

Propriétés thermoélectriques de nanostructures III-V

Salman SALMAN: salman.salman@insa-rennes.fr

Hervé FOLLIOU: herve.folliot@insa-rennes.fr



dépasser les frontières



Salman SALMAN

Doctorant

Hervé FOLLIOU

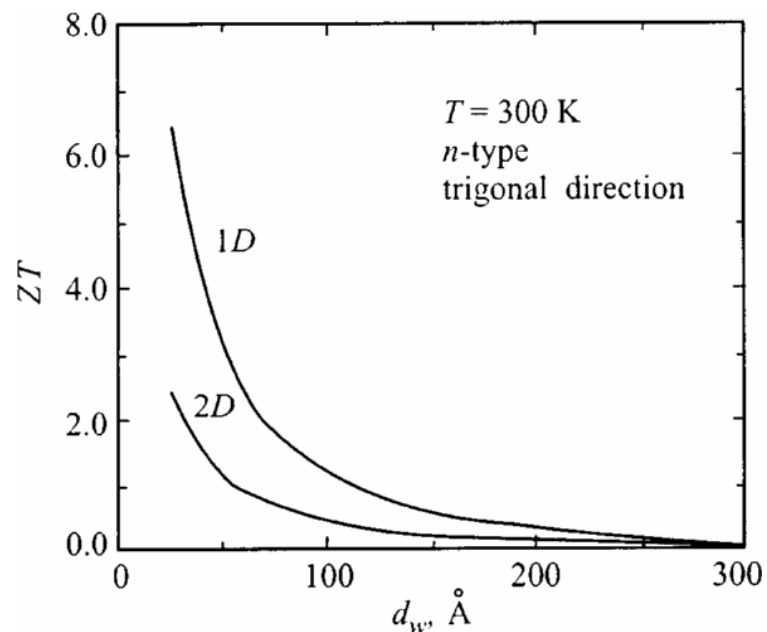
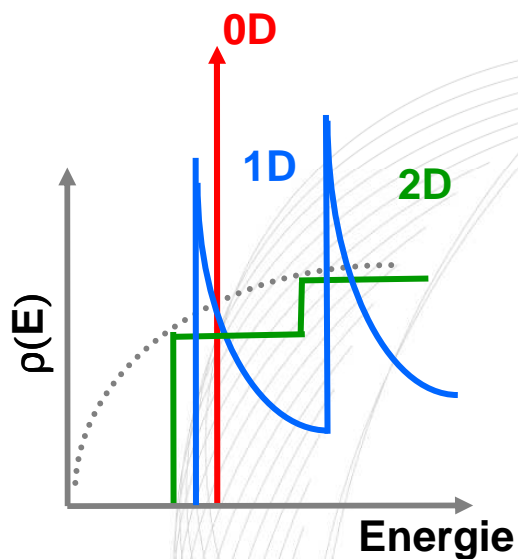
Professeur



Grenoble 6-7 juillet 2010



- 1- Intérêt des nanostructures III-V**
- 2- Elaboration des nanostructures III-V au laboratoire**
- 3- Réalisations expérimentales et matériels utilisés**
- 4- Exemple de résultats de mesures**



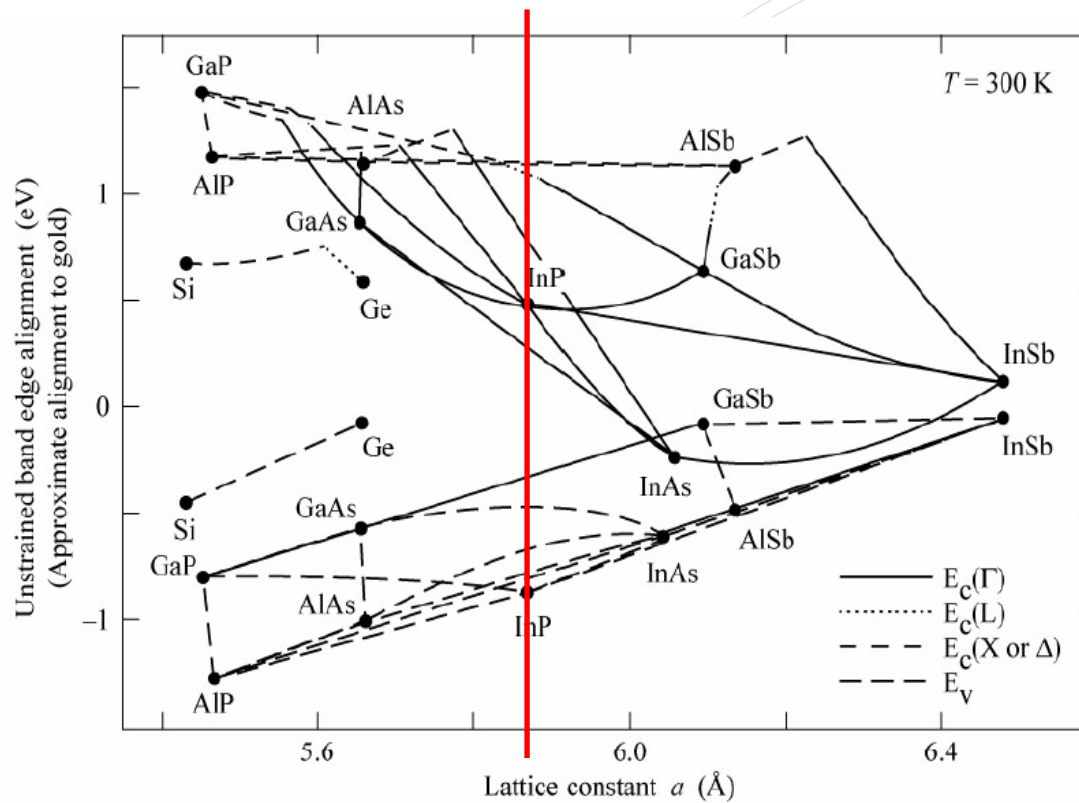
Dresselhaus M S et al.
Microscale Thermophysical Engineering 3, 89 (1999)

$$S = \frac{1}{eT} \frac{\int \sigma_d(E)(E - E_F) dE}{\int \sigma_d(E) dE} \propto \langle E - E_f \rangle$$

$$\sigma_d(E) = e^2 \tau(E) v_x^2(E) \rho(E) \left(-\frac{\partial f_0(E)}{\partial E} \right) T(E)$$

2- Elaboration des nanostructures III-V au laboratoire

Propriétés thermoélectriques de nanostructures III-V



Dopants (Si, Be, Fe)

13 IIIA	14 IVA	15 VA
		7 N Azote 14.00874
13 Al Aluminium 26.981538	14 Si Silicium 28.0855	15 P Phosphore 30.973761
31 Ga Gallium 69.723		33 As Arsenic 74.92160
49 In Indium 114.818		51 Sb Antimoine 121.760

