

# **Sondes actives à base d'un nanocristal semiconducteur unique pour l'optique en champ proche : concept et réalisation**

**Nicolas Chevalier**

## **Abstract**

Since its beginning in the early 1980s scanning near-field optical microscopy (NSOM) has shown its great ability to perform optical imaging beyond the diffraction limit. The probe commonly used in aperture NSOM consists of a sub-wavelength aperture at the apex of a metal coated sharp dielectric tip, allowing to reach an optical resolution of the order of the aperture size ( $\cong 50$  nm). Current trends in aperture include the search for improved spatial resolution in the nanometre range where a novel optics is expected to emerge. A promising concept consists in replacing the aperture by a subwavelength sized active medium as small as one single molecule or semiconductor nanoparticle. In this scheme, the active probe offers the possibility to obtain a very high resolution defined by the size of the active nano-object.

We have developed a method to realize active optical tips for use in near-field optics with the goal of making photostable light nanosources working at room temperature and potentially able to offer optical resolution in the 10 nm range. A metal-coated optical tip is covered with a thin PMMA layer stained with CdSe nanocrystals or nanorods at low density. For this purpose, specially designed optical tips have been prepared using chemical etching and subsequent aluminium coating of optical fibres. They have a free optical aperture at the apex in the 200 nm range. The time-evolution of the spectral signature of the active tips together with temporal analysis of their emission rate in a photon-counting mode clearly demonstrate that a very small number of nanoparticles - possibly down to only one - are active at the tip apex for suitable CdSe dilution rates. The spectral and temporal behaviour of the active tips has been confirmed by studying the emission of single nanonparticle dispersed in thin PMMA films using a home-made confocal microscope. NSOM imaging of test surfaces using these active tips are in progress.

**Keywords** : Active optical tips, semiconductor nanoparticles.

## **Résumé**

Depuis ses débuts dans les années 80, la microscopie en champ proche (NSOM) a montré sa grande capacité à produire des images optiques au-delà de la limite de diffraction. La sonde couramment utilisée en microscopie NSOM consiste en une ouverture sub-longueur d'onde au bout d'une pointe diélectrique métallisée, ce qui permet d'atteindre une résolution optique de l'ordre de la taille de l'ouverture ( $\cong 50$  nm). Les tendances actuelles incluent la recherche portant sur l'amélioration de la résolution spatiale à l'échelle nanométrique, là où on attend l'émergence d'une nouvelle optique. Un concept prometteur consiste à remplacer l'ouverture par un matériau actif de taille sub-longueur d'ondes aussi petit qu'une seule molécule ou une nanoparticule semiconductrice. Dans ce schéma, la sonde active offre la possibilité d'obtenir une très haute résolution définie par la taille du nano-objet actif.

Nous avons développé une méthode pour réaliser des pointes optiques actives pour l'optique en champ proche avec l'objectif de faire une nanosource de lumière stable utilisable à température ambiante et potentiellement capable d'offrir une résolution optique d'une dizaine de nanomètres. Une pointe optique métallisée est recouverte d'une fine couche de PMMA dans laquelle sont inclus des nanocristaux ou des nanorods de CdSe en faible densité. Pour ce faire, des pointes optiques spécifiques ont été préparées par attaque chimique suivie d'une métallisation. Elles ont en bout de pointe, une ouverture optique de l'ordre de 200 nm. L'évolution temporelle de la signature spectrale de ces sondes actives, couplée à l'analyse temporelle de leur émission dans un mode comptage de photons démontrent clairement qu'un très petit nombre de nanoparticules - voire une seule- sont actives en bout de pointe pour des taux de dilution de CdSe convenables. Le comportement spectral et temporel des sondes actives a été confirmé par l'étude de l'émission de nanoparticules individuelles dispersées dans un film de PMMA par microscopie confocal. L'imagerie de surfaces test utilisant ces sondes actives sont actuellement en cours de réalisation.

**Mots clés** : Sondes actives fluorescentes, nanoparticules semiconductrices.