

線虫神経回路網のCMOS技術 を利用したアナログ集積回路

T00M067 竹内秀範

研究背景

微細加工技術の発展により集積回路が進化

しかし、従来の微細加工技術の限界

新たな処理方式による情報処理デバイスの開発が必要

新たな処理方式が確立されれば、分散処理システムや
マイクロマシンへの実装などが可能

目的

線虫のタッチ反応系の神経回路システムを
集積回路に実装

対象

線虫の神経回路網(ニューラルネットワーク)
を模倣し、CMOS技術を使用した集積回路

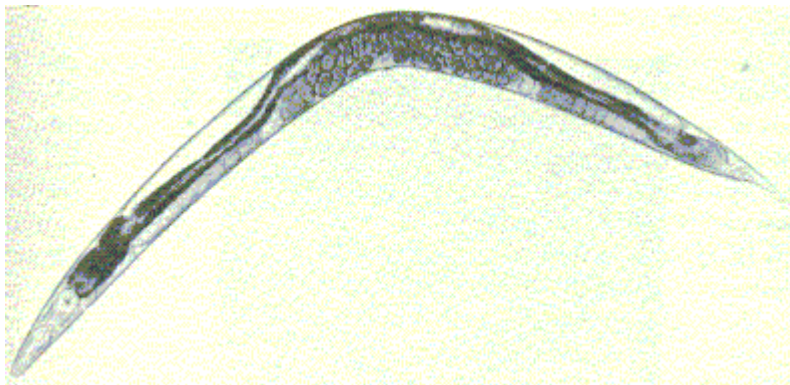
線虫とは

線虫 (Nematode *C.elegans*)

体長 1mm程度

ニューロンの総数が302個

また、生物学的に神経回路網の接続が明らか

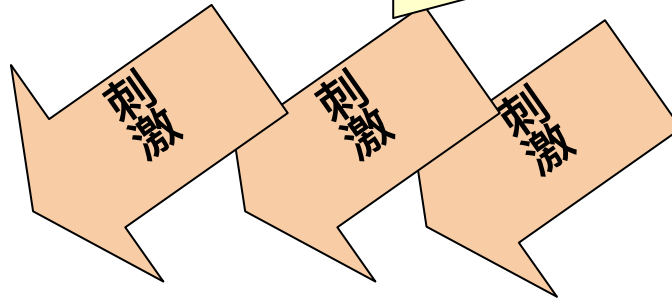
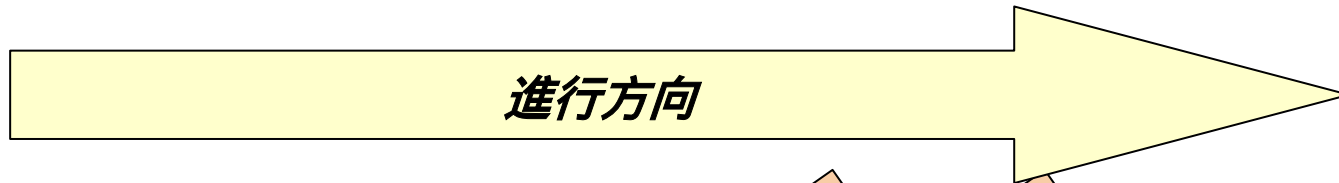
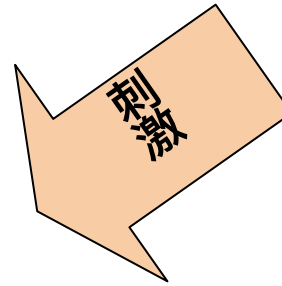


H.Robert Horvitz
“Genetics of Cell Lineage”,
The Nematode
Caenorhabditis (edited by
W.B.Wood)
Cold Spring Harbor
Laboratory Press (New York
1988)
Pp163

