

1

エレクトロニクス分野

エレクトロニクス分野におけるビジネスの重要領域であり、会員の多くが興味を持つ4テーマを選択し、それぞれの市場・技術の特性に合わせた切り口でロードマップを作成した。

作成方針

1. ナノテクがビジネスに大きな影響を与えるエレクトロニクス分野で、会員が興味ある領域に焦点を当ててロードマップ作成活動を行う。
2. 今年度も昨年度と同様に会員の希望が多かった4テーマを取り上げ、内容の掘り下げや新規項目の追加などロードマップの見直しを図る。
LSI新材料プロセス, ナノ新デバイス, ナノセンシング, ディスプレイ
3. それぞれのテーマ毎にワーキンググループを構成し、専門家のヒアリングをベースにした技術調査、他分科会とのインター分科会開催による意見交換を行い、それぞれの領域の市場・技術特性を考慮した独自の切り口を出す。
4. ロードマップの中にナノテクの必要性を明記する。

課題

1. 単なる技術ロードマップにならないようにビジネス・製品との関連を分かり易く記載する。
2. 日本だけでなく世界中から注目されるユニークで魅力的なビジネスロードマップにする。

今後の予定

1. 作成したロードマップは公開し、それに対する反響を次年度の活動に反映させる。
2. 次年度は不足している部分を付け加えてそれぞれのロードマップを完成させ、3年間の活動を締めくくる。

WG構成	H17年度取組み		次年度以降
LSI材料・プロセスWG	ナノCMOS, 3次元ナノ実装	RM	ユビキタスLSI 機能化材料プロセス (メモリ, MEMSなど)
ナノ新デバイスWG	新不揮発性メモリ, ナノ光デバイス, (CNTデバイス, デバイス評価技術)	RM	有機/分子デバイス 磁気/光メモリ
ナノセンシングWG	自動車用 ナノセンシング技術	RM	ユビキタスセンサ NEMSセンサ集積
ディスプレイWG	有機TFT, 透明導電膜, 次世代基板材料	RM	フレキシブルディスプレイ

H17年度のエレクトロニクス分科会の取組み項目

2 LSI新材料・プロセス(1/4)



LSI関連のナノテク材料、技術において、エネルギー、スピード、価格をキーワードとしてナノテクの必要性、ナノテクの効果を浮き彫りにし、ビジネスロードマップを作成した。

作成方針

1. LSIのロードマップ上でナノテクが必要となる分野を中心に、一部の関連分野も包含する。
2. モバイル分野を中心にする市場的潜在ニーズを実現できるナノテクにフォーカスを当てる。
3. パッケージおよびパッケージとつなぐ技術・ビジネスも視野に入れる。

課題

1. 社会における潮流との連動
2. ITRSロードマップのとの切り口の違いを如何に明確にするか！
3. 技術の相互関連性をどのように表現するか！

今後の予定

ナノCMOS、3次元ナノ実装技術が応用されたLSIデバイスがどのような社会的なインパクトを生み出すのかを明らかにする。

LSI新材料・プロセス関連の全体像

1. ナノCMOSデバイスと3次元ナノ実装技術の融合
2. ボトムアップ型ナノテクによるスーパコネク配線
3. 微細化、高集積化 超微細化へ継続的に進展

	技術要素	開発方向性とナノテクの必要性	2005年	2010年	2015年			
潮流	技術的潮流	・微細化の流れの維持 ・他分野との融合の流れ (MEMS, 実装, 3次元)	従来からの本流の微細化の追求		微細化ビジネス限界によりナノ機能素子との融合加速			
			融合によるシステムとしての高集積化、高機能化追求	ユビキタス時代を迎え低消費化、高機能多機能化、分散処理へ				
製品	デバイス	(ITRSテクノロジー・ロード)	hp90	hp65	hp45	hp32	hp22	
		ナノCMOS	・ばらつき低減、再現性確保 ・高速化 & 低消費化 ・材料特性最大限利用		至SiA 1μ素子	11μ73次元構造素子	10nmデバイス	
必要技術	ナノテク	3次元ナノ実装	・多機能、高機能化 ・3次元化 ・異種基板実装		極薄積層素子	3次元LSI	3次元構造素子/SOI	マルチチップSiP
		基板Si材料リソグラフィ	・ナノCMOS構造と一体化 ・価格適正化, CD制御性		至Si基板	極薄化SOI・至SOI	3次元構造素子SOI・GOI	
加工プロセス材料	ナノテク	ゲート膜・ゲート電極	・新材料導入+界面制御		ArFリソ & レジスト	液浸ArFリソ & レジスト	EUVリソ & レジスト	
		配線(チップ内下層)配線(チップ内上層 & 積層チップ間)	・新材料導入+プロセス整合 ・配線超多層化 ・薄膜チップの積層化 ・MEMS技術との融合		SiON	HfSiO ₂ HfAlO	La2O ₃	ポリアリゲン
加工プロセス材料	ナノテク	チップ・PKG接合	・インタポーザ多機能化		SiOC層間膜	多孔質化膜	エアキャップ	
		部品内蔵	・ナノコンポジット化		メタル配線 : Cuめっき	Cu-CVD	原子レベル制御配線	CNTビア
加工プロセス材料	ナノテク	プリント配線	・インクジェット配線 ・ナノボラス体製造		低インダクタンス損インターポーザ、パンプ接合	ナノ粒子ダイレクト接合		
		プリント基板	・新基板材料		キャパシタ、抵抗、インダクタ内蔵	金属材料		金属材料

3 LSI新材料・プロセス(2/4)



技術潮流と実現される製品

- 技術潮流:** LSI構造微細化の流れの維持と3次元ナノ実装技術の融合により高機能化、低消費電力化、小型化動向が加速
- 実現される製品:** カーエンターテイメント社会を支える多機能無線機器用高集積SOC/SIP、ユビキタス社会の端末・ノード機能を果たすマルチホップ・センサー用超小型LSI

