



Empowered by Innovation



印刷CNTトランジスタで 世界最高速の動作速度を実証

2013年9月24日

日本電気株式会社 スマートエネルギー研究所
技術組合 単層CNT融合新材料研究開発機構(TASC)

印刷エレクトロニクス

印刷エレ:印刷技術を利用し、フレキシブルな基材上に、電子回路を形成する技術

従来にない機能を持ったデバイスや電子機器の実現が期待される

- 柔軟な形状で折り畳みや巻き取りが可能
- 軽量で凹凸にフィットしやすく、身につけても違和感が少ない
- 大面積機器、透明機器などの実現

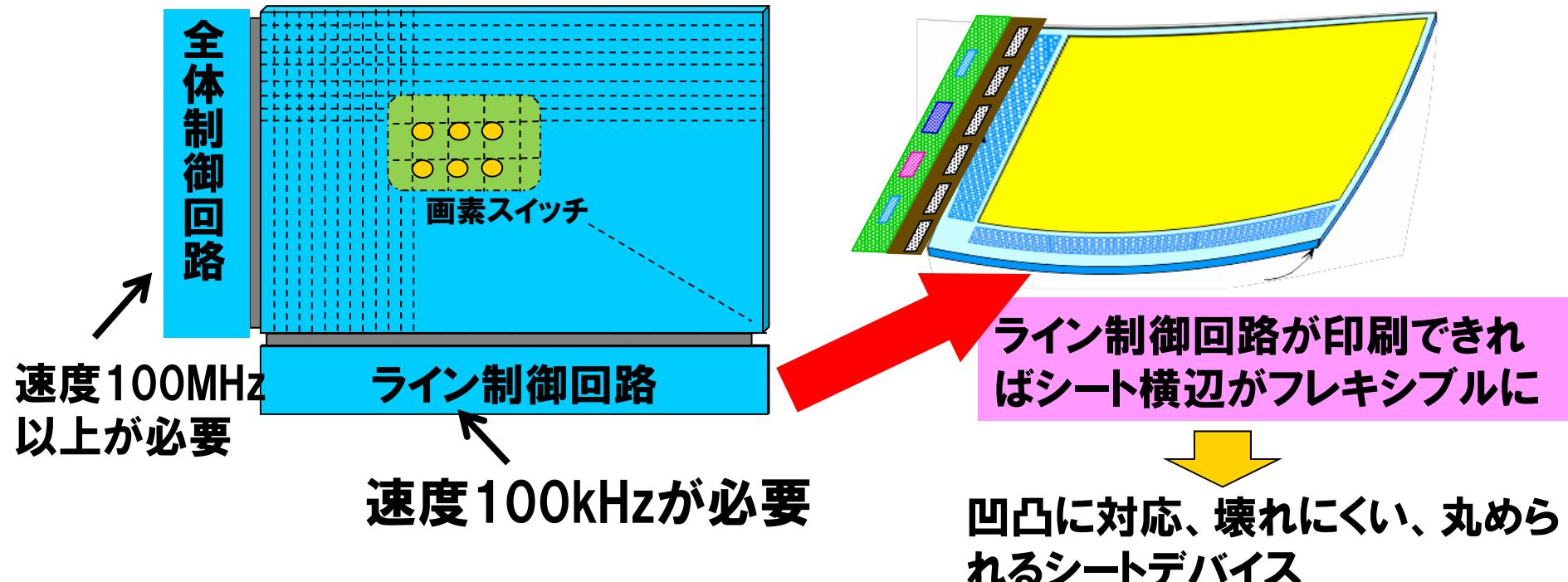
実用化に向けた開発課題

- 要求仕様に必要な性能が未達で、インク(材料)技術・プロセス技術の開発が進められている
- 処理能力を決定する半導体インク(材料)に大きな壁



印刷トランジスタの性能指標

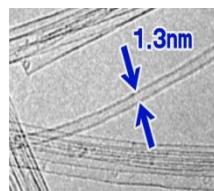
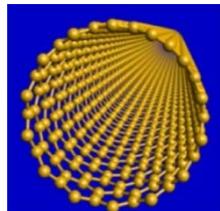
動作速度100kHzがシートをフレキシブルにするマイルストーン
表示デバイス、センサシート向け駆動回路
～1,000×1,000画素(1Mピクセル)のシートを100Hzでスキャン～



