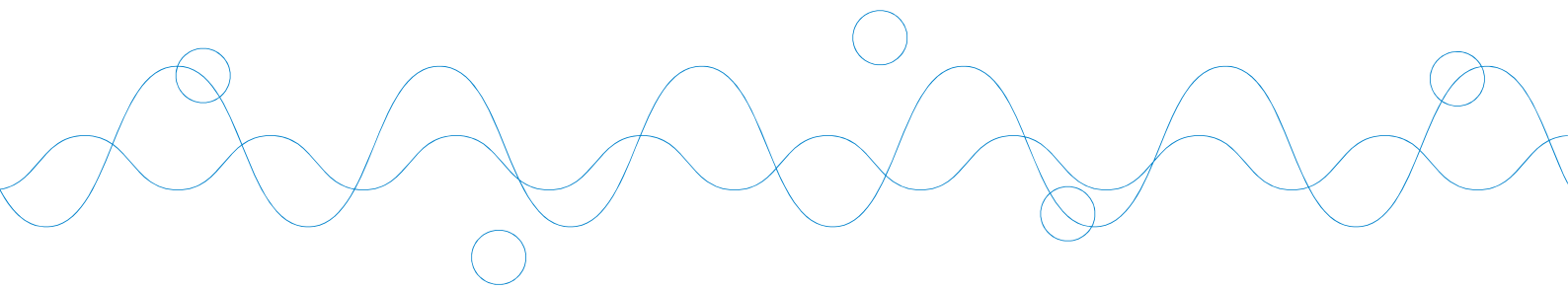


ATTAATC A AAGA C CTAAC T CTCAGACC  
AAT A TCTATAAGA CTCTAACT  
CTCGCC AATTAATA  
TTAATC A AAGA C CTAAC T CTCAGACC  
AAT A TCTATAAGA CTCTAAC  
TGA C CTAAC T CTCAGACC

## 戦略プログラム 「柔らかい」エレクトロニクス 基盤技術の研究開発

0101 000111 0101 00001  
001101 0001 0000110  
0101 11  
0101 000111 0101 00001  
001101 0001 0000110  
0101 11  
00110 11111100 00010101 011



# Executive Summary

本戦略プログラムでは、従来のシリコンエレクトロニクスに機械的な「柔らかさ」（伸縮出来る、曲げられる、巻ける、折りたためる）と言う新しい特徴を付加した「柔らかい」エレクトロニクスの基盤技術の研究開発を提案する。この「柔らかい」エレクトロニクスは、エレクトロニクス分野の拡大や新市場の創造、ひいては日本のエレクトロニクス産業活性化にトリガーをかけられる有力な方策の一つになるものと期待される。iiiページの図に「柔らかい」エレクトロニクスの概念を示す。

エレクトロニクスにおける「柔らかさ」（伸縮出来る、曲げられる、巻ける、折りたためる）、を実現する為の技術を追求すると、必然的に大面積、薄い、軽量、省収納スペース、耐衝撃性、等の多くの特長も合わせて実現される。これらはシリコンエレクトロニクスが苦手としてきた領域でもある。

具体的応用として、例えば折りたたんで持ち運び可能なフレキシブルディスプレイ<sup>1)</sup>をはじめ、大面積な対象物や曲面・複雑な立体形状にフィットするデバイス（センサ、アクチュエータ、太陽電池、バッテリー等）等のきわめて広い応用分野が、考えられる。「柔らかい」エレクトロニクスの代表的応用例の一つである有機 EL ディスプレイだけをとっても、その市場予測では2010年に約3000<sup>2)</sup>~7000億円<sup>3)</sup>、2015年には約2兆円<sup>3)</sup>の市場が開ける可能性があるとされている。

これらの製品のうち一部はプロトタイプが作られているものもあるが、まだディスプレイなどの限られた製品分野に止まっているのが現状である。

次ページの表に纏めて示すように、その理由は、材料、プロセス、デバイス・回路のいずれについても基盤技術の蓄積が充分とは言えず、限定的なプロトタイプは作製できても、それ以上の魅力ある製品を生み出すのに必要な技術的ブレークスルーが可能となっていない為である。機械的な「柔らかさ」をシリコンエレクトロニクスに付加して、新しい学問分野の創出、応用分野の拡大、技術的ブレークスルーの促進、更にはこの分野が性能、機能、コスト（価格）面で企業や一般ユーザーにとって魅力有る分野にするためには、以下の様な技術的課題を解決する事が重要である。