ユビキタスデバイス市場領域において注目されるターゲット

モバイルユビキタスからセンシングユビキタスへの脱皮が図られる中で、端末機器および端末におけるLSIの高機能化、低消費電力化、小型化が急速に加速する

	技術要素	開発方向性とナノテの必要性	2005年			2010年			2015年												
			潮流	<ul style="list-style-type: none"> 微細化の流れの維持 他分野との融合の流れ (MEMS、実装、3次元) 	従来からの本流の微細化の追求			微細化のビジネス限界ナノ新機能素子との融合			融合によるシステムとしての高集積化、高機能化追求			ユビキタス時代を迎え低消費化、高機能多機能化							
製品デバイス	ナノCMOS	<ul style="list-style-type: none"> ITRSテクノロジーノード ITRS/クワシカCMOS 消費電力の低減、Vth制御、リーク低減 バックゲートによる制御 新材料によるキャリア伝導特性向上 新規構造による静電特性向上 	hp90	hp65	hp45	hp32	hp22	バルクSi MOSのスケールアップ	プレナFD-SOI	FinFET	微細バルク素子	極薄積層素子	至Siバルク素子	バルク3次元構造素子	低消費FD素子	高速・低消費FD素子	ハリスティック素子	10nm CMOS	高速PD素子	3次元構造素子/SOI	新機能素子
			SOIナノCMOS、ナノ新機能素子	<ul style="list-style-type: none"> アプリケーションの潮流 SOC/SIPのイメージ 高速高性能PKG (高速サーバ、BB機器) 	カーエンターテイメント化	モバイルユビキタス	マルチホップセンシングネットワーク	高集積SOC (多機能)	モバイル低消費電力SOC/SIP	センシングLSI	高速SOC/SIP	BGA Ball Grid Array	FCBGA Flip Chip BGA	スタックPKG	3D-LSI	3D-PKG	CSP Chip Size Packaging	WLCSP Wafer Level CSP	MCP/SiP Multi Chip Packaging System in Package		
	3次元ナノ実装	<ul style="list-style-type: none"> 3次元PKG (SIP) 小型薄型PKG (モバイル、ウェアラブル機器) 																			

	特徴	
	モバイルネットワーク(2000~2010)	ユビキタスネットワーク(2010~2015)
基幹系	高速演算型LSI(100Wクラス) SOC	高速演算型LSI(300Wクラス)
端末機器系	RF低消費電力化 高密度・低消費電力メモリ(500Mbit) SIP FBGA	メディア処理低消費電力化(1Wクラス) デバイス消費電力3W問題 多機能・小型化(アナログ・デジタル混載) クワフィック・RF電波トランジック処理 超高密度・低消費電力メモリ(5Gbit) 3次元ナノ実装SIP + FBGA
端末ノード系	無線LAN端末(<1W)	低待機・作動電力化(mWクラス) 多機能(マルチホップコントロール) ファイバー網給電機構(受光・増幅型) 非常用メモリー機能(>1Gbit)
センシング端末	パッシブ機能 RFタグ(W)	アクティブ機能 極低消費電力化(μW) 電波給電 スイッチング増幅(pF) 超小型・NEMS実装 SOC/CSP

4 LSI新材料・プロセス (3/4)

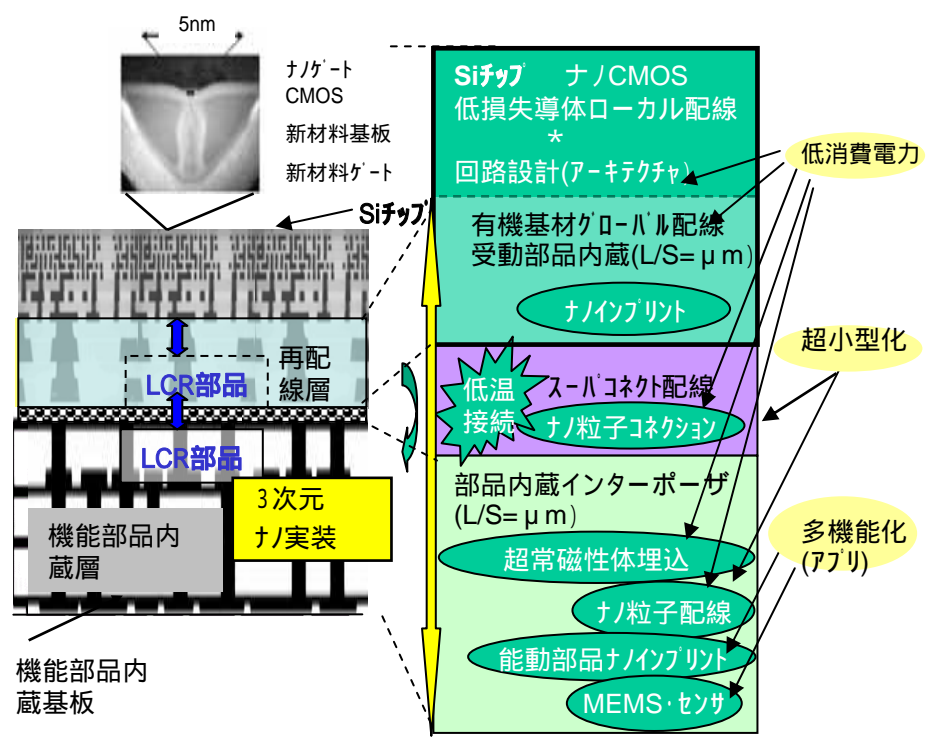


実現されるデバイス性能とターゲット

1. **超低消費電力** 次世代モバイル機器/ナノCMOS
2. **超小型** センシング(ノード) 端末/3次元ナノ実装
3. **多機能化** 次世代モバイル端末(端末)
/MEMS融合、能動部品融合

要素技術1: ナノCMOS

1. **基板**: キャリア移動度向上とともに、極薄基板、特性ばらつき制御のための基板技術が急速進展
2. **リソグラフィ**: 液浸ArF技術が延命しつつ、次のEUV技術へ将来的には移行
3. **ゲート**: 新材料のHf系、La系ゲート導入と界面制御がポイント、ゲート電極は新材料のメタルゲートが必須



	技術要素	開発方向性とナノテの必要性	2005年					2010年					2015年				
			hp90	hp65	hp45	hp32	hp22	hp90	hp65	hp45	hp32	hp22	hp90	hp65	hp45	hp32	hp22
製品	ナノCMOS		hp90	hp65	hp45	hp32	hp22										
必要技術 ナノテ	Si基板 バルク、IC基板 SOI基板	・キャリア伝導特性の向上のための歪導入、Ge導入 ・低消費電力向けSOI基板 ・デバイス構造にあった新構造Si基板	極薄基板 完全平坦化基板 歪Si基板 Ge/Si基板 TSi = 25nm 極薄化SOI TSi = 15nm 歪SOI GOI 3次元構造素子SOI ナノSi積層SO、メタル基板SOI														
	リソグラフィ 露光	・マスク、装置等の価格の適正化と量産対応 ・液浸ArF、EUV中心、他は部分適用か。	hp90 hp65 hp45 hp32 hp22 ArFリソ 液浸ArFリソ EUVリソ ML2リソ NIPリソ														
加工 & プロセス 材料	レジスト材料	・多層レジスト適用等によるCD制御 ・超臨界乾燥等による高A/R対応	hp90 hp65 hp45 hp32 hp22 ArF新レジスト EUV新レジスト CD制御レジストプロセス														
	ゲート ゲート膜 ゲート電極	High-k膜: ・SiO ₂ 匹敵の電気特性(V _{th} 、リーク電流) ・界面特性、チャネル移動度 メタルゲート: ・仕事関数(ミッドキャップ) ・抵抗率、CMOS互換性	EOT = 1.5nm EOT = 1.0nm SiON HfSiO ₄ , HfAlO La ₂ O ₃ 界面層: SiO ₂ 界面層: Nitrided Oxide 界面層無し ポリSi ポリSiGe シリサイド (NiSi) メタルゲート (Ru, Ta)														

