# マイクロ波生成酸素ラジカル照射による Ge 表面の酸化

Oxidation of Ge Surface by Microwave-generated Oxygen Radical Irradiation 諏訪東京理科大学<sup>1</sup>,山梨大学<sup>2</sup>

<sup>o</sup>梁池昂生<sup>1</sup>, 原田力維<sup>1</sup>, 柳炳學<sup>1</sup>, 関渓太<sup>2</sup>, 石崎博基<sup>1</sup>, 王谷洋平<sup>1</sup>, 佐藤哲也<sup>2</sup>, 福田幸夫<sup>1</sup> Tokyo Univ. of Science, Suwa<sup>1</sup>, Univ. of Yamanashi<sup>2</sup>

<sup>°</sup>K. Yanachi<sup>1</sup>, R. Harada<sup>1</sup>, B. Yoo<sup>1</sup>, K. Seki<sup>2</sup>, H. Ishizaki<sup>1</sup>, Y. Otani<sup>1</sup>, T. Sato<sup>2</sup>, and Y. Fukuda<sup>1</sup> E-mail: y-fukuda@rs.suwa.tus.ac.jp

### 1. はじめに

Ge0<sub>2</sub>は high- $\kappa$ /Ge の中間層[1-3]や金属-Ge 接触特性の制御手段[4]として重要である。今回、 マイクロ波生成酸素ラジカル照射による極薄 Ge0<sub>2</sub>の形成について検討したので報告する。

## 2. 実験方法

Fig. 1 に示す PE-ALD 装置のマイクロ波リモー トプラズマを用いて、酸素ラジカル照射による Ge 基板表面の酸化実験を行った。実験条件は Ar/O<sub>2</sub> = 200/20 sccm、圧力 1.4 Torr、マイクロ波パワー 100 W、基板温度 300°Cである。Fig. 2 に、この 条件下で得られた発光スペクトルを示す。主な酸 化種は原子状酸素である。使用した Ge 基板は In ドープの p 型である。得られた GeO<sub>2</sub>/Ge 構造の特 性は XPS と電気的方法により解析した。

#### 3. 実験結果

Fig. 3 に、15 分間の酸素ラジカル照射により 得られた GeO<sub>2</sub>/Ge の XPS Ge 3d スペクトルを示す。 スペクトル解析により得られた GeO<sub>2</sub> の XPS 膜厚は 2nm である。ピーク分離の結果、Ge 3d は 4+と 0 状態が支配的であり、サブオキサイドからの寄与 は小さいと考えられる。

Fig. 4 に、酸素ラジカル照射時間 45 分で得ら れた Al/GeO<sub>2</sub>/p-Ge/Pt 構造 MOS キャパシターの C-V 特性を示す。容量換算膜厚は 2.7 nm であり、 比誘電率 5.6 [3]を仮定して得られる GeO<sub>2</sub>の膜厚 は 3.8 nm である。約 300 mV のヒステリシスが見 られるが、比較的良好な界面特性を示すことが分 かった。

## 4. まとめ

以上、マイクロ波生成酸素ラジカル照射による 極薄 GeO<sub>2</sub>の形成について検討した。今回、high- $\kappa$ や Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>等のキャップ層無しで電気特性評価を進 めたが、大気暴露による顕著な経時変化は見られ なかった。今後、high- $\kappa$ /Ge や金属/Ge 接触特性 制御への適用を検討していく予定である。

## 文献

- [1] Y. Fukuda et al., IEEE TED 57, 282 (2010).
- [2] R. Zhang et al., APL 98, 112902 (2011).
- [3] Q. Xie et al., IEEE EDL 32, 1656 (2011).
- [4] T. Nishimura *et al.*, Appl. Phys. Express 1, 051406 (2008).



Fig. 1 Schematic view of PE-ALD system.



Fig.2 Optical emission spectra obtained from the microwave-generated remote plasma.



Fig. 3. XPS core level spectra of Ge 3d obtained from as-prepared GeO<sub>2</sub>/Ge structure.



Fig. 4 C-V characteristics of Al/GeO<sub>2</sub>/p-Ge/Pt MOS capacitor.