線虫のタッチ反応とは

刺激が一回や

一定値未満の場合



刺激が複数回や

一定値を超えた場合

線虫のタッチ反応系の神経回路システムを集積回路に実装

2ニューロンによるスイッチ回路を考察

タッチ反応系の回路化を検討

実装面積の省スペース化

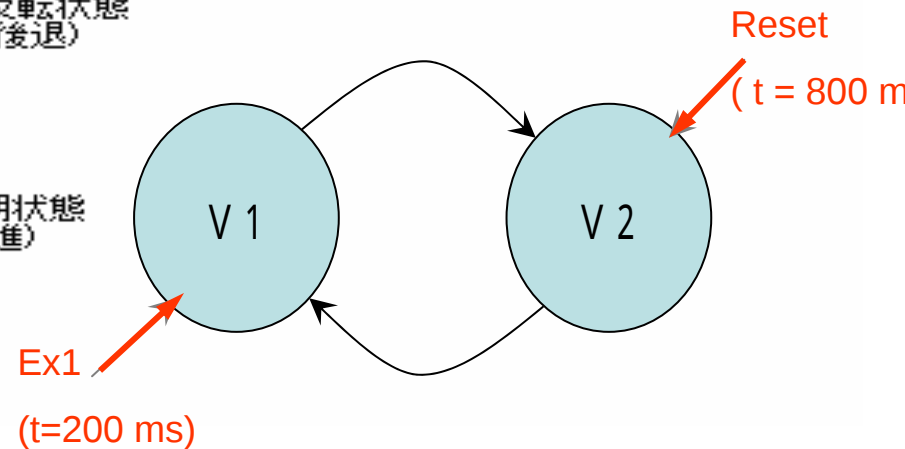
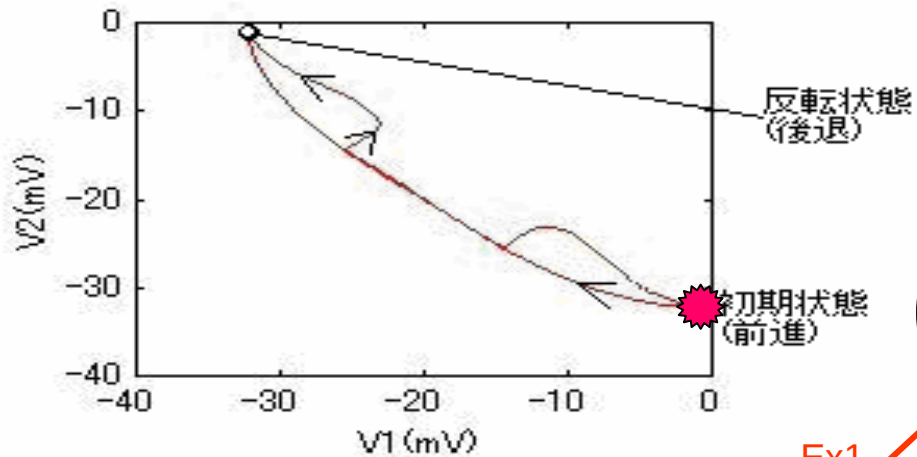
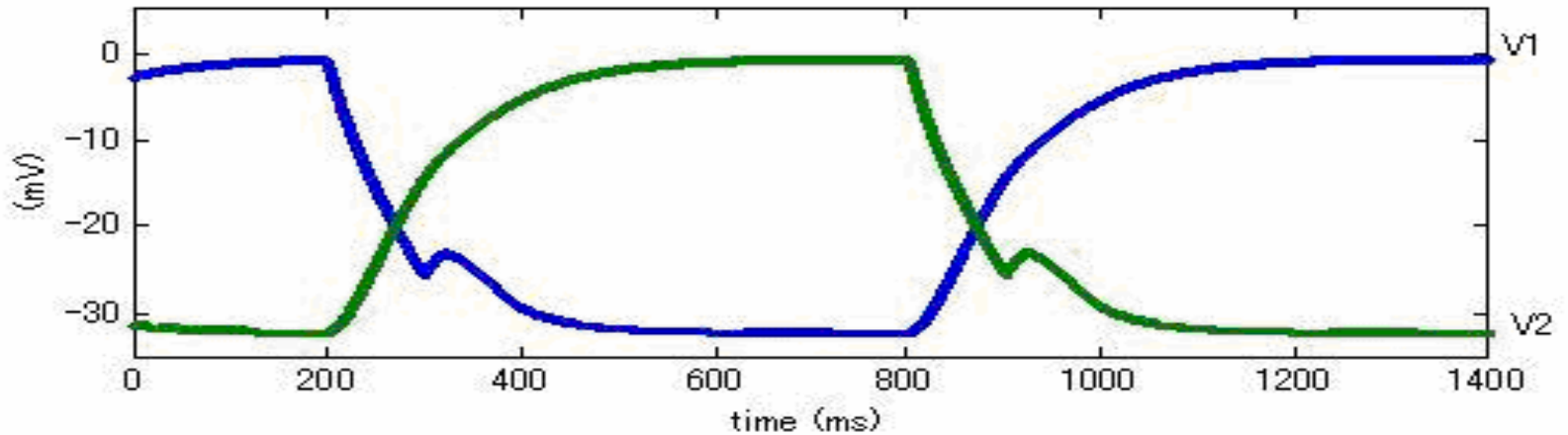
電流制御装置を用いての省電力化