従来技術では到達できず新半導体インク(材料)が必須

印刷半導体材料としてのカーボンナノチューブ(CNT)

CNTの機械的・化学的特徴



- 機械的に安定
 - ・高強度、弾性体
- 化学的に安定
 - ・高耐熱性



溶液中での分解・変質がない



CNTの電気的特徴

- キャリア移動度⁽¹⁾が大きい
- 電流密度⁽²⁾が大きい

CNT	有機半導体
電子が乱されずに移動 (パリスティック伝導)	電子が飛び飛びに移動 (ホッピング伝導)
移動度 10~100cm ² /Vs	移動度 0.1~1cm ² /Vs
動作周波数>100kHzが期待	動作周波数 ~10kHz

インク化に適している

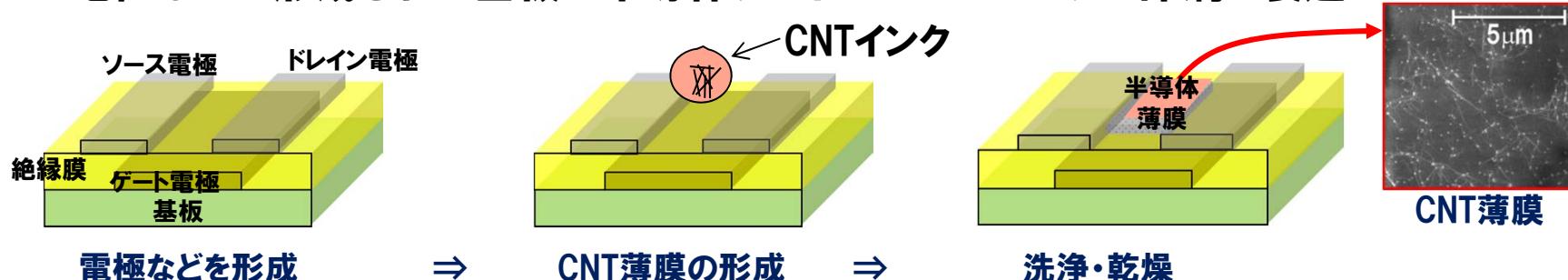
魅力的な電気特性

(1)キャリア移動度:半導体中の電気の通りやすさ (2)電流密度:単位断面積当たりの電流量

印刷CNTトランジスタの製造方法と開発課題

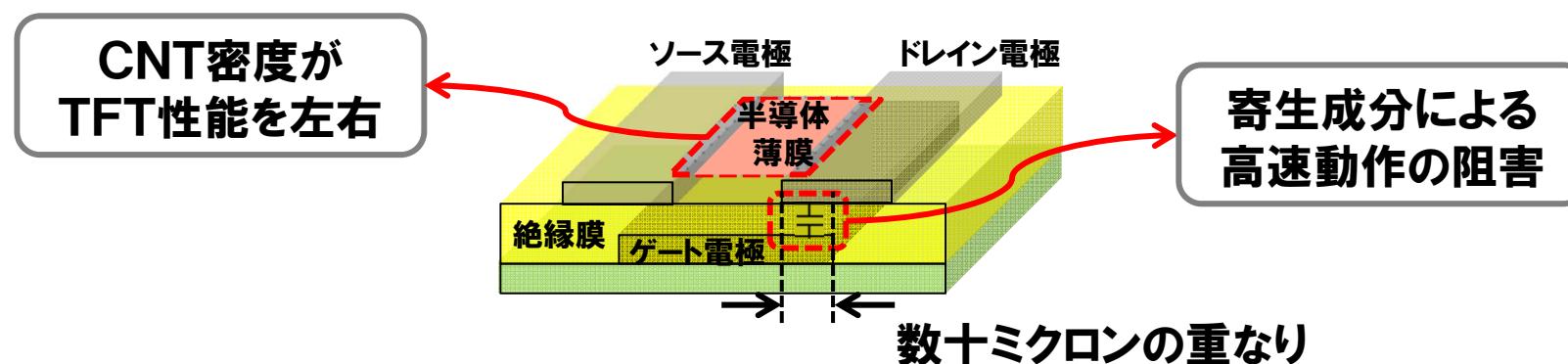
印刷CNTトランジスタの製造方法

- 電極などが形成された基板に半導体チャネルをCNTインクで印刷し製造



高性能化へ向けた開発課題

- 印刷精度に起因する電極(ドレインとゲート)の重なりが寄生容量成分となり高速動作を阻害
- チャネル中のCNT密度で出力電流が決まる。チャネル密度を上げると電流リークも増大しスイッチ特性悪化



今回の開発の目的と内容

目的

制御回路レベルの動作が可能な100kHz以上で動作するトランジスタの実現