- 基礎物性の研究
- 新材料研究開発
- 新着想による新デバイスの研究開発
- 低コスト高信頼性新プロセス技術研究開発
- 信頼性科学の確立

本戦略プログラムはこれらの技術課題を解決するために、基礎に立ち帰って研究開発を行う事を提案するものである。またその推進方法として、技術分野や各研究機関の相互の関係を重視した分野横断的研究開発の推進を提案する。

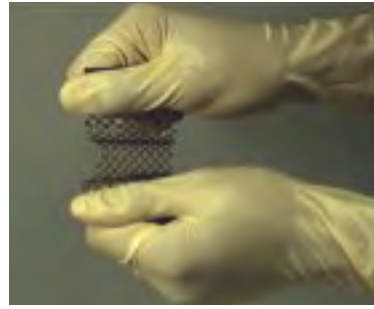
■参考文献

- 1) 科学技術未来戦略ワークショップ（電子情報通信系俯瞰 WS II）報告書（CRDS-FY2005-WR-16）
- 2) iSuppli Corporation “Organic Light-Emitting Diode Displays H2 2004”
- 3) 財団法人光産業技術振興協会資料：光産業の将来ビジョン  
ーポータレス化の中での進化と展開ー（2004(平成16)年11月）

戦略プログラム「柔らかい」エレクトロニクス基盤技術の研究開発

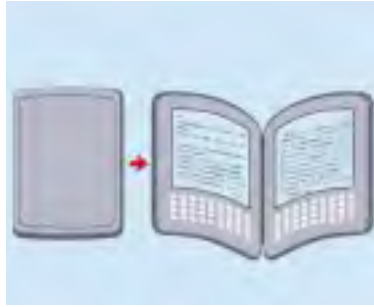
階層	材料	プロセス	デバイス・回路	システム・応用
主な特徴	「柔らかさ」（伸縮できる、曲がる、巻ける、折りたためる） 大面積、薄い、軽量、省収納スペース、耐衝撃性、ポータブル			
現状の主な取り組み	<ul style="list-style-type: none"> <li>・半導体材料</li> <li>  有機物</li> <li>  酸化物</li> <li>・基板材料</li> <li>・実装材料</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・Roll to Roll 技術*1</li> <li>・印刷技術</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・TFT*2</li> <li>・非シリコン系 FET</li> <li>・センサ</li> <li>・太陽電池</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ディスプレイ</li> <li>・バッテリー</li> <li>・フレキシブル回路</li> <li>・太陽光発電</li> </ul>
問題点	<ul style="list-style-type: none"> <li>・基盤技術の蓄積不十分</li> <li>・企業が本格的に事業化して取り組めるほど物理・化学的基礎現象が理解されていない</li> <li>・基礎理論が未確立のため、実験主導型の研究に成りやすい</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>・ただ曲がるだけでは新市場が立ち上がらない</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・構成元素、組成比等パラメータが非常に多いがシミュレーション技術が不十分</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・低コスト、大面積、省エネルギープロセスが未確立</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・限定的なプロトタイプは作製できても、それ以上の魅力的製品を生み出す技術的ブレークスルーがない</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・コストが高く、信頼性が不十分</li> <li>・各階層において各研究機関で個別に推進し、層内の連携不十分</li> <li>・各階層を縦に貫く分野横断的研究開発体制が未確立</li> <li>・基礎から応用まで連携が不十分</li> </ul>			
研究開発課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>・基礎物性の研究</li> </ul>			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・新材料研究開発</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・低コスト、高信頼性新プロセス技術研究開発</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・新着想による新デバイスの研究開発</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・新しい価値の導入による新市場開拓</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・信頼性科学の確立</li> </ul>			
推進方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・産学官（独法研究所）連携により分野横断的に基礎から応用までを同時に並行して研究開発を進める</li> </ul>			