手法

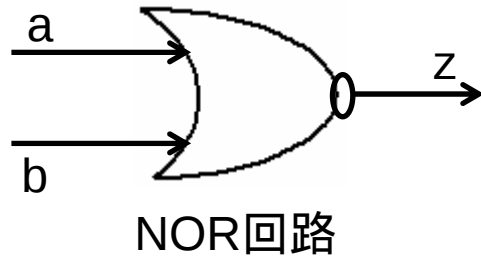
線虫神経回路網を参考に、
2ニューロンによる信号伝達を回路化

CMOS技術を用いてのアナログ回路化
電流制御用のMOSを用いて電流の制限

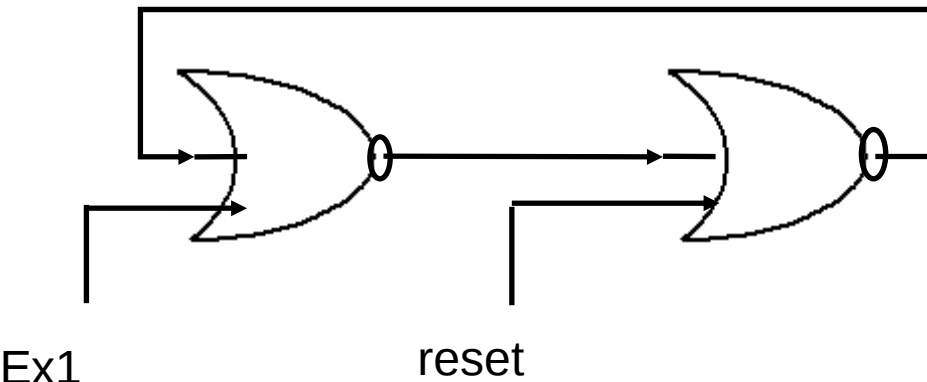
ニューロンの接続図



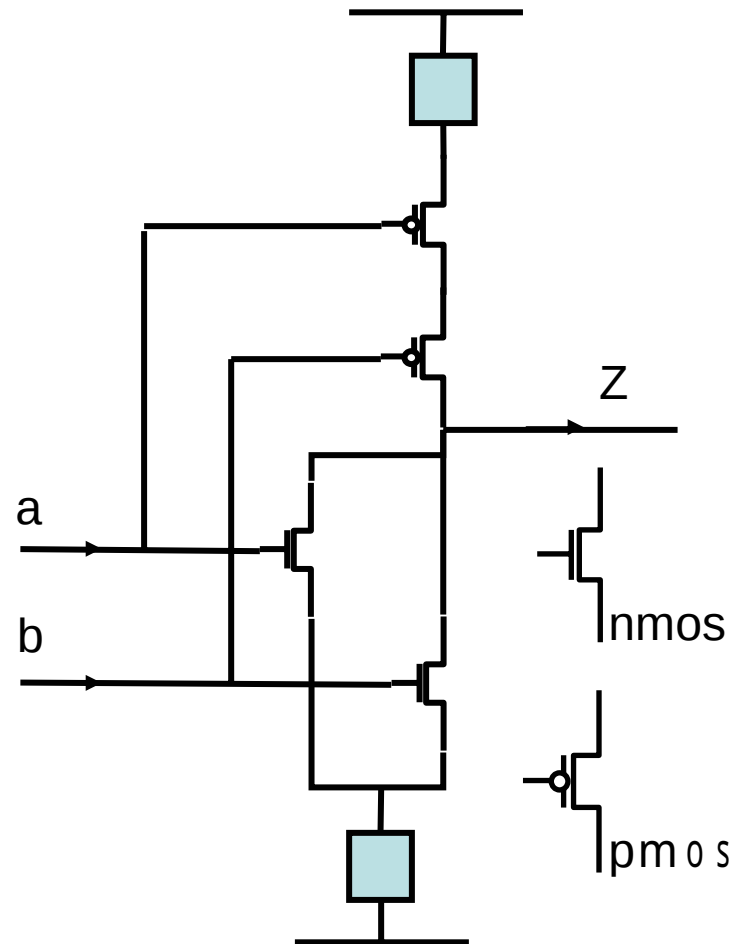
論理ゲートで記述した回路



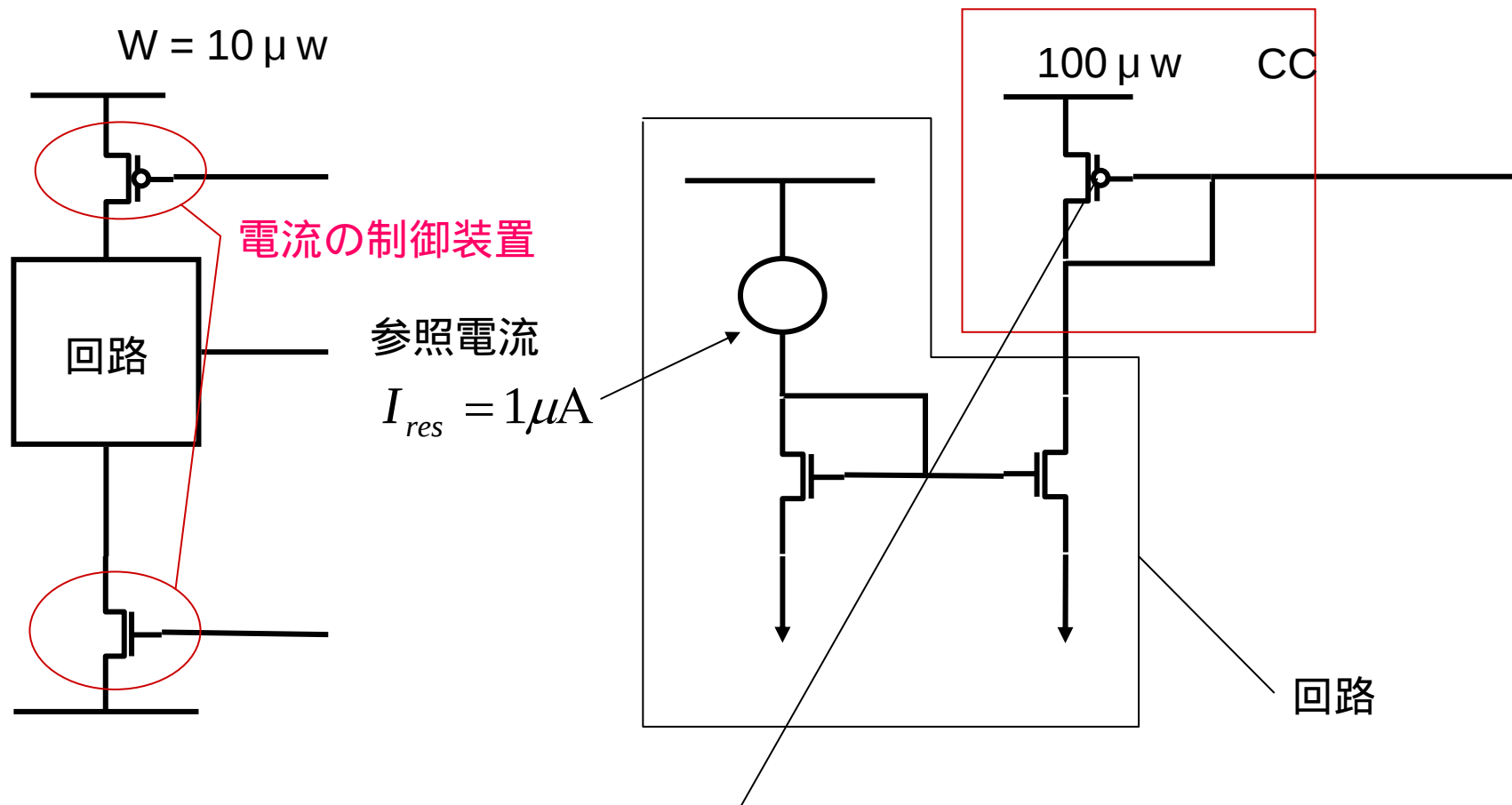