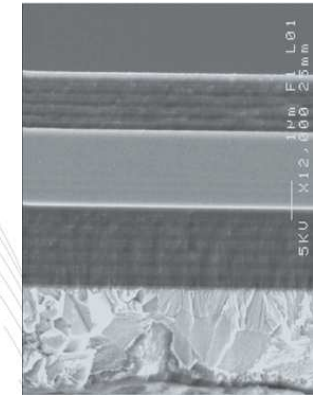
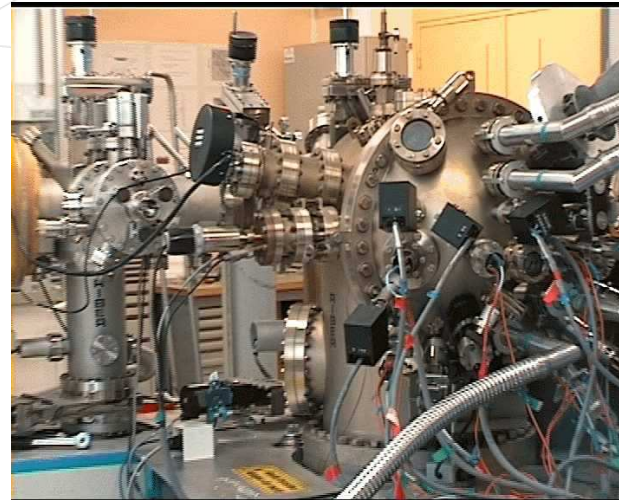
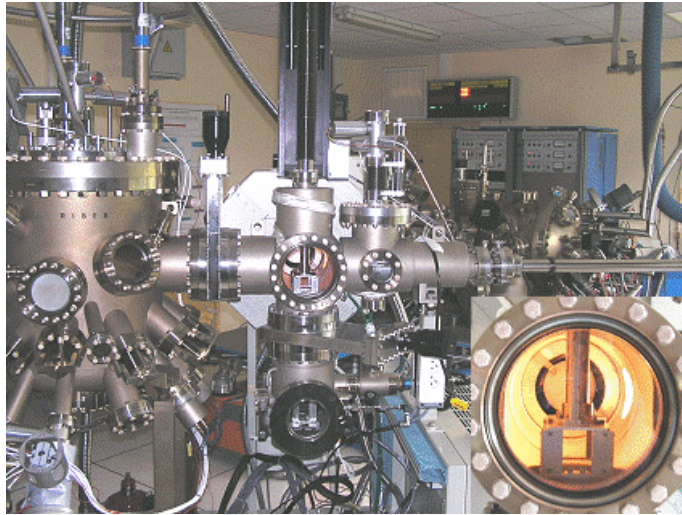
Alignement de bande de matériaux III-V et IV (relatif à l'or) en eV (sans contrainte)

Accord de maille sur InP (InGaAl/AsSbP)

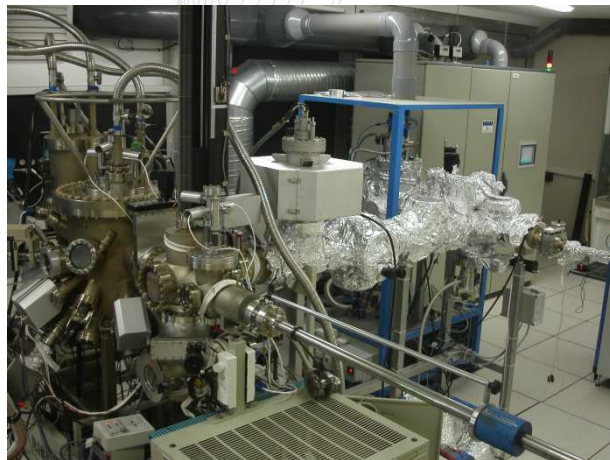
2 MBE III/V

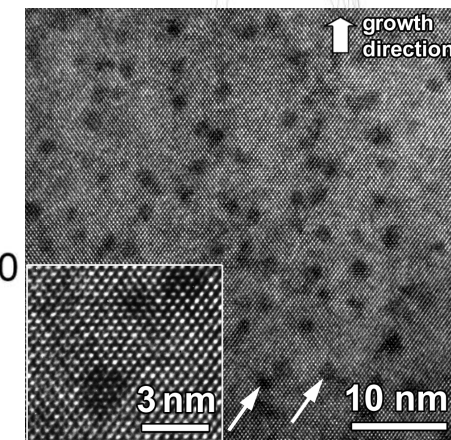
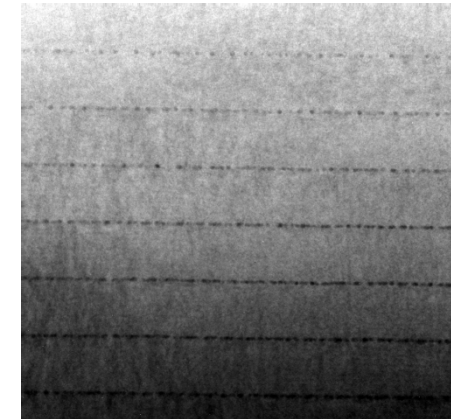
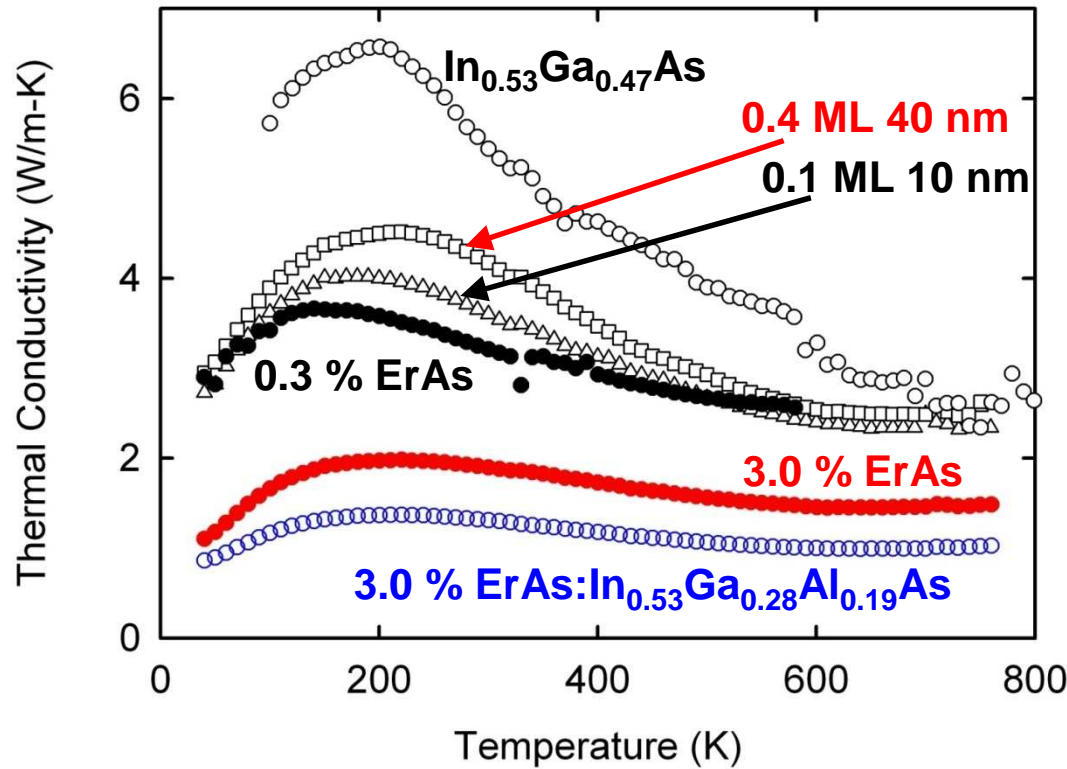
1 LPCVD Si

