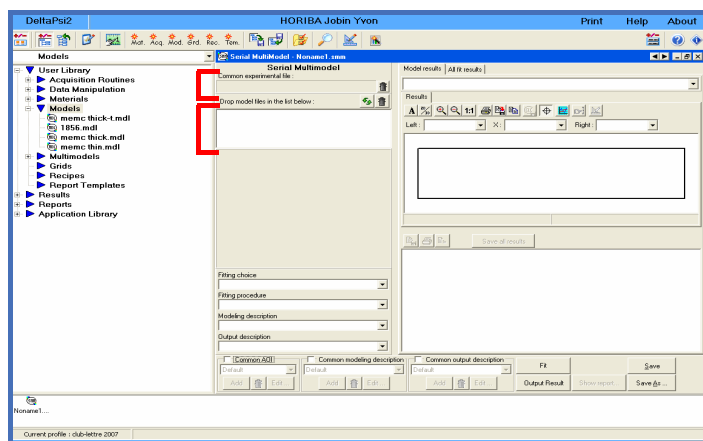
#### Accès:

- Cliquez sur l'icône , et sélectionner «Serial Multimodel»



Sélectionnez les modèles **préalablement créés et paramétrés pour le fit**, dans la branche «Models», et les glisser dans la fenêtre blanche située en haut à gauche.

- Une vue réduite du modèle s'affiche juste en-dessous, un double click sur le nom du modèle vous permet de l'ouvrir complètement.
- Sélectionnez la mesure expérimentale commune à tous les modèles (située dans la branche Results/Acquisition data) et la glisser dans la case grise «Common experimental file».



- L'affichage des résultats pour chaque modèle se sélectionne à partir de la fenêtre blanche située au-dessus du graphique. Ils sont classés du meilleur au moins bon  $\chi^2$ .

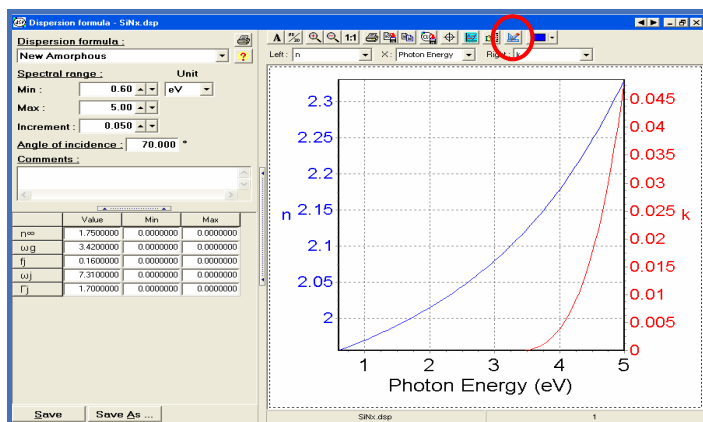
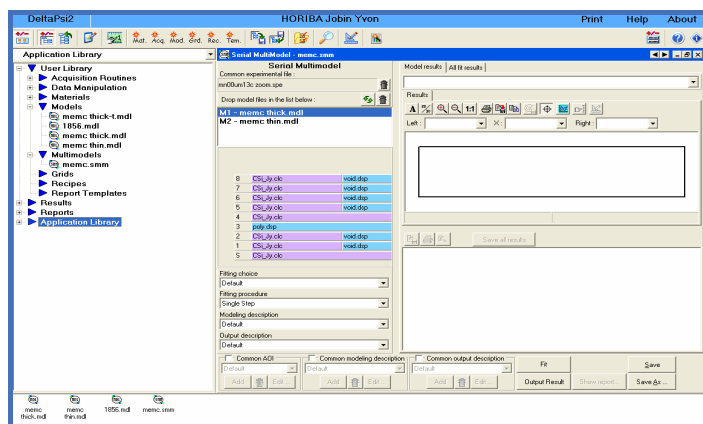
• **Revue technique : Calcul du bandgap par la fonction Tauc Plot**

La fonction Tauc Plot est une des méthodes permettant de calculer le gap optique  $E_g$  des matériaux.

Rappelons que la formule de Tauc Plot représente la variation linéaire de :  $\sqrt{\alpha(E) \cdot E}$

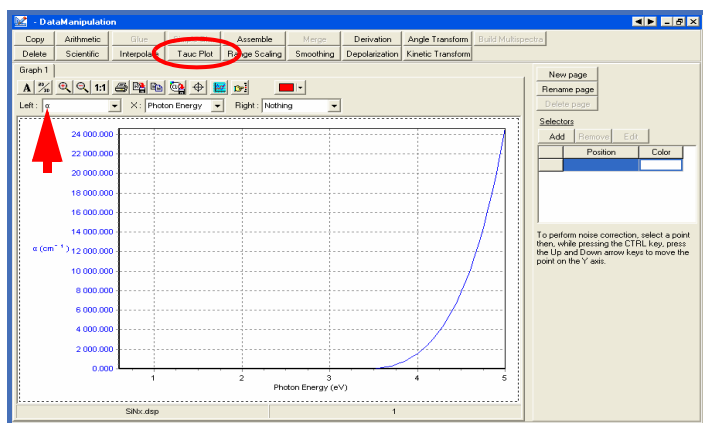
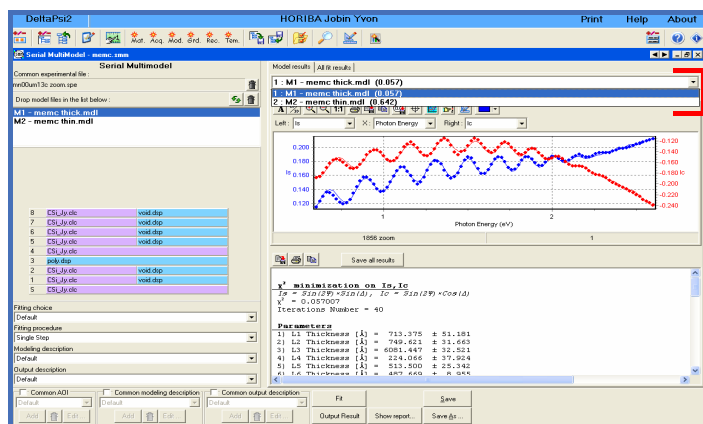
Où le coefficient d'absorption,  $\alpha$  est défini par :

