

Analyse spectrale de plasmas créés par ablation par laser à excimères de cibles Ge, Si et SiGe

R. Henck, C. Fuchs et E. Fogarassy

CNRS, Laboratoire Phase (UPR 292), BP. 20, 67037 Strasbourg cedex 2, France

Résumé : L'analyse spectroscopique, de 110 à 600 nm, de l'émission des plasmas créés lors de l'ablation par laser à excimères (KrF, $\lambda=248$ nm) de cibles monoatomiques de Ge et de Si et diatomiques de SiGe a été entreprise dans le but d'identifier les espèces radiatives présentes dans le panache.

L'analyse spectroscopique (intégrée dans le temps) de l'émission des plasmas se fait perpendiculairement à la cible tournante, irradiée sous une incidence de 90° , par un monochromateur McPherson 218 isolé de la cellule d'ablation par une fenêtre en FLi, un filtre passe-haut (300 nm) amovible permettant d'éliminer les ordres supérieurs. Les photons sont détectés par un photomultiplicateur RTC à fenêtre en FLi relié à un système de comptage de photons suivi d'un enregistreur graphique.

Les spectres d'émission, non corrigés par la réponse spectrale de l'ensemble du système optique et représentés sur la figure 1, sont constitués d'un fond continu non structuré dont l'intensité décroît vers le visible, sur lequel se superpose un nombre élevé de raies identifiées à partir des tables de raies spectrales des éléments Ge et Si [1]. Les transitions auxquelles elles correspondent ont été déterminées d'après les valeurs connues des niveaux d'énergie de leurs états excités [2]. La plupart des 73 et 35 raies respectivement identifiées dans les plasmas de Ge et de Si ont été attribuées à la désexcitation radiative d'atomes excités:

Ge* [...4s² 4p ns (n = 5,6,7,8), ...4s² 4p nd (n = 4,5,6) et ...4s 4p³]

et Si* [...3s² 3p ns (n = 4,5,6,7), ...3s² 3p nd (n = 3,4,5,6,7) et ...3s 3p³]

vers leur niveau fondamental. Seules les raies Ge I (n° 72-73) et Si I (n° 30-35) avaient été observées par d'autres auteurs lors d'études similaires sur des domaines spectraux plus restreints : au-delà de 400 nm dans le cas du Ge [3] et de 250-300 nm en ce qui concerne Si [4,5], ainsi qu'un certain nombre de raies ioniques dont nous ne relevons pas la présence. Cependant, les raies n° 4, 29, 43 et 46 dans le cas de Ge et la raie n° 23 de Si, émises en-dessous de 220 nm, pourraient provenir d'une désactivation d'espèces ioniques. Il semblerait que, dans nos conditions expérimentales, les ions présents dans le plasma disparaissent essentiellement par recombinaison radiative.

La nature et la pression du milieu gazeux environnant : $7,5 \cdot 10^{-2}$ et $2 \cdot 10^{-5}$ Torr d'air ou $7,5 \cdot 10^{-2}$ Torr d'hélium n'affectent en rien la structure de ces spectres. Le seuil d'apparition du plasma avec émission lumineuse est de 1,2 à 1,3 J/cm². L'augmentation de la fluence jusque 4 J/cm² n'entraîne pas l'apparition de nouvelles émissions atomiques ou ioniques mais uniquement une augmentation de l'intensité : uniforme et de l'ordre de quelques % pour Si, elle varie de 20 à plus de 100 % selon le domaine d'émission dans le cas de Ge.

Dans les spectres d'émission déterminés pour une cible de SiGe, on retrouve la plupart des raies atomiques correspondant à chacun de ses éléments, à l'exception de 23 raies assignées à Ge et 5 à Si. Aucune nouvelle émission pouvant provenir de la désexcitation d'agrégats SiGe formés en phase gazeuse n'est décelée.

Références

- [1] Weast R.C., Handbook of Chemistry and Physics (CRC Press, Boca Raton, 1980-1981).
- [2] Moore C.E., Atomic Energy Levels (US Government Printing Office, Washington, 1971).
- [3] Vega F., Afonso C.N., Solis J., *J. Appl. Phys.*, **73** (1993) 2472-2476.

