

Mesure de déformation et composition chimique avec la résolution spatiale inférieure à 1 nanomètre par l'holographie électronique en champ sombre

Dark-field electron holography for strain and composition measurement with a sub-nanometre spatial resolution

Maxim Korytov^{1*}, Nikolay Cherkashin¹ et Martin J. Hÿtch¹

Maxim Korytov^{1*}, Nikolay Cherkashin¹ and Martin J. Hÿtch¹

¹ CEMES-CNRS et Université de Toulouse, 29 rue J. Marvig, 31055 Toulouse, France

¹ CEMES-CNRS and University of Toulouse, 29 rue J. Marvig, 31055 Toulouse, France

L'holographie électronique en champ sombre (DFEH) est une technique unique pour obtenir la cartographie de déformation sur un large champ de vue et avec une haute précision. Le DFEH est généralement réalisée en mode de Lorentz avec la résolution spatiale inférieure à 4 nm. Grâce au développement d'un microscope dédié à l'holographie (I2TEM), il est devenue possible d'acquérir des hologrammes avec le distance de 0,15 nm entre les franges d'interférences en utilisant lentille d'objectif. Ce mode d'holographie haute résolution est comparé avec la microscopie électronique à haute résolution en fonction de l'algorithme de traitement d'image (dans l'espace réel ou réciproque). Nous montrons que la DFEH est capable de mesurer la déformation avec une résolution de 0,7 nm et une précision d'environ 0,1%. La nouvelle technique a été utilisée pour étudier la distribution de la composition chimique dans les hétérostructures InGaN/GaN fabriqué par l'épitaxie par jets moléculaires et par l'épitaxie en phase vapeur aux organométalliques. Dans ce dernier cas une déviation importante par rapport au profil nominal a été observée et attribuée à l'effet de ségrégation de surface.

Dark-field electron holography (DFEH) is a unique technique to measure strain over a wide field of view with a high precision. The DFEH is generally performed in Lorentz mode and has a spatial resolution lower than 4 nm. With a newly developed I2TEM microscope it is possible to acquire holograms with a fringe spacing of 0.15 nm using objective lens. This high-resolution mode of DFEH is compared with high-resolution transmission electron microscopy as dependent on the image treatment algorithm (in real or reciprocal spaces). We show that electron holography is able to measure strain distribution with a 0.7 nm resolution and accuracy of about 0.1%. The new technique was used to study the composition distribution in InGaN/GaN heterostructures grown by molecular beam epitaxy and metalorganic vapour phase epitaxy. In the latter case a significant deviation from the nominal composition profile was observed and attributed to the surface segregation effect.