

## 高移動度MOSFET実現に向けた高機能化High- $k$ /Geゲートスタックの界面設計

<sup>a</sup>大阪大学, <sup>b</sup>日本原子力研究開発機構

渡部 平司<sup>a</sup>, 秀島 伊織<sup>a</sup>, 箕浦 佑也<sup>a</sup>, 田中 亮平<sup>a</sup>, 細井 卓治<sup>a</sup>, 志村 考功<sup>a</sup>, 吉越 章隆<sup>b</sup>, 寺岡 有殿<sup>b</sup>

### 【目 的】

次世代半導体デバイスでは、Siよりもキャリア移動度の大きいGeをチャンネル材料とした金属-酸化膜-半導体（MOS: Metal-Oxide-Semiconductor）構造の実現が期待されている。1 nm以下の等価SiO<sub>2</sub>換算膜厚（EOT: Equivalent Oxide Thickness）が求められるため、high- $k$ /Geゲートスタック技術が不可欠であるが、偶発的に起こるGeO<sub>x</sub>界面層の形成とその分解や、high- $k$ 膜中へのGe原子の拡散が電気特性を劣化させる問題がある。本研究では、HfO<sub>2</sub>/Geスタックにおける上記の現象について、HfO<sub>2</sub>形成手法および上層に堆積する金属電極の影響を、放射光光電子分光法を活用して詳細に調査した。

### 【成 果】

high- $k$ 膜形成手法（減圧酸化とプラズマ酸化）の異なる2種類のPt/HfO<sub>2</sub>/Ge試料、およびHfO<sub>2</sub>をプラズマ酸化で形成してAl電極を堆積したAl/HfO<sub>2</sub>/Ge試料を作製した。Ge 3sスペクトルより、いずれの試料でもGeO<sub>x</sub>界面層が形成される（図1(a)(c)(e)）。減圧酸化試料では、Hf-Ge結合が形成され、プラズマ酸化試料ではHf-Ge結合は存在しない（図1(a)-(d)）。金属HfをGeに堆積しただけでもHf-Ge結合が形成されることから、Hf-Ge結合を分断してそれぞれHf-OおよびGe-O結合を形成するには、プラズマ酸化のような酸化力の強い手法が有効であることが分かった。一方、プラズマ酸化で形成したHfO<sub>2</sub>/GeO<sub>x</sub>/Ge構造であっても上層にAl電極を堆積した場合、Al-Ge結合が形成されることも分かった（図1(e)）。さらに、電流-電圧（I-V）特性と容量-電圧（C-V）特性から、Hf-Ge結合が存在する減圧酸化試料はほとんど絶縁性がなく、プラズマ酸化でHfO<sub>2</sub>層を形成したAl電極試料では、HfO<sub>2</sub>膜の絶縁性劣化および比誘電率低下が見られた。以上により、Hf-Ge結合やAl-Ge結合といったジャーマニド形成を回避することが良質なhigh- $k$ /Geゲートスタックの実現に重要であると結論した。

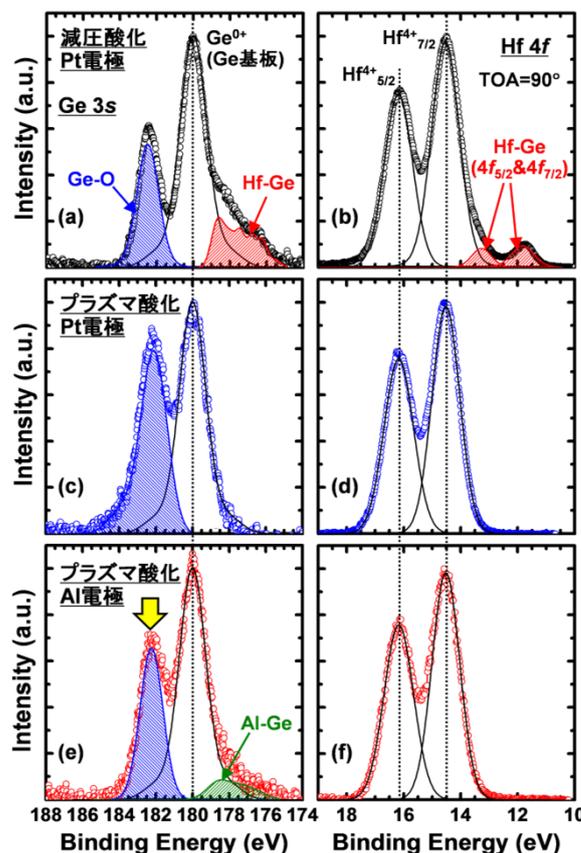


図1. PtまたはAl/HfO<sub>2</sub>/Ge構造の3種類の試料におけるGe 3sおよびHf 4f内殻光電子スペクトル