「伸縮できる」



電子人工皮膚<sup>a)</sup>

「曲げられる」



読むディスプレイ電子ペーパー



曲げられるディスプレイ<sup>b)</sup>



車体曲面太陽電池<sup>c)</sup>



ウェアラブルデバイス<sup>d)</sup>

「巻ける」



ローラブル携帯コンピュータ

「折りたためる」



折りたたみ携帯大画面ディスプレイ

新市場の創出

「固い」エレクトロニクス

- ・高速化
- ・高集積化
- ・大容量化

+

・機械的「柔らかさ」

資料提供

a) 染谷隆夫助教授 (東京大学)  
b) 安達千波矢教授 (九州大学)

c) 本田技研工業株式会社  
d) パイオニア株式会社

「柔らかい」エレクトロニクス概念図

# Contents

1 「柔らかい」エレクトロニクス基盤技術とは	1
2 「柔らかい」エレクトロニクスの研究開発に投資する意義	2
3 具体的研究開発課題	5
■基礎物性の研究	
●「柔らかい」半導体物理の体系化	
●「柔らかい」薄膜・界面の物理化学の確立	
●「柔らかい」プロセスのための科学技術の確立	
■新材料開発	
■低コスト高信頼性新プロセス技術開発	
■信頼性科学の確立	
4 研究開発の推進方法	6
4.1 分野横断的研究開発の推進	
4.2 材料・デバイスの試作を促進する産学官（独法研究所）の 協調によるインフラ整備	
5 科学技術上の効果	8
6 社会・経済的效果	9
7 参考資料	10
<b>付録</b>	11
1 「柔らかい」エレクトロニクスの国外の状況	
1.1 韓国	
1.2 米国	
1.3 欧州	
1.4 その他	
2 用語集	

# 1 「柔らかい」エレクトロニクス基盤技術とは

「柔らかい」エレクトロニクス基盤技術とは、従来のシリコンエレクトロニクスが目指してきた集積密度向上、処理速度の向上、低消費電力化といった性能向上指標に加えて、機械的に「柔らかい」（伸縮出来る、曲げられる、巻ける、折りたためる）と言う特徴を付加した新しいエレクトロニクスの技術基盤を構成する、新しい材料、プロセス、デバイス・回路とそのシステム・応用技術を指す。

「柔らかい」エレクトロニクスの特長は機械的「柔らかさ」に加えて、実装面での自由度、耐衝撃性、大面積化、薄型化、軽量化、省収納スペース等の向上も合わせて実現できる事にある。

今後期待される「柔らかい」エレクトロニクスの具体的な応用としては、例えば「伸縮出来る」を特徴とした応用では、ロボットに人工皮膚や農業への応用として樹木の成長モニター、「曲げられる」を特徴とする応用では、電子ペーパー、ウェアラブルディスプレイ、ウェアラブル発光デバイス、ウェアラブル太陽電池、「巻ける」を特徴とする応用では、ローラブル大画面ディスプレイ、携帯用ローラブルPC、「折りたためる」を特徴とした応用では、折りたたんで持ち運べる大面積ディスプレイ、大面積センサ、等が挙げられる。

これらの製品のうち一部はプロトタイプが作られているものもあるが、ディスプレイなどの限られた製品分野に

止まっているのが現状である。その理由は、「柔らかい」エレクトロニクスを構成する材料、プロセス、デバイス・回路が従来のエレクトロニクスとは異なる全く新しいエレクトロニクスであるため、その基礎的理解と基盤技術の蓄積が不十分であることにある。これら問題を解決して従来のシリコンエレクトロニクスが苦手としていた応用分野を新たに開拓し、新しい研究分野を創出するために基礎へ立ち返って産学官（独法研究所）が連携して分野横断的な研究開発を進める必要がある。

