

# **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

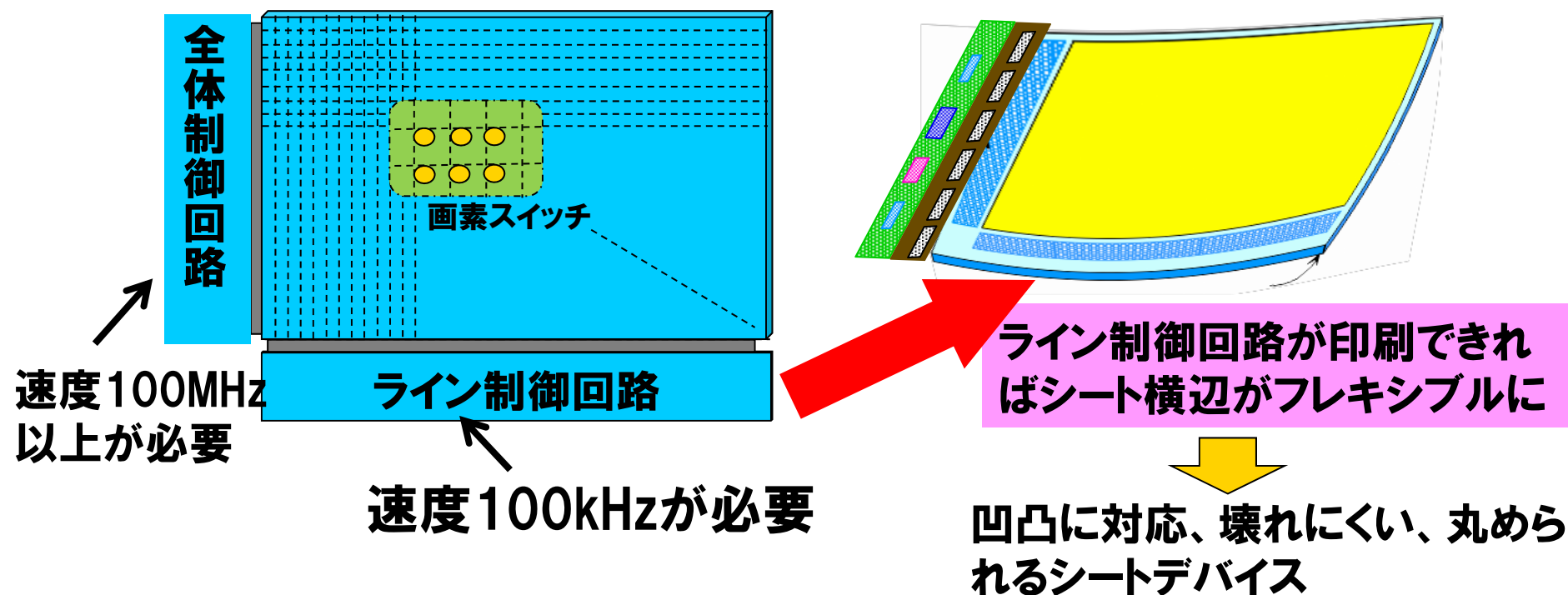
**実用化に向けた開発課題**

- 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

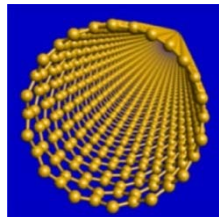
■ 動作速度100kHzがシートをフレキシブルにするマイルストーン  
表示デバイス、センサシート向け駆動回路  
～1,000×1,000画素(1Mピクセル)のシートを100Hzでスキャン～



