

Systeme à émission d'électrons sous vide : des applications en thermoélectricité ?

Didier Noël, EDF R&D,

Dépt. Matériaux et Mécanique des Composants



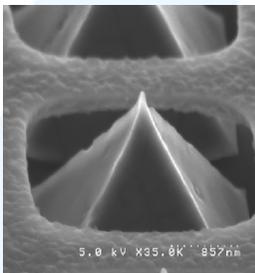
Préambule

Objet de cette présentation :

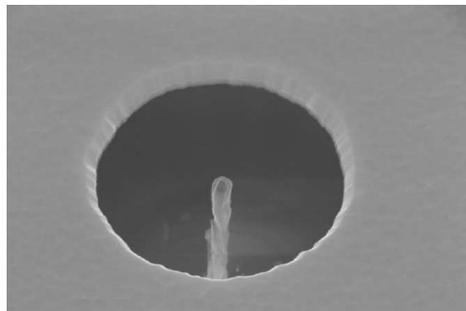
- partager une interrogation sur une possible application de systèmes électroniques sous vide pour la thermoélectricité
 - Apparemment, idée hors du courant principal, application non coventionnelle

Contexte

- Regain d'intérêt pour les systèmes électroniques (diodes, triodes transistors) à émission d'électrons sous vide
 - Besoin d'électronique de puissance ou de commutation très rapide
 - Liée aux capacités accrues de fabrication de systèmes nanométriques

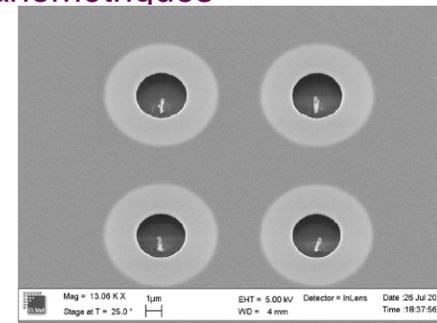


Triode à nanodiamants



Transistors à émission de champ à base de nanotubes

(S. Daren, Nanotech'O8, Boston)



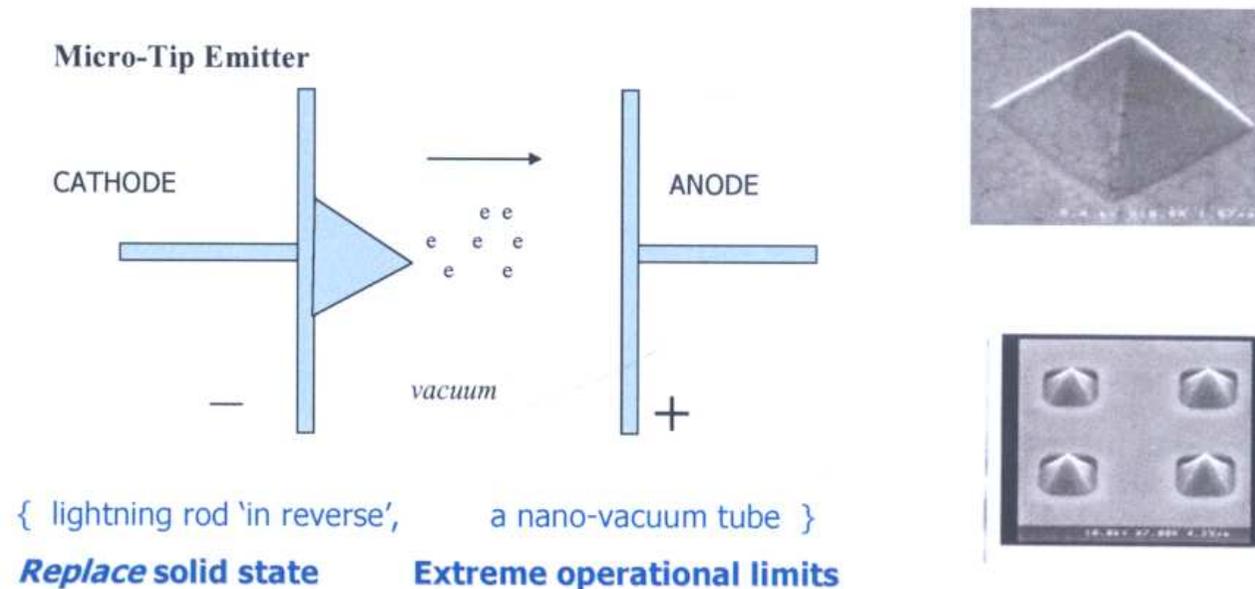


Systèmes émissifs sous vide à base de nanodiamants polarisés

Objectif : Développement de commutateurs de puissance très rapides, à faible perte donc sans refroidissement, et sans usure (Projet Univ Van der Bilt, USA)