(possibilité III/V sur Si)



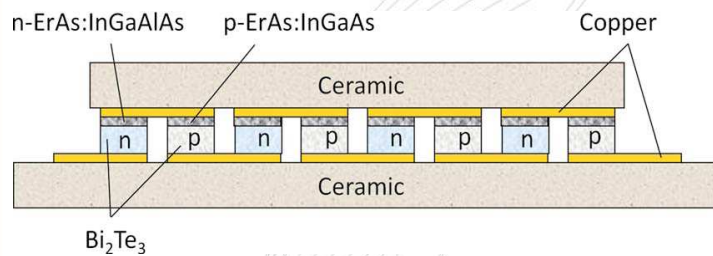
Cavité VECSEL
hybride Si/SiN InP
brasure Au/In



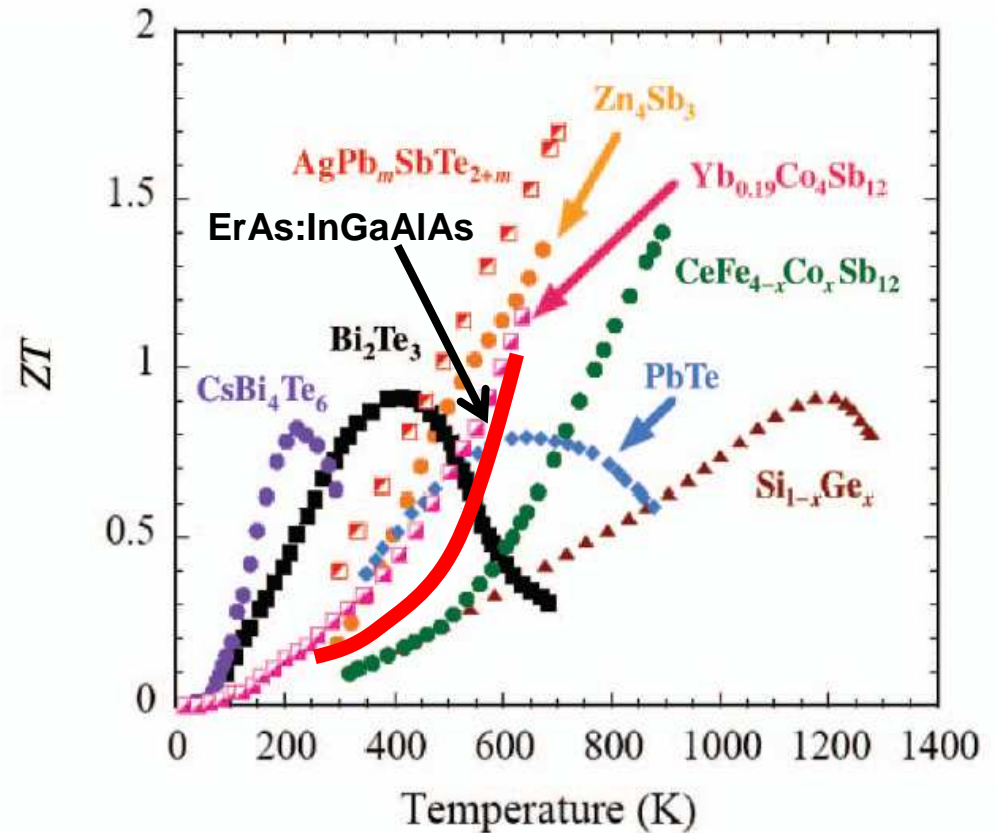


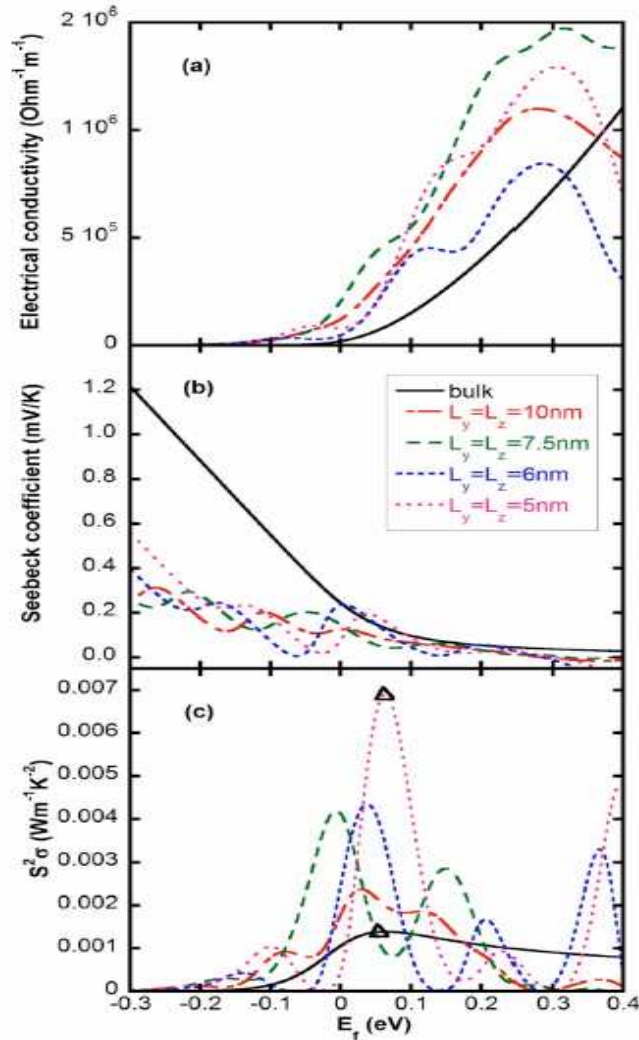
W. Kim et al., *Phys. Rev. Lett.* 30, 045901 (2006)