「柔らかい」エレクトロニクスとして、以下の様な研究開発課題を提案する。

## ■基礎物性の研究

- ・「柔らかい」半導体物理の体系化
- ・「柔らかい」薄膜・界面の光物理化学の確立
- ・「柔らかい」プロセスのための科学の確立

## ■新材料研究開発

「柔らかい」エレクトロニクス用半導体材料、基板材料、実装材料

## ■低コスト高信頼性新プロセス技術研究開発

「柔らかい」エレクトロニクス固有のプロセス科学の確立

## ■新着想による新デバイスの研究開発

大面積ディスプレイ、大面積センサ、バッテリー、大面積太陽電池

## ■信頼性科学の確立



# 2 「柔らかい」エレクトロニクスの研究開発に投資する意義

「柔らかい」エレクトロニクス基盤技術の研究開発を促進する事は、従来のシリコンエレクトロニクスの苦手としていた応用分野を新たに開拓し、新市場創出<sup>1)</sup>や新しい学問分野の創出を目指す事である。

「柔らかい」エレクトロニクスの属性は「伸縮できる」、「曲げられる」、「巻ける」、「折りたためる」、の4種類に分類できる。具体的応用として図1に示す様に

「伸縮できる」では

- ・ ロボットの人工皮膚
- ・ 農林業用植物成長モニターセンサ

「曲げられる」では

- ・ 曲げた状態で使用するディスプレイ（腕時計等）や大画面壁掛けテレビ
- ・ 曲面への対応による自動車等の車体やトンネル壁面の利用
- ・ アート、ファッション分野で曲面ディスプレイ、曲面発光デバイス、ウェアラブルデバイス等を利用した新しい表現手段

「巻ける」では

- ・ 超小型コンピュータとして、万年筆のような筆記具に巻き取れてしまう、ローラブル携帯コンピュータ
- ・ 建築物のビルや木造建築の壁や大型窓ガラスに、「柔らかい」エレクトロニクス技術を積極的に使った、ディスプレイ等の新機能の付加した壁や窓ガラス
- ・ 砂漠等の広大な荒野の緑化や地球温暖化防止に寄与できる、設置が容易なロール状太陽電池

「折りたためる」では

- ・ ポータブル折りたたみ携帯大画面ディスプレイ

等が考えられるが、今後の研究開発により、この属性は更に拡張され、応用分野の拡大に繋がっていく。

国内の「柔らかい」エレクトロニクスに関する研究開発の現状は次の様な問題点を抱えており、1.で述べた研究課題を推進することは、これらの現状を打破する事に他ならない。

半導体材料面をみると有機材料では、高分子材料、低分子材料が共に研究されているが、ここでの問題点は主に移動度、最大電流、純度等が低い事や信頼性が担保されない事である。

基板材料は、PET（ポリエチレンテレフタレート：ペットボトル）、PC（ポリカーボネイト：CD）等の身近な材料が研究されているがプロセスとの相性、曲げた時の界面物性等はまだよく分かっていない。

配線材料の研究開発も重要で、ディスプレイ用には透明性を具備するという条件からITO<sup>\*3</sup>（液晶テレビにも使われている）等が研究されているが、曲げ耐性等の信頼性に関する事がよく分かっていないので、新たな材料が開発される必要がある。

実装材料も信頼性に絡む重要材料の一つであり、上述のPET、PC、やラミネートフィルム等が研究されているが、やはり信頼性等はじめ多くの課題が有る。

プロセスでは「柔らかい」エレクトロニクスはプロセスコストが小さい事が期待されており、R2R技術、印刷技術や従来技術の応用（スピンコート技術、蒸着技術、場合によってはフォトリソグラフィ技術）等が研究されているが、まだ低コスト化や形成される回路とデバイスの信頼性に関係する事がまだ良くわかっていない。

またデバイス・回路では、材料に依存するが、全体に移動度が小さく微細化も進んでいないため、高速のデバイスまで至っていない。「柔らかい」システムを構成する基本技術の一つであるディスプレイの駆動回路に用いる「柔らかい」TFTは多くの材料で活発に研究されているがまだ不十分である。

「柔らかい」エレクトロニクスの研究開発は、現在世界中がITRS\*<sup>4</sup>ロードマップの大きな影響の下にシリコンエレクトロニクスの研究開発を進めている事に一石を投じる物である。それはこのロードマップによらなくても新しい価値をエレクトロニクスに付加する事が本プログラムの推進によって実現出来ることである。本プログラムの研究開発課題では、日本の得意とする材料分野での研究開発も重要な位置を占めており、産学官（独法研究所）が有機的連携を取ることで、産学官（独