•Choix du nanodiamant :

✓ bon émetteur d'électrons, très bon conduct. thermique, inertie chimique, bon marché, gravage de la forme par nanolitographie, procédé de dépôt massif.

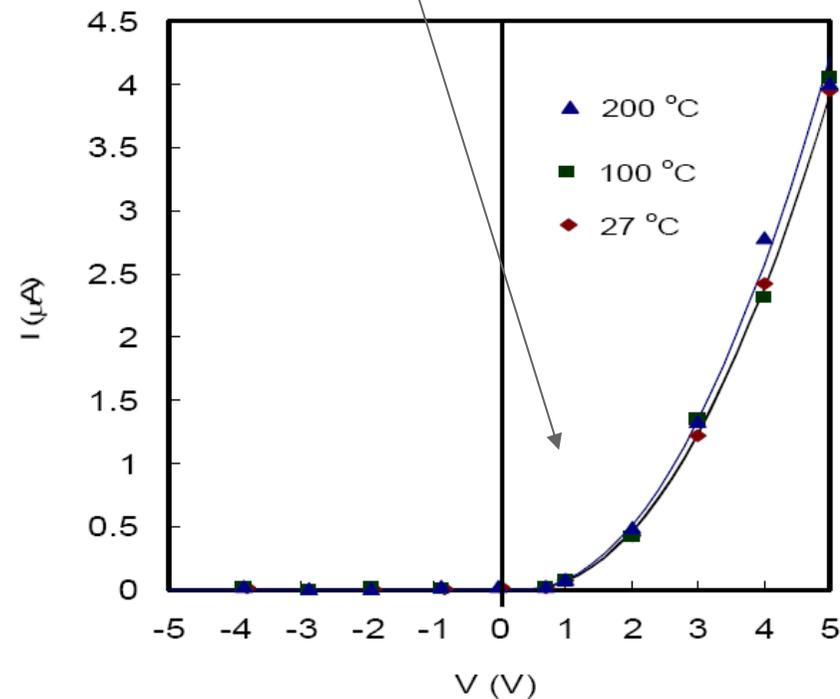


Jim Davidson, Nanotechnology Workshop, Charlotte, December 14–15, 2005



Systemes émissifs sous vide (suite)