5 LSI新材料・プロセス (4/4)



要素技術2: スーパーコネク配線

要素技術3: 3次元ナノ実装

- 配線技術:** Cu配線の高度化、バリアメタルの工夫が当面の課題。将来的には、ローカル配線は、原子レベル制御金属配線、さらCNT配線等で極低損失化。ナノインプリントとナノ粒子配線技術の進歩により、グローバル配線技術に適用
- 配線層間膜:** IMDは多孔質材料を中心にHM/CAPを含めた低誘電率化が当面の課題、ローカル配線はエヤギャップによる極低誘電率化へ

- チップ/パッケージ接続:** チップ配線ルールを継承したナノ粒子形成バンプ接合へ、最終的にはダイレクト接合へ
- 部品内蔵:** パッケージ/基板への受動部品内蔵からMEMS融合へ
- プリント基板:** ポーラス化とナノインプリント構造形成による低誘電率化とナノ超常磁性材料利用による高透磁率化が進み、極低損失化が進行

		技術要素	開発方向性とナノテクの必要性	2005年	2010年	2015年
製品		スーパーコネク配線 3次元ナノ実装		hp90	hp65	hp45
					hp32	hp22
必要技術	配線 (ローカル配線) 層間膜	配線プロセスの信頼性の確保 層間膜: ・高精度CMPと多孔質膜のプロセス整合 ・HD/CAPを含めた低誘電率化	IMD: SiOC	k=2.7		k=2.4
				k=2.1		エアギャップ
ナノテク	配線メタル	配線メタル: ・Cuのマイグレーション耐性 ・バリアメタルを含めたプロセスの安定性	HM/CAP: SiN, SiO, SiC		多孔質化膜	
			LOCAL: Cuめっき		CNTピア	
加工 & プロセス	チップ配線 (グローバル配線) 配線メタル	チップ配線周波数	METAL配線: Cuめっき		低散乱金属配線 (原子レベル制御)	
			CVD-Cu		ALD-Ti/TiN, Ta/TaN	
材料	層間膜	層間膜: SiOC	バリアメタル: CVD-Ti/TiN, Ta/TaN		有機系/無機系ハイブリッド膜	
			めっき銅配線		改質銅配線	
			3.5GHz	7GHz	7GHz	
			めっき銅配線		低散乱金属配線	
			改質銅配線		CNT配線	
			層間膜: SiOC		光インターコネク	
			多孔質化膜			

		技術要素	開発方向性とナノテクの必要性	2005年	2010年	2015年
製品		3次元ナノ実装		hp90	hp65	hp45
					hp32	hp22
必要技術	チップ/パッケージ接続 メタル接合 インターポザ	・ナノ粒子低温接合技術 ・自己組織化 (インターポザ基板) ・ナノめっき技術 ・ナノインプリント適用	半田ボール/半田ポスト	ナノ粒子バンプ接合		ナノ粒子ダイレクト接合
				低インダクタンス損インターポザ、バンプ接合		
ナノテク	部品内蔵 キャパシタ インダクタ	・ナノめっき技術 ・低温結晶化蒸着技術 ・樹脂と高誘電率セラミック粒とのコンポジット ・IJで部品造り込み技術 ・ナノコンポジットアプローチ ・MEMSとの融合	キャパシタ、抵抗		マイクロキャパシタ、抵抗 (携帯・自動車)	
			インダクタ		新材料インダクタ 低誘電損 (高周波)	
加工 & プロセス	能動デバイス		インクジェット形成技術の適用			基板融合MEMS
						ベース融合MEMS
材料	プリント基板 プリント配線	・フェムトリットルインクジェット配線技術 ・高効率加熱技術 ・ナノインプリント配線・ピア形成 ・ナノボラス体製造技術 (自己組織化) ・異種ポリマーのナノレベル複合化 ・ナノボラスの分散 ・絶縁膜の多孔質化 ・樹脂/磁性体ハイブリッド技術+配向化技術 (自己組織化)	高精度アディティブ法		L/S: 10 μm	
			L/S: 20 μm		L/S: 5 μm	
			金属ナノ粒子回路形成 (Ag Cu)		300 μmピッチ	
			220 μmピッチ		150 μmピッチ	
絶縁膜	プリント基板材料		ポリイミドボラス膜		SiO2ボラス絶縁膜	
			k=1.7		k=1.5	
			高透磁率基板 (ナノ超常磁性体分散)		高透磁率基板 (ナノ配向磁性体分散)	

ナノ新デバイス(1/5)

MOSFETとは動作原理が異なり、LSIに付加価値を与えるような新たなナノデバイスのロードマップ作成を行う。本年度は2テーマのロードマップを追加した。

作成方針

1. ナノ新デバイスの調査分野対象として、カーボンナノチューブデバイス、デバイス分析技術、新不揮発性メモリ、ナノ光デバイス、分子デバイス、ナノ加工、他を設定した。
2. 本年度は、CNT新デバイスとデバイス分析技術ロードマップ更新と、新不揮発メモリ、ナノ光デバイスの2テーマを追加。

課題

1. 潮流部分は、エレクトロニクス全般に係わる項目の記載となったが、具体的記述を追加していく。
2. 技術部分に定量的目標値を追加していく。

今後の予定

1. 本年度追加分の新不揮発メモリとナノ光デバイスのロードマップを拡充・完成させる。
2. 最終的に調査に取り上げられないが重要性の高いテーマについて、項目を挙げる。

CNT新デバイス

1. CNT新デバイスの出口イメージとして、IT関連技術では、LSI配線ビア、センサ、トランジスタ、放熱部品、リレー、メモリ、キャパシタなど多数考えられている。ここでは、特に、配線、トランジスタ、センサを重点的に調査。
2. CNT基板という新しい素材商品概念を取り入れ、CNTの適用分野拡大・促進の可能性を検討する。
3. CNTトランジスタは、超高周波・超高速性を目指すタイプと、基板を選ばない低コスト性を目指すタイプがあり、両方を記載。

ナノ光デバイス

1. ナノエレクトロニクスに関連の光デバイスとして、主にLSI配線用(チップ内、チップ間)の光デバイスを中心に調査した。
2. 本年度は、シリコンベース技術(シリコンフォトニクスと呼ばれる分野)について調査。従って化合物デバイスは含まれていない。

ナノ新デバイス (2/5)



