

Couches minces de $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ déposées par la technique d'ablation laser

F. Antoni, E. Fogarassy, C. Fuchs, B. Prévot et J.P. Stoquert

Laboratoire PHASE, UPR 292 du CNRS, BP. 20, 67037 Strasbourg cedex 2, France

Résumé : Dans ce travail, nous étudions la possibilité d'élaborer des couches minces de $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ par ablation laser. Cette technique consiste à évaporer une cible massive de SiGe à l'aide d'un laser pulsé à excimère. Les espèces émises sont collectées sur un substrat adéquat. La composition, la morphologie et la structure cristalline des couches obtenues dépendent en particulier de la densité d'énergie du laser et de la température du substrat. Pour des températures de dépôt supérieures à 500 °C, des films cristallins de SiGe avec des compositions en Ge voisines de 30 % ont été obtenues sur des substrats cristallins (Si) ou amorphes (silice fondue).

Introduction

La fabrication de dispositifs électroniques et optoélectroniques à base de silicium et de germanium (SiGe) présente un grand intérêt scientifique et technologique [1,2]. Nous étudions dans ce travail, le procédé de dépôt en couches minces de films SiGe par ablation laser qui représente une alternative très intéressante aux méthodes classiques telles que l'épitaxie par jet moléculaire (MBE) et les dépôts par voie chimique (CVD).

Méthode de dépôt et résultats

Une cible massive de SiGe de haute pureté avec une composition en germanium de l'ordre de 20 à 25 % est irradiée sous vide (10^{-8} mbar) à l'aide d'un laser à excimère ArF (193 nm) pulsé (durée d'impulsion ≈ 20 ns, fréquence de répétition 50 Hz). Le faisceau du laser est focalisé sur la cible tournante disposée à 45 degrés par rapport à l'incidence normale, de manière à obtenir des densités d'énergie comprises typiquement entre 0,5 et 5 J/cm². Les espèces émises sont collectées dans un angle solide n'excédant pas 30 degrés. Les films sont déposés sur des substrats cristallins (Si <100>) ou amorphes (a-SiO₂) à différentes températures comprises entre 20 et 900 °C. Les mesures de composition atomique de la cible et des films obtenus ont été effectuées par rétrodiffusion Rutherford (RBS) et par spectroscopie d'énergie non dispersive (EDS).

La composition de la cible avant et après irradiation laser ne présente pas de modification significative. Par contre, nous observons une légère augmentation de la concentration en Ge (25 à 30 %) dans les films obtenus quelles que soient les conditions de densité d'énergie laser et de température de dépôt.

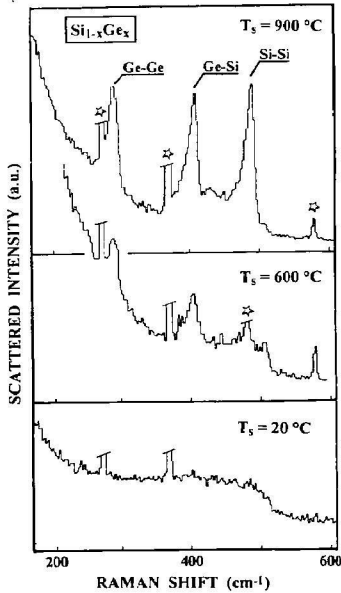


Figure 1 : Spectres Raman de films déposés à différentes températures de substrat.

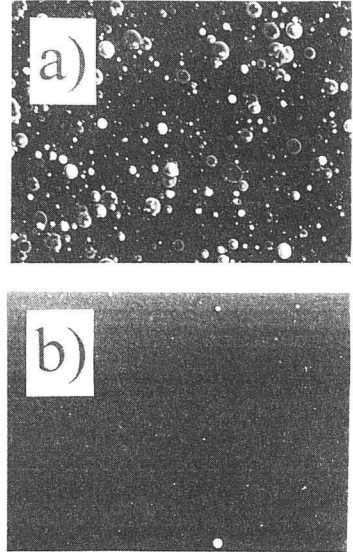


Figure 2 : Surface des films déposés à 2 J/cm² (a) et 0.5 J/cm² (b).

L'influence de la température du substrat sur la cristallisation des films SiGe a été analysé par spectroscopie Raman [3]. La figure 1 représente l'évolution du spectre Raman de films déposés sur substrats de silice fondue à différentes températures. A température ambiante, nous observons une large bande qui s'étend de 250 à 500 cm⁻¹, caractéristique d'un composé SiGe amorphe. Entre 500 et 600°C, les pics Raman localisés à 290 cm⁻¹ et 400 cm⁻¹, correspondant à la transition amorphe - cristal, émergent de la bande caractéristique de la structure amorphe. Enfin, pour des températures supérieures à 600 °C, la structure du dépôt SiGe obtenu est de nature cristalline comme le montre la présence des trois pics Raman (290, 400 et 490 cm⁻¹). Les mêmes résultats ont été obtenus sur substrat cristallin de Si ; cependant, les expériences de canalisation n'ont pas révélé de croissance épitaxiale.

Notons enfin la présence de gouttelettes éjectées de la cible à la surface des dépôts, comme le révèlent les images de microscopie électronique (Fig 2a). Leur présence, néfaste pour la qualité des surfaces, est considérablement réduite en travaillant à des densités d'énergie laser voisines du seuil d'émission du plasma luminescent (0.5 J/cm², Fig 2b).

Références

- [1] S. C. Jain and W. Haynes, *Semicond. Sci. Technol.* 6 (1991) 547.
- [2] T.P. Pearsall, *CRC Crit. Rev. Solid State Mater.* 15 (1989) 551.
- [3] F. Antoni, E. Fogarassy, C. Fuchs, B. Prévot et J.P. Stoquert
Présenté à EMRS (Strasbourg, Juin 94), soumis à publication dans *Appl. Surf. Science* (1995)