

平成 2 4 年度実施方針

電子・材料・ナノテクノロジー部

1. 件 名：プログラム名 ナノテク・部材イノベーションプログラム
(大項目) 次世代プリントドエレクトロニクス材料・プロセス基盤技術開発

2. 根拠法

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第 1 5 条第 1 項第 2 号及び第 3 号

3. 背景及び目的・目標

本事業は「ナノテク・部材イノベーションプログラム」の一環として実施する。現在、電子ペーパーや携帯電話など情報機器においては、用途の多様化などから、フレキシブル性や軽量化が求められている。また、真空や高温を駆使して多量のエネルギー・資源を消費する既存のデバイス製造プロセスからの脱却を図り、省エネルギー・省資源化への転換が期待されている。このような社会的要求・課題を鑑み、本プロジェクトでは、省エネ・大面積・軽量・薄型・フレキシブル性を実現可能なプリントドエレクトロニクスの技術開発を行い、産業競争力の強化と新規市場の創出に貢献する。

我が国は本分野において、材料技術、印刷技術、プロセス技術、デバイス技術等の優位性の高いシーズ技術を有している。これらの技術の擦り合わせによる技術開発を通じて、新規市場を創出する。そのためには量産性、耐久性・信頼性の向上に加え大幅な低コスト化が不可欠である。また、国際的な市場拡大に向けた取り組みも必要である。

本事業では、プリントドエレクトロニクスの本格的な実用化のために要求される製造技術の高度化、信頼性向上及び標準化の推進等に資する基盤技術開発を行う。さらに、市場拡大・普及促進等に資する実用化技術開発を総合的に推進し、プリントドエレクトロニクスの普及のために必要な要素技術を確立することを目的として、以下の研究開発を実施する。

[委託事業]

研究開発項目①「印刷技術による高度フレキシブル電子基板の連続製造技術開発」

(1) 標準製造ラインに係る技術開発

【最終目標(平成 2 7 年度)】

on 電流の面内平均値からのばらつきが $\sigma \leq 10\%$ 以下のスペックを持つ A4 サイズの TFT アレイを 50 枚連続生産が可能な製造プロセスの要素技術を確認する。生産タクトは 1 平米あたり 90 秒以下を実現する技術を確認する。

【中間目標(平成 2 5 年度)】

on 電流の面内平均値からのばらつきが $\sigma \leq 10\%$ 以下のスペックを持つ A4 サイズの TFT

アレイを作製し、連続生産するための製造プロセスの課題を抽出する。

(2) TFT に特有の特性評価に係る技術開発

【最終目標(平成27年度)】

TFT アレイの信頼性の評価方法を確立する。あわせて評価手法の標準化の検討を行う。

【中間目標(平成25年度)】

(1) で作製される TFT アレイの性能評価方法を確立し、材料スクリーニングや、印刷プロセスの最適化検討を行う。

研究開発項目②「高度 TFT アレイ印刷製造のための材料・プロセス技術開発」

【最終目標(平成27年度)】

位置合わせ精度 $\pm 10\mu\text{m}$ 、 120°C 以下の温度で生産できるプロセスの要素技術を確立する。また、素子の動作周波数が 1MHz 以上を示す TFT アレイを印刷法で製造し、デバイスとして駆動することを実証する。加えて作製された TFT アレイを用いて、圧力、もしくは接触による情報入力デバイスを試作し、落下試験など耐衝撃性を評価し堅牢性を検証する。TFT アレイの面積化(メートル級)においては、面積 TFT アレイの連続製造に適用可能な製造プロセスの設計指針を提示する。

【中間目標(平成25年度)】

位置合わせ精度 $\pm 20\mu\text{m}$ 、 150°C 以下の温度で生産できるプロセスの要素技術を確立する。また、印刷法で製造した TFT 素子において、動作周波数 0.3MHz 以上を示す材料・プロセス技術を開発する。

研究開発項目③「印刷技術による電子ペーパーの開発」

(1) 電子ペーパーに係る共通基盤技術開発(平成22年度～23年度実施)

【平成23年度目標】

各種電子ペーパーの仕様を決めるための TFT アレイとの接合条件や駆動電圧などについて基礎データの収集を行い、デバイスとしての課題を抽出し、得られた結果をもとに設計指針を提示する。

研究開発項目④「印刷技術によるフレキシブルセンサの開発」

(1) フレキシブルセンサに係る共通基盤技術開発(平成22年度～23年度実施)

【平成23年度目標】

各種フレキシブルセンサの仕様を決めるための TFT アレイとの接合条件や駆動電圧などについて基礎データの収集を行い、デバイスとしての課題を抽出し、得られた結

果をもとに設計指針を提示する。

[助成事業（助成率：2／3以内）]