CNT新デバイス

年代	技術要素	開発方向性とナノテク必要性	05	10	15	20
潮流	エレクトロニクス機器技術	エネルギー消費が少なく、環境に優しく、使いやすく、どこにいてもだれとでも話せる技術が必要。	コビキタス社会 環境にやさしい低エネルギー社会 センサーネット社会 高度福祉社会			
製品	基板、センサ、LSI配線、放熱部品、FETなどの半導体部品	高性能化、低消費電力化、低コスト化の要求。従来にないナノ新材料、ナノ構造により、飛躍的な機能向上が望まれる。	CNT基板 基板(低品質) 基板(高品質) センサ { 高感度センサ(単一電荷、ガス、化学他) スイッチ/トランジスタ { 1円以下RFID 廃棄可能なRFID 低コストスイッチ 高周波デバイス(ミリ波) トランジスタ 小規模回路 LSI LSI配線関連 { 放熱ハンパ CNTビア配線 CNT横配線			
技術	プロセス技術	CNT配線を含めたLSI集積化技術、実装技術、高性能あるいは低コストを目指したCNTセンサやFETの要素技術や、ナノデバイスのためのシミュレーション技術が必要	センサ要素技術(表面修飾) } センサ 電極技術 トーピング技術 低温プロセス技術(<300) } ゲート絶縁膜、パッシベーション } アーキテクチャ、CAD、実装 } システム設計 並列成長技術 } CNTビア/フラク成長制御 } 横方向成長技術 } 機能配線技術 } Low-k整合技術 } 装置イコラ技術 } 材料設計シミュレーション、デバイス/プロセスシミュレーション }			
	基板技術	デバイス作製のため、CNTを揃えて並べる技術が必要。	CNT基板(低品質) CNT基板高品質) 方向・密度の同時制御分散技術 完全半導体CNT基板形成			
	ナノ材料技術・評価技術	半導体の性質を持ち、特性の揃った単層CNTを合成・評価する技術が必要	SWNTの直径制御 半導体/金属分離 SWNTカイラリティ制御 直径評価 金属・半導体分離評価 カイラリティ評価			

CNT新デバイスのロードマップ

ナノ新デバイス (3/5)



ナノ光デバイス

年代	技術要素	開発方向性とナノテク必要性	05	10	15	20
潮流	エレクトロニクス, フォトニクス	エネルギー消費が少なく、環境に優しく、使いやすく、どこにいてもだれとでも話せる技術が必要。	hp65	hp45	hp32	hp22
製品	<ul style="list-style-type: none"> 小型ネットワーク機器 チップ間, ボード間光配線 LSIチップ内光配線 	光デバイスの高速化, 低消費電力化, 低コスト化の要求。波長以下の領域に光を閉じ込めるナノ構造やナノ新材料により, 従来より飛躍的に小型化できるSiベースの光導波路, 光デバイスが望まれる。	SiON光導波路 (R<100μm)	Si光導波路 (R<5μm)	プラズモン金属導波路	
技術	<p>プロセス・シミュレーション技術</p> <p>デバイス技術</p> <p>ナノ材料技術 物性制御技術 評価技術</p>	<p>Si基板上的光導波路, ナノ光デバイス集積化技術, シミュレーション技術, 実装技術が必要。</p> <p>100μm以下の微細なデバイス構造で, 高速動作, 低消費電力性が必要。</p> <p>ナノセラミック粒子, プラズモン効果利用, nmサイズの計測が必要。</p>	<p>超平坦導波路形成技術</p> <p>Si基板上的光集積化プロセス</p> <p>SOI基板上へのチップ実装技術</p> <p>光電融合デバイス・プロセス・回路シミュレーション</p> <p>高速SiナノPD</p> <p>高速Si上光変調素子</p> <p>微小光合分波器</p> <p>SOI光集積回路技術</p> <p>セラミック薄膜</p> <p>プラズモン増強</p> <p>導波路側面平坦性計測 (<1nm), 伝搬ロス計測</p>	<p>量産プロセスによる超平坦光導波路</p> <p>Ge on Si成長技術</p> <p>光・電子集積回路技術</p> <p>Ge, 化合物ナノPD</p> <p>SiGe MQW EA光変調器</p> <p>微小マトリクス光SW</p> <p>メタマテリアル光制御</p>	<p>集積化ONU, OLT</p> <p>可変波長LD</p> <p>波長変換器</p> <p>ワンチップR-OADM</p> <p>インターポージャー(単一波長 多波長)</p> <p>光クロック分配</p> <p>グローバル光配線</p>	<p>ONU: Optical Network Unit</p> <p>OLT: Optical Line Terminal</p> <p>R-OADM: Reconfigurable Optical Add/Drop Multiplexer</p> <p>EA: Electro-absorption</p>

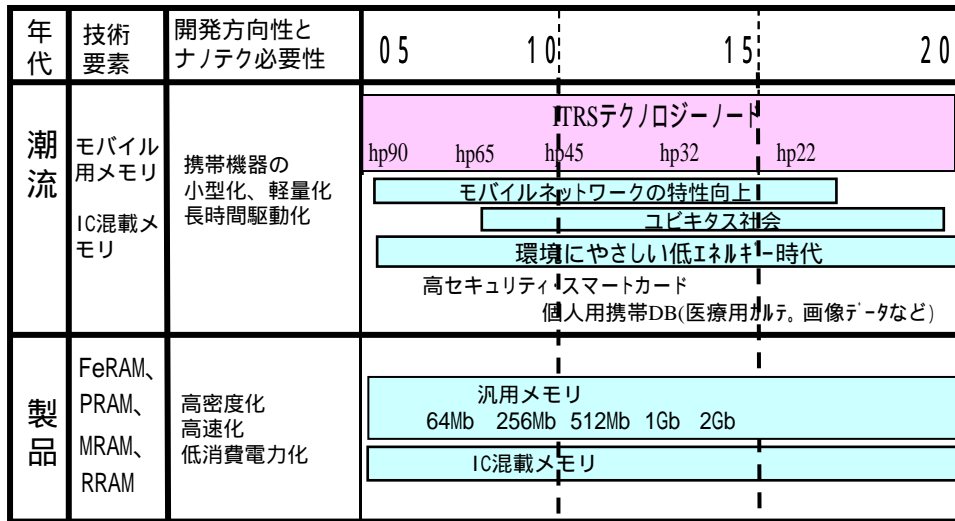
ナノ光デバイスのロードマップ

ナノ新デバイス(4/5)

