

## MOSFET C-V カーブからの実効チャンネル長の推定

## Estimation of Effective Channel Length from MOSFET C-V Curve Measured by Charge-Based Capacitance Measurement

広島市大 <sup>○</sup>辻 勝弘, 寺田 和夫Hiroshima City Univ., <sup>○</sup>Katsuhiko Tsuji, Kazuo Terada

E-mail: tsuji@hiroshima-cu.ac.jp

## はじめに

MOSFET の実効チャンネル長は大変重要なパラメータであり、電流-電圧 (I-V) 特性、容量-電圧 (C-V) 特性の両方から、それを求めるための研究がなされてきた。近年の MOSFET は極めて微細化が進み、それに伴う MOSFET のチャンネル構造の複雑化により、I-V 特性による実効チャンネル長の抽出が従来手法では困難な状況にある。従って本研究では、精度良く MOSFET C-V カーブを測定できる CIEF CBCM 法[1]を用いて、実寸法 MOSFET の C-V カーブから実効チャンネル長の推定を行う[2]。

## C-V カーブの算出

C-V カーブの測定は DMA 構造[3]を用い、アレイ状に配置された DUT (Device Under Test) MOSFET を含むユニットセルを 2 回ケルビン測定し、(1)式を用いて容量を算出する。

$$C_{DUT} = \frac{1}{f} \cdot \frac{d(I_{STEP1} - I_{STEP2})}{dVDDQ} \quad (1)$$

ここで、 $f$  は CIEF CBCM で印加するパルスの周波数、 $VDDQ$  は印加電圧、 $I_{STEP1}$  と  $I_{STEP2}$  はそれぞれ、DUT MOSFET が充放電される 1 回目と充放電されない 2 回目の測定電流を示している。それらの差を微分することで、DUT MOSFET の容量  $C_{DUT}$  が得られる[4]。

図 1 は CIEF CBCM 法を用いて求めた面積によって規格化された、65 nm プロセスで作成された実寸法 MOSFET の C-V カーブを表している。素子サイズが小さくなるにつれて、C-V カーブが上にシフトしているのは、MOSFET に内在する面積で規格化されない寄生容量のためである。(ここで横軸の  $V_{gwell}$  は DUT MOSFET の実効的ゲート-基板間電圧である。) 本研究ではこの寄生容量をチャンネル長  $L$  方向に依存する成分と、チャンネル幅  $W$  方向に依存する成分とに分け、両者を抽出し除去した。特に  $W$  方向に依存する成分は、新たにゲート-ドレイン/ソース間容量  $C_{gd}$ ,  $C_{gs}$  を求める DMA Test 構造を用意し、それを実測することで算出した。その結果を図 2 に示す。得られた  $C_{gd}$ ,  $C_{gs}$  はわずかに印加電圧依存性を示したが、本研究では便宜的に一定として取り扱い、その時の平均値  $0.42 \text{ fF}/\mu\text{m}$  ( $= C_{gd} + C_{gs}$ ) を C-V カーブから除去した。

## 結果

図 3 は、 $C_{DUT}$  から寄生容量を除去することで補

正されたゲート容量  $C_G$  を  $W$  で規格化したものである。0.6  $\mu\text{m}$ 、1.0  $\mu\text{m}$  の C-V カーブが一致することから、寄生容量は精度良く除去できたと考える。この図において  $V_{gwell} = 1.0 \text{ V}$  の時の値をプロットしたものが図 4 である。図 4 より、大変良い線形性が得られていることが分かる。補正された DUT MOSFET のゲート容量  $C_G$  は(2)式の関係で表すことができる。

$$C_G/W = \frac{\kappa_{OX} \epsilon_0}{T_{OX}} \cdot L_{eff} = \frac{\kappa_{OX} \epsilon_0}{T_{OX}} \cdot (L_{DES} - \Delta L) \quad (2)$$

ここで、 $L_{DES}$  は設計チャンネル長 (本研究では  $L_{DES} = L$  である) で、実効チャンネル長  $L_{eff}$  と  $L_{eff} = L_{DES} - \Delta L$  の関係にある。図 4 の x 軸切片より、 $\Delta L$  は約 0.02  $\mu\text{m}$  と推定された。

## まとめ

推定された  $L_{eff}$  は、電流特性から得られたそれよりも短いことが分かった[5]。これは、電流特性を用いたチャンネル抵抗法では、エクステンション領域もチャンネル抵抗の一部に含まれ、 $L_{eff}$  が導出されるためと考えられる。

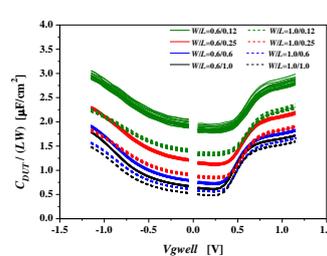


図 1: CIEF CBCM による C-V カーブ

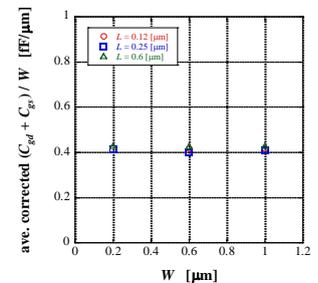
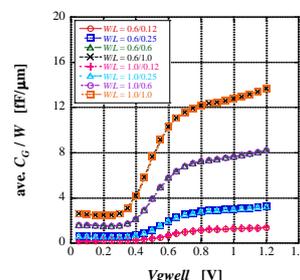
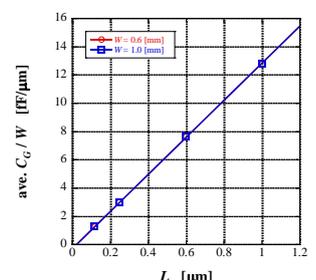
図 2:  $C_{gd}$  と  $C_{gs}$  の平均値

図 3: 補正された C-V カーブ

図 4:  $C_G/W$  と  $L$  の関係

参考文献 [1] Y. W. Chang, et al., IEEE Electron Dev. Lett., vol. 27, no. 5, 2006, p. 390. [2] K. Tsuji, et al., Proc. ICMTS2013, 2013, p. 59. [3] S. Ohkawa, et al., Proc. ICMTS2003, 2003, p.70. [4] K. Tsuji, et al., Proc. ICMTS2011, 2011, p. 8. [5] K. Terada, et al., Jpn. J. Appl. Phys., 52, (2013), 064301.