研究開発項目③「印刷技術による電子ペーパーの開発」

（2）高反射型カラー電子ペーパーの開発

【最終目標（平成27年度）】

印刷法を用いてフィルム基板上に反射率50%以上である対角10インチのカラー（512色）パネルを作製し、工業的に製造が可能であることを実証する。10インチパネルの重量は60g以下を達成する。

【中間目標（平成25年度）】

印刷法を用いてフィルム基板上に反射率50%以上である対角6インチのカラー（64色）パネルを試作する。

（3）高速応答型電子ペーパーの開発

【最終目標（平成27年度）】

フレキシブルな透明電極と表示部を組み合わせ、10インチでカラー表示、75ppi、応答速度が25ms以下のスペックを持つパネルを作製し、工業的に製造が可能であることを実証する。10インチパネルの重量は60g以下を達成する。

【中間目標（平成25年度）】

フレキシブルな透明電極と表示部を組み合わせ、10インチで単色表示、150ppiのスペックを持つパネルを作製する。

（4）大面積軽量単色電子ペーパーの開発

【最終目標（平成27年度）】

A4サイズのフィルム基板上に120ppi以上の解像度を持つTFTアレイを完全印刷工程で安定かつ連続的に製造する技術を開発する。製造タクト時間は1枚あたり3分以内を達成する。作製されたTFTアレイと表示部を組み合わせたパネルを作製し、軽量単色電子ペーパーが工業的に製造可能であることを実証する。パネルの重量は40g以下を達成する。また、得られた成果を基に大面積化に向けたプロセス・デバイスの設計指針を示す。

【中間目標（平成25年度）】

印刷法を用いてA4サイズのフィルム基板上に120ppi以上の解像度を持つTFTアレイを安定かつ連続的に製造する技術を開発する。製造タクトは1枚あたり10分以内を達成する。

研究開発項目④「印刷技術によるフレキシブルセンサの開発」

（2）大面積圧力センサの開発

【最終目標（平成27年度）】

1mm角あたり1素子の密度で形成したTFTアレイの特性(移動度および閾値電圧)のばらつき $\sigma < 5\%$ 以下で、連続駆動が10Hz相当以上で可能なメートル級の大面積TFTシートを試作する。これを背面基板に用いた圧力センサシートを試作し、情報入力モデルデバイスとして実用可能であることを実証する。

【中間目標(平成25年度)】

A4サイズ相当の領域内で構成層間のアライメント精度 $50\mu\text{m}$ 内、素子の特性ばらつき(移動度および閾値電圧) $\sigma < 10\%$ を達成する大面積TFTシートの製造技術と製造装置の開発を行う。得られた加工精度と素子特性に基づき、メートル級のTFTアレイを大面積化するための設計指針を示す。

(3) ポータブルイメージセンサの開発

【最終目標(平成27年度)】

A4サイズへの展開を前提とした100mm角フレキシブル基板にイメージセンサ素子を形成し、TFTアレイとの結合を最適化することにより100ppi相当で画像入力可能なポータブルイメージセンサアレイを試作し、実用可能であることを実証する。

【中間目標(平成25年度)】

50ppi前後の密度でイメージセンサアレイを基板上に形成し、画像読み取りが可能であることを検証する。これにより得られた知見をもとに100ppiのイメージセンサアレイ作製の設計指針を示す。

4. 実施内容及び進捗(達成)状況

国立大学法人 東京大学 工学系研究科 教授 染谷隆夫氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

4.1 委託事業内容

平成22年度には、基本計画に基づき委託先を公募し、応募のあった提案について外部有識者による事前審査を行った。契約・助成審査委員会を経て委託先を決定して、研究開発を開始した。

平成23年度には、以下の研究開発を実施した。

研究開発項目①「印刷技術による高度フレキシブル電子基板の連続製造技術開発」のうち、(1)標準製造ラインに係る技術開発については、印刷によるTFTアレイ製造において、各工程の装置導入を行った。さらに、導入した装置にて、材料とプロセス条件を選別し、連続製造可能な装置のプロセス設計指針を得た。また、(2)TFTに特有の特性評価に係る技術開発については、作成したデバイスの評価方法の検討を行った。

研究開発項目②「高度TFTアレイ印刷製造のための材料・プロセス技術開発」については、研究開発項目①で導入した装置により、TFTアレイ製造に使用する各種候補材料やプロセス及び、印刷の際の位置合わせ方法の初期検討を行った。また、材料の組成・プロセス検討及び各材料に要求されるスペックの洗い出しを行い低温化のための開発指針を得た。プロセス環境の温湿度制御の高精度化($23\pm 2^\circ\text{C}$ 、 $40\pm 10\%RH$)を達成した。

