
Mesures par spectroscopie d'impédance appliquées à la caractérisation de LEDs organiques

RAMAL Wassim, LUCAS Bruno, MOLITON André

Laboratoire UMOP

123, Avenue Albert Thomas

87060 LIMOGES

wassim.ramal@unilim.fr - bruno.lucas@unilim.fr - amoliton@unilim.fr

Résumé

Les mesures de spectroscopie d'impédance permettent d'évaluer à la fois les propriétés intrinsèques des matériaux telles que la dépendance en fréquence de la conductivité, mais aussi de décrire la structure interne des composants et de rendre compte du comportement des interfaces. Les représentations de la partie imaginaire de l'impédance en fonction de la partie réelle de l'impédance dans le cas d'une structure ITO/Alq3/Al ont permis d'une part de mettre en évidence l'existence d'une résistance de contact et de séparer les effets de cette résistance au niveau de l'anode et de la cathode. D'autre part, nous avons pu vérifier que l'insertion d'une couche d'injection de trous (PEDOT/PSS) ou/et d'une couche de transport de trous (TPD) dans la structure précédente permettait d'optimiser des paramètres comme la tension de seuil et la luminance.

Mots clés : Spectroscopie d'impédance - LEDs organiques – Alq3 – $Im(Z)=f(Re(Z))$

Introduction

Les diodes électroluminescentes organiques (OLEDs) ont suscité beaucoup d'intérêt au cours de ces dernières années, notamment dans la réalisation d'écrans monochromes. Cependant, des améliorations restent à apporter au niveau de l'efficacité, de la tension de fonctionnement et de la durée de vie pour que cette technologie s'impose dans le domaine des écrans plats. L'amélioration des performances des OLEDs passe par une meilleure compréhension des mécanismes de transport des charges et d'injection au niveau des interfaces électrodes / film émetteur. Plusieurs analyses peuvent être utilisées pour caractériser les OLEDs ; la technique d'étude par spectroscopie d'impédance employée par de nombreux auteurs [1] [2] [3] [4] semble bien adaptée pour décrire la structure interne de ces composants et rendre compte du comportement des interfaces qui jouent un rôle prépondérant sur les performances des diodes.

Nous nous proposons de passer en revue des résultats expérimentaux obtenus par la technique de spectroscopie d'impédance appliquée à des OLEDs, avec comme couche émettrice de l'Alq3 insérée entre deux électrodes métalliques (ITO et Al).

1. Caractérisation d'une structure monocouche : ITO / Alq3 / Al

Les mesures par spectroscopie d'impédance ont été effectuées avec un pont RLC fonctionnant entre 20Hz et 1MHz pour différentes tensions de polarisation (entre 0V et 7V) et représentées dans le formalisme de l'impédance complexe : représentation de la partie imaginaire de l'impédance complexe en fonction de la partie réelle de l'impédance ($Im(Z)=f(Re(Z))$). On remarque que l'on obtient pour chaque représentation en tension, un arc de cercle unique et décentré (à basse fréquence, $Re(Z)=1,7k\Omega$ et à haute fréquence, $Re(Z)=50\Omega$), qui diminue rapidement lorsque la tension de polarisation augmente, ce qui correspond à une diminution de la valeur de la résistance de la couche active (valeur obtenue quand la fréquence tend vers zéro) avec l'augmentation de la tension de polarisation. Ce comportement est tout à fait normal car la tension de fonctionnement avec ce type de structure se situe aux alentours de 7V, et seule l'application d'une tension aussi élevée permet d'injecter les porteurs de charges dans la couche émissive.

2. Caractérisation de structures bicouches

2.1. Structure ITO / PEDOT / Alq3 / Al

Nous avons inséré dans la structure précédente une couche de PEDOT / PSS entre l'anode et le film d'Alq3. Cette couche a pour effet d'obtenir une meilleure injection des trous dans les couches supérieures. Si l'on représente l'évolution de la partie imaginaire de l'impédance en fonction de la partie réelle de l'impédance, nous remarquons à nouveau une diminution du diamètre du demi-cercle lorsque la tension augmente. Et si l'on compare cette évolution à la précédente (sans PEDOT), on constate que la valeur de la résistance (à basse

fréquence) a bien diminué quelle que soit la tension de polarisation (par exemple, à 0V, on est passé de 1,7 k Ω à 200 Ω), alors que la résistance à haute fréquence est restée inchangée (de l'ordre de 50 Ω). Ce résultat montre bien que l'insertion d'une couche de PEDOT / PSS facilite l'injection des trous de l'ITO vers la couche d'Alq3.