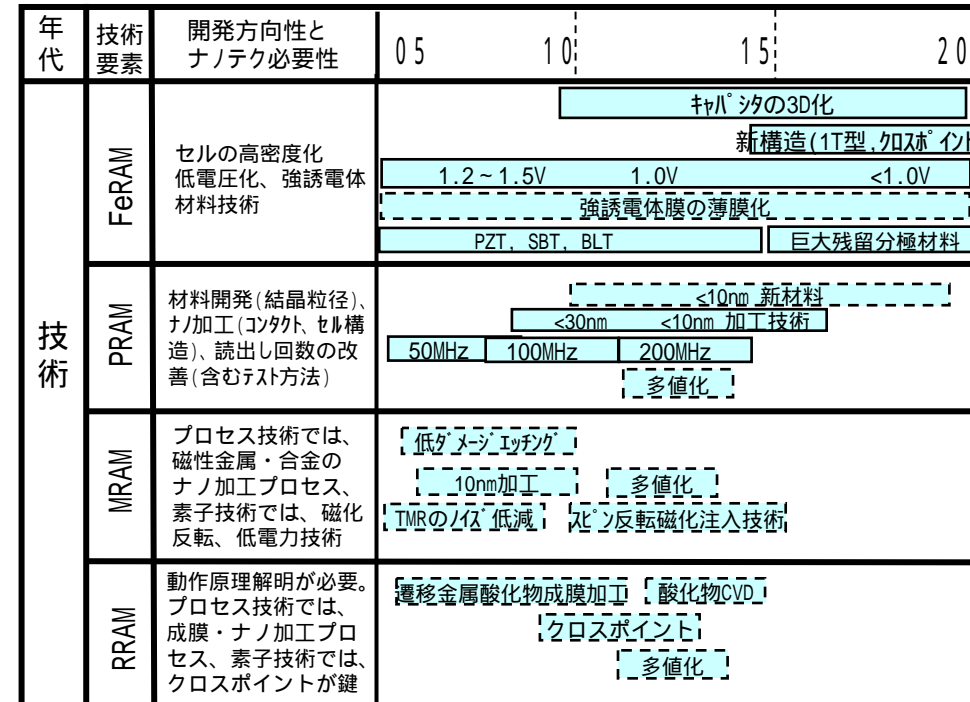


新不揮発メモリ

1. メモリデバイスとして、ユビキタス社会のモバイル用途や安全・安心のためのセキュリティ用途のため、今後、不揮発メモリの用途が拡大の見込み。ナノ材料やナノ構造によるメモリを対象とし、光メモリや磁気メモリなど媒体や低温動作のメモリは対象としない。
2. 具体的には、FeRAM、PRAM、MRAM、RRAMのロードマップを作成する。なお本年度はロードマップ概略を作成し、来年度詳細版を完成する。



新不揮発メモリロードマップ(その1)



新不揮発メモリロードマップ(その2)

10 ナノ新デバイス(5/5)



ナノデバイス分析技術

1. 半導体デバイスのテクノロジーノード65nm以降のCMOSおよびナノ構造や大きさをナノサイズにすることによって新たな特性を発現する新デバイスを対象とした。なお、計測と物性分析を2本の柱とした。
2. 対象はデバイスとし、バルク材料は含まない。またオフラインでの分析技術とし、in-situやインライン分析、検査技術は対象外とした。
3. 基本的に単一装置をベースとしたものになるが、これらの複合化バリエーションもある。
4. 技術項目として、高精度測長、ドープメント分析、電子状態分析、歪/応力、磁気、組成分析などを調査した。

年代	技術要素	開発方向性とナノテク必要性	0.5	1.0	1.5	2.0
潮流	先端デバイス分析評価技術	半導体デバイスに対してはITRS-RMに準拠。その他は、デバイス構造やデバイス特性にナノが導入されたデバイスに対応できる技術	ITRSテクノロジーノード hp90 hp65 hp45 hp32 hp22			
			デバイス(製品)へのナノサイズ効果(量子効果など)の活用 製造プロセスへのナノテクの導入(従来リソグラフィの限界)			
製品	主に形状 形状 物性 物性 主に物性	測長は高分解能/高精度化、次元は3次元、アスペクト比は高アスペクト比、組成/物性測定は高空間分解能での定量分布把握、高速化/測定環境の多様化は自動化/インライン化の方向	走査型電子顕微鏡(SEM) + 周辺技術			
			集束イオンビーム(FIB) + 周辺技術			
			透過-走査型電子顕微鏡(TEM-STEM) + 周辺技術			
			走査型プローブ顕微鏡(SPM) + 周辺技術			
			NSOM 走査型近接場光学顕微鏡(NSOM) 走査型アトムプローブ顕微鏡(SAP) SAP+装置複合化			
技術	高精度測長	高分解能/高精度でかつ簡便に。シングルチップはインライン化極微細構造への対応	SEM/TEM: 球面収差 / 色収差補正による高分解能化			
			SEM/TEM: STEMの高分解能化			
			モバイルSEM シングルチップ / Dual Beam FIB			

ナノ分析技術ロードマップ(その1)

年代	技術要素	開発方向性とナノテク必要性	0.5	1.0	1.5	2.0
技術	高精度測長	TEMは、形状情報の3次元化、粒子径/方位分布解析の簡便化へ。SPMは、高アスペクト比対応、インライン自動測長へ	TEM: 3次元トモグラフィ法による形状情報の3次元化			
			SPM: 良質かつ安価なCNT探針の供給 SPM: 探針形状モニタリングシステムの構築			
	ドープメント分析	SPMは、空間分解能/信頼性の向上へ。FIB+MSは、加工と質量分析の組み合わせ。TEMやSAPは究極の単原子分析へ	ビームスロープのTOF-SIMS			
			FIB+質量分析 TEM: 高分解能HAADF-STEM(元素種識別顕微鏡) + 単原子EELS SAP: 走査型アトムプローブ + 装置複合化			
電子状態	TEMは、高空間分解能と高エネルギー分解能へ信頼性の向上へ。近接場ラマンは、ナノデバイスへの対応へ	電子線モノクロメーター + EELSによる高エネルギー分解能分析				
		軟X線検出技術 TEM+WDXによる状態密度分析 TEM-CLによる高分解能発光分光分析 近接場ラマン / 赤外分光法 / PL法の開発				
歪み	高空間分解能化と検出下限の向上へ	TEM: nano-EDおよびCBED エネルギーフィルタ + CBED				
		近接場ラマン分光法				

ナノ分析技術ロードマップ(その2)

ナノセンシング (1/4)



自動車が今後の広いナノセンシング技術の縮図となることを考慮し、自動車分野に注力してロードマップを作成した。

作成方針

1. 自動車に注目し、ナノセンシング技術のシーズとニーズの具体像が見えるようにした。
2. 現状の技術レベルとの比較がわかるようにした。

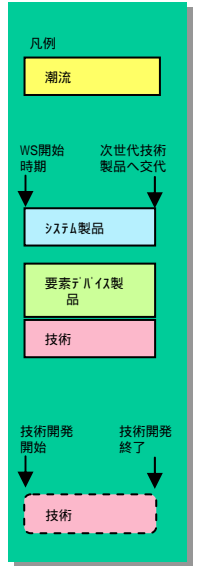
活用と展開

1. ロードマップのブラッシュアップ
 - ・新技術の内容、課題、効果の調査・見直しと時期の確認
 - ・分類、セグメントの再検討
 - ・世界的動向を見た内容のブラッシュアップ
2. 製品、システムロードマップへ
 - ・要素技術の機能化と中間製品の検討
 - ・これらを活用した製品、システムへの展開

課題

ロードマップとしてとりあげる項目を、システム製品レベル、要素デバイス製品レベル、技術レベルの3種類に分け、階層的な関係を明確にした。

- 小分類**
- 自動車: エンジン/動力制御
 - 自動車: 走行制御/運動制御
 - 自動車: 走行制御/安全走行支援
 - 自動車: 車載情報システム
 - 自動車: 快適/便利システム



今後の予定

1. 活用テーマの絞込み
議論をフォーカス
ビジネスチャンス創出の試み
2. 自動車以外の分野への応用拡大の議論

ナノセンシング (3/4)



