

小型アクチュエータ駆動のための窒化物半導体集積回路の検討

Investigation of nitride semiconductor integrated circuits for driving small actuators

¹豊橋技術科学大学, ²岡山大学 °秋良 芳樹¹, 赤松 龍弥¹, 真下 智昭², 岡田 浩¹

¹Toyohashi Univ. Technol., ²Okayama Univ. °Y. Akira¹, T. Akamatsu¹, T. Mashimo², and H. Okada¹

E-mail: akira.yoshiki.db@tut.jp, okada.hiroshi.td@tut.jp

窒化物半導体はワイドギャップ半導体が有する高い絶縁耐圧や、AlGaIn/GaN ヘテロ界面に形成される高い電子移動度の2次元電子ガス(2DEG)を用いたトランジスタの高速動作などが見込める。パワーデバイス以外に集積化技術が確立されれば、超小型システムの駆動など新しいエレクトロニクスの可能性がある。今日のシリコン(Si)集積回路では、nチャネルとpチャネルを組み合わせたCMOS集積回路技術が確立している。窒化物半導体では安定した低濃度p型ドーピング技術が確立していないことや電子移動度に比べて正孔移動度が低いなどの課題があり、現状で窒化物半導体のCMOS集積回路は難しい。nチャネルMOSFETのみで構成される集積回路はAlGaIn/GaNヘテロ界面の高移動度な2DEGをnチャネルとして利用するため高周波動作や低オン抵抗を活かした回路の小型化により高速パルス駆動が求められるアクチュエータ駆動などに大きな魅力がある。本研究では、小型超音波モータを駆動する窒化物半導体集積回路の検討を行った。

回路に要求される基本仕様として、(1)超音波モータの駆動周波数1MHzを発生し、周波数が可変であること、(2)エンハンスメント/デプレッション(E/D)形のnチャネルMOSのみで構成されること、(3)キャパシタなどの受動素子もモノリシック集積させることを設定した。これらの基本仕様をもとにsource coupled voltage-controlled oscillator (SCVCO)回路を設計した。回路の要部をFig.1に示す。この回路ではイオン注入技術によるトランジスタの閾値調整[2]や素子分離技術[3]をAlGaIn/GaNヘテロ構造に応用しE/D回路を構成する手法を提案する。発振回路に必要なキャパシタは二層ポリシリコンと酸化により形成する(Fig.2)。窒化物半導体での回路作製の前にSi n-MOSのパラメータを用いて回路設計を行いSi上に試作して原理検証と課題探索を行った。

Fig.3にSPICEシミュレータの例を示す。超音波モータ駆動に必要なXとYの2方向に90°位相がずれたパルス波形が生成でき、発振周波数を電圧制御可能なNMOS集積回路が設計できた。

謝辞: 本研究はJSPS科研費(JP20K04579)、日東学術振興財団、スズキ財団の支援を受けた。

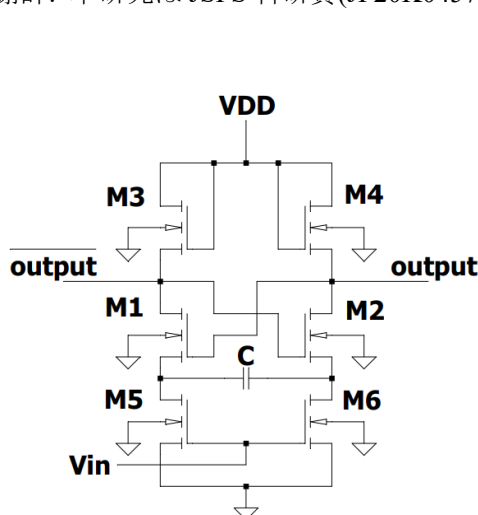


Fig.1 SCVCO circuit [1]

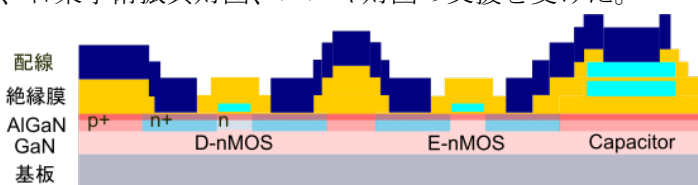


Fig.2 cross-section view of device

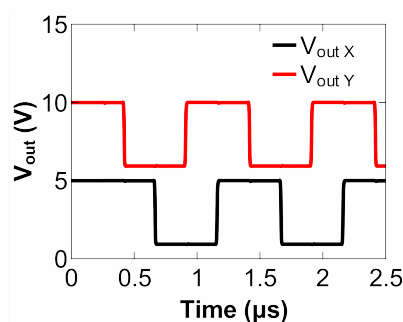


Fig.3 Output waveform

- [1] R. Jacob Baker, "CMOS circuit design, layout, and simulation" pp.565-567(Wiley, 2005)
- [2] H.Okada *et al.*, Physical Stat. Solidi (a), 217 (3) 1900550 (2020)
- [3] 川内他、第 68 回応用物理学会春季学術講演会 19p-P6-9 (2021)