

3 次元積層型 CIS 向け分子イオン注入エピタキシャルウェーハの特性(I) -炭化水素分子イオン注入ウェーハによる SiO₂/Si 界面準位欠陥の低減- Characteristic of Molecular Ion Implanted Epitaxial Silicon Wafers for 3D-Stacked CMOS Image Sensors (I)

-Reduction of SiO₂/Si Interface State using Hydrocarbon-Molecular-Ion-Implanted Wafers- 株式会社 SUMCO

○奥山 亮輔, 梶田 亜由美, 鈴木 陽洋, 小林 弘治, 重松 理史, 廣瀬 諒, 門野 武, 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

1. はじめに

近年, CMOS イメージセンサ(CIS)は画素と画像データ演算処理機能を別々のウェーハに作製した後にウェーハ接合をおこなう 3 次元積層型 CIS の採用によって高性能化, 高機能化が進んでいる。従来から CIS の技術課題の一つに素子分離領域の SiO₂/Si 界面準位を主要因とするノイズの低減があるが, 3 次元積層型 CIS においても量子変換効率, 分光感度向上を目的とした素子分離領域の Deep Trench Isolation (DTI) によって SiO₂/Si 界面準位密度(D_{it})が増加することから, ノイズ低減のために D_{it} の低減は重要な技術課題となっている¹⁾。D_{it} の低減には水素フォーミングガスアニールがおこなわれてきたが, デバイス構造の多層膜化により水素が SiO₂/Si 界面に到達できない問題が起きている¹⁾。我々はこれまでに CMOS イメージセンサの高性能化のために炭化水素分子イオン注入エピタキシャルウェーハを開発してきた。このウェーハは CMOS イメージセンサの高性能化に寄与する重金属および酸素に対する高いゲッタリング能力だけでなく, 注入領域での水素分子の吸着脱離効果といったユニークな特徴を有している^{2, 3)}。さらに, 水素分子の拡散によって D_{it} の低減が可能であることが報告されている³⁾。しかしながら, 炭化水素分子イオン注入ウェーハによる界面準位密度低減に関する詳細な解析事例は報告されていなかった。したがって, 本研究では炭化水素分子イオン注入ウェーハによる SiO₂/Si 界面準位密度低減効果のメカニズム考察のために電圧容量(CV)測定から得られる D_{it} と Electron Spin Resonance (ESR) 法によって得られる SiO₂/Si 界面に形成される欠陥の一つである Pb₀ センター密度を比較し解析をおこなった。

2. 実験方法

p 型 Si(100) 基板に C₃H₅ イオンを炭素ドーズ量 1.0×10¹⁵ atoms/cm² として注入したウェーハと注入無しのウェーハを準備し, 5 μm のエピタキシャル層を成長させた。次に SiO₂ 層を 900°C, 100 分(100%Dry 酸素)の条件にて成膜した。その後, D_{it} の増加を目的として 800 keV, 2.0 MGy の電子線照射をおこなった。最後に 500, 700°C, 30 分の熱処理(100%窒素)をおこなった。CV 測定には Al 電極を形成し MOS 構造を作製した。D_{it} は, Quasi-static CV から算出をおこない, Pb₀ センター密度は ESR 法によって評価をおこなった。

3. 実験結果

Fig.1 は C₃H₅ 注入と注入無しウェーハの Pb₀ センター密度と D_{it} の関係を示している。注入無しウェーハでは Pb₀ センター密度と D_{it} が 500°C で一度減少した後に 700°C でどちらも増加することがわかった。一方で, C₃H₅ 注入ウェーハは 700°C 熱処理後に D_{it} も Pb₀ センター密度も減少しており, Fig.2 に示すように, C₃H₅ 注入領域から拡散した水素分子が Pb₀ センターの要因であるシリコンダングリングボンドを終端したと考える。この結果は C₃H₅ 注入ウェーハによる界面準位低減効果のメカニズムを明らかにしたものであり, CIS の撮像特性向上への寄与が期待される。

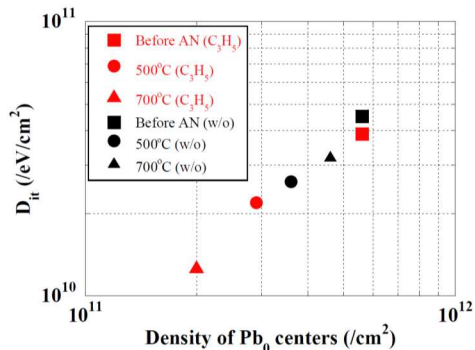


Fig.1 D_{it} and density of Pb₀ centers at each annealing temperature without and with C₃H₅ implantation.

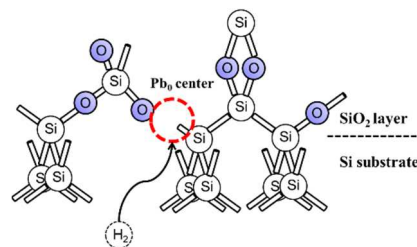


Fig.2 Schematic diagram of termination of Pb₀ centers by molecular hydrogen.

[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