University of California



Structure schématique de module de générateur d'ErAs : InGaAlAs et Bi₂Te₃

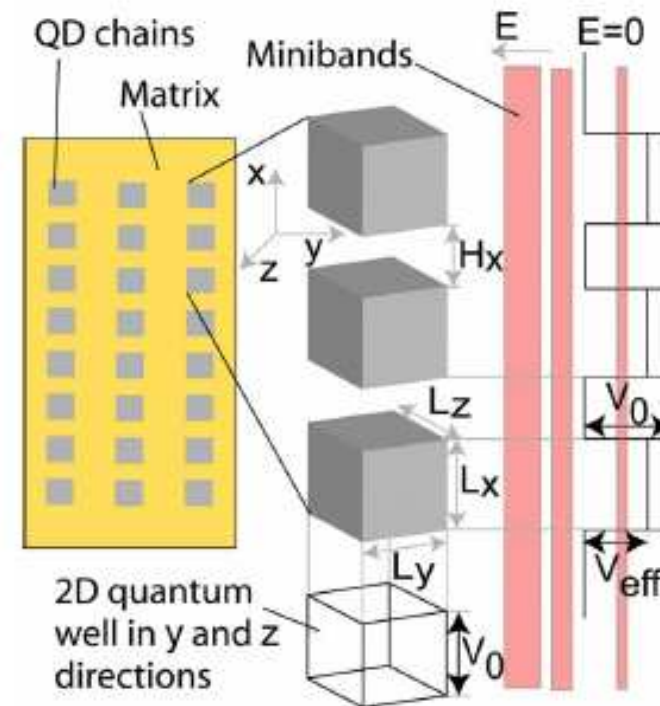




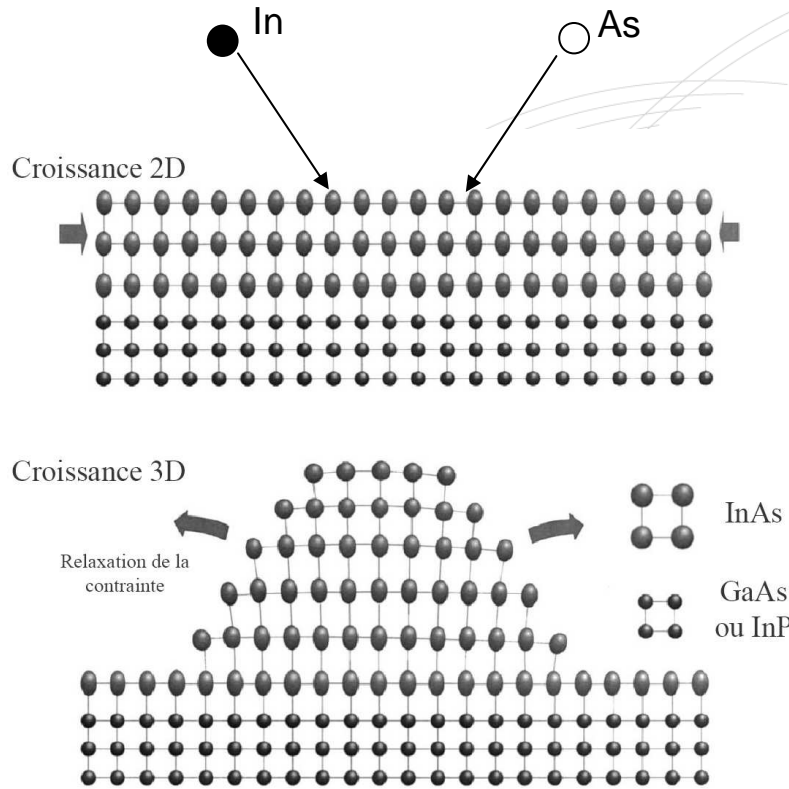
Effet de taille des boîtes quantiques dans une simple chaîne InAs/GaAs

Yadav et al.

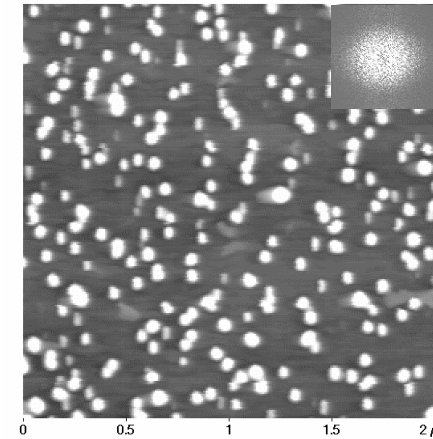
J.Appl.Phys.105,093711 (2009)s



Illustration

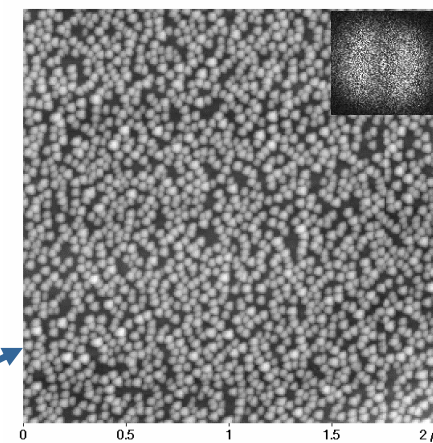


Mode de croissance Stranski Krastanow

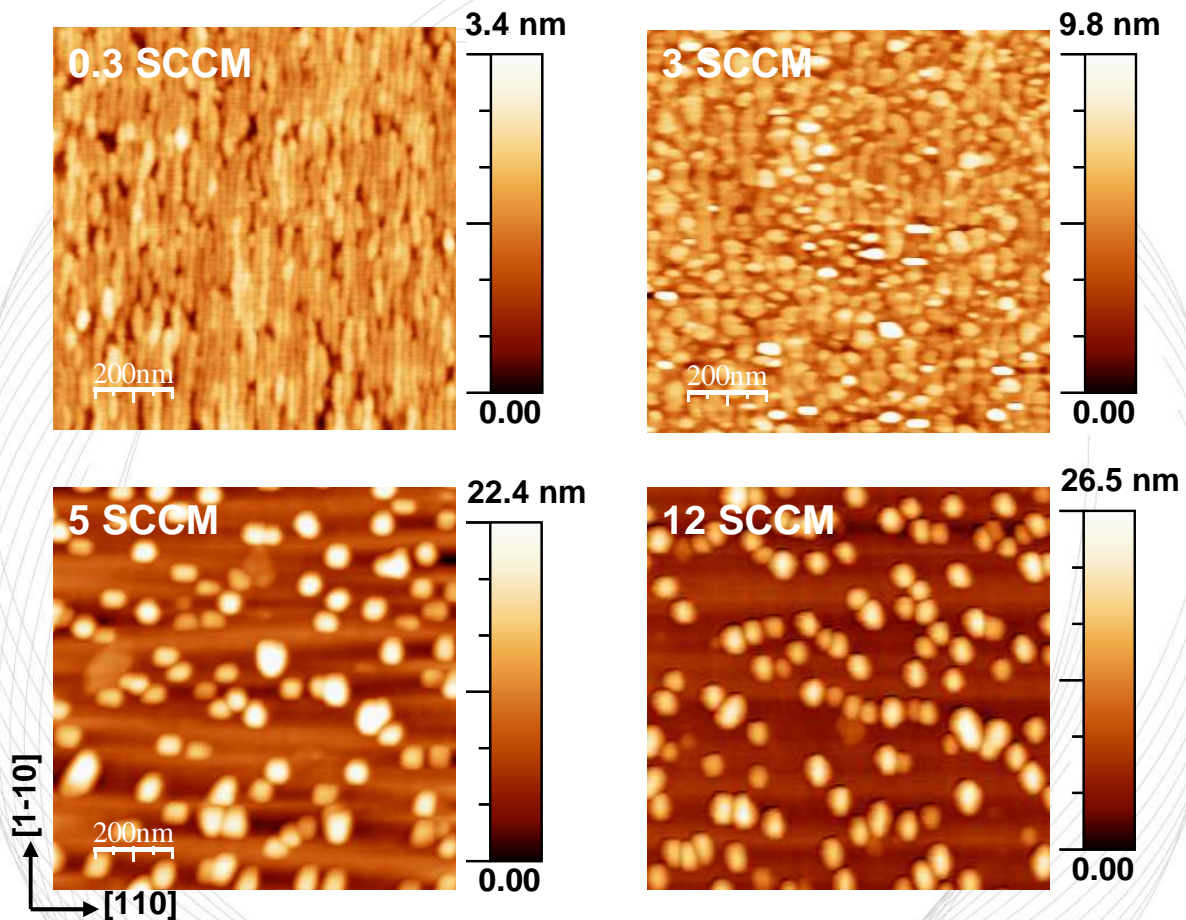


InAs sur InP (001)