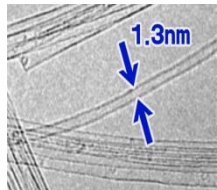
**従来技術では到達できず新半導体インク(材料)が必須**

# 印刷半導体材料としてのカーボンナノチューブ(CNT)

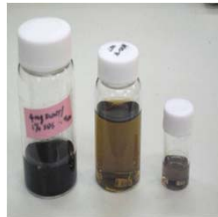
## CNTの機械的・化学的特徴



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




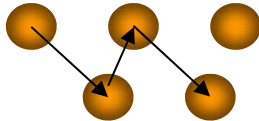
溶液中での分解・変質がない



インク化に適している

## CNTの電気的特徴

- キャリア移動度<sup>(1)</sup>が大きい
- 電流密度<sup>(2)</sup>が大きい

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

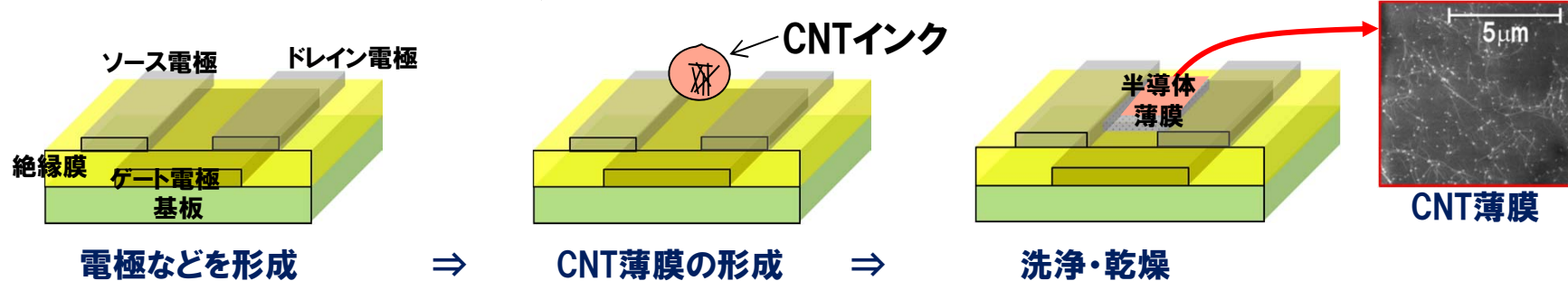
魅力的な電気特性

(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

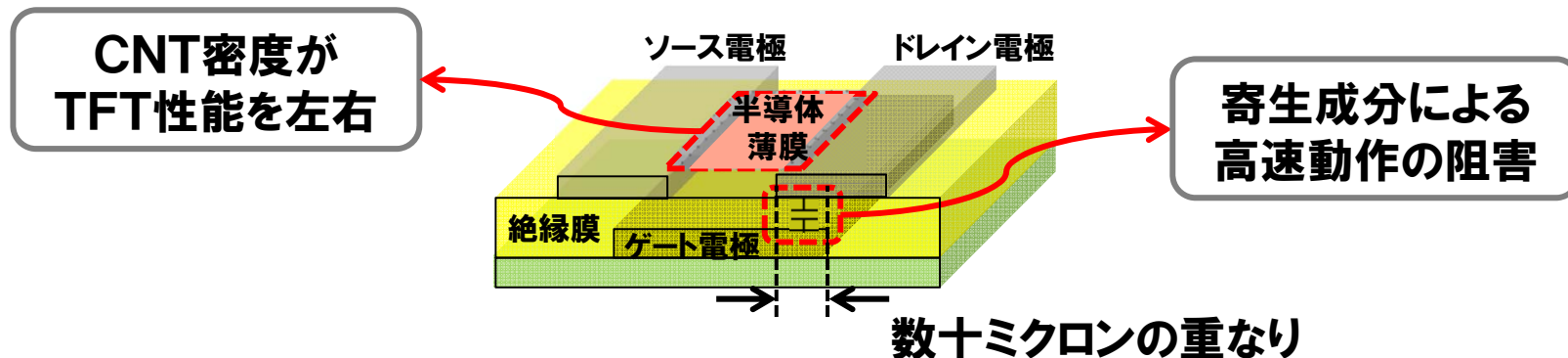
## 印刷CNTトランジスタの製造方法

- 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

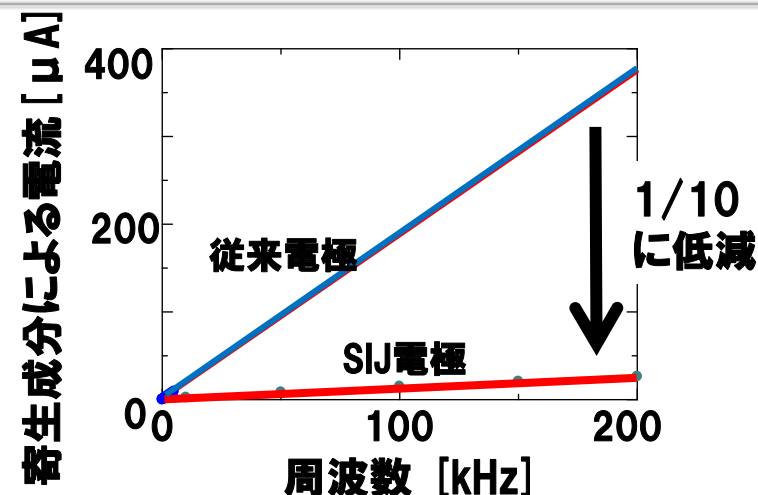
- 印刷電極を極細構造にすることにより、CNTトランジスタに発生する寄生成分を10分の1に抑制
- CNTインクの高純度化を行い、出力電流を10倍に向上(TASC連携)

# 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 $2\mu\text{m}$ 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



素子に発生する寄生成分の影響

## 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

使用インク	出力電流
従来インク	$-0.6\mu\text{A}$
改善インク	$-6.2\mu\text{A}$

(ゲート電圧:  $-30\text{V}$ 、ドレイン電圧:  $-5\text{V}$  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**

## まとめ

---

### **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**