法研究所）の情報共有化が促進されると共に、産学官（独法研究所）の役割分担が明確になり、これら問題を効率的に解決出来、ひいては日本のエレクトロニクス産業の再活性化のトリガーに繋がられる。

#### ■参考文献

- 1) 「柔らかい」エレクトロニクスの代表的応用例である、有機ELディスプレイの市場予測によると2010年に約3000<sup>1)</sup>～7000億円<sup>2)</sup>、2015年には約2兆円<sup>2)</sup>の市場が開ける可能性が指摘されている。
- 2) iSuppli Corporation “Organic Light-Emitting Diode Displays H2 2004”
- 3) 財団法人光産業技術振興協会資料：光産業の将来ビジョン  
ーポータブル化の中での進化と展開ー  
(2004(平成16)年11月)





- : 伸縮できる
- : 曲げられる
- : 巻ける
- : 折りたためる

- 写真提供
- ① 本田技研工業株式会社 (2 枚)
  - ② 染谷隆夫助教授 (東京大学)
  - ③ パイオニア株式会社
  - ④ セイコーエプソン株式会社
  - ⑤ セイコーウオッチ株式会社

図1 「柔らかい」エレクトロニクス応用例

# 3 具体的研究開発課題

「柔らかい」エレクトロニクスの抱える問題点を解決するための研究開発に必要な具体的課題の例を以下に列挙する。

## ■基礎物性の研究

- 「柔らかい」半導体物理の体系化
  - ・ 有機材料（高分子、低分子、）無機アモルファス材料、ハイブリッド材料それぞれの固有現象の理論的解明（不純物の効果、伝導機構、電荷注入機構等）
- 「柔らかい」薄膜・界面の物理化学の確立
  - ・ 界面、表面の諸現象とその解明
  - ・ 界面における新しい化学反応の解明
- 「柔らかい」プロセスのための科学技術の確立
  - ・ 「微細化＋大面積」達成のための裏付け理論
  - ・ プリントブルプロセス（材料塗布、乾燥、整形など）の物性の解明

## ■新材料開発

- ・ 有機材料／高分子材料／無機材料のハイブリッド化
- ・ 高い移動度（ $\sim 100 \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{sec}$ ）を有する（有機）エレクトロニクス材料の実現
- ・ 可とう性と信頼性の高い基板フィルムの開発
- ・ 実装材料（接合材料、配線材料、封止材料など）の創生

## ■低コスト高信頼性新プロセス技術開発

- ・ プリントブルプロセス、Roll to Roll プロセス、更にはこれらの融合システムや新プロセスによる低コスト化の確立

## ■信頼性科学の確立

- ・ 耐環境性（温度、湿度、振動、湾曲など）の理論的解明
- ・ 性能劣化原因（使用時間など）の解明
- ・ 自己修復機能の創生（材料、構造など）
- ・ 多層構造の曲げにおける熱膨張係数の相違などの物理的影響の評価

# 4 研究開発の推進方法

「柔らかい」エレクトロニクスを支えるべき学問基盤や、要素技術の蓄積は一部にはあるが、「柔らかい」エレクトロニクス全体にたいしては十分ではない。統合科学としての「柔らかい」エレクトロニクスを研究し、開発する体制も十分ではない。機械的に「柔らかい」特徴を従来のエレクトロニクスに付加した新しいエレクトロニクスは、基礎物性、材料から応用・システムまでを見通したさまざまな分野・領域の産学官（独法研究所）の研究者・技術者が連携して取り組むべきテーマである。

本プログラムの推進を促進するためには、材料（無機、有機（高分子、低分子）、これら材料のハイブリッド）→プロセス→デバイス・回路→システム・応用→材料の一連のループ<sup>1)</sup>を回しながら特性向上を図るような体制の構築と、これらループを下支えする基礎分野の充実と上位階層との連携が重要である。しかし従来はこのループが必ずしもうまく回っておらず、またループを下支えする基礎分野との連携も不十分であった。これらの現状をふまえて本プログラムの推進にあたっては以下の配慮が必要となろう。

