

しきい値電圧バラツキのチャネル寸法依存性

Dependence of Threshold Voltage Fluctuation on Channel Size

平野美緒¹ 辻勝弘¹ 寺田和夫¹ 角村貴昭² 西田彰男²Mio Hirano¹ Katsuhiko Tsuji¹ Kazuo Terada¹ Takaaki Tsunomura² Akio Nishida²広島市立大学大学院情報科学研究科¹ (株)半導体先端技術テクノロジーズ²
Faculty of Information Sciences, Hiroshima City University¹ MIRAI-Selete²

1. まえがき

近年、MOSFETの微細化が進むにつれ、不純物濃度や酸化膜厚等が均一でないために生じる特性のバラツキが無視できなくなっている。この研究では、チャネル長 L 、チャネル幅 W 、設定しきい値電圧 V_{TH} 、酸化膜厚 Tox を変化させたMOSFETを設計、試作、測定し、得られた電気特性から抽出されたしきい値電圧 V_{TH} のバラツキのチャネル寸法依存性を調べた。

2. ペルグロム係数と竹内係数

V_{TH} のバラツキのうちランダムな不均一さから生じる成分を σ_{VTH} とすると、それは次式で表わされることが知られている。

$$\sigma_{VTH} = A/\sqrt{LW} \quad (1)$$

そのため、 $1/\sqrt{LW}$ を横軸に、 σ_{VTH} を縦軸にとったグラフ(ペルグロムプロット)は直線となり、その傾き A はペルグロム係数と呼ばれる[1]。 A の値は寸法の異なるMOSFET間でバラツキの大きさを比較するために使われているが、 V_{TH} や Tox に依存するため、それらが異なる場合には使えない。

一方、 V_{TH} や Tox が異なるMOSFET間でもバラツキの大きさを比較できるものとして、竹内係数が提案されている[2]。これは(1)式の A から V_{TH} と Tox の依存性を取り出した関係式

$$\sigma_{VTH} = B \sqrt{\frac{(Tox + 0.8nm)(V_{TH} + 0.1V)}{LW}} \quad (2)$$

を用いる。すなわち、 $\sqrt{(Tox + 0.8nm)(V_{TH} + 0.1V)/LW}$ を横軸に、 σ_{VTH} を縦軸にとったグラフ(竹内プロット)の傾き B をばらつき性能の指数として使うのである。 B は異なるテクノロジーやプロセス条件間でのバラツキの大きさを比較するためにも使えるため便利な係数である。

3. 測定

16Kの単体MOSFETを行列状配置し、1つずつ測定できるようにしたDMA(Device Matrix Array)と呼ばれるテスト回路を設計して、65nm技術で試作した。DMAには L と W を変化させた30種類のMOSFETを多数配置した。MOSFETは同一寸法のもの2つでペアになるようにし、その2つを接近して配置した。測定ではそれら2つのMOSFETの V_{TH} の差を用いて、バラツキのランダムでない成分を除くようにした。測定は、ドレイン電圧0.05Vでゲート電圧をスイープしてドレイン電流を測定し、そのデータから線形外挿法で V_{TH} を抽出した。

図1に Tox と設定 V_{TH} をそれぞれ3通りに変えた、全9

条件のNチャネルMOSFETのペルグロムプロットと竹内プロットを示す。これらは1条件あたり2000ペア以上のMOSFETのデータを用いている。設定 V_{TH} としては典型値(Typ)とそれよりも50mV高いものと低いものがある。ペルグロムプロットではばらばらであったものが、竹内プロットでは直線に載ることがわかる。

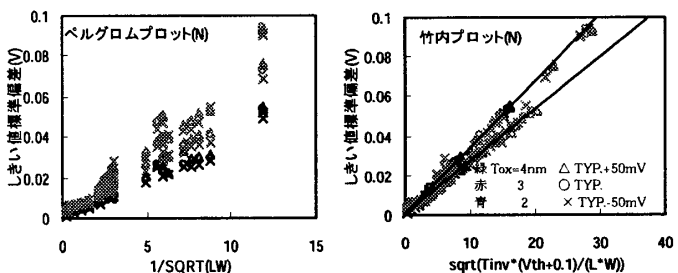


図1「ペルグロムプロットと竹内プロット」

4. 考察

図1から、竹内プロットを用いても一本の直線に載らないものがあることがわかる。それは1) L が最短のもの、2) L が大きく W が小さいもの、3) L も W も大きいものである。なお1)は、図からもわかるように、明確な特徴であるが、2)、3)はそれほど明確ではない。

1)の原因については、短チャネル効果と L のバラツキ σ_L を用いて一部説明出来る。2)、3)については、有意な特徴であるのか、合理的な説明ができるのか、現在検討中である。

5. まとめ

以上のことから、「竹内プロットがバラツキの大きさを比較するための強力な手法である」ことがわかる。ただ、直線から外れるものも存在する。1) L が小さいものは有意であり、短チャネル効果と σ_L を用いて定量的な説明が可能である。2) L が大きく W が小さいもの、3) L も W も大きいものについては今後の課題である。

謝辞

本研究は、NEDOよりSeleteに委託されたMIRAIプロジェクトの一環として実施された。

参考文献

- [1] M. J. M. Pelgrom et al., IEDM Tech. Dig., p915, 1998
- [2] K. Takeuchi, et al., IEDM Tech. Dig., p467, 2007