

Imagerie de l'efficacité de transport dans les cellules multi-jonction par luminescence

Amaury Delamarre^{1,4}, Paul Verdier^{1,4}, Jieyang Jia², Kentaroh Watanabe^{1,4}, Masakazu Sugiyama^{3,4}, Yoshiaki Nakano^{3,4}, Jean-François Guillemoles^{1,4}

¹ RCAST, The University of Tokyo, ²Stanford university, Department of electrical engineering,

³Department of Electrical Engineering and Information Systems, The University of Tokyo,

⁴NextPV, LIA CNRS-RCAST/U. Tokyo-U. Bordeaux

Les cellules multi-jonctions sont actuellement les dispositifs présentant les rendements de conversions les plus élevés (au-delà de 45%). Parmi les différentes stratégies pour améliorer leurs caractéristiques, l'une serait de les utiliser à de plus fortes concentrations. Néanmoins, l'illumination maximale est limitée par différentes sources de résistances : résistance de la couche fenêtre, du contact métal / semiconducteur, des jonctions tunnel...

Afin d'étudier les mécanismes sous-jacents, nous présentons ici une nouvelle méthode de caractérisation, permettant d'imager l'efficacité de transport à partir d'images de luminescence. Cette méthode est significativement plus rapide qu'un montage expérimental de Light Beam Induced Current (LBIC), et apporte des informations complémentaires aux méthodes d'électroluminescence, répandues pour l'étude des multi-jonctions.

La méthode est basée sur la relation de réciprocité suivante :

$$f_t(x,y) = \frac{\delta I_T}{\delta I_{x,y}} = \frac{\delta V_{x,y}}{\delta V_T}$$

f_t est l'efficacité de transport en (x,y) , définie comme le ratio du courant collecté au terminal δI_T rapporté au courant $\delta I_L(x,y)$ généré en (x,y) . La relation de réciprocité énonce que ce ratio est égal au ratio de $\delta V(x,y)$, la variation de la tension de la jonction en (x,y) , par δV_T , la variation de la tension appliquée au terminal de la cellule. La luminescence dépendant exponentiellement de la tension de la cellule, f_t peut être déterminé par la variation de la luminescence obtenue pour un incrément infinitésimal de la tension du terminal, selon :

$$f_t(x,y) = \frac{dn(\Phi(E,x,y,\theta))}{d(qV_T/kT)}$$

Cette méthode a été démontrée théoriquement (1) et expérimentalement (2) pour une cellule simple jonction. Néanmoins, son application à des cellules multi-jonction reste à démontrer.

Une cellule en accord de maille InGaP /

Ga(In)As / Ge a été étudiée. Le signal de luminescence est enregistré par une caméra silicium, qui nous permet d'observer l'émission des deux premières jonctions. Pour une tension appliquée de 3.2 V et un courant de 5.01 A/cm² (correspondant au courant généré sous 716 soleils), l'efficacité de transport est imagée, dont un profil selon un axe perpendiculaire aux électrodes est présenté en figure 1.

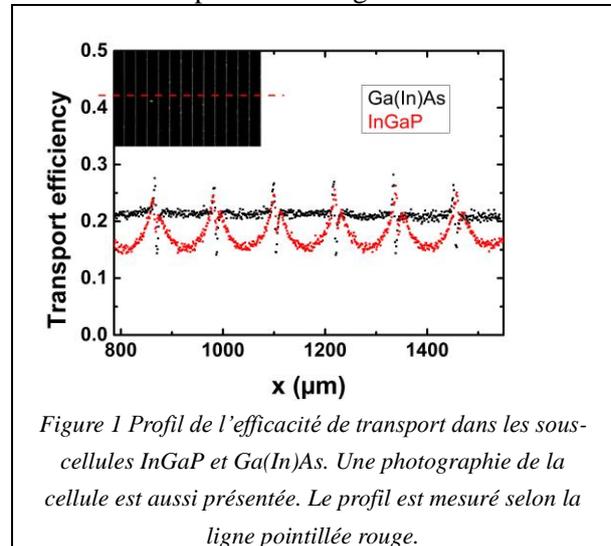


Figure 1 Profil de l'efficacité de transport dans les sous-cellules InGaP et Ga(In)As. Une photographie de la cellule est aussi présentée. Le profil est mesuré selon la ligne pointillée rouge.

Les valeurs moyennes obtenues sont celles attendues théoriquement, ce qui nous permet de valider la relation de réciprocité pour les cellules multi-jonctions. Ces résultats mettent aussi en évidence un comportement différent pour les deux sous-cellules. L'efficacité de transfert dans la première sous-cellule est réduite entre deux électrodes, du fait de la résistance de la couche fenêtre. A l'opposé, la seconde cellule présente une efficacité homogène. Ceci est attribué aux faibles résistances des couches situées entre les deux cellules (base de la cellule InGaP, jonction tunnel, émetteur de la cellule Ga(In)As). Ce type d'expérience sera appliqué prochainement à différentes technologies de multi-jonctions, incluant des cellules métamorphiques ou wafer-bonded.

(1) J. Wong et al, PRB 2012 (2) A. Delamarre et al, IEEE JPV 2016