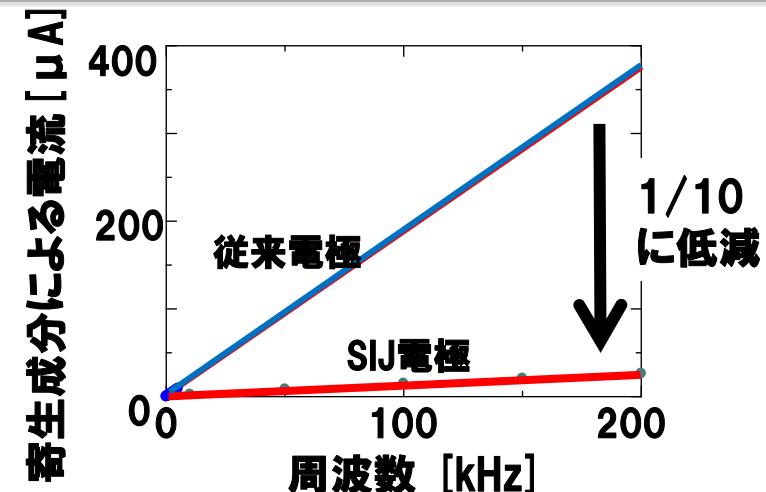
開発内容

- 印刷電極を極細構造にすることにより、CNTトランジスタに発生する寄生成分を10分の1に抑制
- CNTインクの高純度化を行い、出力電流を10倍に向上(TASC連携)

開発した技術

①寄生成分を10分の1に低減

- スーパーインクジェット(SIJ)法により約2 μm 幅の極細電極を作製
- 電極同士の重なり減少を実現し寄生容量減に成功



②出力電流を10倍に向上

- 半導体・金属分離手法改善で、CNTインクの半導体純度を98%に向上
⇒金属成分の減少による低リーク化。
半導体チャネル中のCNTの高密度化、
電流増強に成功

素子に発生する寄生成分の影響

使用インク	出力電流
従来インク	-0.6 μA
改善インク	-6.2 μA

(ゲート電圧:-30V、ドレイン電圧:-5V 駆動時)

開発インクの電気特性

極細電極・インク改善により、500kHzでの動作を実現

■ CNTを用いて印刷トランジスタとして世界最高の動作速度を実証

- 入力信号500kHzでの高速動作
 - 極細電極構造により動作時の寄生成分を10分の1に抑制
 - CNTインクの高純度化により出力電流を10倍に向上

■ 高速動作が確認されたことにより、CNTを使った制御回路実現の可能性が見出された

- 大型ポスター やシート型センサなどのフレキシブルなインターフェース機器実現に大きく前進

Empowered by Innovation

NEC