## ■ 4.1 分野横断的研究開発の推進

「柔らかい」エレクトロニクスは広い応用分野が期待されるが短期的に大きな市場が具体的に見えているとは言えず、また物理的、化学的基礎現象の理解が不足しているため企業が取り組み難く、曲がるだけでは産業界から見ると市場性があまり魅力的とは言えない。従来は基礎、材料、プロセス、デバイス・回路、システム・応用の各階

層での横の連携が中心であったがまだ不十分である。各研究機関個別の研究が中心で、せっかく良いアイデアがでて各階層間で情報が共有されないため、その成果の有効利用ができず、また産学官（独法研究所）の役割分担の不明確なこともあり非効率なところがあった。これら問題点を解消するためには、産学官（独法研究所）が協力して図2に示すような分野横断的な取り組みを行っていくことが今後必要である。このような体制の下で、産学官のそれぞれの特徴：企業の製造技術力・市場開拓能力・新商品企画力、大学の先端研究課題解決能力、そして独法研究機関の持つ技術開発力や先端設備等を生かした連携を促進する必要がある。

またデータの共有の観点からは各研究階層内あるいは階層間で測定条件を統一したラウンドロビンテストのような取り組みを国内で行なう事で同じ評価尺度を共有する事も必要である。

## ■ 4.2 材料・デバイスの試作を促進する産学官（独法研究所）の協調によるインフラ整備

実験室で優れた材料が開発され、そのポテンシャルが見通せたとしても、「柔らかい」エレクトロニクスにその材料を生かすためには、デバイス試作に使えるレベルの材料を安定に作る事ができる環境が必要である。材料の基礎研究の成果が試作レベルまでスムーズに引き継がれて行くためには、材料試作やデバイス試作等が短いTAT<sup>\*5</sup>で行えるインフラ整備と共に、試作された材料・デバイスに外部の研究者がアクセスしやすい環境作りが重要である。

■参考文献

- 1) 科学技術未来戦略ワークショップ  
 (電子情報通信系俯瞰 WS II) 報告書  
 (CRDS-FY2005-WR-16)



図2 「柔らかい」エレクトロニクス研究推進方法

# 5 科学技術上の効果

基礎分野においては、「柔らかい」半導体物理、薄膜・界面物性等の充実を図ることで技術上の大きなブレークスルーを触発し、新しい学問分野の創出や「柔らかい」の属性が拡大される。

技術開発では、基礎の理論的裏付けが出来ることで、新材料、特に新しい有機材料の移動度、可とう性と信頼性の高い基板、実装材料等の性能向上等の研究推進の指針が明確化され、設計からプロトタイプまでのアプローチの効率が向上することで、開発期間の短縮にもつながる。またここで開発される技術はシリコンプロセスへの展開も期

待でき、特に低コスト化に寄与できる。

実装面では従来の部品が「柔らかく」なることをシリコンエレクトロニクスに展開することで従来製品の小型化に貢献できる。また多くのプロトタイプが作られ発表されることで企業での実用化を促進する。

またシリコンエレクトロニクスはITRSのロードマップに強く影響されてきた。本プログラムはその影響の小さいアプローチで従来のエレクトロニクスに新しい価値を付加できる。それにより新しいエレクトロニクスが創出できる。

# 6 社会・経済的効果

新市場の創出は2.で述べた様に多くの新市場の創出が期待出来る。実際の応用場면을想像してみると例えば大画面且つ持ち運びが容易なディスプレイを自分の一番快適な場所で利用したり、「柔らかい」センサを縫い込んだパジャマを着用して、血圧、脈拍、体温等をモニターして健康管理に役立てたり、あるいは夜、屋外を歩くときにウェアラブル発光デバイスを着用し安全向上をはかるなど、人々の生活様式に変革をもたらすような多様な応用例が考えられる。

省エネルギー化への寄与と低環境負荷材料による新製品の創出の観点では、「柔らかい」エレクトロニクス製品は、有機材料も使用出来るため、低温プロセスによる省エネルギーな製造が