自動車: 走行制御/安全走行支援

自動車: 車載情報システム

・将来の自動運転化に向けてセンシングが拡大

・自動車のネットワーク化がナノセンシング技術を牽引

分類	開発必要性とナノテク必要性	現状の技術レベル	05	10	15
潮流	・環境にやさしく、安全で快適な車社会実現のための技術が必要 ・ナノテクはこれらを実現するための各種センサのキー技術	・AHSなどのコンセプトが提唱され、それに必要な一部の技術がデモンストレーションあるいは製品化されつつある。	AHSの提案 TPMSは北米で装着義務化(03/11より)		自動走行システム 無人自動車
製品及び必要技術	自動走行 ・ナビゲーション ・AHS	・安全性、容易な操作性、高性能、低コスト化の要求。 ・ナノテクを使った車周辺状態および運転者歩行者等の生体状態を検出する新規なセンサが必要。	ナビゲーションシステム GPS 3軸加速度センサ 2軸ジャイロ	AHS ジャイロ・加速度複合センサ RF - MEMS 道車間通信技術	6軸ジャイロ・加速度センサ
	安全走行支援 ・クルーズ制御 ・レーンキープ支援 ・駐車支援	・安全性を確保するための車周りの状態や運転手の眠気、意識健康状態を検出する新規センサに必要なナノ材料、微細加工技術が必要 ・MEMSセンサの信頼性、低価格化のために、ウエハレベルパッケージング技術やモジュール化技術が必要。	障害物検知システム レーン逸脱検知システム エアバッグ展開制御システム 乗員検地センサレイ 非冷却赤外線カメラ 物体認識・追尾画像認識技術 高アスペクト比エッチング技術	衝突回避ステアリング制御システム 歩行者検出システム ミッドレンジフェーズドアンテナ 可視・赤外線統合カメラ 路面判別センサ	
タイヤ圧モニタリング		・ハッテリズ化による寿命化が課題、サブドット印刷技術	無線伝送圧力センサ		
運転手モニタリング		・米国で居眠り検知技術が使われた車線逸脱警報システムが製品化されている(03年)。	居眠り監視システム ウェアラブル 意識認識システム 生体情報センシング技術		

GPS: Global Positioning System

分野	分類	開発必要性とナノテク必要性	現状の技術レベル	05	10	15
潮流		安全向上 利便性向上 新たな高品質価値創出の手段としての電子化・IT化	ETC/VICS、通信ナビ、音楽配信等	オンデマンド情報ダウンロード(安全、渋滞、交通、イベント、地域情報) 車載情報/周辺情報アップロード(渋滞、気象状況、路面状況、事故等) 音楽配信 リッチコンテンツ配信(映像、ニュースプログラム)		
無線通信	製品	・路車間通信 ・路路車間通信 ・車車間通信 ・地上波デジタル ・VRM/CRM	通信トラフィック増大/帯域割当限界への対応	ETC(DSRC)/VICS(ビーム/FM多重放送)等が実用化	DSRC,光ビーム 無線LAN/3G携帯 地上波デジタル放送	DSRC/UWB Flexible Receiver/Transmitter 3.5/4G携帯
	必要技術	・シリコニア波MEMS ・MEMSアレイ ・3D積層MEMS	通信パイプの省エネ/省スペース・低価格化	高級車へのレーザ用を中心にモリフィックにMEMS化したアナチノバルクが開発中(一部製品化)	モリフィックMEMS MEMS積層プロセス MEMSアレイ MEMSリアセンソルプロセス 多材料/構造形成プロセス	シリコニア波MEMSアレイ 波長多重MEMSアレイ MEMS積層プロセス MEMSリアセンソルプロセス 多材料/構造形成プロセス
車載端末	製品	・カーナビ ・カーテレオ・AV ・マルチメディアCIS ・ディスプレイ ・操作盤	車内の多様化するニーズを安全かつ迅速に提供	HDD通信を中心としたETC、車載情報の統合商品化が進行中	FPD(LCD/OELD/FED etc) DVD/HDDナビ ETC,VICS	HUD/HMD マルチメディアCIS ハンズフリー操作/車載ネットワーク化
	必要技術	・高視認性ディスプレイ ・大容量記憶装置の実現	多種多様な情報サービス提供とそれに伴う大容量記憶装置の実現	HDD:100GB、表示:VGA、通信:数K-Mbps、操作性視認性改善はR&D段階	低コストFPD 垂直磁気記録用メディア MEMS積層プロセス MEMSリアセンソルプロセス 多材料/構造形成プロセス	生体信号センサー 紫外光検出 MEMSリアセンソルプロセス 多材料/構造形成プロセス
車内LAN	製品	・マルチメディアパス ・センサーネット ・車内LAN	高速大容量	CANが普及期もたれ、オプティコとの統合は初期段階	CAN/LIN MOST/1394 Flexray/ITTP	多重光通信化/RF化
	必要技術	・多重光スイッチ ・光検波変調器 ・多重波長用ファイバ	軽量・省スペース 省電力	ファイバケーブルによるセンサネットワーク等の規格はあるが車載には高信頼性向上と周辺的小型低コスト化が必要	MEMS光スイッチ MEMSリアセンソルプロセス MEMS積層プロセス MEMSリアセンソルプロセス 多材料/構造形成プロセス 自己組織化プロセス	モリフィック光通信デバイス 二次元フォトニック結晶 波長多重MEMSアレイ MEMSリアセンソルプロセス MEMS積層プロセス MEMSリアセンソルプロセス 多材料/構造形成プロセス ナノインリテック 自己組織化プロセス

ETC: Electronic Toll Collection System
VICS: Vehicle Information and Communication system
DSRC: Dedicated Short Range Communication

走行制御/安全走行支援分野におけるナノセンシングのロードマップ

車載情報システム分野におけるナノセンシングのロードマップ

ナノセンシング (4/4)