Images obtenues par AFM



InAs sur InP (113)B



InAs sur InP (001)

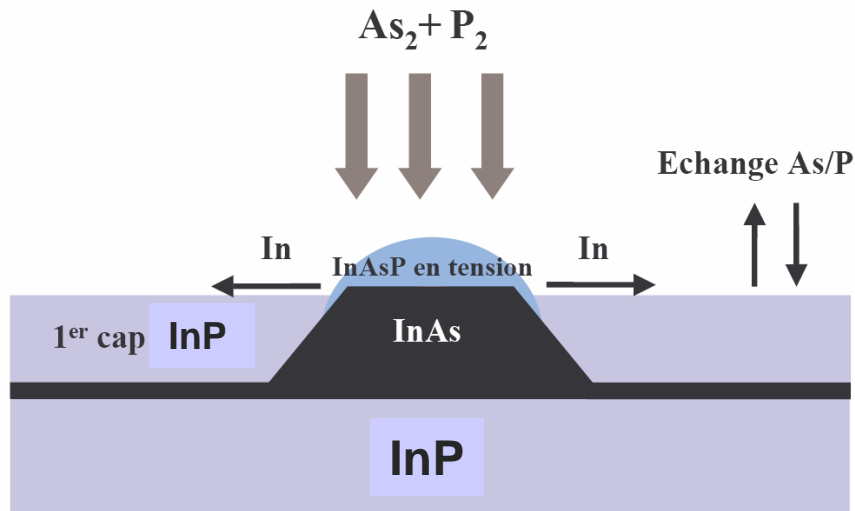
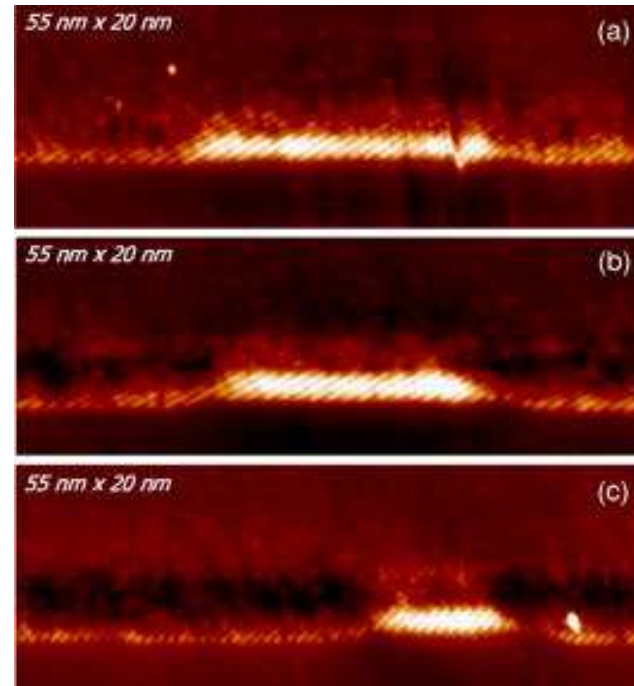


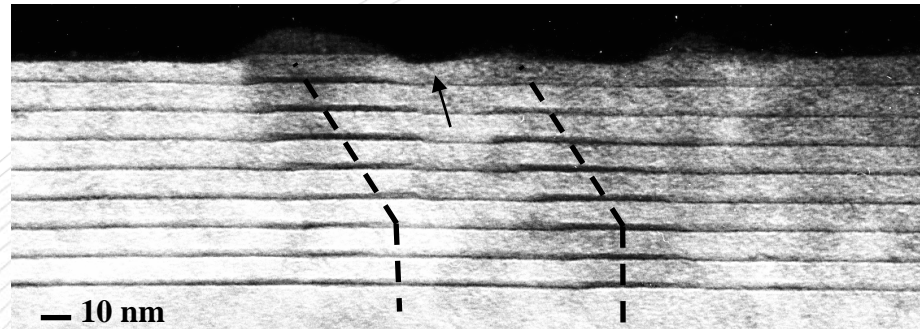
Schéma de la procédure DC



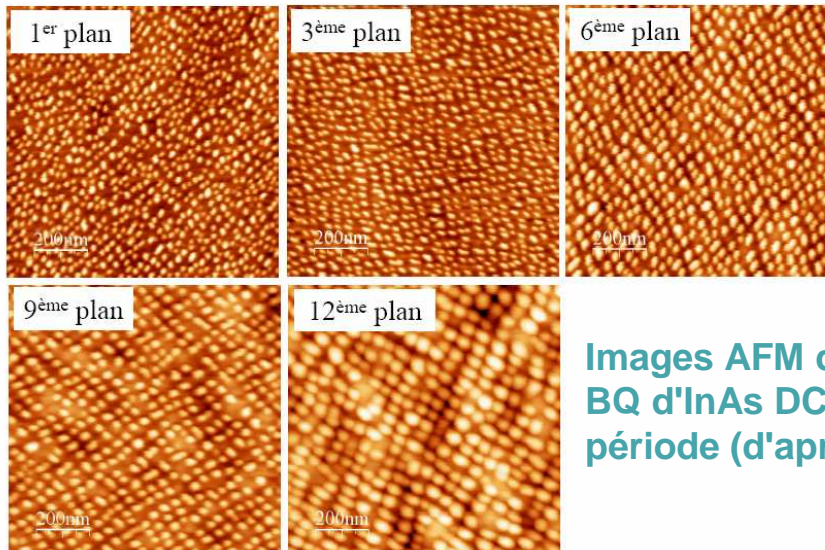
2 caps InP

Un 1^{er} cap InP et un 2^{ème} cap InP (ou GalnAsP)

Observation par X-STM (TUE) des BQs réalisées suivant la procédure DC en utilisant deux caps quaternaires GalnAsP



Microscopie électronique en transmission (CEMES Toulouse) (axe de zone $[1\bar{1}0]$, champ sombre (g113)) d'une structure d'îlots DC d'InAs/InP (en noir) à 9 plans (dernier plan non



Images AFM des derniers plans d'empilements de BQ d'InAs DC / Q1,18 faible flux d'arsenic, 20nm de période (d'après Thèse P. Caroff)