出来る可能性が高い。また生分解性の材料を選択することにより廃棄時の低環境負荷も可能となる。

「柔らかい」エレクトロニクスの特徴である、使用時の形態より不使用時の形態を小さく出来るため、収納スペースを小さくできる。また収納形態が小さくできることから、工場出荷時の梱包も小さくでき、その波及効果として、梱包材料の節約や、輸送コストの低減にも寄与する事ができる。

有機デバイスではセンサや太陽電池のような一つのモジュールを大面積にしたい場合、シリコンでは実現できない大面積化が簡単に達成でき、且つ設置も容易である。まだ効率は低いが大面積を必要とする、砂漠、砂丘等での利用が期待される。



# 7

## 参考資料

- G-TeC 報告書「柔らかいエレクトロニクス」国際技術力比較調査（韓国、米国）  
（CRDS-FY2005-GR-08）
- 「柔らかいエレクトロニクス」に関する科学技術未来戦略ワークショップ報告書  
（CRDS-FY2005-WR-10）
- 日経エレクトロニクス(インビジブルエレクトロニクス)(2005.5.23 p104-115)
- 第51回応用物理学関係連合講演会予稿集 No.0 31aR1、31pR4  
（AP051110-00）
- 科学技術未来戦略ワークショップ（電子情報通信系）報告書  
（CRDS-FY2003-WR-02）

※研究開発戦略センター（CRDS）発行の資料は以下の HP をご参照下さい。  
<http://crds.jst.go.jp/>

## ■ 1 「柔らかい」エレクトロニクスの国外の状況

世界の「柔らかい」エレクトロニクスの動向を今回実施した G-TeC や学会の情報から見ると、世界的にはフレキシブルディスプレイに注力されており、本戦略プログラムの様な多様な分野を対象に検討している国はまだ殆ど無く、基礎分野の研究開発に特化している所も少ない。日本は材料技術およびデバイス技術で、世界最高水準に位置している。こうした産業技術力に基礎的研究に基づく知見の裏づけを与えることで、日本の「柔らかい」エレクトロニクスは革新的技術の創出に結びついて行く事が期待される。

### ■ 1.1 韓国

「柔らかい」エレクトロニクスをめざす分野としては、画像を対象とする「見る」ディスプレイであるフラットパネルディスプレイ（液晶および有機 EL）の将来的研究開発に特化しており、文字を対象とする「読む」ディスプレイである電子ペーパーやセンサなどの研究開発はほとんどなされていない。韓国では液晶パネルのみならず、そのラインの一部も活用して有機 EL パネル（携帯用小型サイズ）のシェアを大幅に伸ばしている。しかし柔らかいディスプレイは2010年をめざした大きなチャレンジとして喧伝されているものの、実態は未だ緒に着いたばかりの状況である。すなわち、あまりにも急速に薄型 TV の普及と価格競争が始まり、将来への備えよりも、今日・明日の生産を支えることにリソースを振り向けざるを得なくなっているというのが実情と考えられる。この点

を補うように、サムソン各社は、要素技術を3M (LITI)、DuPont Steel、ポスコ（材料）、UCD（インク）等の米国の大企業およびベンチャーから積極的に導入を行っている。また、積み上げ型研究開発から生産現場に至るまで、材料、製造装置などの日本への依存度は非常に大きく、日本の現行研究プログラムのみならず、将来の研究プログラムに対する関心もきわめて高い。

### ■ 1.2 米国

米国全体で見ると、今のところ、韓国とは違い「読む」ディスプレイが主なターゲットとなっているが、実用化への展望はまだ開けていない。技術的課題が多すぎることに軍用以外の早急なニーズが見出せていないからであろう。米国では「読む」ディスプレイである電子ペーパーの研究が盛んであり、E-Ink 社(MIT 発の特許に基づくベンチャー)の電気泳動方式ライセンスが普及している。他の方式も含めた電子ペーパーが携帯に便利な「柔らかさ」を発揮するには、液晶や有機 EL 同様にアクティブマトリクスなどのバックプレーンをいかに安く、安定かつ高い歩留まりで作製できるかが重要であるが、この点ではまだ、解は得られていないと見るべきであろう。

