

# 3次元積層型CIS向け多元素分子イオン注入エピウェーハの特性(I)

## CH<sub>2</sub>P注入エピウェーハの注入レンジにおける水素脱離挙動の理論解析

### Characteristic of Multi-element Molecular Ion Implanted Epitaxial Wafers for 3D-stacked CIS ( I )

#### - Model of Hydrogen Dissociation and Association in Projection Range of CH<sub>2</sub>P- 株式会社 SUMCO

○奥山 亮輔, 門野 武, 梶田 亜由美, 鈴木 陽洋, 小林 弘治, 重松 理史, 廣瀬 諒, 古賀 祥泰, 栗田 一成  
SUMCO CORPORATION

○Ryosuke Okuyama, Takeshi Kadono, Ayumi Masada, Akihiro Suzuki, Koji Kobayashi,  
Satoshi Shigematsu, Ryo Hirose, Yoshihiro Koga, and Kazunari Kurita  
E-mail: [rokuyama@sumcosi.com](mailto:rokuyama@sumcosi.com)

#### 1. はじめに

近年, 高感度 CMOS イメージセンサ(CIS)は画素と画素データ処理機能を別々のウェーハに作製後, それぞれのウェーハを接合した 3 次元積層型 CIS(3D-CIS)の開発が進められている. 3D-CIS では, 接合界面および素子分離領域の Deep Trench Isolation による界面準位の増加に起因したノイズの低減, Cu-Cu 接合による重金属汚染が技術課題となっている<sup>1)</sup>. これら技術課題に対して, 我々は炭化水素分子イオン注入ウェーハを開発してきた<sup>2, 3)</sup>. 3D-CIS は今後さらに高いゲッターリング能力と界面準位の低減が求められており, 我々は燐(P)を追加した多元素分子イオン(CH<sub>2</sub>P)注入ウェーハの開発をおこなってきた<sup>4)</sup>. 一般的に, 燐はシリコン中で P-H 結合を形成することが報告されているが<sup>5)</sup>, CH<sub>2</sub>P 分子イオン注入領域における水素拡散挙動は明らかとなっていない. 本研究では, CH<sub>2</sub>P 多元素分子イオン注入領域に捕獲された水素の拡散挙動の評価をおこなったので報告する.

#### 2. 実験方法

n 型 Si(100)ウェーハに CH<sub>2</sub>P の多元素・分子イオンを加速電圧 80 keV, ドーズ量 1.0E15 atoms/cm<sup>2</sup> の条件で注入をおこなった後に, 厚さ 5 μm のエピタキシャル層を成長させた. その後, 700~1100°C, 30 min の等温熱処理をおこなった. Secondary Ion Mass Spectrometry (SIMS)と TCAD を用いて CH<sub>2</sub>P 注入領域の水素拡散挙動の評価・解析をおこなった.

#### 3. 実験結果

Fig.1 に SIMS による水素濃度の深さプロファイルの結果を示す. 水素が注入領域に捕獲され, 熱処理で拡散することが確認された. 水素濃度プロファイルの形状から二つの濃度ピークの存在が推察されたことから, Fig2(a)に示すように Peak1 と Peak2 にピーク分離をおこなった. Peak1 は C<sub>3</sub>H<sub>5</sub> イオンを注入したときの注入領域における水素濃度プロファイル<sup>3)</sup>と類似しており, C<sub>3</sub>H<sub>5</sub> イオン注入と同様に, C-H<sub>2</sub> 結合状態による水素分子の拡散が起きると考えられる. Peak2 は C<sub>3</sub>H<sub>5</sub> イオン注入では観察されないピークであったため, TCAD による解析をおこなった. その結果, Fig2(a)に示すように P<sub>3</sub>-H 結合を形成している可能性が高いことが確認された. Fig2(b)は P<sub>3</sub> の構造を示しており, P が一つの Si 原子に 3 配位する構造となっている. P<sub>3</sub>-H の結合状態に関しては, P<sub>3</sub> 中の Si-P の Anti-bonding site に水素原子が配位する可能性が考えられる<sup>5)</sup>. これらの結果から, CH<sub>2</sub>P 注入ウェーハは 2 種類の水素捕獲サイトが存在することにより, C<sub>3</sub>H<sub>5</sub> 注入ウェーハと比較して水素の再放出量が増加することによって界面準位密度の更なる低減と, それによる 3D-CIS の特性向上に寄与することが期待できる.

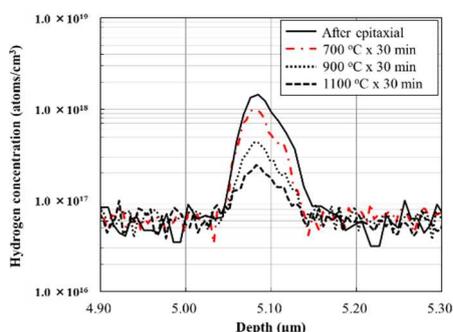


Fig.1 SIMS profile of hydrogen with CH<sub>2</sub>P after annealing.

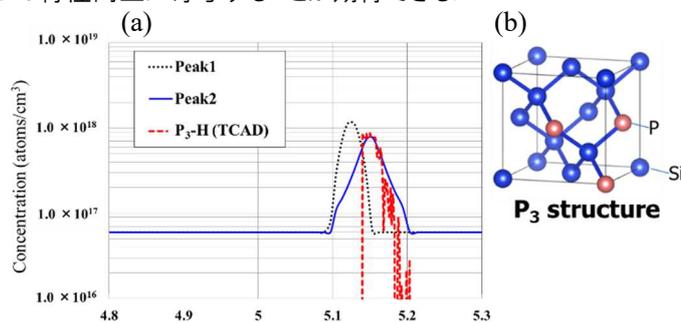


Fig.2 (a) Hydrogen profiles of the peak1 (black) and the peak2 (blue) and the P<sub>3</sub>-H of TCAD result (red) after 700 °C, 30 min annealing and (b) schematic diagram of P<sub>3</sub> structure.

#### [参考文献]

- 1) Regolini *et al.*, Microelectron. Reliab. **47**, 739 (2007). doi.org/10.1016/j.microrel.2007.01.067
- 2) K. Kurita *et al.*, Sensors **19**, 2073 (2019). doi:10.3390/s19092073
- 3) R.Okuyama *et al.*, Japanese Journal of Applied Physics **59**, 125502 (2020). doi.org/10.35848/1347-4065/abc3d8
- 4) 廣瀬 諒 他, 第 78 回応用物理学会秋季学術講演会, 6a-A503-6, (2017).
- 5) P. J. H. Denteneer *et al.*, Phys. Rev. B **41**, 3885 (1990). DOI:10.1103/PhysRevB.41.3885