R. Oshima et al.

Journal of Crystal Growth 301-302 (2007) 776-780

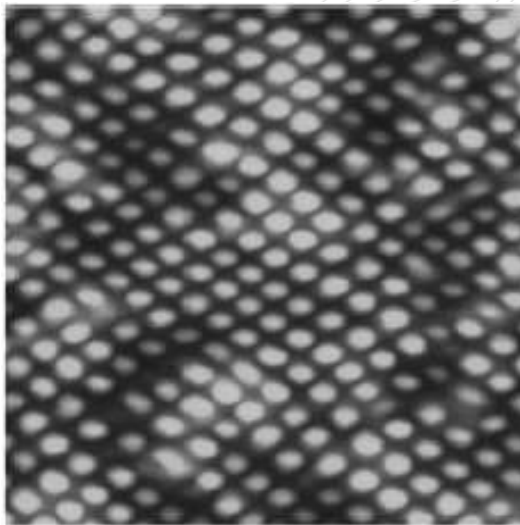
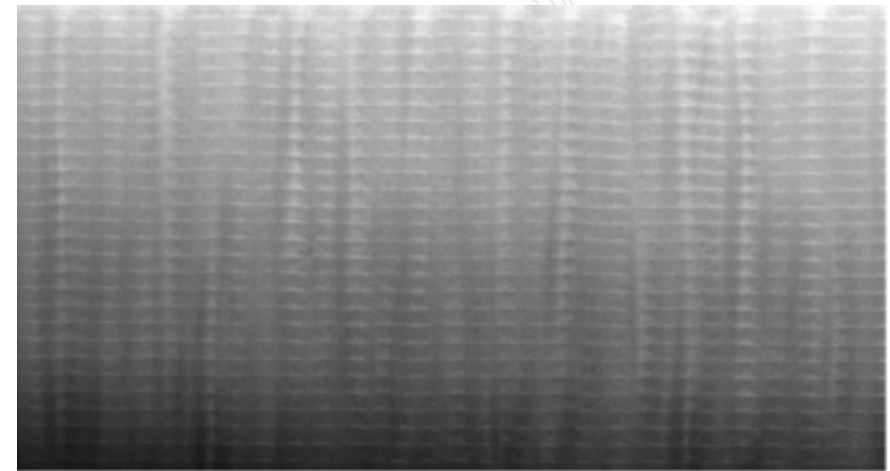


Image topographique AFM de 100 couches empilées de boîtes quantiques InAs sur InP(311)B

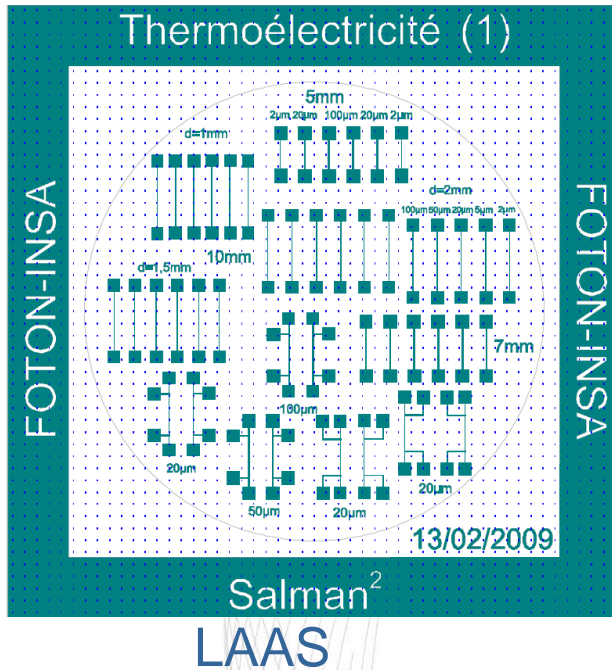


300 nm

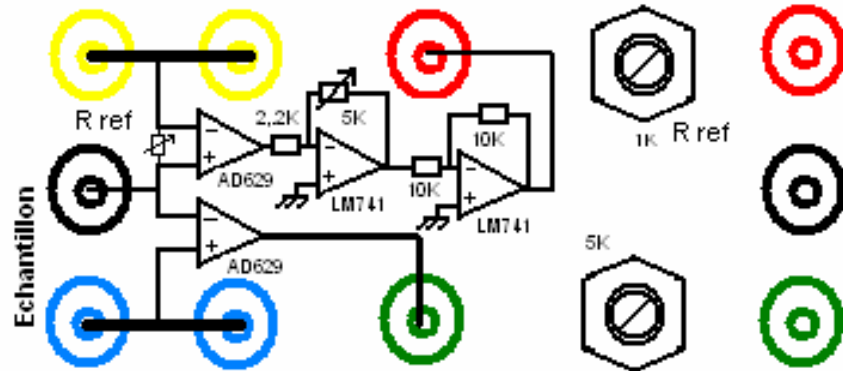
Vue en coupe d'une image TEM d'une structure empilée des boîtes quantiques InAs

3- Mesures de conductivité thermique par la méthode 3ω

Propriétés thermoélectriques de nanostructures III-V



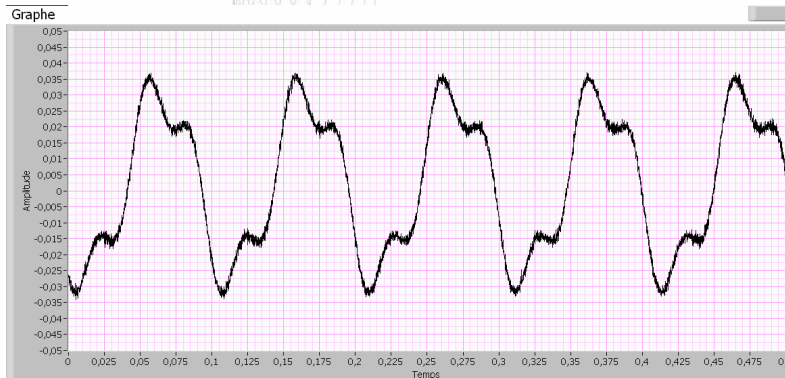
Générateur de fréquences



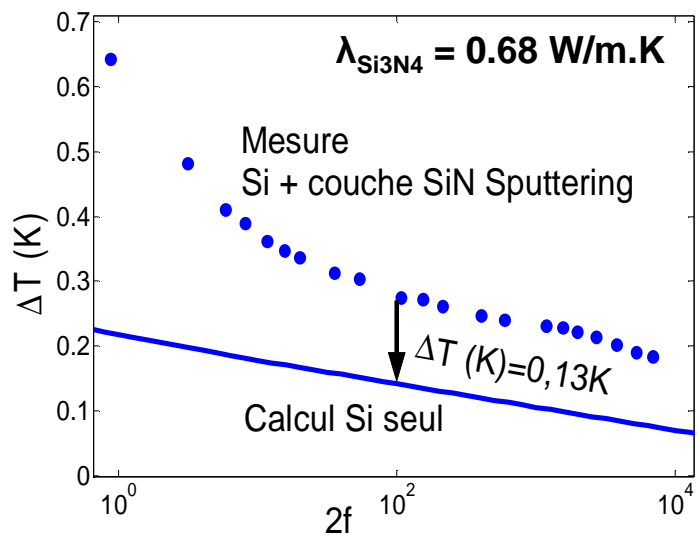
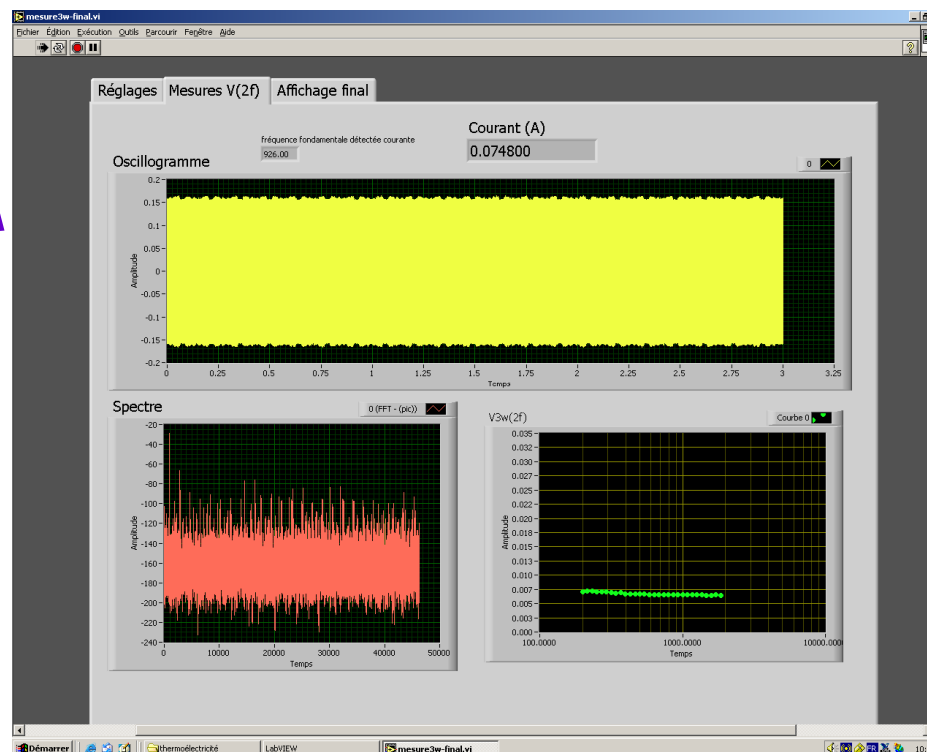
Boitier électronique de compensation

