

カーボンナノチューブアナログ集積回路の設計と試作

Design and fabrication of carbon nanotube analog integrated circuits

名大工¹, 名大未来研² ◦鹿嶋 大雅¹, 廣谷 潤¹, 岸本 茂¹, 大野 雄高^{1,2}

Dept. of Electronics, Nagoya Univ.¹, Inst. of Materials and Systems for Sustainability, Nagoya Univ.²

◦Taiga Kashima¹, Jun Hirotsu¹, Shigeru Kishimoto¹, and Yutaka Ohno^{1,2}

E-mail: yohno@nagoya-u.jp

【はじめに】

カーボンナノチューブ薄膜トランジスタ (CNT-TFT) は、高い移動度と機械的柔軟性を備え、フレキシブルエレクトロニクスへの応用が期待されている[1]。近年、高純度に半導体 CNT を抽出する技術が確立されつつあり、CNT-TFT を用いた機能集積回路の構築が可能である。しかしながら、加算器や CPU 等のデジタル回路の報告例[2, 3]はあるものの、フレキシブルセンサデバイスに重要なアナログ集積回路は未だ実現されていない。

今回、我々が構築した高精度な CNT-TFT モデル[4]を用いて、基本的なアナログ回路である差動増幅回路の設計と試作を行った。

【実験と結果】

本研究で作製したフレキシブル CNT-TFT の構造は、チャンネル材料に半導体 CNT、ゲート絶縁膜に Al_2O_3 (40 nm)、基板にポリエチレンナフタレート (PEN) を使用した。ゲート電極とソース・ドレイン電極間の寄生容量を低減するため、自己整合プロセスにより作製した。チャンネル長は、オン/オフ比や遮断周波数の兼ね合いを取り、 $20\ \mu\text{m}$ とした。CNT-TFT の I - V 特性と C - V 特性を測定し、モデル化した。

p 型トランジスタのみで動作可能な差動増幅回路を設計するため、回路構成を検討した。ばらつき耐性を有しつつも高利得を実現可能な bootstrapped gain enhancement 型を設計・試作した (Fig. 1)。作製した回路は入力信号を増幅し、電源電圧 5 V 下において 25.5 dB の増幅度を示した (Fig. 2)。また、カットオフ周波数は約 300 Hz であり、生体信号のセンシング応用が十分可能な動作速度が得られた。作製した回路の周波数特性は、移動度や閾値電圧のばらつきを考慮したモンテカルロ解析の予測特性と一致しており、構築したシミュレーション環境の高い信頼性を実証した。

謝辞：半導体 CNT は TASC より提供を受けた。本研究の一部は、JSPS 科研費、JST/CREST の成果である。

- [1] D. M. Sun, *et al.*, *Nature Nanotechnol.* **6**, 156 (2011).
- [2] B. Chen, *et al.*, *Nature Lett.*, **16**, 5120 (2016).
- [3] M. M. Shulaker, *et al.*, *Nature*, **547**, 74 (2017).
- [4] T. Kashima, *et al.*, The 78th JSAP Autumn Meeting, 6a-C19-4

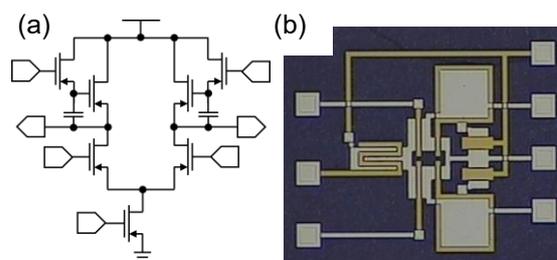


Fig. 1 (a) Circuit diagram and (b) Micrograph of differential amplification circuit composed of CNT-TFTs.

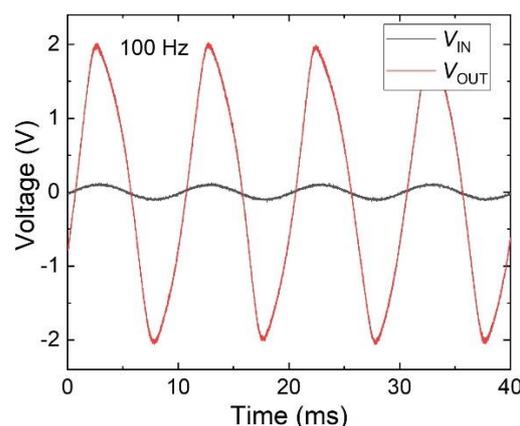


Fig. 2 Measured input and output waveforms of the differential amplifier circuit.