

課題番号 : F-16-UT-0117  
 利用形態 : 技術代行  
 利用課題名(日本語) : 放射線が引き起こす SiO<sub>2</sub> 中のキャリアダイナミクス  
 Program Title (English) : Radiation-induced carrier-dynamics inside SiO<sub>2</sub>  
 利用者名(日本語) : 廣瀬和之<sup>1,2,3)</sup>, 東口紳太郎<sup>2)</sup>, 張江貴大<sup>3)</sup>  
 Username (English) : K. Hirose<sup>1,2,3)</sup>, S. Toguchi<sup>2)</sup>, T. Harie<sup>3)</sup>  
 所属名(日本語) : 1) JAXA 宇宙科学研究所, 2) 東京大学大学院工学系研究科, 3) 早稲田大学大学院基幹理工学研究科  
 Affiliation (English) : 1) Institute of Space and Astronautical Science, JAXA, 2) Graduate School of Engineering, The University of Tokyo, 3) Graduate School of Fundamental Science and Engineering, Waseda University

## 1. 概要(Summary)

SiO<sub>2</sub> は半導体デバイスの品質を左右する重要な絶縁体である。絶縁体とは言え、十分なエネルギーを持った放射線を浴びるとキャリアが励起され、その運動をきっかけに多彩な反応が起きる。その解明は SiO<sub>2</sub> の耐久性や寿命といった品質について様々な角度から貢献すると期待される。本研究は、SiO<sub>2</sub>/Si 試料に  $\gamma$  線や X 線を照射し、その解明に取り組むものである。

## 2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】(1)汎用平行平版 RIE 装置, (2)ステルスダイシング装置, (3)形状・膜厚・電気評価装置群

【実験方法】試料は 4 インチの p 型 Si(100)ウェハに熱酸化膜を形成したものである。酸化膜厚を 3, 5, 7, 9, 1000 nm と変化させた 5 種を用意した。それぞれについて、両面に形成された熱酸化膜のうち一方を剥離した。残された一方にダメージを誘わないように行う必要があったため東京大学 VDEC 超微細リソグラフィ・ナノ加工拠点に依頼した。作成した試料を持ち帰り、2種類の実験を行った。  
**実験 1:** UVSOR の BL2A にて、単色化した X 線を様々なエネルギー (1000–1500 eV) で照射した。その際、Si 基板に流れる電流をインビームで観測した。  
**実験 2:** 高崎量子応用研究所の Co60  $\gamma$  線照射施設にて様々な照射線量率 [0.1 または 30 rad(SiO<sub>2</sub>)/s] で  $\gamma$  線を照射した。前後に宇宙研で XPS を用いて界面準位密度を測定した。

## 3. 結果と考察(Results and Discussion)

実験1の結果、基板電流は、X 線の侵入深度で整理できることを見出した。また、その侵入深度が SiO<sub>2</sub> 膜厚程度に浅くなると基板電流が増加することを見出した。これらは Si 基板並びに SiO<sub>2</sub> 中に励起されたキャリアによる表面帯電の補償メカニズムに関する新たな知見を与えた。実験 2 の結果を Fig. 1 に示す。厚膜 SiO<sub>2</sub> ではよく知られた、照

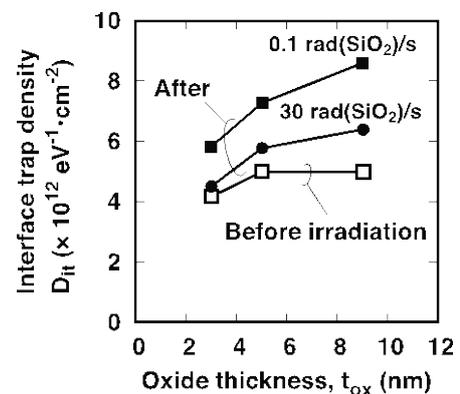


Fig. 1 Interface trap density before and after  $\gamma$ -ray irradiation.

射線量率の低下に伴って界面準位密度の生成量が増加する現象が、ナノメートル厚でも起きる事を明らかにした。この現象には、励起されたキャリアによる水素乖離反応の関与が示唆されており、その反応メカニズムに関する新たな知見を与えた。

## 4. その他・特記事項(Others)

【謝辞】試料の作製にあたり、文部科学省ナノテクノロジー・プラットフォーム東京大学 VDEC「超微細リソグラフィ・ナノ加工拠点」を利用し、三田吉郎マネージャの技術相談ならびに近藤尚子支援員の技術補助支援を受けた。

## 5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

- (1) 東口紳太郎, 牧野高紘, 大島武, 小林大輔, 廣瀬和之, 第 64 回応用物理学会春季学術講演会, 平成 29 年 3 月 16 日.
- (2) 張江貴大, 小林大輔, 山本知之, 廣瀬和之, 第 64 回応用物理学会春季学術講演会, 平成 29 年 3 月 16 日.

## 6. 関連特許(Patent)

なし.