

FinFET における特性ばらつきと低周波ノイズの抑制技術

Technology for suppressing variability and low frequency noise in FinFETs

産総研 ○松川 貴, 福田浩一, 柳 永勲, 塚田順一, 山内洋美, 石川由紀, 遠藤和彦,
大内真一, 右田真司, 水林 亘, 森田行則, 太田裕之, 昌原明植AIST, ○T. Matsukawa, K. Fukuda, Y.X. Liu, J. Tsukada, H. Yamauchi, Y. Ishikawa, K. Endo,
S. O'uchi, S. Migita, W. Mizubayashi, Y. Morita, H. Ota, and M. Masahara

E-mail: t-matsu@aist.go.jp

【はじめに】システム LSI(SoC)のスケールアップを進める上で、消費電力を決定づけるリーク電流、SRAM 等デジタル回路の集積度と電源電圧低減に影響する特性ばらつき、アナログ回路のスケールアップ限界を決める低周波ノイズ、いずれも抑制する必要がある。22nm 技術以降に導入された FinFET は、リーク電流を有効に抑制する[1]。本稿では、残る 2 要素、特性ばらつきと低周波ノイズを FinFET において抑制する技術について述べる。

【特性ばらつき】FinFET では、アンドープチャンネルの使用によりドーパント起因ばらつき(RDF)が抑制される。さらに、ばらつき要因として残存するゲート電極の仕事関数ばらつき(WFV)に関しては、非晶質金属ゲートの導入が有効である[2]。一方で、低ばらつきを維持しつつ SoC に必要な V_t 調整技術が求められている。この手段の 1 つとして、FD-SOI と同様に薄い埋め込み酸化膜を持つ SOI(SOTB)を用いることで、基板バイアスによる V_t 調整が可能である[3,4]。これに加え、非晶質金属ゲートの組成制御により、低ばらつき性と V_t 調整の両立を試みた[5]。Fig.1 に示す様に、

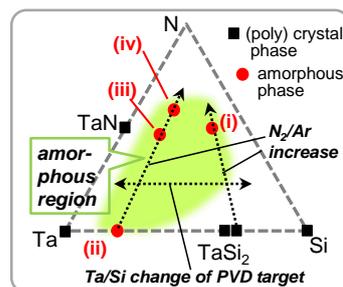


Fig.1 Amorphous TaSiN films with different compositions (i)-(iv) shown in ternary phase diagram.

4 種類の異なる組成(i)~(iv)の非晶質 TaSiN 薄膜を PVD により成膜する。従来型の多結晶 TiN ゲートと同様に、TaSiN ゲートを FinFET に導入し(Fig.2)、電気的特性を評価した。Fig.3 に示す様に、TaSiN の組成を変化させることにより有効に V_t を調整できる。また V_t ばらつきを Pelgrom plot により評価し、多結晶 TiN ゲートと各種組成の TaSiN ゲートと比較した(Fig.4)。組成にかかわらず、非晶質金属ゲートの導入により V_t ばらつきが有効に抑制されることが分かる。

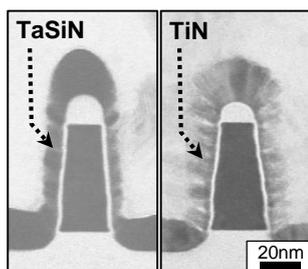


Fig.2 Features of the fabricated FinFETs with TaSiN and TiN metal gates.

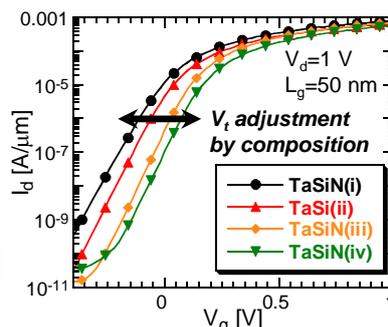


Fig.3 I_d - V_g curves of FinFETs with amorphous MGs having different composition.

【低周波ノイズ】低周波ノイズの主成分であるフリッカノイズは、スケールアップにより、トランジスタのチャンネル面積に反比例して増加する傾向がある[6]。このため、既に 65nm 技術の辺りで、一部アナログ用途ではダイサイズ縮小の停滞が発生している[7]。そこで、FinFET に非晶質金属ゲートを導入することによる低周波ノイズへの影響を調査した。Fig.5 に示す様に、多結晶 TiN ゲートでは、

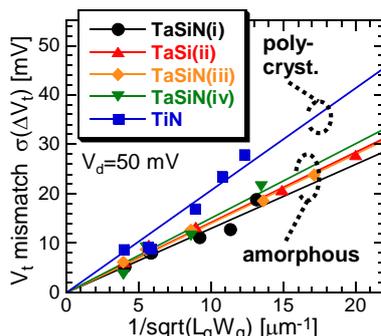


Fig.4 Pelgrom plots for FinFETs. V_t variability is effectively suppressed by the use of amorphous metal gates.

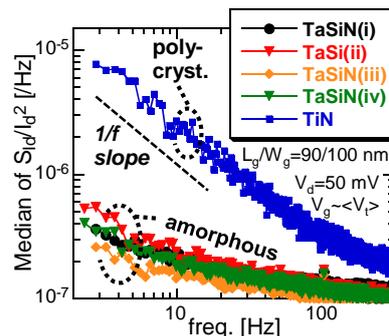


Fig.5 Spectra of I_d noise for FinFETs. Flicker noise recognized for the TiN metal gate is significantly suppressed for the TaSiN cases.

1/f 特性を示すフリッカノイズが観測される。一方、非晶質 TaSiN ゲートの導入によりフリッカノイズは劇的に低減し、WFV の抑制が低周波ノイズの抑制にも有効であることが分かる。

【参考文献】[1] C. Auth *et al.*, VLSI Symp. 2012, p.131, [2] T. Matsukawa *et al.*, IEDM 2012, p.175, [3] M. Saitoh *et al.*, VLSI Symp. 2012, p.11, [4] T. Matsukawa *et al.*, VLSI Symp. 2014, p.142, [5] T. Matsukawa *et al.*, IEDM 2014, p.299, [6] E.P. Vandamme *et al.*, IEEE Trans. Electron Devices, 47, p.2146, 2000, [7] M. Zargari *et al.*, VLSI Tech. Short Course 2014.

【謝辞】本研究の一部は、JSPS 科研費 26289113 の助成を受けて行われている。