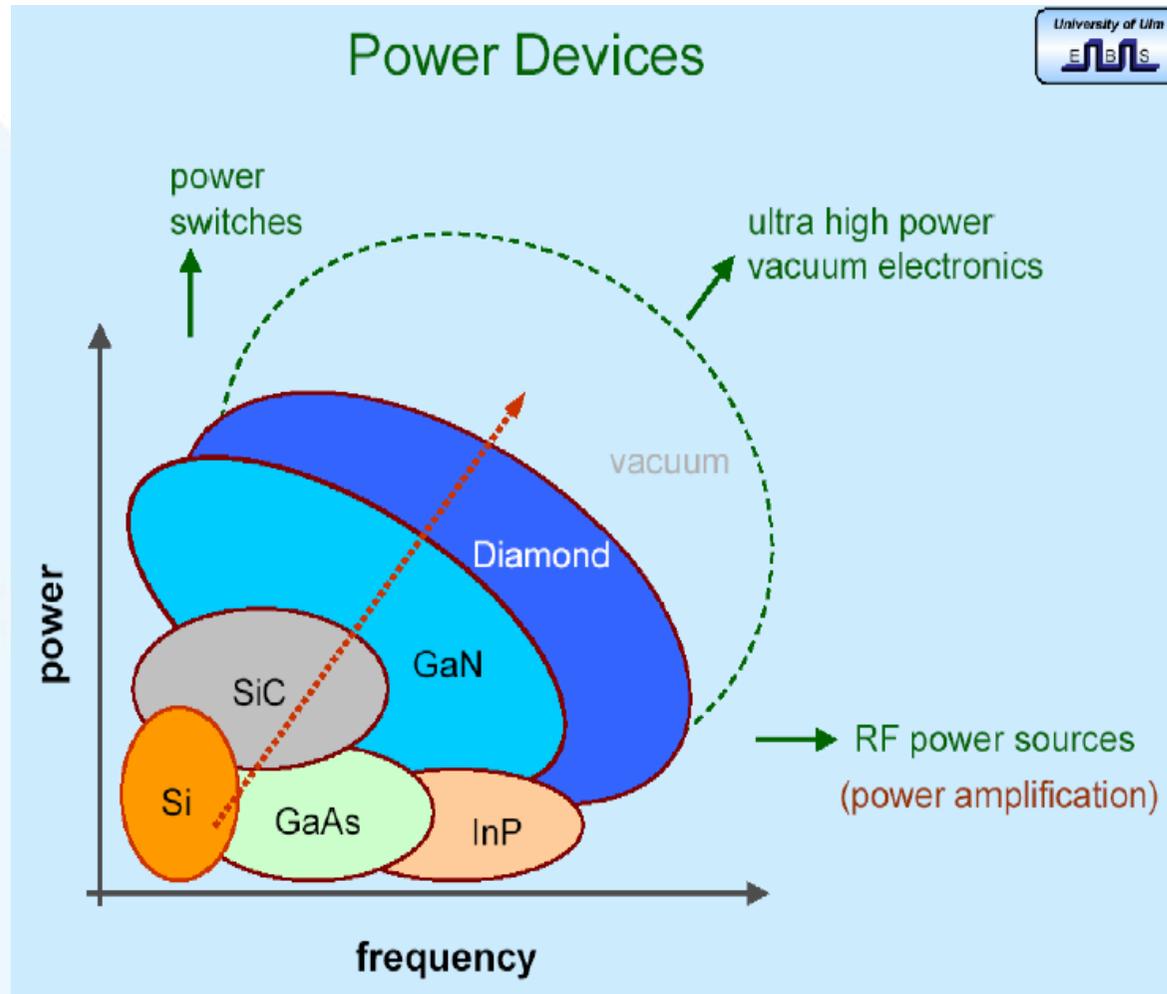
- Choix du système :
 - pas de gap (car pas de matériau $\frac{1}{2}$ conducteur)
 - énergie de commutation très faible
 - courant inverse nul (pas de pertes)
 - ✓ Réponse en fréquence élevée, performance indépendante de T