研究開発項目③「印刷技術による電子ペーパーの開発」のうち、(1) 電子ペーパーに係る共通基盤技術開発については、A4サイズのフィルム基板上に印刷法を用いて120ppi以上の解像度を持つTFTアレイを連続的に生産するための課題抽出を行った。またその評価手法の課題を抽出した。これにより、電子ペーパー用のフレキシブルTFTバックプレーンを印刷技術により製造するための基盤構成材料およびプロセス工程の設計指針を示した。

研究開発項目④「印刷技術によるフレキシブルセンサの開発」のうち、(1) フレキシブルセンサに係る共通基盤技術開発については、メートルサイズ級の面積圧力センサシートを実現するためのフレキシブルTFTアレイを印刷技術で形成するための課題抽出を行うとともに、TFTとセンサ部の接合の仕様と課題抽出を行った。これにより、TFTの駆動電圧等のデバイスパラメータ及びインターフェース部である層間膜、画素電極の設計指針を提示した。

4.2 助成事業内容

平成23年度に研究開発を開始した。

研究開発項目③「印刷技術による電子ペーパーの開発」のうち、(2) 高反射型カラー電子ペーパーの開発、(3) 高速応答型電子ペーパーの開発、(4) 面積軽量単色電子ペーパーの開発については、対角3.5インチのアクティブ表示デバイスの作製と評価により、表示層構造を最適化するとともに製膜基本プロセスを確立した。特に浸透性絶縁層、電極層、電解層などのECD構成要素材料を開発した。また、表示層とTFT基板の貼り合せプロセスを開発した。バックプレーン(TFT基板)にはフォトリソグラフィ法で作製されたTFT(LTPS-TFT)を使用し、結果を印刷TFTの設計にフィードバックした。更に、対角10インチサイズ対応の製膜装置を導入し、プロセス開発を実施した。製膜装置としては、表示電極及び対極層形成用にスパッタ装置、EC層、浸透性絶縁層、白色層の形成用にコーターを導入し、条件設定を行った。TFT基板にはフォトリソグラフィ法で作製されたTFT(LTPS-TFT)を用いて開発を進めるとともに、印刷TFTの開発にも着手した。材料については、消色状態の着色低減、白色反射層の改良などにより反射率の向上を図った。また、クロミック反応を安定化させる対極層(逆反応層)材料を開発した。

研究開発項目④「印刷技術によるフレキシブルセンサの開発」のうち、(2) 面積圧力センサの開発については、有機TFTアレイの電極間、層間短絡欠陥の修正技術による低減、レーザーリペア方式による短絡箇所の除去と、その際のフィルム基材、他の有機材料層へのダメージの回避を行った。感圧ゴムを有機TFTのドレイン電極に負荷抵抗として接続したタイプの圧力センサの試作、大型化への課題を抽出した。また、素子製造プロセスの開発として、デジタルフォトアシスト印刷にかかる設備導入・立上げを行った。

4.3 実績推移

	22年度		23年度	
	委託	委託	助成	
実績額推移 一般勘定(百万円)	0	2,204	160	

特許出願件数 (件)	0	0	—
論文発表数 (報)	0	0	—
フォーラム等 (件)	0	1	1

5. 事業内容

上記の目的を達成するため、国立大学法人 東京大学 工学系研究科 教授 染谷隆夫氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施する。実施体制については、別紙を参照のこと。

5. 1 平成24年度委託事業内容

研究開発項目①「印刷技術による高度フレキシブル電子基板の連続製造技術開発」

(1) 標準製造ラインに係る技術開発

標準一貫製造ライン設計技術の開発として、フレキシブル基板上に A4 サイズ以上の TFT シートを印刷形成するための小規模製造ラインを構築する。また、フレキシブル基板上に標準印刷製造法を用いて A4 サイズの TFT シートを試作する。またそれを用いて、70ppi 以上の解像度を有する電子ペーパーを試作する。

(2) TFT に特有の特性評価に係る技術開発

印刷パターンの品質評価技術の開発として、印刷パターンならびにそれに用いるインク材料、プロセス材料及び構成部材に関して、その物性の標準評価法を定めて提示する。

研究開発項目②「高度 TFT アレイ印刷製造のための材料・プロセス技術開発」

デバイスの高動作速度化構成部材の開発として、印刷法で製造した TFT 素子において、遮断周波数 0.1MHz 以上を示すことを実証する。フィルム基板上に、印刷で形成するフレキシブルシート TFT アレイにおいて、その高動作速度化を実現させるための材料・プロセス技術を検討し、これらの最適化のための課題を抽出する。

5. 2 平成24年度助成事業内容

研究開発項目③「印刷技術による電子ペーパーの開発」

(2) 高反射型カラー電子ペーパーの開発

印刷法を用いてフィルム基板上に反射率 50%以上である対角 10 インチのカラー (512 色) パネルを作製することにより、工業的に製造が可能であることを実証する。