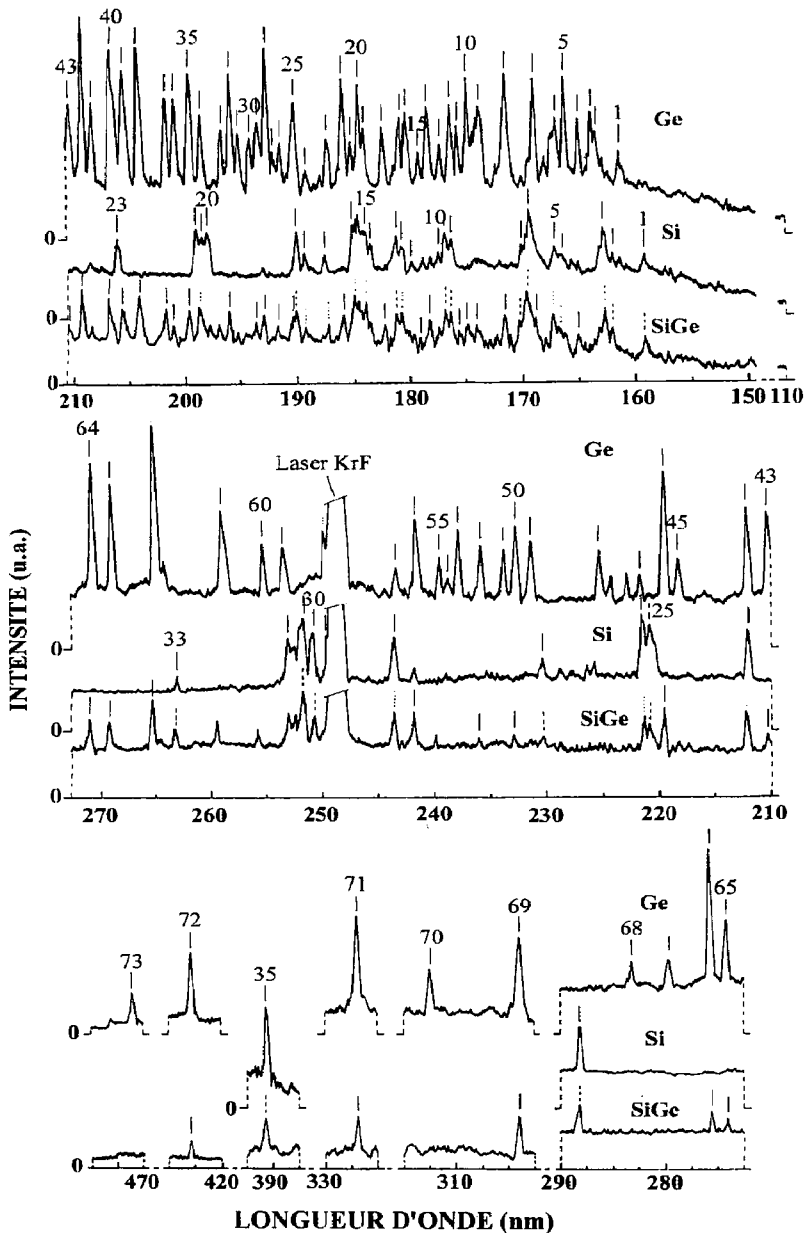


Figure 1: Spectres d'émission (de 110 à 600 nm) de plasmas créés par ablation laser (KrF, $\lambda=248$ nm) de cibles de Ge, Si et SiGe.

[4] Shinn G.B., Steigerwald F., Stiegler H., Sauerbrey R., Tittel F.K., Wilson W.L., *J. Vac. Sci. Technol.*, **B4** (1986) 1273-1277.

[5] Marine W., Tokarev V., Gerri M., Sentis M., Fogarassy E., *Thin Solid Films*, **24** (1994) 103-108.