自動車：快適/便利システム

・快適/便利制御をナノセンシング技術が可能に

分野	分類	開発必要性とナノテク必要性	現状の技術レベル	05			10			15		
快適制御	潮流	・システムの低消費電力化と光信号化/無線化が必要 ・ナノはこれらを実現するためのセリ小型化、ワイヤレス化技術として必要	・多くのシステム・製品が搭載され快適・便利が増す一方、消費電力(バッテリー容量)が大きな課題になりつつある。	バッテリーの42V化 ハーネスの光ファイバー化 ワイヤレスセンサネットワーク								
	製品	・社内環境コンディショナー(温度、湿度、空質の制御) ・アクティブオーディオシステム	・温・湿度セリによるオートエアコン、空質セリによる除菌イオ発生装置付エアコンが実用化されている。 ・5.1chサラウンドシステムが実用化	車内環境コンディショナー 車内環境集積化センサ アクティブオーディオシステム 車内音響集積化センサ 温度/湿度センサ 空質センサ 音量/音質センサ								
便利制御	製品	・オート雨滴ワイパー、障害物追跡型ヘッドライトなどを統合した運転支援システム ・ドライバー/同乗者センシングデバイス(コポジションモニタ) ・リモコン機能付き車載(携帯)電話、車載機器の制御、家庭内機器の制御、車内セキュリティ機能	・単機能センサによるフルオー雨滴ワイパー、ソナーによる障害物認識、AFS等が実用化されている。 ・カメラ、シートの圧力センサ等による運転状態のモニタが手法を含めて研究段階	フルオート雨滴ワイパー 障害物認識(ソナー) インテリジェントAFS 雨滴センサ 超音波センサ 運転サポートシステム 視認性向上センサ 搭乗者快適センシングシステム 無侵襲生体情報センサ リモコン機能付き車載電話 赤外線センサ、CCD 集積化アレイセンサ								
	必要技術	・センサ小型化のためのMEMS/NEMS等のナノ加工技術 ・検知度向上のためのナノ材料/コンポジット	・温度、湿度、空質、雨滴、圧力等の単機能センサが実用化 ・ナノ材料、コンポジットの安価な量産化技術は開発段階	集積化/アレイ化技術 MEMS/NEMSセンサ 三次元MEMS/集積MEMS RF-MEMS ワイヤレスセンサネットワークチップ 新規ナノ材料、コンポジットの開発および量産化技術 快適生体情報センシング								

AFS: Adaptive Front Lighting System

快適/便利システム分野におけるナノセンシングのロードマップ

ディスプレイ (1/3)



フラットパネルディスプレイ分野での全体像に主眼を置き、社会潮流、製品・デバイス、ナノ技術の三階層で把握し位置づけた。また、ナノ三技術をフォーカスして加えた。

作成方針

1. 潮流は、ユビキタス社会およびそれを支える情報通信インフラを位置づけた。
2. 製品は、牽引するリーディングエッジとして大画面TV、モバイル、ペーパーライクの三分野とした。
3. 必要技術をアクティブ素子、プロセス、ナノ材料の三構成で捉え、さらにこの中でナノ三技術をフォーカスした。

課題

1. ディスプレイの構成技術は非常に広範であり、製品三分野で共通性あるものの差異もあり多彩である。
2. 上記広範性故に、三階層間個々の結びつきの明示性が比較的薄れた。
3. 図の矩形シンボルは時期として単純交代では無く、並走する期間があることを前提としている。

今後の予定

1. 次年度は、この全体像、大画面TV、モバイル、ペーパーライクおよびフォーカスしたナノ三技術のVer.UP検討を予定。

フラットパネルディスプレイ 全体像

1. ディスプレイと放送、BBアクセス、記録メディア、電池のインフラとの関連性を示した。
2. 製品三分野で共通性大きい、差異も大きい。

	技術要素	開発方向性とナノテ	2005	2010	2015	2020
社会の潮流	社会全体潮流	エネルギー消費が少なく、環境に優しく、使いやすく、どこでもだれでも交信・情報表示できるインフラが必要。	ユビキタス社会 / 環境・低エネルギー社会			
	放送&通信のブロードバンドインフラ技術		デジタルHBS/CS 次世代DVD ADSL	デジタル地上波 FTTH, PLC		
製品・デバイス	メディア、アクセス、電池の高速大容量技術	これを従来技術の高度化だけでなく、革新的に実現性を高めるナノテが必要。	3.0 3.5G携帯 無線LAN メモリ増強	4G&次世代携帯 UWB/次世代無線LAN		
	大画面TV; 超高精細HD、薄型、高色再現性表示、低消費電力 モバイルディスプレイ; 軽・薄・省、動画 ペーパーライクディスプレイ; 超低電力、超薄型軽量、(フレキシブル)	ユビキタス社会を担うディスプレイは、大画面、モバイル、電子ペーパー・デジタルインク製品三分野。 これらに必要な高機能・高特性化、をナノテクノロジーにより、従来の延長に無い飛躍的なレベルでの実現が望まれる。	PDP 720p LCD 広視野 薄型RPTV 超薄型、超大画面RPTV FED-TV, OLED-TV	超高効率PDP 1080p 高速・超高色再現LCD 超薄型、超大画面RPTV QXGA QHDTV	大画面TV 高効率TV 大画面3D-TV 0-バックライト	
必要技術ナノテ	アクティブ素子技術	超低消費電力や超高精細&低コスト形成を可能化するナノテによるアクティブ素子。	a-Si/LTPS TFTアレイ MEMSアレイ HTPS/LCOS-LV Org-TFTアレイ	省マスキ LTPS / single grain-Si TFTアレイ 超高精細MEMS/7対2コアアレイ QXGA QHDTV	+ 周辺回路集積化	
	プロセス技術	超高精細や大面積パターンングを低コストで可能にするナノテ。		自己組織化有機半導体薄膜 高精細インクジェットパターンング ナノインプリントパターンング 高スループットパターンング	+ 大面積化 + 高速化・多層化 + 大面積化 + 高耐熱性	
	ナノ材料技術	高効率や高信頼・高精細を可能にするナノ技術。		高効率高耐久ナノ材料発光体 大電流高耐久ナノ材料CNT 高分散/粒子 高Ta光学クレード透明プラスチック 高特性高強度ナノ材料基板	+ リフレクティブ可能性 + セルフレパリング + 高効率 + 多機能特性(光学機能)	

フラットパネルディスプレイ全体像

ディスプレイ (2/3)



大画面TVディスプレイ

1. 高精細、広視野角、動画、高色再現、動画省奥行、低消費電力の同時実現がキーとなって推移する。
2. 将来は高臨場感や3D表示などの特性がターゲットになる。

モバイルディスプレイ

1. 低消費電力、薄型軽量、高精細、動画表示などをキーに推移する。
2. 携帯電話を軸に進展するが、ユビキタス対応のパーソナルハンドセットのディスプレイに向けて推移する。