$$\alpha = \frac{4\pi k}{\lambda}$$



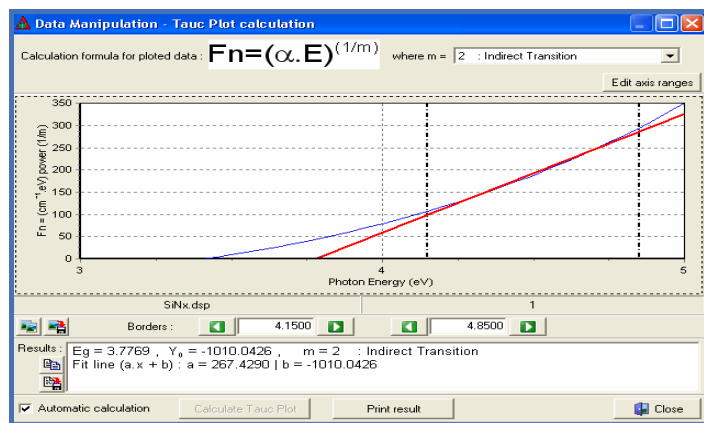
- Enregistrer votre multimodèle en série en cliquant sur save as, l'extension du fichier est en **smm**.
- La fenêtre de la serial multimodel offre les mêmes possibilités et présente la même interface graphique du simple modèle (appelé spectroscopic model dans Deltapsi2).
- Lancez le fit.
- Dans l'exemple ci-dessous, deux modèles vont être ajustés successivement.

- Partant de la dispersion du matériau dont vous voulez calculer le gap optique, cliquez sur l'icône «Data manipulation», le 2<sup>ème</sup> an partant de la fin, au-dessus du graphique.
- Vous arrivez alors dans l'écran de manipulation des données, où votre matériau est également exporté.
- Choisissez sur le graphique, l'axe des ordonnées  $\alpha$ , en fonction de l'énergie ou de la longueur d'onde.
- Cliquez sur le bouton «Tauc Plot».



- Les résultats apparaissent sous les deux formes habituelles: graphiques et rapport.

- La fenêtre suivante s'ouvre :



- Choisissez  $m=2$ , dans la combo-box située en haut à droite définissant  $\sqrt{\alpha(E) \cdot E}$ .
- Déplacer vos 2 curseurs, soit en cliquant directement sur le graphique, soit en utilisant les flèches vertes intitulées «borders».
- Les deux curseurs doivent être placés sur la partie linéaire de la courbe  $\sqrt{\alpha(E) \cdot E}$ , de façon à calculer la gap optique  $E_g$ , par régression linéaire.
- Le calcul se fait automatiquement et s'affiche en dessous du graphique.
- Il est possible de sauvegarder le graphique, les résultats, ou encore d'imprimer la fenêtre.

### Le Club Utilisateurs

#### • La 4<sup>ème</sup> rencontre du club utilisateurs

La rencontre annuelle des membres du club utilisateurs se déroulera le jeudi 17 Janvier 2008 en nos locaux à Chilly-Mazarin.

Cette journée permet de vous tenir informer sur les évolutions de nos ellipsomètres et du logiciel, mais aussi de rencontrer les utilisateurs. C'est l'occasion d'échanger des points de vue, de partager votre expérience. En somme, une journée agréable et fort utile !

Pour cette 4<sup>ème</sup> rencontre, nous allons reconduire l'après-midi «ateliers de travaux pratiques». Les thèmes proposés cette année sont:

- **L'anisotropie:** identification de l'anisotropie d'une couche, orientation de l'échantillon pour la mesure, modèle et paramétrage
- **Fonctions de dispersion:** paramétrage des lois les plus communes

- «**Réponse aux questions diverses liées à la modélisation et au logiciel DeltaPsi2**»: pour cet atelier, nous vous invitons à nous envoyer vos questions (maximum 2 par personne, afin de nous aider à la préparation des réponses).

- **Acquisition cinétique:** comment ça marche ?

Venez nombreux, et inscrivez vous dès maintenant afin de nous aider à la bonne organisation de cette journée !

### Bulletin de Participation à La Journée du Club Utilisateurs

Complétez et retournez ce formulaire

par **Fax: 01 69 74 88 61**

ou **E-mail: melanie.gaillet@jobinyvon.fr**

Nom:

Société:

Laboratoire:

Adresse:

Ville:

Code Postal:

Tél.:

Fax:

E-mail:

Atelier sélectionné:

Réservation d'hôtel

Oui Non

Date d'arrivée:

Date de départ:

Rendez-vous le 17 janvier !

#### • De nouveaux membres

Bienvenue à Gilles Lerondel, enseignant chercheur à l'université de Technologie de Troyes, au Laboratoire de Nanotechnologie et d'Instrumentation Optique (LNIO).

Le LNIO mène des travaux de recherche dans le domaine des microscopies à sonde locale, appelées également microscopies en champ proche, les plus connues étant la microscopie à effet tunnel électronique (STM: Scanning Tunneling Microscopy) et la microscopie à force atomique (AFM: Atomic Force Microscopy).