David G. Cahill

Rev. Sci. Instrum. 61 (2), February 1990



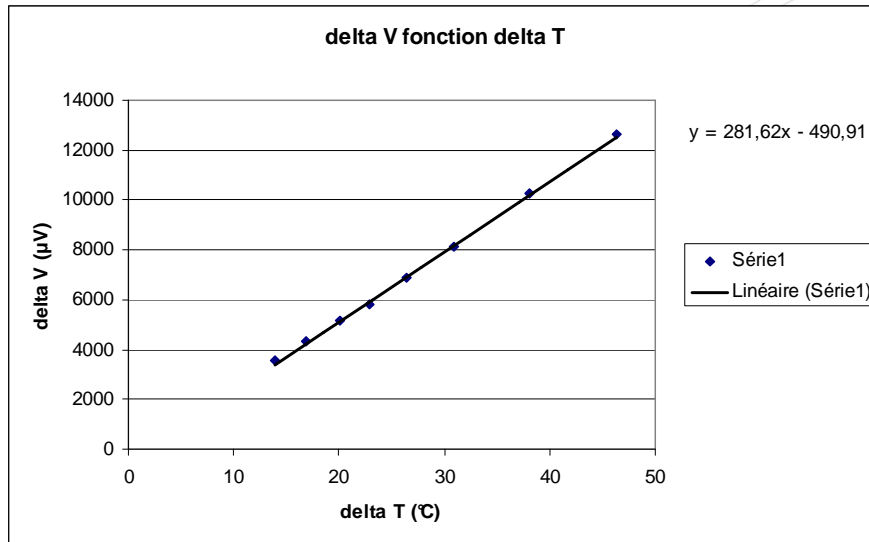
Exemple de mesure à 10Hz Sonde platine Pt100, carte convertisseur CAN 6024 E (amplitude 10 V, $I_0=50mA$)



Lee and Cahill

J. Appl. Phys. 81 (6), 15 March 1997

Substrat	couche	λ (W/m.K)
InP $\lambda = 78$ W/m.K	Si₃N₄	1.5
	InAlAs	4.6
	InGaAs	4.4
	GaAsSb	4.6
	Q1.45 et Q1.18	4.3



Substrat InP dopé n⁺ (3x10¹⁸ cm⁻³)

S = 281.6 µV/K

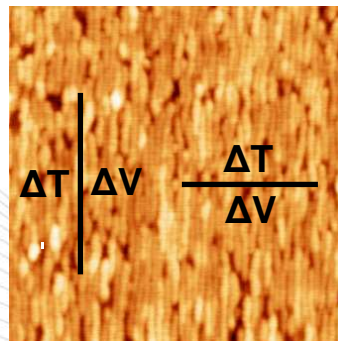
Substrat GaAs dopé n⁺ (3x10¹⁸ cm⁻³)

S = 151 µV/K

Substrat Si dopé p (4x10¹⁴ cm⁻³)

S = 800.4 µV/K

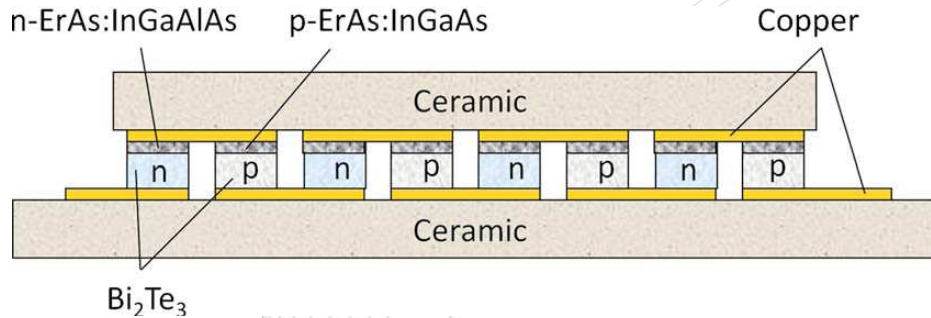
Etude de l'effet Seebeck sur des empilements de fils quantiques et boites quantiques