技術要素	開発方向性とナノテ	2005	2010	2015	2020
ユビキタス社会 / 環境・低エネルギー社会					
製品潮流	ホームゾーンの最大サイズ 高精細化 低コスト化	40/42 45/50 60/70 WVGA WXGA FHD UXGA 重量効果 省部品点数化	大画面TV 高臨場感TV 大画面3D-TV ロールスクリーンTV		
LCD-TV	高速応答(動画追従性)・色再現性改良	広視野角 高輝度 高色再現性			
PDP-TV	大型化・高精細化・消費電力低減・蛍光体特性改良	720p 1080p 高発光効率PDP-TV			
リアプロジェクションTV	薄型化・高精細化	薄型RP-TV 大画面(70型)			
有機EL-TV	長寿命化・フレキシブル化	長寿命化 有機EL-TV フレキシブル化			
FED-TV	カソード形成方法改良と発光効率向上	発光効率向上 大画面高品位FED-TV			
必要技術ナノテ	高性能トランジスタ集積技術および高性能電極、マイクロデバイスアレイ	a-Si/LTPS TFTアレイ 省マスクLTPS/single grain-Si TFTアレイ + 周辺回路集積化 MEMSアレイ 超高精細MEMS/フォトニックアレイ HTPS/LCOS QXGA QHDTV 有機TFTアレイ 周辺回路集積化 高特性CNTトランジスタアレイ			
プロセス技術	ラビングレス配向(液晶) 高精度リブ形成(PDP) 大画面形成(OLED) 高密度電極形成(FED)	ラビングレス TN液晶配向 大画面化 自己組織化有機半導体薄膜 大画面化・電荷移動度改良 高精細インクジェットパターニング 高速化・多層化 ナノインプリントパターニング 大画面化 高ガスバリア性ナノコーティング 高耐曲率性			
ナノ材料技術	蛍光体、電極及び半導体材料、ガラス及びプラスチック基板材料	高効率・高耐久ナノ結晶蛍光体 + リフレッシュ可能性 大電流高耐久カソード用CNT + セルヒーリング性 自己組織化有機半導体 高電荷移動度 高Tg光学グレード透明プラスチック基板 + 光学機能包含 高靱性ナノガラス超薄基板 + 超薄厚化・フレキシブル化			

大画面TVディスプレイ

技術要素	開発方向性とナノテ	2005	2010	2015	2020
ユビキタス社会 / 環境・低エネルギー社会					
社会の潮流	エレクトロニクス機器技術	ユビキタス社会 / 環境・低エネルギー社会			
製品機能	高精細化・動画表示	QVGA	VGA	高画質	
	薄型・軽量化(高機能化)	システム化(SoG)、基板の薄型化・軽量化・可携性 2D 3D表示へ			
	低消費電力化	低温p-SiTFT液晶400mw/2.5インチ		2010年2/3へ 2015年1/2へ	
製品・デバイス	TFT-LCD	携帯電話 3.5G (QVGA)	TV携帯 (VGA)	パーソナルユビキタスハンドセット	
	OLED	パッシブ型モバイル アクティブ型モバイル			
必要技術ナノテ	アクティブ素子技術	a-Si/LTPSTFTアレイ	省マスクLTPS / single grain Si TFTアレイ 有機TFTアレイ 周辺回路集積化		
	プロセス技術	自己組織化有機半導体膜 高精細インクジェットパターニング ナノインプリントパターニング 高ガスバリア性ナノコーティング ラビングレス配向技術			
	ナノ材料技術	自己組織化有機半導体 高電荷移動度 高Tg光学グレード透明プラスチック基板 高靱性ナノガラス超薄基板			

モバイルディスプレイ

ディスプレイ (3/3)



ペーパーライクディスプレイ

- 機能や応用商品の定義が必ずしも明確ではないが、紙印刷物に対応する電子ディスプレイである。
- 紙印刷物並みの反射コントラスト、薄さ、フレキシブル性や低消費電力性がキーとなって推移する。

フォーカスしたナノ三技術

- ナノテクノロジー要素技術から有機TFT、次世代基板、透明電極の三技術にフォーカスした。
- 三技術はディスプレイの薄い、軽い、省電力、大面積、低コストへの将来革新に向けたキーと期待される。

	技術要素	開発方向性とナノテ	2005	2010	2015	2020
社会の潮流	社会全体潮流	どこでもだれとでも相互通信できるインフラ	ユビキタス社会 / 環境・低エネルギー社会			
製品機能	視認性	紙のように見やすい	モノカラー → 高精細カラー → フルカラー			
	コンパクト性	紙のように薄い	フレキシブル + 大面積化・ロール化			
製品・デバイス	<ul style="list-style-type: none"> 電子ブック 電子Tag フレキシブル ディスプレイ 電子ポスター 	<ul style="list-style-type: none"> 視認性 薄型・軽量 低消費電力 フレキシビリティ フルカラー化 動画機能 などの機能が望まれる 	リジッド基板 モノカラー マルチカラー フルカラー 大型化・高精細化・動画			
			フレキシブル基板 モノカラー マルチカラー フルカラー 大型化・高精細化・動画 フルカラー動画対応パーソナルユビキタス統合ハンドセット			
必要技術ナノテ	アクティブ素子技術	超低消費電力やフレキシビリティを可能にするナノテによるアクティブ素子が必要	塗布型新規透明電極膜			
	プロセス技術	酸素や水分を封止し、長寿命を実現するナノプロセスが必要	有機TFTアレイ			
	ナノ材料技術	高精細・高コントラストを可能にするナノ技術が必要	高分散ナノ粒子 高分散・高移動ナノ粒子 高散乱液晶材料 高耐久性エレクトロクロミック材料			

ペーパーライクディスプレイ

有機TFT 有機TFTは2007年ごろより実用されるものが現れて以降、それぞれ用途に応じて、高移動度化・大面積化・高集積化の3つの方向へ進化する

応用 特性 集積度 アレイ 材料

	技術要素	開発方向とナノテ	2005	2010	2015	2020
デバイス	駆動ディスプレイ	超低消費電力や超高精細&低コスト形成を可能化するナノテによる771素子。	電子ペーパー 有機EL			
	771でのTFT特性		0.5Vsec/cm2 1.0Vsec/cm2 CMOS			
	TFT基板構築		小面積マトリクス基板 大面積化			
	製造技術		蒸着 インクジェット技術 大面積印刷技術			
	集積化		ディスプレイ基板 無線タグ、p/n接合 周辺・論理回路集積			

次世代基板 フレキシブルかつガラス並の性能を有する樹脂基板の創出にむけて、ナノレベルでの材料設計、分子構造設計、プロセス技術が進展する

	目標特性	2005	2010	2015	2020
基本特性	耐熱特性 (Tg > 300, 熱膨張係数 < 数ppm/°C)	ナノインジエクト			
	光学特性 (透過率 > 90%, 複屈折 ~ 0nm)	(分子バリエーション)			
	耐環境性 (ガスバリア性 < 10 ⁻⁵ m ² ·day, 吸湿度 0%)	ナノコーティング			
	表面特性 (表面硬度 > 7H, 表面粗度 ~ 0nm)	単一分子構造新材料 (膜構造形成材料)			
	多機能性 (光学機能 (拡散, 反射防止等) の複合化)				

透明電極 透明電極は大面積低コスト化・フレキシブル化にむけて物理蒸着ITOに替わる新規透明導電材料と成膜プロセスの開発および実用化検討が進展する

	技術要素	開発方向とナノテ	2005	2010	2015	2020
基本特性	基本特性	大面積・超低消費電力や超高精細&低コスト形成を可能化するナノテによる透明導電膜	透過率=85%~ & 低抵抗値=10 ⁻⁴ ~5・cm (透明電極)			
	コートプロセス		低温度高速蒸着			
	材料技術		ウエットプロセス ITO代替材料 ナノ金属粒子ディスプレイバージョン ナノ酸化金属粒子ディスプレイバージョン CNTディスプレイバージョン 導電性高分子 ナノハイブリッド膜(自己配列・自己組織化)			

フォーカス三技術