

Compositional analysis and 3D reconstruction of semiconductor materials using laser-assisted atom probe tomography.

Enrico Di Russo* - enrico.di-russo1@etu.univ-rouen.fr

Durante gli ultimi anni alcuni materiali semiconduttori sono stati indagati mediante una tecnica chiamata *laser-assisted Atom Probe Tomography* (APT) [1]. Mediante questa tecnica un impulso laser (UV-VIS) innesca l'emissione di ioni da parte della superficie di un campione, sottoposta ad un potenziale elettrico (10 - 15 kV). Questi ioni raggiungono quindi un detector che ne registra posizione e tempo di volo (mediante misure "time of flight"), riuscendo così a determinarne la natura chimica e il punto di partenza dalla superficie analizzata (fig.). Attualmente questa tecnica risulta l'unica in grado sia di fornire la composizione chimica che di mettere in evidenza con risoluzione atomica la struttura 3D dei campioni analizzati.

La misura dell'esatta composizione dei materiali semiconduttori ternari risulta oggi di grande importanza, in quanto fortemente connessa alle loro proprietà ottiche ed elettroniche. Uno studio sistematico della composizione di numerosi semiconduttori ad ampio *gap* è già stato intrapreso con successo, tuttavia recenti articoli mostrano come anche nel più semplice caso dei semiconduttori binari - GaN, AlN, MgO o ZnO - la composizione misurata mediante APT risulti sensibilmente differente da quella attesa [2]. Queste discrepanze sono oggi attribuite alla diversa natura chimica delle specie coinvolte (metallo/non metallo). In particolare, alcuni meccanismi di perdita potrebbero essere riconducibili all'emissione di specie metalliche in maniera non sincrona rispetto gli impulsi laser, mentre per gli elementi non metallici è stata ipotizzata l'emissione di molecole neutre quali N₂ o O₂.

Campioni non omogenei, caratterizzati dalla presenza di elementi quali *quantum wells* (QWs) o *quantum dots*, richiedono una particolare attenzione in fase di ricostruzione 3D: la conoscenza dell'esatta geometria delle strutture analizzate risulta qui fondamentale [3]. Un ottimo esempio può essere dato da un sistema di QWs di ZnO alternate a barriere di MgZnO, recentemente studiato, in cui le dimensioni delle strutture erano già state stimate in fase di deposizione dei campioni. La tomografia elettronica si è quindi rivelata un ottimo strumento per verificarne le reali dimensioni e permettere così una più fedele ricostruzione 3D a seguito dell'analisi mediante tecnica APT.

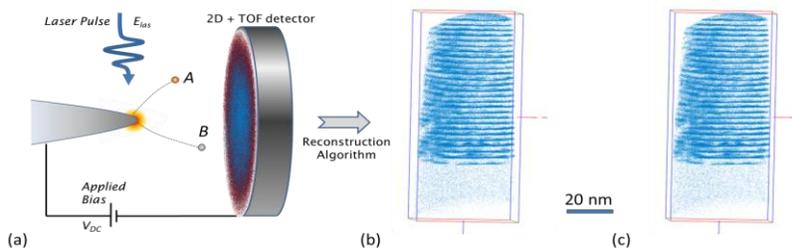


Fig. (a) Rappresentazione schematica di un esperimento APT; (b,c) ricostruzione 3D di un Sistema di *quantum dot* GaN/AlN; notare che (b) e (c) costituiscono uno stereogramma, e possono essere osservati con l'occhio destro e sinistro, rispettivamente, al fine di ottenere l'impressione di osservare un oggetto 3D. Immagine tratta da: L. Rigutti, Correlative Optical Spectroscopy and Atom Probe Tomography, ACTA PHYSICA POLONICA A, Vol. 129 (2016).

- [1] B. Gault et al., Atom Probe Microscopy, Springer, 2012.
- [2] L. Mancini et al., The Journal of Physical Chemistry C 118 (2014) 24136-24151.
- [3] F. Vurpillot et al., Ultramicroscopy 132 (2013) 19-30.

Ringraziamenti: Florian Moyon* per le immagini TEM, Ivan Blum* per le misure di dissociazione molecolare, Lorenzo Mancini* per la preparazione dei campioni, Lorenzo Rigutti* e Didier Blavette* per la supervisione.

*Groupe de Physique des Matériaux, UMR CNRS 6634, Université et INSA de Rouen, Avenue de l'Université, BP 12, 76801 Saint Etienne du Rouvray, France.