2ニューロンによるスイッチ機能
は、NOR回路を接続すること
で実現できる。



NORゲートをMOSで記述
した回路図

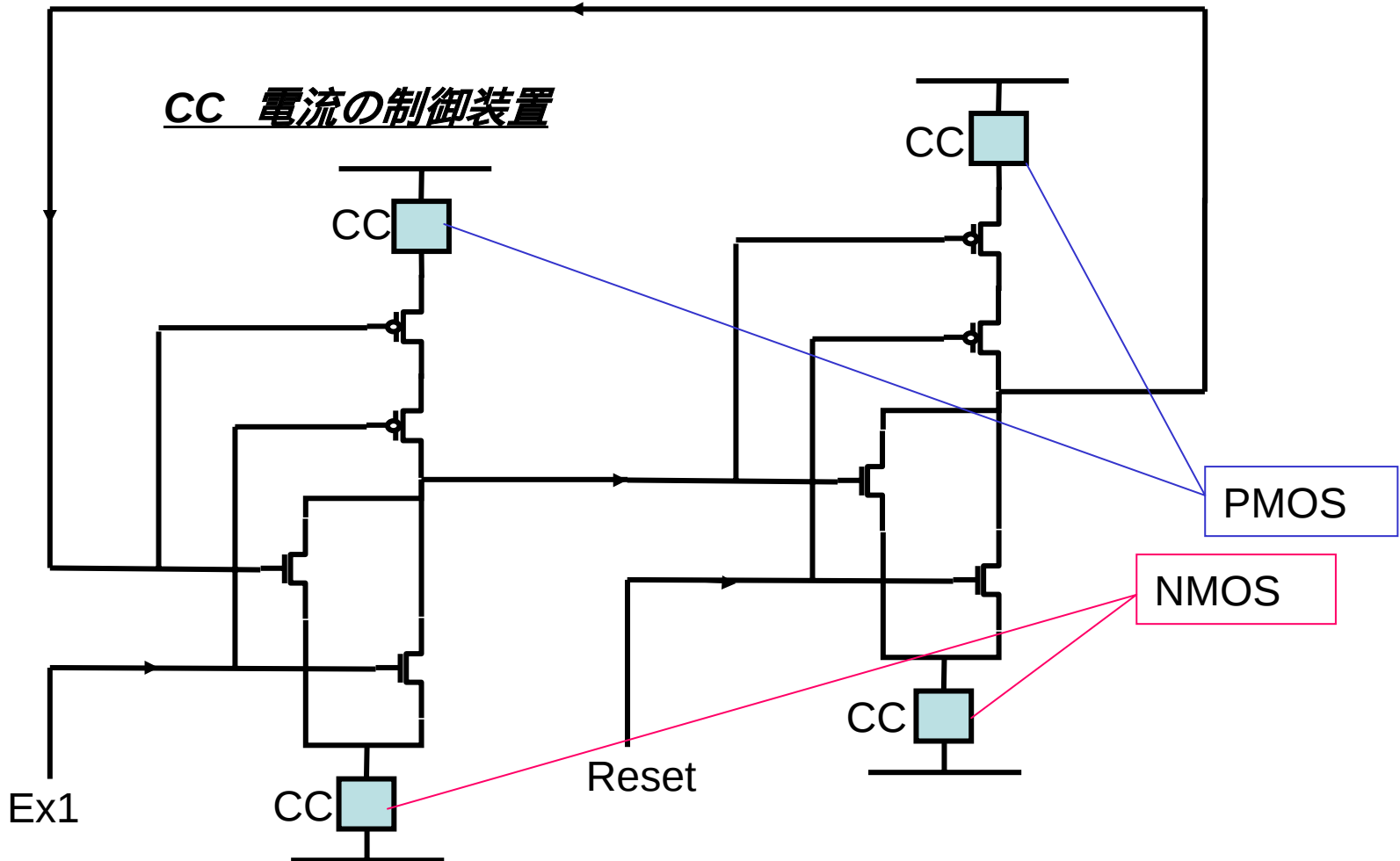


電流の制御装置 (CC)