Salman SALMAN: salman.salman@insa-rennes.fr

Hervé FOLLIOT: herve.folliot@insa-rennes.fr

**Si vous êtes intéressés on
est prêt pour collaborer**

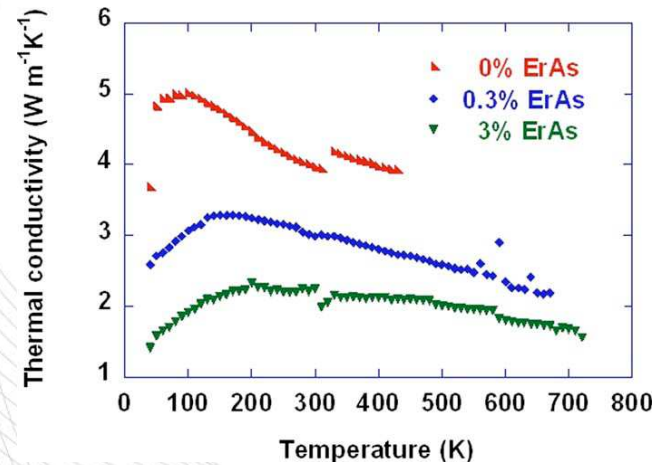


Structure schématique de module de générateur d'ErAs : InGaAlAs et Bi₂Te₃

Conductivité thermique
1.20W/m.K

Conductivité électrique
1.1x10⁵ S/m

Pouvoir Seebeck
287 μV/K

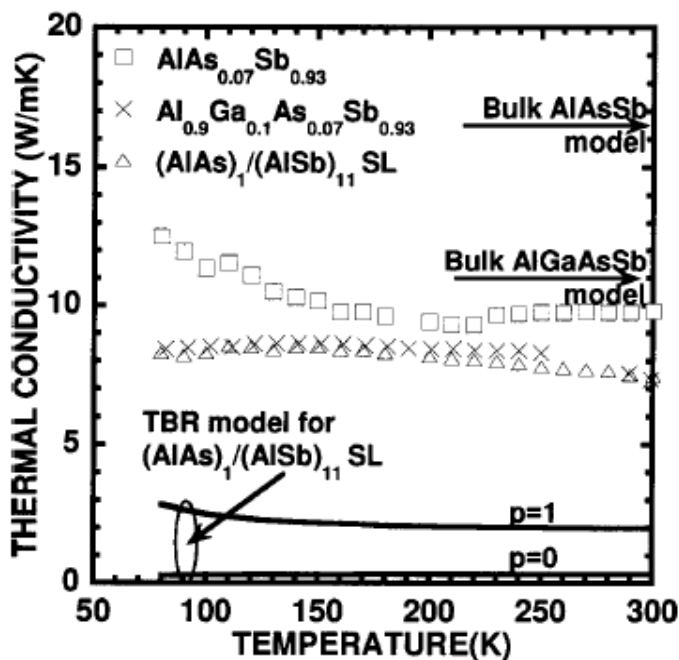


Gehong Zeng et al.
APPLIED PHYSICS LETTERS 95, 083503
(2009)

Mesure 3ω de la conductivité thermique de (InGaAs) 0.8(InAlAs) 0.2

T. Borca-Tasciuc et al.

JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, VOLUME 92, NUMBER 9, 1 NOVEMBER 2002

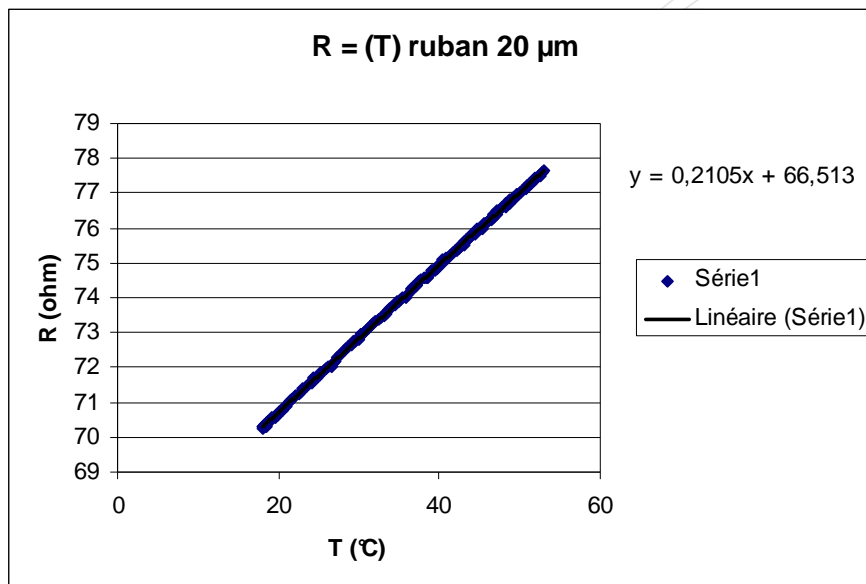


Réduction de la conductivité thermique

Super-réseaux
(puits quantiques)

Inclusions quantiques
(particules d'ErAs)

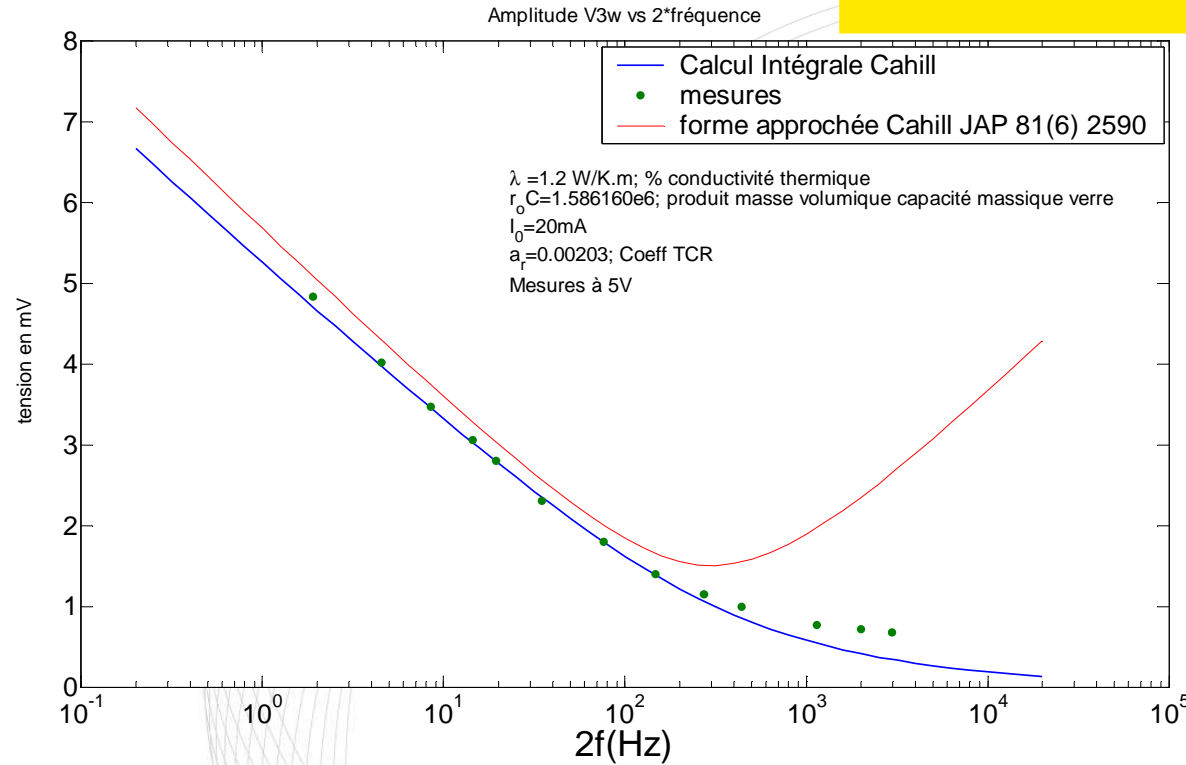
Objectif: Etude des potentialités des boîtes quantiques InAs dans des matrices de type GaInAsP ou InGaAsSb sur InP



$$R(T) = R_0 \times (1 + \alpha_R \times \Delta T(2\omega))$$

$$TCR = 0.00316$$

library.thinkquest.org/.../tempcoeffs_resistivity.html



$$V_{3\omega} = \frac{I_0 \times R_0 \times \alpha_R \times \Delta T_0}{2}$$

$$\lambda_{\text{verre}} = 1.2 \text{ W/m.K}$$

$$\Delta \tilde{T} = \frac{P_i}{\pi \lambda} \left[-\frac{1}{2} \ln(2\omega) + \frac{1}{2} \ln \frac{\lambda}{\rho c_p b^2} + \eta - i \frac{\pi}{4} \right]$$

D.G. Cahill, Review of Scientific Instrument, "Thermal conductivity measurement from 30 to 750 K: the 3 Omega method", Vol. 61, N2, pp. 802-8 (1990)

GDR Thermoélectricité 6-7 juillet 2010