

IC ベアチップを用いたパルス形ハードウェアニューロンモデルの基本測定 Basic Measurements of the Pulse-Type Hardware Neuron Model Using IC Bare Chip

○杉田和貴¹, 石原優毅², 高藤美泉³, 内木場文男⁴, 齊藤健⁴

*Kazuki Sugita¹, Yuki Ishihara², Minami Takato³, Fumio Uchikoba⁴, Ken Saito⁴

Abstract: This paper discuss about measurements of basic characteristics of the pulse-type hardware neuron model using integrated circuit (IC) bare chip. IC bare chip was designed by 4 metal layers, 4poly silicon layers 0.6 μm complementary metal-oxide semiconductor IC (CMOSIC) design rule. Firstly, we measured the basic characteristics of MOSFETs and compare with the circuit simulation. IC bare chip was measured by using prober. Secondly, we measured the basic characteristics of the constructed pulse-type hardware neuron model using IC bare chip. As a result, the measured value was different with circuit simulation. Nevertheless, constructed pulse-type hardware neuron model could output the pulse wave such as a biological neuron.

1. はじめに

現在, MEMS 技術を用いたロボットの小型化や高性能化についての研究が進められている. ロボットの制御について, 一般的にマイクロコントローラなどを用いたプログラミングがあるが, デジタル制御では予測できない状況への対応は難しい. 一方, 生物の脳が持つニューラルネットワークは柔軟な対応が可能である.

我々はこの情報処理機能を模倣し, ニューラルネットワークを用いたマイクロロボットの駆動に関する研究を行っている^[1].

本稿では, マイクロロボットの駆動に必要なパルス形ハードウェアニューロンモデルの基本要素である細胞体モデルと n 型 MOSFET, p 型 MOSFET の実測値に関して, 回路シミュレーションとの比較を行ったので報告する.

2. パルス形ハードウェアニューロンモデル

パルス形ハードウェアニューロンモデルは, 生物のニューロンをアナログ電子回路でモデル化したもので

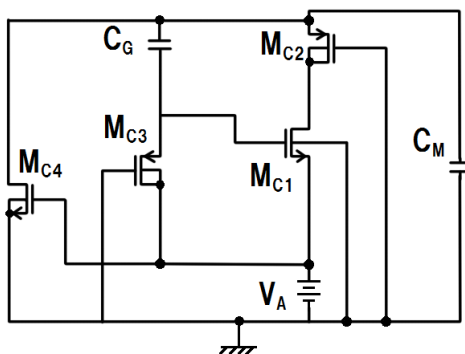


Figure 1. CMOSIC neuron model

あり, Figure 1は不応期や閾値などの特徴を持つ細胞体モデルである. Figure 1において, $M_{C1}, M_{C2}: W/L = 50/5 [\mu\text{m}]$, $M_{C3}: W/L = 6/60 [\mu\text{m}]$, $M_{C4}: W/L = 3/10 [\mu\text{m}]$, $C_G = 120 [\text{pF}]$, $C_M = 10 [\text{pF}]$ とする細胞体モデルを用いて測定を行った. また基本要素であるn型MOSFET, p型MOSFETの静特性に関しても測定を行った. 今回の測定に用いたn型MOSFET, p型MOSFETは共に $W/L = 50/5 [\mu\text{m}]$ である. 以下のFigure 2に, 測定を行ったベアチップとその基本要素である細胞体モデル, NMOS, PMOSを示す.

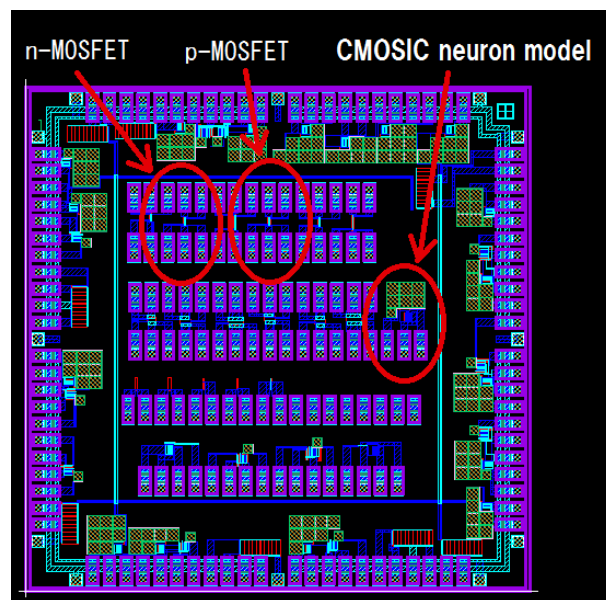


Figure 2. IC bare chip

3. 測定結果と検討

n型MOSFET, p型MOSFETの静特性の実測結果と同シミュレータを用いたシミュレーション結果をFigure 3およびFigure 4に示す.