また韓国とは対照的にディスプレイ以外にも多様な研究課題（センサ、太陽電池、有機 TFT、集積回路、電子スイッチ、レーザー）への取り組みが大学の研究室を中心に行われている。一方で従来の延長技術に基づいてフレキシブルな「読む」ディスプレイを兵士用に開発する事を目的とした Flexible Display Center (FDC) が政府（軍）・州の支援によって完成し、広大

なクリーンルームを稼働させ始めている。またアモルファスシリコンイメージセンサ発祥の地である元ゼロックス研究所 PARC では有機トランジスタの信頼性評価を地道に進めており、基礎的な知見を得る努力を継続している。3M 社では次世代のイメージ表示をいかに実現すべきかを戦略的にマーケティングしている中で、「柔らかい」媒体が有望であるとの感触を得ている。

### ■ 1.3 欧州

大学の基礎研究重視と大企業が少ない事により研究領域の棲み分けが良くなされていて、日本としてもこのような分担は参考にすべきであろう。また英国で Direct Write Technology Center (DWTC) の建設が計画されているがまだ詳細は不明である。

### ■ 1.4 その他

本年2月に開催された International Solid-State Circuits Conference 2006 (ISSCC2006) に新しく「有機トランジスタ」のセッションが新設され、このセッションで「柔らかい」エレクトロニクス関連の発表が10件近くも発表された。中でもフィリップス社の RFID<sup>\*6</sup>タグが印刷技術で作製された報告は注目に値する。今後の「柔らかい」エレクトロニクスの一つの方向を示しているように思われる。

## ■ 2 用語集

- \* 1 Roll to Roll (R2R) : 「柔らかい」フィルム状基板が円筒状のドラムに巻かれそこから引き出されたフィルムが巻き取り用ドラムに巻き取られるまでの間に印刷技術等でフィルム上にデバイス・回路が形成されるプロセス技術を指す。
- \* 2 TFT (Thin Film Transistor) : 有機 EL、電子ペーパー等の駆動回路に使用される薄膜トランジスタ
- \* 3 ITO (Indium Tin Oxide) :  $\text{In}_2\text{O}_3$  (酸化インジウム) に  $\text{SnO}_2$  (酸化スズ) をおよそ10 wt %混ぜた透明電極材料
- \* 4 ITRS (International Technology Roadmap for Semiconductors) : 国際半導体技術ロードマップ
- \* 5 TAT (Turnaround time) : 納期
- \* 6 RFID (Radio Frequency Identification) : ID 情報を埋め込んだタグから、情報を無線によってやりとりする技術

戦略プログラム

# 「柔らかい」エレクトロニクス 基盤技術の研究開発

独立行政法人 科学技術振興機構 研究開発戦略センター

制作担当 生駒グループ

〒102-0084 東京都千代田区二番町3番地

電話 03-5214-7481

ファックス 03-5214-7385

<http://crds.jst.go.jp/>

平成18年8月

©2006 CRDS/JST

許可なく複写・複製することを禁じます。  
引用を行う際は、必ず出典を記述願います。

ATTAATC A AAGA C CTA ACT CTCAGACC  
CT CTCGCC AATTAATA  
TAA TAATC  
TTGCAATTGGA CCCC  
AATTCC AAAA GGCCTTAA CCTAC  
ATAAGA CTCTAACT CTCGCC  
AA TAATC  
AAT A TCTATAAGA CTCTAACT CTAAT A TCTAT  
CTCGCC AATTAATA  
ATTAATC A AAGA C CTA ACT CTCAGACC  
AAT A TCTATAAGA CTCTAACT  
CTCGCC AATTAATA  
TTAATC A AAGA C CTA ACT CTCAGACC  
AAT A TCTATAAGA CTCTAACT  
ATTAATC A AAGA CCT  
GA C CTA ACT CTCAGACC  
0011 1110 000  
00 11 001010 1  
0011 1110 000  
0100 11100 11100 101010000111  
001100 110010  
0001 0011 11110 000101