Jim Davidson 2005

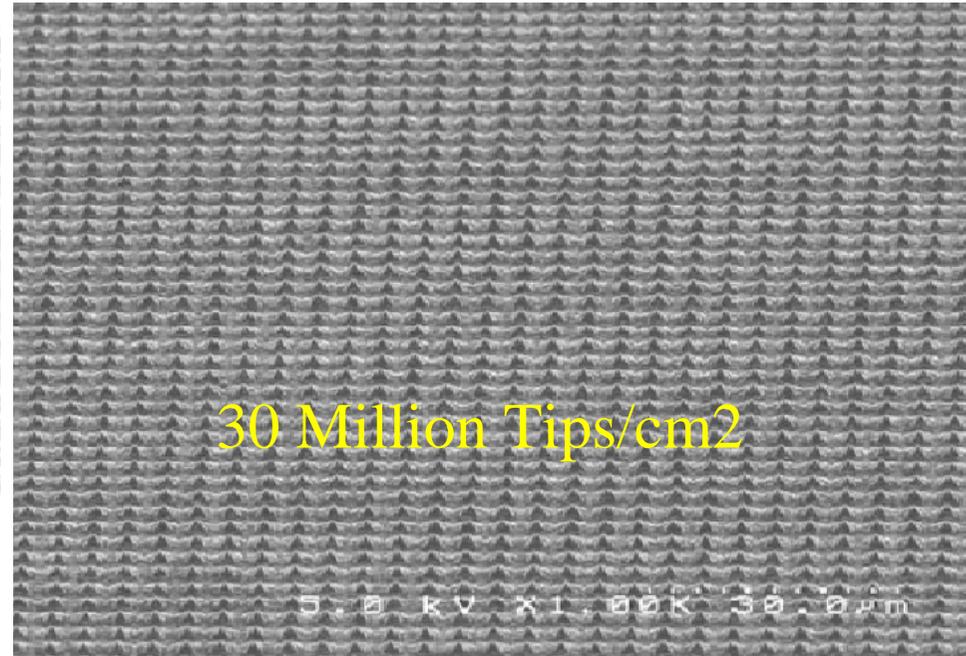
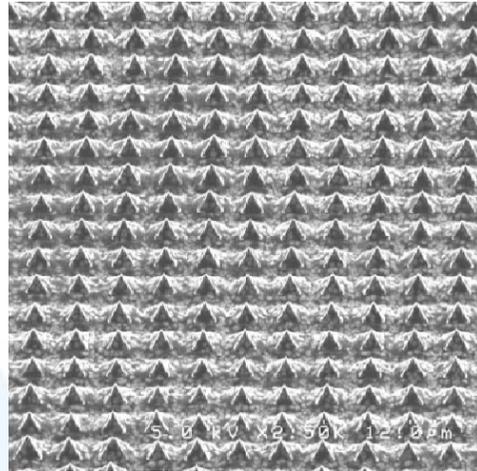
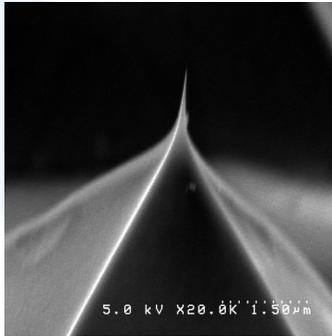


Gains en performances

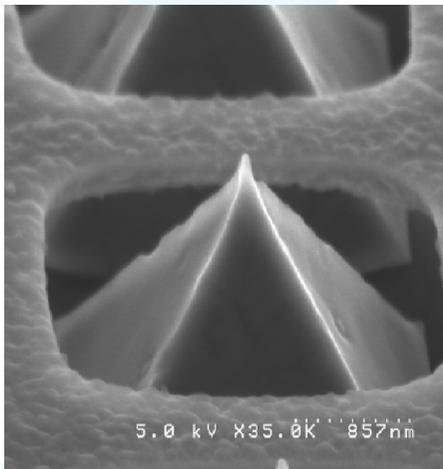




- Pointes aiguës : bon facteur de forme
- Courants élevés → grand nombre de pointes



Diamond nanotips, J. Davidson, 2005



Triode device J. Davidson, 2005

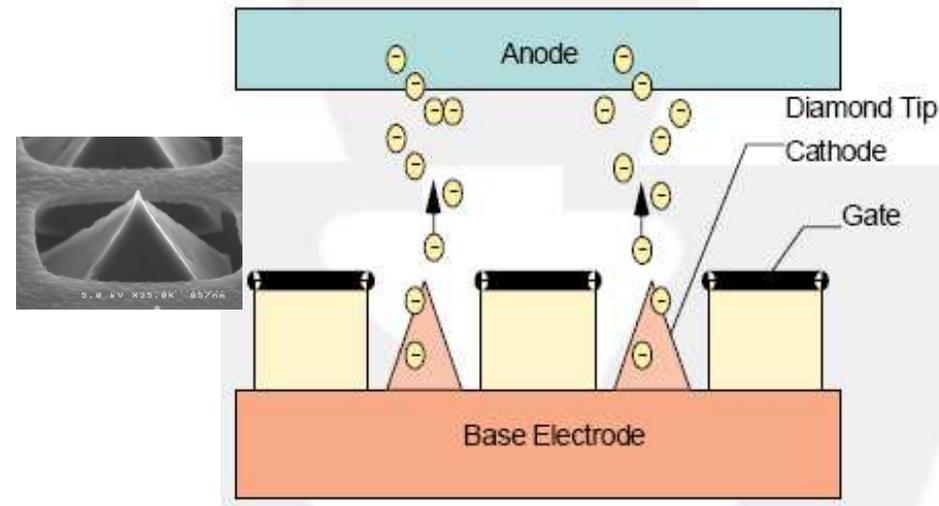
Nano-diamond deposition process using nitrogen-methane plasma