2.2. Structure ITO / TPD / Alq3 / Al

On remplace la couche de PEDOT / PSS dans la structure précédente par une couche de transport de trous (TPD). Dans ce cas, la valeur de la résistance (à basse fréquence) devient très élevée (de l'ordre de 120k Ω) et demeure relativement constante sur tout le domaine de tensions de polarisation étudié (0V à 7V) : on peut supposer que la couche de TPD est très résistive et pourra ainsi confiner les électrons et les trous à l'interface TPD / Alq3 pour obtenir plus de recombinaisons radiatives.

3. Caractérisation d'une structure tricouche : ITO / PEDOT / TPD / Alq3 / Al

Maintenant si l'on associe le PEDOT / PSS et le TPD dans une même structure, nous obtenons une diminution de la résistance à basse fréquence sur tout le domaine de polarisation étudié; ce qui traduit à nouveau les bonnes propriétés de conduction du PEDOT / PSS et permet ainsi de diminuer la tension de fonctionnement de la diode tout en ayant plus de recombinaisons entre les électrons et les trous grâce à l'apport de la couche de TPD ; ce qui a pour effet d'obtenir une diode avec une faible tension de seuil et une luminance élevée.

4. Détermination de la résistance de contact

Sur l'ensemble des structures étudiées, nous avons remarqué, à hautes fréquences, l'existence d'une valeur minimale de la partie réelle de l'impédance. Cette valeur de l'ordre de 50 Ω correspond à la résistance de contact de chaque côté de la structure. De nombreux auteurs [1] [2] [3] ont observé cette résistance de contact et l'ont attribuée au contact ohmique du côté de l'injection des trous (ITO / couche émissive). Pour notre part, nous avons essayé de séparer la contribution de cette résistance du côté de l'anode et du côté de la cathode. Nous avons donc comparé la structure ITO / Alq3 / Au (l'ITO et l'Au ont des travaux de sortie sensiblement identiques) et Al / Alq3 / Al. Cette comparaison fait apparaître une résistance de contact de l'ordre de 70 Ω pour la structure ITO / Alq3 / Au alors que pour la structure Al / Alq3 / Al, elle est de l'ordre de 15 Ω ; cela indiquerait que la résistance de contact de la structure ITO / Alq3 / Al est due en grande partie à la résistance d'interface côté anode (ITO).

Conclusion

L'ensemble des mesures de spectroscopie d'impédance ont montré d'une part que l'insertion d'une couche d'injection de trous (PEDOT/PSS) entre l'anode (ITO) et le film émetteur diminuait considérablement l'impédance de la structure quelle que soit la tension de polarisation appliquée sur la diode ; ceci permet d'obtenir des tensions de fonctionnement beaucoup plus faibles pour des diodes associées à une couche de PEDOT/PSS. D'autre part, si l'on remplace la couche de PEDOT/PSS par une couche de transport de trous (TPD), la valeur de l'impédance devient très élevée ; cela indique que la couche de TPD est très résistive et permet ainsi de mieux confiner les électrons et les trous à l'interface TPD / Alq3 pour une meilleure recombinaison radiative et par conséquent une luminance plus importante. Ces résultats sont en parfait accord avec ceux obtenus [5] sur les caractérisations de luminance et d'intensité en fonction de la tension pour des structures identiques.

Par ailleurs, nous avons montré que la résistance de contact est due en grande partie au contact ohmique du côté de l'injection des trous (ITO / Alq3), mais demeure relativement faible (de l'ordre de 50 Ω) pour ne pas altérer les performances des diodes.

Références bibliographiques

- [1] H.W. Rhee, K.S.Chin, S.Y.Oh and J. W.Choi, "Application of impedance technique to OLED", Thin solid Films, 363, 236-239, 2000.
- [2] M.Meier, S.Karg, and W.Riess, "Light-emitting diodes based on poly-p-phenylene-vinylene", J.Appl.Physics, 82,1961-1966, 1997.
- [3] M.G.Harrison, J.Grüner and G.C.W.Spencer, "Investigations of organic electroluminescent diodes by impedance spectroscopy, photo-Impedance spectroscopy and modulated photovoltage spectroscopy", synthetic Metals, 76, 71-75, 1996.
- [4] S.H.Kim,J.W.Jang,K.W.Lee,C.E.Lee and S.W.Kim, "Impedance spectroscopy of a poly(p-phenylenevinylene) - based light-emitting diode device", Solid State Communications, 128, 143-146, 2003.
- [5] A.Moliton," Optoélectronique moléculaire et polymère:des concepts aux composants", Collection Technique etScientifique des Télécommunications, Springer(Paris), 2003.