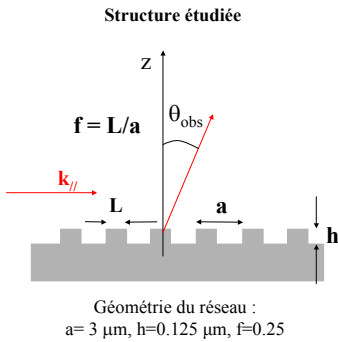


Résumé

- Nous avons montré qu'il était possible d'obtenir un rayonnement thermique très directionnel en microstructurant une surface de tungstène. Ce comportement, inhabituel pour une source de rayonnement thermique, est lié à l'existence de plasmons polaritons de surface sur le tungstène dans l'infrarouge (au delà de 2 μm).
- Nous montrons expérimentalement et numériquement que la directionnalité de cette source est reliée à la longueur de propagation du plasmon de surface, qui apparaît comme étant la longueur de cohérence spatiale de la source.
- Il est aussi possible d'exciter les plasmons de surface par injection d'électrons dans une structure. Un tel dispositif permettrait la création de nouvelles sources de lumière.

Emission thermique cohérente par un réseau de tungstène

L'émission thermique cohérente est due à l'excitation résonnante des plasmons de surface [1-4]



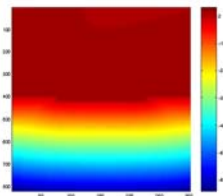
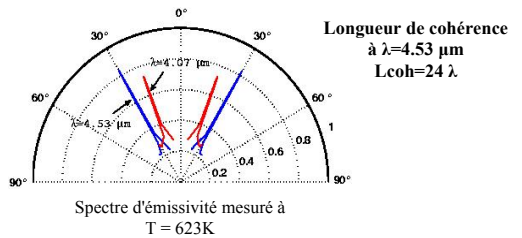
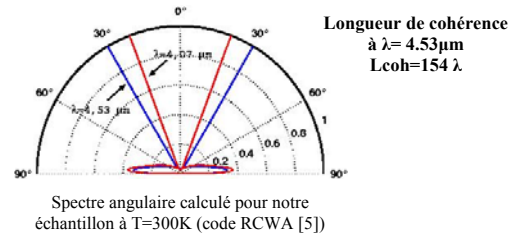
Relation de dispersion d'une onde de surface sur une interface plane:

$$k_{||} = \frac{2\pi}{\lambda} \sqrt{\frac{\epsilon}{\epsilon + 1}}$$

Formule des réseaux :

$$k_{||} = \frac{2\pi}{\lambda} \sin \theta_{obs} + n * \frac{2\pi}{a}$$

Emission très directionnelle: la signature d'une grande longueur de cohérence



Pourquoi les plasmons de surface se propagent-ils sur de grandes distances?

Carte de champ proche (log|E|^2) à la résonance de l'émission, pour λ=2.5 μm : On constate que le champ électrique est concentré principalement au dessus du matériau. Lors de sa propagation, le plasmon de surface subit donc peu de pertes.

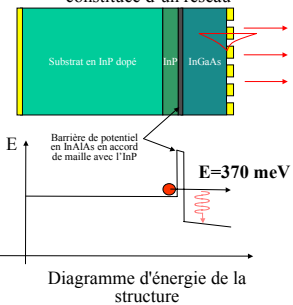
Excitation de plasmons de surface par injection d'électrons

Principe d'émission

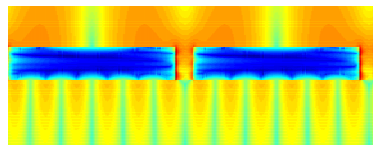
On veut exciter des modes résonnants (plasmons de surface) par collision avec des électrons chauds [6,7].

Structure de semiconducteurs (InP à différents dopages) choisie pour optimiser l'arrivée d'électrons chauds sur un réseau métallique.

Structure type : en jaune, les électrodes métalliques, dont une est constituée d'un réseau



Conception et fabrication des échantillons



Intensité du champ électromagnétique dans le réseau calculée par un code RCWA [5], à λ=3.39 μm.

Géométrie du réseau : a = 3 μm, h = 0.125 μm, f = 0.25

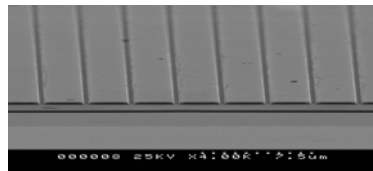
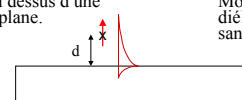


Photo prise au microscope électronique de l'échantillon fabriqué au LPN

Modélisation quantique : premières étapes

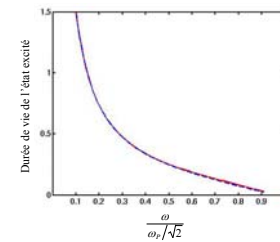
Modélisation de la désexcitation d'un dipôle dans le mode de plasmon de surface par analogie avec l'optique quantique. Problème de la définition de l'énergie dans un milieu dispersif [8]. On peut retrouver le taux d'émission spontanée d'un dipôle dans le mode de plasmon de surface.

Dipôle au dessus d'une interface plane.



Modèle de constante diélectrique : métal sans pertes

$$\epsilon(\omega) = 1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2}$$



Comparaison du calcul quantique en rouge, avec le calcul classique (Ford & Weber [9]) en pointillé bleu. On a un très bon accord entre les deux modèles.

Références

- [1] M. Laroche, C. Arnold, F. Marquier, R. Carminati, J.-J. Greffet, S. Collin, N. Bardou, J.-L. Pelouard, *Opt. Lett.*, **30**, p.2623, 2005.
- [2] R. Carminati et J.-J. Greffet, *Phys. Rev. Lett.*, **82**, No. 8, p.1660, 1999.
- [3] J.-J. Greffet, R. Carminati, K. Joulain, J.-P. Mulet, S. Mainguy and Y. Chen, *Nature (London)*, **416**, p.61, 2002
- [4] C. Henkel, K. Joulain, R. Carminati et J.-J. Greffet, *Opt. Comm.*, **186**, p.57, 2000.
- [5] N. Chateau et J.-P. Hugonin, *J. Opt. Soc. Am. A*, **11**, p.1321, 1993.
- [6] J. R. Kirtley, T. N. Theis et J. C. Tsang, *Phys. Rev. B*, **24**, p.5650, 1981.
- [7] J. R. Kirtley, T. N. Theis, J. C. Tsang et D. J. DiMaria, *Phys. Rev. B*, **27**, p.4601, 1983.
- [8] S. Stallinga, *Phys. Rev. E*, **73**, p.026606, 2006
- [9] G. W. Ford and W. H. Weber, *Phys. Reports*, **113**, p.195, 1984

C. Arnold, M. Laroche, F. Marquier, R. Carminati et J.J. Greffet
Laboratoire d'Énergétique Moléculaire et Macroscopique, Combustion, CNRS,
Ecole Centrale Paris 92295 Châtenay-Malabry, France

F. Pardo, S. Collin, N. Bardou et J.-L. Pelouard
Laboratoire de Photonique et de Nanostructures, LPN-CNRS,
91460 Marcoussis, France