United States Patent 6,132,278 Kang , et al., October 17, 2000 Mold method for forming vacuum field emitters and method for forming diamond emitters



Application à la thermoélectricité

Thermally Driven Current Generation



Le principe

- La cathode en nanopointe, si elle est chaude, émet des électrons par émission thermoélectronique qui sont recueillis à l'anode = génération thermoélectrique

$$J = AT^2 e^{-\frac{W}{kT}}$$

Où W est le travail de sortie du métal

Effet classique (diode à vide, canons à électrons ...). Qu'est-ce qui est nouveau ?

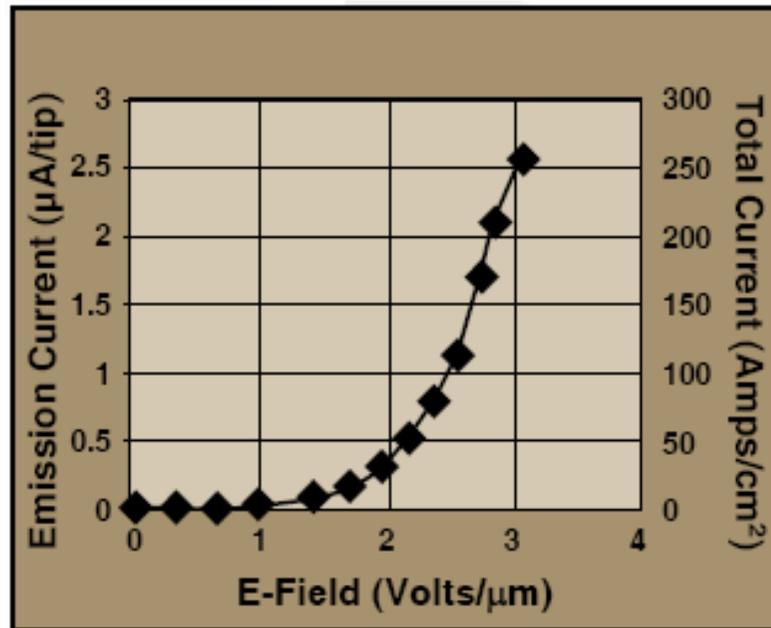
L'intérêt annoncé vient sans doute du faible travail d'extraction, du facteur de forme lié aux nanopointes et de la capacité de fabriquer à faible coût un grand nombre de pointes



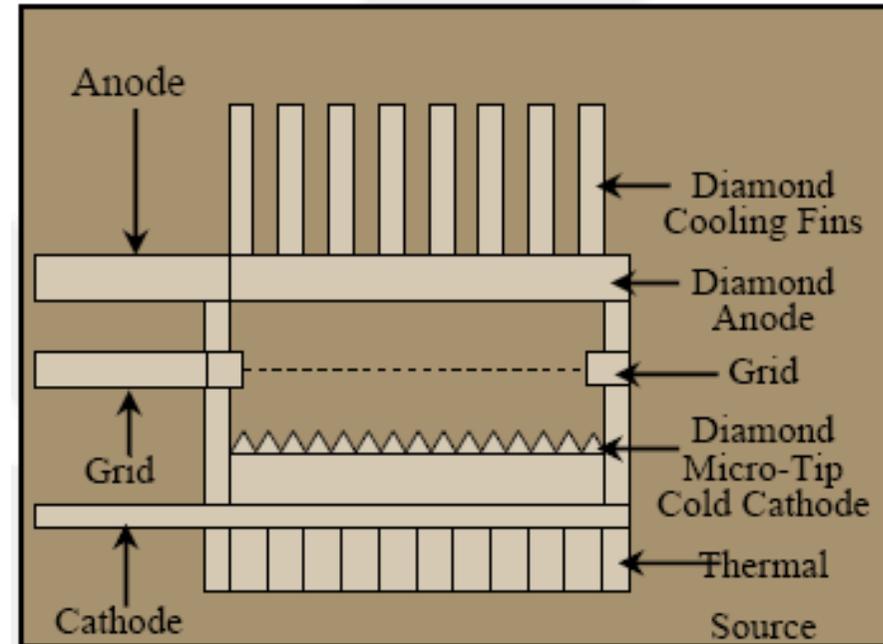
Statut (en 2006)

