



HAL
open science

Influence des paramètres de croissance de l'homoépitaxie silicium par UHV- CVD sur la reconstruction de surface du silicium

Rozenn Bernard, Nicolas Bertru, Tony Rohel, Karine Tavernier, Ida Lucci, Yoan Léger, Charles Cornet

► To cite this version:

Rozenn Bernard, Nicolas Bertru, Tony Rohel, Karine Tavernier, Ida Lucci, et al.. Influence des paramètres de croissance de l'homoépitaxie silicium par UHV- CVD sur la reconstruction de surface du silicium. Journées Nanomatériaux, Jan 2020, Rennes, France. hal-02474736

HAL Id: hal-02474736

<https://hal.science/hal-02474736v1>

Submitted on 3 Mar 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

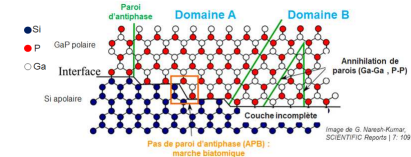
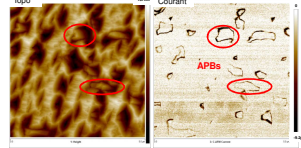
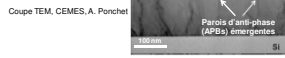
Influence des paramètres de croissance de l'homoépitaxie silicium par UHV-CVD sur la reconstruction de surface du silicium.

R. Gautheron-Bernard, N. Bertru, T. Rohel, K. Tavernier, I. Lucci, Y. Léger, C. Cornet

Contexte : contrôle de la formation des parois d'antiphase (APBs)

Formation de défauts cristallins (macles, parois d'antiphase...) lors de l'intégration monolithique de matériau III-V sur silicium.

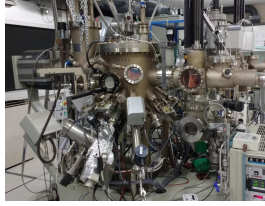
Cas des parois d'antiphase (APBs) :



Paramètres influençant la formation des APBs :

- Qualité de la reconstruction de surface du silicium (marches mono/bi-atomiques, absence de défauts...)
- Conditions d'épitaxie III-V

Cluster III-V / Si – nanoRennes - Foton

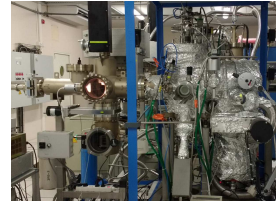
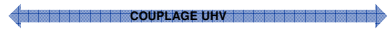


SSMBE (Solid Source Molecular Beam Epitaxy) :

RIBER COMPACT21

- Eléments III (solides) : In1, In2, Ga1, Ga2, Al dopants Si, Be
- Eléments V (cracker) : P₂, As₂, Sb₂, N₂ (cellule plasma)

- Spécificités :
- wafers 2 pouces
 - RHEED



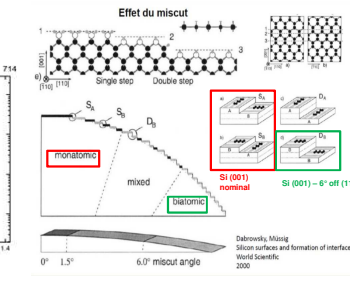
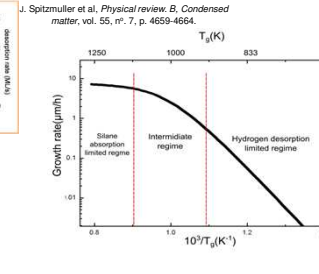
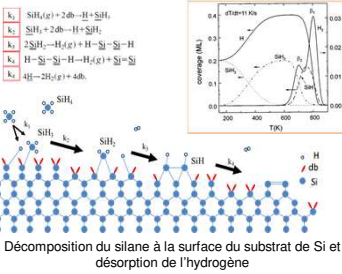
UHV-LPCVD (Low Pressure Chemical Vapor Deposition) :

RIBER

- Eléments (Cellule gaz BT) : SiH₄, H₂, dopants AsH₃, B₂H₆

- Spécificités :
- wafers 2 pouces
 - connexion UHV avec la SSMBE
 - RHEED

Homoépitaxie Silicium par UHV-LPCVD



Contrôle des contaminants (C, SiO₂, ...) à la surface du Si et de la qualité du vide dans le bâti :

Image STM (1*1µm²) (IPR P. Turban - ANR Antipode) d'une surface de Si(001) 0.3°-off après un recuit à 900°C sous vide.

Propagation des marches monoatomiques perturbées par cristallites de SiC (contamination C).

Traitement de surface du substrat de Si avant épitaxie : HF1% (90°) / UV-O₃ (10 min) / HF1% (90°)

Dégazage des supports avant chaque épitaxie (1100°C sous vide)

Hydrogénation de la surface du Si

Hydrogénation de la surface du silicium avant épitaxie avec HF 1%...mais pas jusqu'à la température de croissance (T_g)

Si // Si(100) - 6° off <110> et mode LPCVD

Montée en température sous faible P_{SiH4}

Reconstruction 2ⁿ (clichés Rheed) lors de l'homoépitaxie Si // Si(100) - 6° off <110>. Surface avec présence d' 'îlots' pouvant provenir de l'absence de passivation lors de la descente en température.

Montée en température et descente sous faible P_{SiH4}

Suppression des 'îlots' en surface mais passage par une zone d'instabilité avec mise en paquets des marches. Passage d'une reconstruction (2ⁿ) à une reconstruction (2'2) lors de la phase de refroidissement.

Instabilités de reconstruction de surface

Stabilisation de la reconstruction de surface

Montée en température sous faible P_{SiH4} et refroidissement après stabilisation de P_{SiH4}

Suppression des îlots et des instabilités de croissance. Conservation d'une reconstruction de surface de type (2ⁿ)

Influence du régime d'épitaxie

Mode LPCVD, Mode UHV-CVD, By-pass, Pumped out

Si // Si(100)

Trous et reconstruction (2'1)(1'2)

Suppression des trous et reconstruction (2'1)(1'2) avec marches S_A et S_B visibles

GaP structuré selon les 2 orientations de dimères Si-Si

Si // Si(100) - 6° off <110>

Trous et reconstruction (2ⁿ)

Reconstruction de type (2ⁿ), avec marches biatomiques D₆, mais non observables à l'AFM

GaP structuré selon l'orientation dominante des dimères Si-Si

*Arrangement des dimères de silicium fortement dépendant du régime de croissance et de la pression partielle de SiH₄.
*Possibilité de contrôler la structuration de l'épitaxie III-V avec l'homoépitaxie Si

Dopage de l'épitaxie silicium

Mode LPCVD, By-pass, Pumped out

Analyse SIMS - GEMAC - Marie-Amandine Pinault-Thury

- Dopage résiduel des homoépitaxies Si // Si non dopées = 4 . 10¹⁵ at/cm³ - type n
- Dopage type n avec AsH₃/H₂ jusqu'à 2.10¹⁸ at/cm³, avec mode LPCVD
- Dopage de type p avec B₂H₆ en cours de développement

Perspectives

- Développement du dopage de type p du silicium
- Optimisation des conditions d'épitaxie pour obtenir des marches biatomiques sur Si (100).
- Exploration des gammes de dopage (types n et p) dans le mode UHV-CVD
- Etude de la passivation As de la surface du silicium