

## フレキシブルカーボンナノチューブ集積回路の高速化

## Operation Speed Enhancement of Flexible Carbon Nanotube Integrated Circuits

名大工<sup>1</sup>, アールト大<sup>2</sup>, ○三善 利忠<sup>1</sup>, カスケラ・アンティ<sup>2</sup>, ライホ・パトリック<sup>2</sup>,ナシブリン・アルバート<sup>2</sup>, 岸本 茂<sup>1</sup>, カウピネン・エスコ<sup>2</sup>, 大野 雄高<sup>1</sup>Dept. of Quantum Eng., Nagoya Univ.<sup>1</sup>, Dept. of Applied Physics, Aalto Univ.<sup>2</sup>°Toshitada Sanzen<sup>1</sup>, Antti Kaskela<sup>2</sup>, Patrik Laiho<sup>2</sup>, Albert G. Nasibulin<sup>2</sup>,Shigeru Kishimoto<sup>1</sup>, Esko I. Kauppinen<sup>2</sup>, and Yutaka Ohno<sup>1</sup>

E-mail: yohno@nuee.nagoya-u.ac.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)は高性能なフレキシブルデバイスへの応用が期待されている。以前、我々のグループでは、プラスチック基板上に高移動度のCNT TFT やリング発振器等の集積回路を作製した<sup>[1]</sup>。しかし、回路の動作速度は、ゲートとソース/ドレイン電極間のオーバーラップ容量により支配されていた。本研究では、オーバーラップ容量を低減することにより、CNT 集積回路の高速化を試みた。

【実験方法・結果】 Fig. 1 に、(a)従来の素子構造<sup>[1]</sup>と、(b)今回提案する non-overlap 構造を示す。non-overlap 構造では、ソース/ドレイン電極付近のチャネルの寄生抵抗を低減するため、F<sub>4</sub>TCNQ によるドーピングを行った。これらの CNT TFT で構成される 21 段リング発振器をポリエチレンナフタレート(PEN)基板上にそれぞれ作製した。ゲートおよびソース/ドレイン電極は一般的なフォトリソにより形成した。絶縁膜となる Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (40 nm)は原子層堆積法により形成した。CNT は浮遊触媒化学気相成長法により成長し、メンブレンフィルタで収集したものを基板上に転写した。TFT の閾値調整および寄生抵抗低減のため、F<sub>4</sub>TCNQ によるドーピングを行った。

Fig. 2 に作製した non-overlap 構造のリング発振器の顕微鏡写真と発振波形を示す。発振周波数は、従来構造では 1.4 kHz、non-overlap 構造では 10 kHz であった。発振周波数からインバータ 1 段当たりの遅延時間を求めたところ、それぞれ 17  $\mu$ s、2.3  $\mu$ s であった。オーバーラップ容量を低減する

ことで、スイッチング速度は約 7 倍向上した。

【謝辞】 この研究の一部は、NEDO 産業技術研究助成、JST/ALCA、JST/SICORP、科学研究費補助金若手研究(A)の助成を受けて行われた。

[1] D.-M. Sun. *et al.*, *Nature Nanotech.* **6**, 156 (2011).

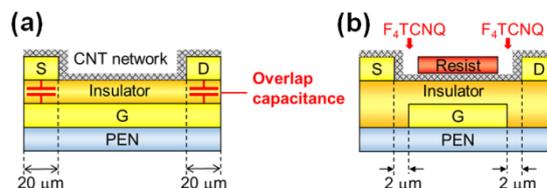


Fig. 1 Schematic structures of (a) previous and (b) non-overlap devices.

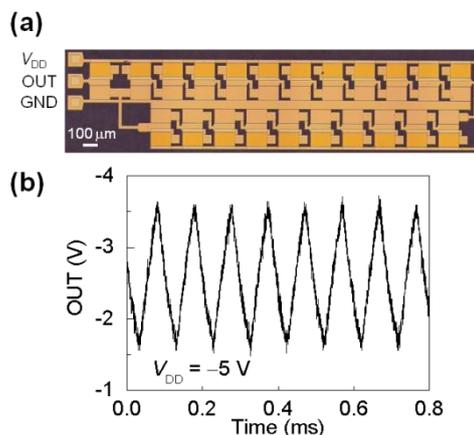


Fig. 2 (a) Optical micrograph and (b) output wave form of a ring oscillator with non-overlap devices.