(3) 高速応答型電子ペーパーの開発

平成 25 年度中にフレキシブルな透明電極と表示部を組み合わせた 10 インチで単色表示、150ppi のスペックを持つパネルを作製するため、画像処理装置の精度向上 (<5 μm) を達成すると同時に高精度ワーク搬送装置に着手する。

(4) 大面積軽量単色電子ペーパーの開発

完全印刷工程 (全層を真空成膜および露光工程等を用いず印刷工程だけで形成する) で、A4 サイズのプラスチックフィルム基板上に対角 10.7 インチ/120ppi / XGA の印刷 TFT アレイを連続 50 枚以上製造できるプロセスを確立する。将来の大面積化に関して

G1 級(400mm×300mm)以上のフィルムサイズ実現のための設計指針を抽出する。

研究開発項目④「印刷技術によるフレキシブルセンサの開発」

(2) 大面積圧力センサの開発

有機 TFT アレイの電極の断線欠陥の修正技術による低減を図る。アクティブマトリクス型新規圧力センサの方式調査、動作実証と大型化への課題抽出を行う。素子製造プロセス開発の力センサ形成として、圧力検出方式候補の試作、検出感度の実力値を把握する。

5. 3 平成24年度事業規模

一般勘定 400百万円(継続 委託・助成)

平成23年度補正予算額(一般勘定) 1,984百万円(継続 委託・助成)

事業規模については、変動があり得る。

6. その他重要事項

(1) 運営・管理

研究開発全体の管理・執行に責任と決定権を有する独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(以下、「NEDO」という。)は、経済産業省と密接な関係を維持しつつ、プログラムの目的および目標に照らして適切な運営管理を実施する。また、必要に応じて、外部有識者の意見を運営管理に反映させる。

(2) その他

本プロジェクトの委託研究によって得られたあらゆる知的財産、研究の過程又は成果に基づき開発したプログラム、サンプル、装置などの成果物を本プロジェクト外(国内外)への供試・開示する場合は、事前にプロジェクトリーダーとNEDOに連絡する。その際に、NEDOが申請書の提出を求めた場合は、これに応じ速やかに提出する。

(3) 複数年度契約・交付の実施

委託事業

平成22～24年度の複数年度契約を行う。

助成事業

平成23～24年度の複数年度交付を行う。

7. 実施方針の改定履歴

(1) 平成24年3月、制定。

「次世代プリントエレクトロニクス材料・プロセス基盤技術開発」実施体制

プロジェクトリーダー
東京大学教授 染谷隆夫

協議、提言

NEDO

委託

2/3助成

平成22年度補正事業より実施

平成23年度より実施

次世代プリントエレクトロニクス技術研究組合

・実施項目

- ① 印刷技術を用いた高度フレキシブル電子基板の連続製造技術開発
- ② 高度TFTアレイ印刷製造のための材料・プロセス技術開発
- ③-(1) 電子ペーパーに係る基盤技術開発
- ④-(1) フレキシブルセンサに係る基盤技術開発

(参画企業・研究機関

旭化成(株)、(株)アルバック、出光興産(株)、コニカミノルタIJ(株)、(独)産業技術総合研究所、(株)写真化学、住友化学(株)、綜研化学(株)、ソニー(株)、大日本印刷(株)、太陽ホールディングス(株)、JNC(株)、帝人(株)、DIC(株)、東京エレクトロン(株)、(株)東芝、東洋紡績(株)、凸版印刷(株)、日本電気(株)、パナソニック(株)、ハリマ化成(株)、バンドー化学(株)、日立化成工業(株)、(株)フジクラ、富士フイルム(株)、プラザー工業(株)、(株)ブリヂストン、(株)三菱化学科学技術研究センター、(株)リコー

リコー

・実施項目③-(2)「高反射型カラー電子ペーパーの開発」

ブリヂストン

・実施項目③-(3)「高速応答型カラー電子ペーパーの開発」

凸版印刷

・実施項目③-(4)「大面積軽量単色電子ペーパーの開発」

大日本印刷

・実施項目④-(2)「大面積圧力センサの開発」

再委託

【山形大学】

・実施項目

- ①-(2) TFTに特有の特性評価に係わる技術開発
: デバイス信頼性評価技術

【千葉大学】

・実施項目

- ①-(2) TFTに特有の特性評価に係わる技術開発
: デバイス標準計測

【東京大学】

・実施項目

- ②-(5) 大面積フレキシブルセンサの駆動回路の研究開発
: 駆動回路設計

【大阪大学】

・実施項目

- ②-(3) 印刷TFT集積回路用配線の高周波特性向上の研究開発: 低温印刷高周波導電材料、計測評価技術

【広島大学】

・実施項目

- ②-(4) 低温化技術: 半導体インク化技術の研究開発