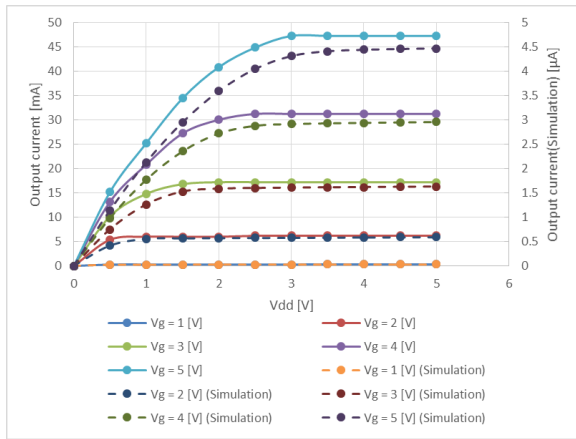


Figure 3. Static characteristics of n-MOSFET

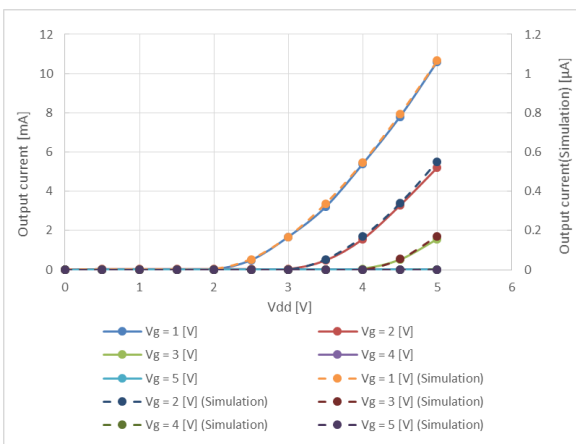


Figure 4. Static characteristics of p-MOSFET

同図より、n型 MOSFET、p型 MOSFET 共に実測での出力電流の値がシミュレーションでの値のおよそ 10 倍となった。

Figure 5に細胞体モデルの周波数特性の実測結果と、回路シミュレータであるHSPICEを用いたシミュレーション結果を示す。同図はシミュレーション結果と実測結果の周波数特性に違いがみられた。これは、設計時に配線容量や寄生容量等の検討をせずに設計をおこなったためと推定した。

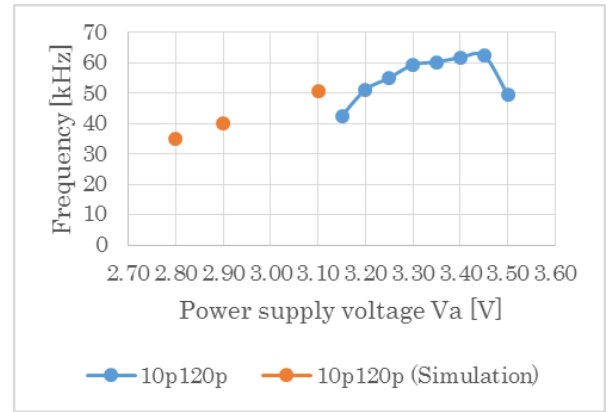


Figure 5. Frequency characteristic of a cell body model

Figure 6に細胞体モデルの出力波形の一例を示す。同図は、設計をおこなったパルス形ハードウェアニューロンモデルがパルス波形を出力可能であることを示している。

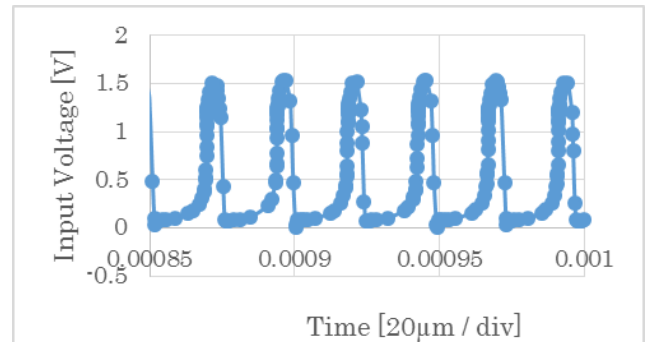


Figure 6. Output waveform

4. まとめ

本稿では、マイクロロボットの駆動に必要なパルス形ハードウェアニューロンモデルの基本要素である細胞体モデルとn型 MOSFET、p型 MOSFETの実測値に関して、コンピュータシミュレーションとの比較を行った。その結果、コンピュータシミュレーションとの違いがあったが、構築をおこなったパルス形ハードウェアニューロンモデルは生物のニューロンと同様に、パルス波形を出力可能であることを明らかにした。

今後はコンピュータシミュレーションと実測値の違いについて検討を進める予定である。

5. 参考文献

[1] 齊藤健： “パルス形ハードウェアニューラルネットワークによる MEMS マイクロロボットの歩行動作制御,” 電気学会論文誌 C, pp.1094-1100, 2012