

GIDL電流を用いたリファレンス回路の検討

三岳史知*, 清山浩司*

(*長崎総合科学大学大学院 工学研究科)

1. はじめに

我々は、有効的な治療法が確立されていない網膜色素変性症や黄斑変性症などで失った視覚を再建する人工網膜の研究に取り組んでいる[1]。本研究では、システムの構成要素の一つである電圧レギュレータの設計を行っている。本稿では、電圧レギュレータの参照電圧に用いるリファレンス回路の低消費電力化の検討について述べる。

2. 人工網膜用電源回路の構成

本研究で開発を進めている人工網膜は図1に示すように光電変換から電気刺激・電極を3次元積層型集積回路(3D-IC)で実現し、眼球内に埋植して用いる。同図には、本システムで用いる電源系の概略図も示す(本稿では、図中のレギュレータ・リファレンスと示したブロックに用いる)。眼内システムは、動作電力を無線給電で供給、また、安全基準から低消費電力が求められる。

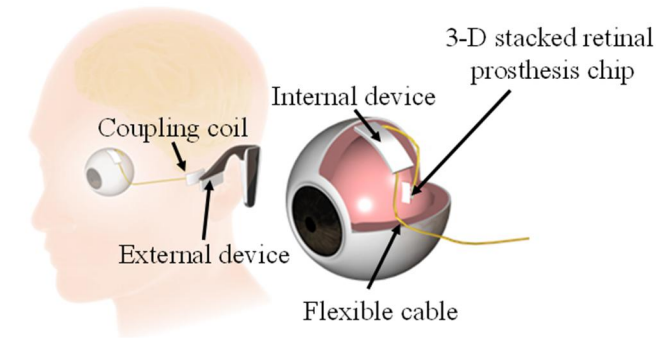


図1. 3次元積層型人工網膜及び電源系の構成概略

3. リファレンス回路の構成および解析結果

図2には、超低消費電力を目的として使用するMOSを弱反転領域で動作させるリファレンス回路を示す。回路構成は[2]を参考にして $I_B=5nA$ で設計を行った。

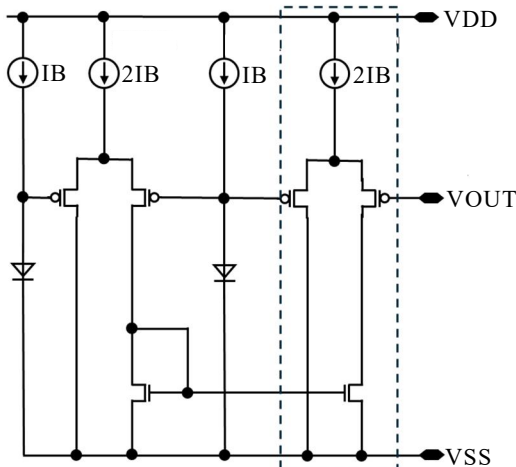


図2 使用するリファレンス回路図

リファレンス回路はTSMC社CMOS180nmのテクノロジーパラメータを用いて電源電圧 $V_{DD}=1.8V$ で設計した。図3にシミュレーション結果を示す。横軸は V_{DD} であり0~1.8Vまで変化させた時の出力電圧 V_{OUT} を縦軸としている。リファレンス回路は、 $V_{DD}=0.9V$ 以上になると安定した出力を出力することが確認出来る。

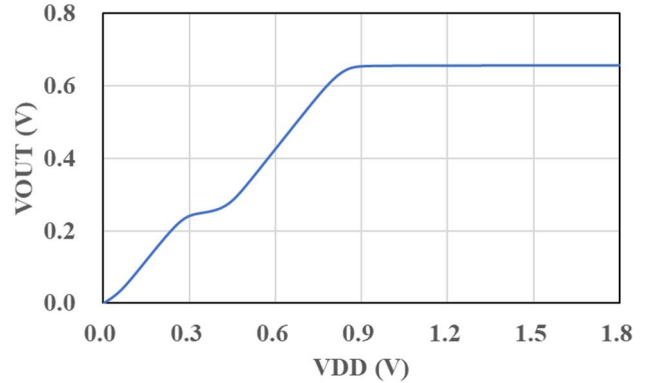


図3 リファレンス回路の解析結果

4. GIDL電流の特性 および おわりに

リファレンス回路は定電流 I_B が重要な働きをする。本研究では、 I_B にGIDL(Gate-induced Drain Leakage)電流を用いることを検討している。GIDLは、ゲートを逆バイアスした時、トンネル効果によってボディとドレイン間に流れる電流である。図4には、CMOS180nmテクノロジーで試作したNMOSの I_D-V_{GS} の測定結果を示す[3]。縦軸 I_D は対数表示である。GIDL電流は、弱反転領域のドレイン電流よりも温度特性が良く、同時にゲート電圧依存性も低い。提供されているSPICEモデルのBSIM3には、GIDL電流がモデリングされていない。今後は、GIDLのモデリングを行いリファレンス回路に含めて動作の検証を行う。

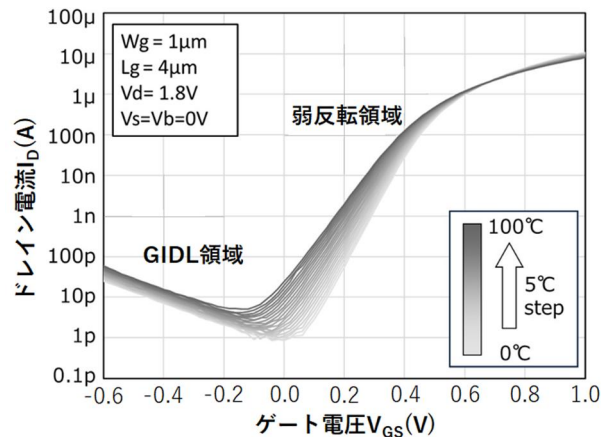


図4 nMOSの I_D-V_{GS} の測定結果

[1] K.Kiyoyama, T.Tanaka *et al*, Proceedings of the Tohoku University, Global Centre of Excellence Programme, Nano-Biomedical Engineering 2009, pp.289-295.
 [2] Arne E. Buck *et al*, IEEE JSSC vol.37, no.1, pp.81-83, 2002
 [3] 杜, 清山, 田中, 他 電気学会論文誌C(電子・情報・システム部門誌), Vol.145, No.3, pp.391-398, 2025