



INSTITUT NEEL Grenoble

Proposition de stage Master 2 - Année universitaire 2009-2010

Titre : Ablation laser pulsée sous champ magnétique

Le développement actuel d'appareils divers (disque dur d'ordinateur, téléphone portable, etc...) de dimension de plus en plus petite nécessite évidemment que la taille des composants qu'ils incluent suive une même réduction. Ces composants appartenant à la micro et nano-électronique se doivent d'être sans cesse plus performants et fiables et une parfaite maîtrise des différentes étapes de fabrication est dès-lors nécessaire. L'une d'elle, la synthèse des matériaux en films minces est particulièrement cruciale car elle conditionne toutes les propriétés des matériaux synthétisés et donc les caractéristiques du futur composant.

Le procédé de dépôt par ablation laser impulsif ou PLD (Pulsed Laser Deposition) est connu pour ces capacités d'élaboration de films de matériaux simples ou complexes (et/ou "exotiques") de grandes qualités (propriétés cristallographiques et physiques), difficiles, voire impossibles, à obtenir par d'autres techniques.

En PLD, une cible du matériau à déposer est irradiée par un faisceau laser dans une enceinte à vide. Le matériau est éjecté en quelques nanosecondes sous la forme d'un panache plasma et se condense sur un substrat chauffé ou non placé en vis à vis, ce qui conduit à la croissance d'un film (fig. 1). La PLD se caractérise par un transport congruent des espèces qui permet, en principe, la conservation de la composition de la cible dans le film déposé, un flux instantané considérable de particules sur le substrat pendant la croissance de la couche (supérieur aux autres méthodes de dépôt) et une énergie cinétique importante (de 1eV à 1keV) des espèces éjectées (atomes, ions, petites molécules) que l'on peut contrôler en jouant sur les paramètres expérimentaux. Enfin, ce procédé est connu pour permettre le dépôt monocouche atomique par monocouche atomique ce qui permet la réalisation de films cristallins de très faible rugosité. La simplicité et la flexibilité de cette méthode font de la PLD une méthode de dépôt très populaire dans le monde de la recherche et inégalée en ce qui concerne la qualité de certains films minces obtenus.

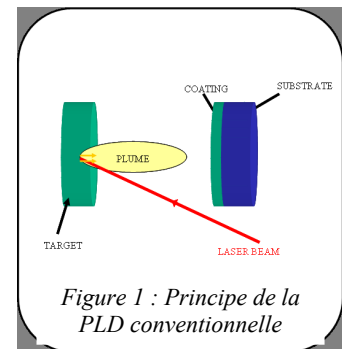


Figure 1 : Principe de la PLD conventionnelle

Néanmoins, cette méthode de synthèse de matériaux souffre principalement de deux défauts, le faible taux de dépôt (typiquement $< 2 \mu\text{m}$ d'épaisseur) sur une zone de 1 à 2 cm^2 et la pollution du dépôt par des gouttelettes (escarbilles de matière directement arrachées par l'irradiation laser à la source).

A l'institut Néel, utilisant la propriété de très forte ionisation du panache plasma ($> 80\%$ des espèces), un champ magnétique pulsé (1T) a été rajouté. Il a été montré la possibilité de confiner fortement la plume de matière évaporée et ainsi augmenter le taux de dépôt de façon très substantielle. Dans ces études réalisées "en aveugle", plusieurs aspects des mécanismes d'interactions entre la plume en expansion et le champ magnétique ont été exploré et expliqué mais certains points demeurent incompris.

Très récemment, un nouveau dispositif de PLD conventionnelle couplé à des aimants permanents vient d'être mise au point. La configuration spatiale variable des aimants permet de moduler le champ magnétique dans l'espace, celui-ci étant inférieur à un maximum d'environ 0,8T. Ce champ semble néanmoins largement suffisant pour dévier très nettement la plume plasma (fig. 2). La force de ce nouveau dispositif réside dans sa simplicité d'utilisation et la vision directe du plasma.

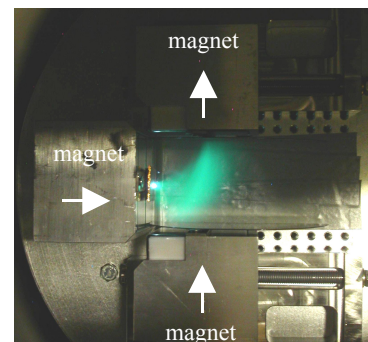


Figure 2 : Nouveau dispositif, PLD couplé à des aimants permanents, déviation et focalisation d'un panache de Cu par un champ magnétique de 0,7T

Deux volets sont à explorer. Il est nécessaire d'étudier en détail les effets d'un champ magnétique sur le plasma et de les corréler avec les propriétés des dépôts (focalisation du dépôt, cristallisation du dépôt, effet de ségrégation...). En parallèle, dans la mesure où seules des espèces ionisées sont déposées, il semble possible de structurer directement le dépôt en choisissant préférentiellement certaines zones de dépôts par application sur le substrat de champs électrostatiques et/ou magnétiques.

Le sujet du stage de Master Recherche proposé s'inscrit dans cette démarche. L'étudiant recruté sera amené à développer cette méthode de synthèse de matériaux originale et prometteuse puis à réaliser des films de FePt corrélant ainsi paramètres de dépôt et propriétés des films. Il se familiarisera avec l'utilisation de laser nanoseconde YAG et Excimère, avec des techniques en salle blanche de microélectronique comme la lithographie afin de réaliser des peignes électrostatiques. Enfin, en collaboration avec des laboratoires partenaires (G2Elab à Grenoble, Biopuce au CEA à Grenoble, Ampère à Lyon), les dépôts et les objets réalisés pourront servir de prototypes à diverses expérimentations physiques et biologiques (lévitation, manipulation de cellules...)

Ce sujet de Master devrait se poursuivre par une thèse.

Formation / Compétences : Formation générale en Physique, Physique des matériaux, magnétisme

Contact : Dumas-Bouchiat Frédéric

Institut Néel, département Nano, groupe micro et nanomagnétisme

Tel : +33 (0)4 7688-1196 E-mail : frederic.dumas-bouchiat@grenoble.cnrs.fr