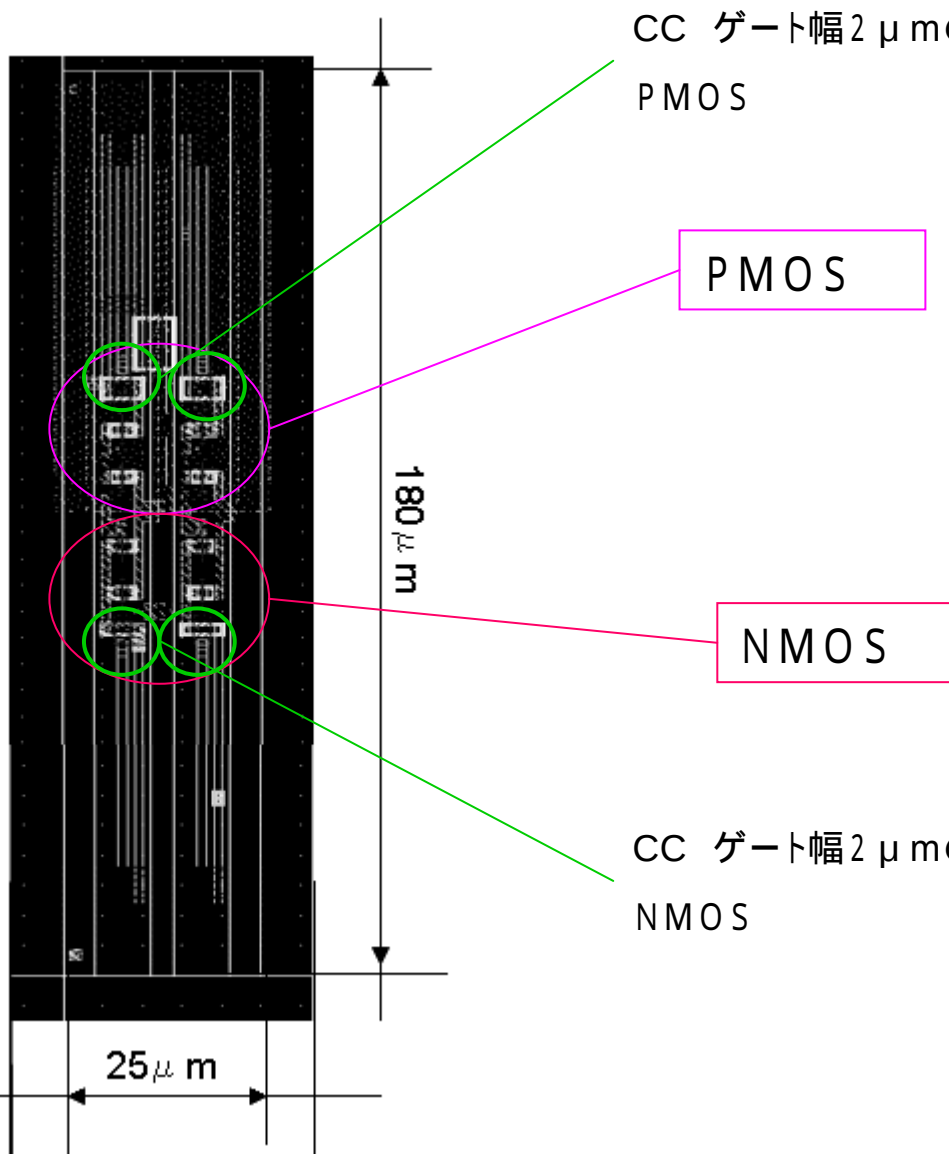
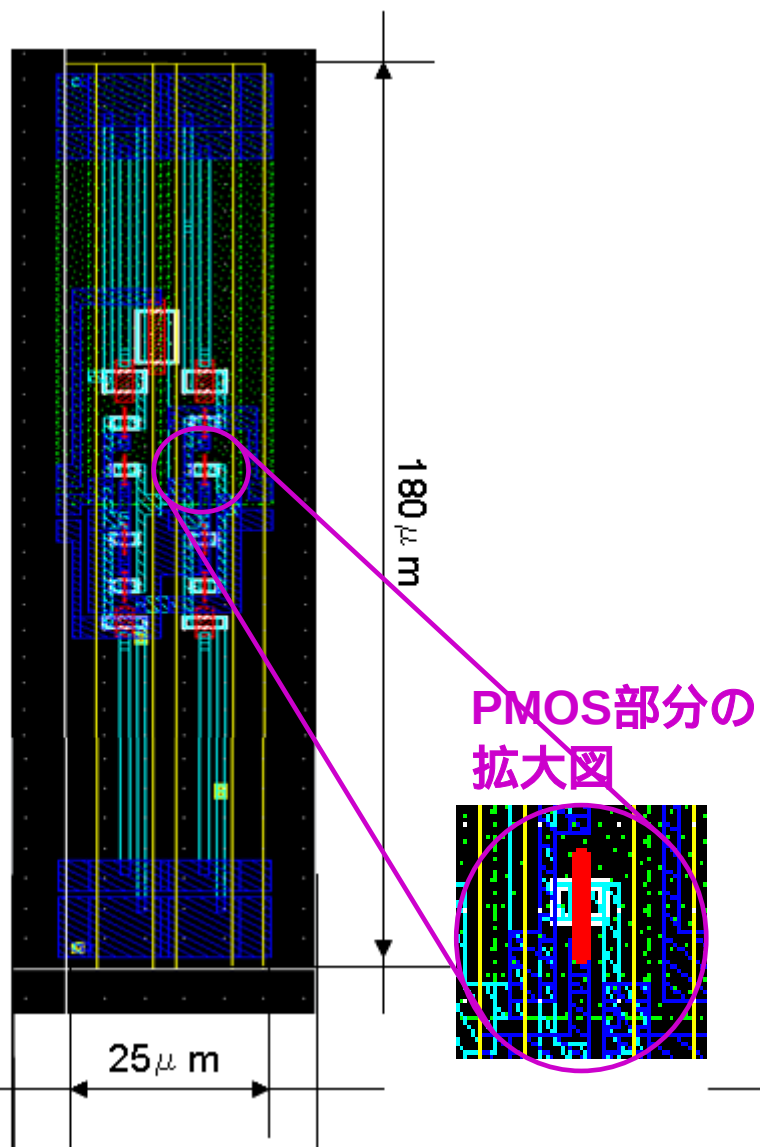
ゲートの幅を0.35 μm から2 μm に変えたもの

MOSで記述したスイッチ回路



レイアウト

面積 $25 \times 180 \mu\text{m}^2$



結果

2ニューロンの信号伝達方式を
集積回路に実装することができた

また、電流制御用のMOSを用いること
で低消費電力な制御装置を作成する
ことができた