Statut (en 2006)

- Systèmes émissifs fabriqués
- Caractéristiques I-E vérifiées
- Caractérisation des rendements thermoélectriques en cours



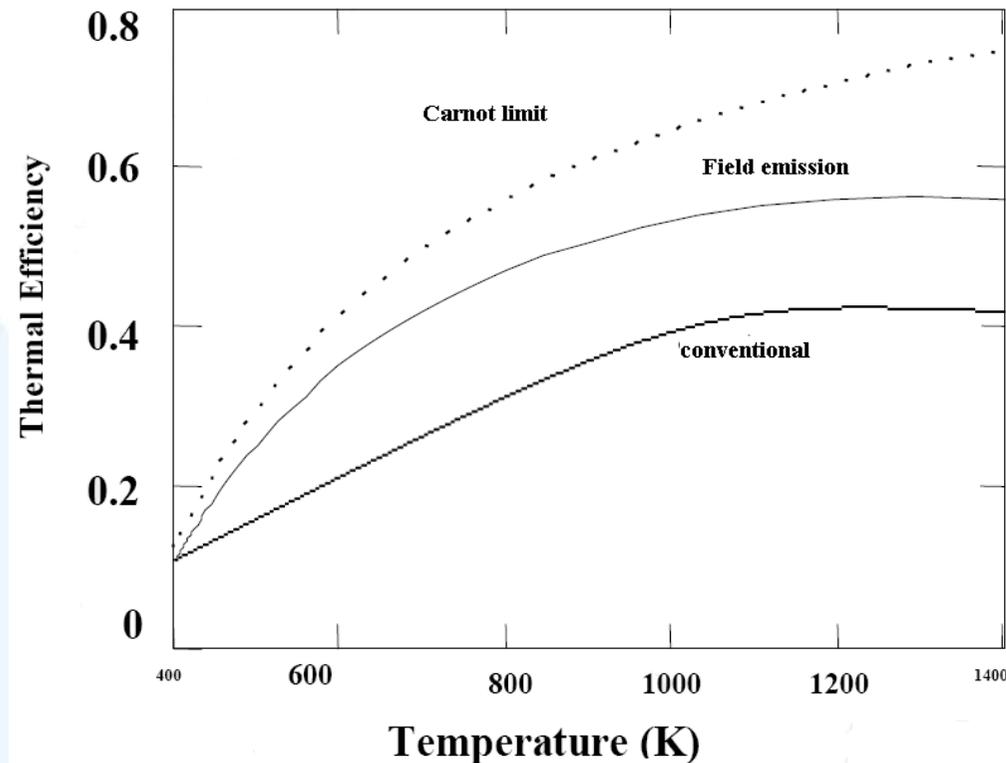
exemple de caractéristiques émissives



Système thermoélectrique proposé



Performances attendues



Rendements attendus J. Davidson, 2005

©Avantage prédicts

- Compacité (10 W/cm² -100 kW/m²)
- **Efficacité supérieure** au dessus de 500 K : jusqu'à 85% du rendement de Carnot
- Même à efficacité égale, La **contrainte habituelle matériau/ domaine de température efficace serait largement desserrée**



Des questions...

Est-ce réellement une nouvelle manière d'aborder la problématique thermoélectrique ?

Comment calcule-t-on le rendement thermoélectrique ?

Les performances annoncées sont-elles crédibles ?

Des laboratoires européens s'intéressent-ils au sujet ?

Des nanodiamants au nanotubes, l'analogie est forte :

- liaison chimique (hybridation sp^3 marquée)
- les nanotubes de carbone sont aussi d'excellents émetteurs d'électrons,
- tolèrent des températures élevées
- Des systèmes existent déjà (CEA : écrans à base de nanotubes, transistors, diodes, triodes)
- Concept transposable?
- Au delà des nanotubes, les nanofils ?

