

ナノメートル誘電体薄膜の電子物性の理解と制御の研究

鳥海 明

(東京大学・大学院工学系研究科・教授)

【研究の概要等】

本研究の目的は、ナノメートル厚絶縁膜の電子構造、誘電性、及びその絶縁膜との界面の性質に関して、材料の物性理解に基づいた制御指針を構築することである。その展開においては、半導体デバイス応用は言うまでもなく、絶縁性を使用する全ての場合において適用されると考えられる。現状では、絶縁体を二つの電極間に挟んだMIM構造を考えたときにすら、特に極薄膜領域において多くの事がわかっていない。さらに電極までを含めると、絶縁体/金属界面、絶縁体/半導体界面、絶縁体/絶縁体界面における電子的・原子的相互作用、あるいは絶縁膜との反応性、欠陥抑制などに関してはさらに不明な部分が多い。そこで、すでに当研究室で行ってきた誘電体薄膜に対する理解と制御技術を基にして、さらに大きく展開し上記の課題に対する明確な理解と制御手法を提案・実証することを中心に進める。実際には直接の実験量として決まる物性量だけでなく、それをもとに規定されるトンネル有効質量、比誘電率(静的、動的、光学的)、絶縁膜内部界面での電荷再分布、など直接目に見えない量を抽出し、その起源を明確にする。

【当該研究から期待される成果】

半導体デバイスへの応用を考えた場合に絶縁膜に対する電極の一つが半導体であればMOSゲート絶縁膜になり、共にメタルの時にはMIMキャパシタ、さらにはフラッシュメモリー等の絶縁膜の高信頼化に直接的に寄与する。トンネル効果というもっとも身近に観測される量子力学的効果に関して、説明するという立場から、具体的なデバイス用材料と結びつけた形でエンジニアリングするという立場で研究を展開する。また、異種絶縁膜界面に生ずる電荷の動きに関しては、デバイスそのものの制御性と関係しており、化学結合論を基礎にして界面での電荷移動という観点から理解を進め、制御手法につなげる。結果としての半導体技術は、総合プロセスで決められるので本技術だけで完成されるわけではないが、まずはここに解がないと本質的な前進はない。さらに上記シリコン半導体デバイス応用に限らず、他の半導体材料においても、今後ますます適切な絶縁性材料を必要とする場合が増えることは必至である。当研究室で次世代半導体材料として研究を進めているGeに対する絶縁膜材料設計の原理的な指針となる。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- A.Toriumi and K. Kita, "Material Engineering of High-k Gate Dielectrics" *Dielectric Films for Advanced Microelectronics*, M. Baklanov, M. Green and K. Maex (ed.), John Wiley & Sons, Ltd, 2007, pp.297-336.
- Y. Zhao, K. Kita, K. Kyuno and A.Toriumi, "Higher-k LaYOx films with strong moisture resistance" *Appl. Phys. Lett.* **89**, 252905 (2006).
- Y. Yamamoto, K. Kita, K. Kyuno and A. Toriumi, "Structural and Electrical Properties of HfLaOx Films for an Amorphous High-k Gate Insulator," *Appl. Phys. Lett.* **89**, 032903 (2006).
- K.Tomida, K. Kita, A. Toriumi, "Dielectric constant enhancement due to Si incorporation into HfO₂." *Appl. Phys. Lett.* **89**, 142902 (2006).
- K. Kita, K. Kyuno and A. Toriumi, "Permittivity increase of yttrium-doped HfO₂ through structural phase transformation", *Appl. Phys. Lett.* **86**, 102906 (2005).

【研究期間】 平成19年度－23年度

【研究経費】 38,400,000 円
(19年度直接経費)

【ホームページアドレス】

<http://www.adam.t.u-tokyo.ac.jp>