

Gate-all-around CMOS 用 TiN/TiAlC Gate 電極の実効仕事関数の制御メカニズム Mechanisms Controlling the Effective Work Function of TiN/TiAlC Metal Gates for Advanced Gate-all-around CMOS

産総研 先端半導体研究センター ◯間部 謙三, 上嶋 和也, 太田 裕之, 森田 行則, 入沢 寿史,
林 喜宏

SFRC, AIST, ◯Kenzo Manabe, Kazuya Uejima, Hiroyuki Ota, Yukinori Morita, Toshifumi Irisawa,
Yoshihiro Hayashi

E-mail: kenzo.manabe@aist.go.jp

【背景】 Gate-all-around 型トランジスタのしきい値制御には仕事関数調整用メタル (WFM) が使用される。例えば、n 型トランジスタに適した実効仕事関数 (EFW) は、TiAlC を WFM とする TiN/TiAlC 電極で実現される。その EFW 決定要因としては high-k 絶縁膜に接する bottom-TiN (BTM-TiN) への Al 拡散[1]や Al による BTM-TiN からの窒素スカベンジ[2]など、いくつかのメカニズムが提案されている。本研究では、high-k 絶縁膜に接し EFW 決定に最も影響を与える TiN に着目し TiN/TiAlC 電極での EFW 決定要因を調査した。

【実験結果】 図 1 は UPS・XPS 測定より求めた TiN (O) 仕事関数の膜中酸素濃度依存性である。通常 TiN (O) は p 型トランジスタに適した EFW を持つと考えられているが、TiN (O) 仕事関数は膜中酸素濃度が 2 atom% の場合 3.8 eV であることが見出された。また、TiN (O) 仕事関数は膜中酸素濃度増大 (⇒33.9 atom%) に伴い約 0.8 eV 増加した (3.8⇒4.6 eV)。上記結果に基づき TiN/TiAlC 電極での EFW 決定モデルを提案する (図 2)。本モデルでは TiN/TiAlC 電極が n 型トランジスタに適した低い EFW を持つのは、TiAlC 中 Al による BTM-TiN からの酸素スカベンジにより、high-k 絶縁膜に接しており EFW 決定に最も影響を与える BTM-TiN の仕事関数が低下するためと考える。講演では、本モデルと TiN/TiAlC 電極 EFW の TiAlC 膜厚依存性との整合性や TiN (O) 仕事関数の組成依存性の起源などについて議論する予定である。

この成果の一部は、NEDO (国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構) の「ポスト 5 G 情報通信システム基盤強化研究開発事業」(JPNP20017) の助成事業の結果得られたものです。

[1] X.-R. Wang et al., Microelectron. Eng. **88** (2011) 573. [2] E. O. Filatova et al., J. Phys. Chem. C **124** (2020) 15547.

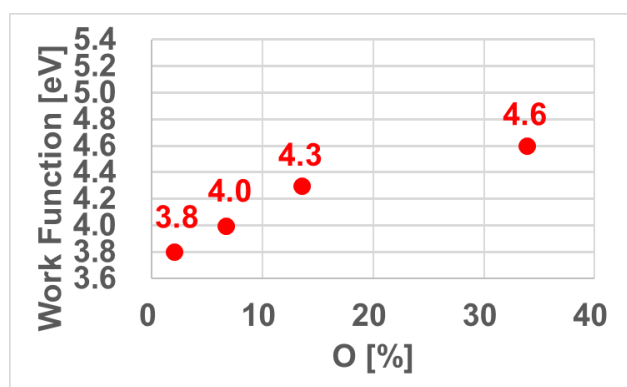


Fig.1 Dependence of work function on oxygen content for TiN(O).

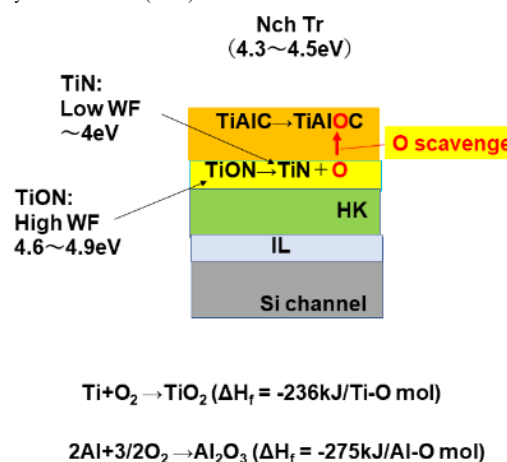


Fig.2 Novel proposed mechanism for n-type EFW of TiN/TiAlC metal