

平成 16 年度から新技術エージェントとして本事業に参加した安田幸夫（名古屋大学退官後高知工科大学教授）が副研究統括として研究全体に携わった。

雇用研究員として、山本直樹（株式会社日立製作所中央研究所）、古田守（東芝松下ディスプレイテクノロジー株式会社）、牧野久雄（東北大学助手）、山田高寛（島根大学博士課程修了）および加藤策臣（都立科学技術大学大学院）を増強した。全員コア研究員として体制を補強することができた。

ZnO-TFT 技術開発について集中注力するために、テーマ 3「保護膜低温形成技術の開発」を研究 1-1「ZnO-TFT 技術の開発」と統合し、テーマ 1「ZnO-TFT 技術の開発」として独立させた。

研究 1-2「SiGe-TFT 技術の開発」は、テーマ 2「TFT の分析評価及び SiGe-TFT 技術の開発」として山本直樹をテーマリーダーとした。

大阪大学尾浦憲治郎教授の退職に伴い、大阪大学が共同研究機関から外れることとなった（引き続き研究協力者として連携は続く）。これに対し平成 16 年度途中から評価グループとして新たに高知工科大学の 3 研究室（成沢忠教授、谷脇雅文教授、河東田隆教授）に ZnO 結晶学および物理・化学的評価を依頼した。

フェーズ では、それまでの研究成果に呼応し、共同研究機関として平成 17 年度には「電界電子放出型光源技術の開発（旧：冷陰極光源技術の開発）」において FEL の自動車への応用として富士重工業（株）の参画、平成 18 年度には、「ZnO-TFT 技術の開発」において ZnO-TFT のフレキシブルディスプレイへの応用としてコニカミノルタテクノロジーセンター（株）の参画があった。

また、ZnO-TFT LCD の後工程における課題抽出をテーマに当初から参画していた地場企業の（株）土佐電子においては、サンプル待ちの状態が続き実質研究活動が滞っていた。これに対し、平成 19 年度から、ZnO-TFT 技術の開発テーマにおいて、新たに紫外線センサーへの応用開発に着手することとなり、これに同社が本格参入することができた。事業終了時には紫外線センサーのデモ機試作にまで至っている。

以上述べたように、中間評価によるテーマ再編も含め、よりよい研究体制の構築に努めながら研究開発を推進してきた。

（2）研究テーマの推移

図 -3-3 は本事業開始当初の研究計画フロー図である。

これを原点として 5 年間の研究・開発実績を記述したものが図 -3-4 である。この研究開発におけるテーマの見直し、研究開発の集中化による強化および技術動向を考慮した変更、および中間評価に基づく改良などを図 -3-4 中記載の時点（～）について以下に述べる。

の時点（平成 17 年 4 月）における変更は、平成 16 年 12 月の現地調査および平成 17 年 2 月における面接調査を経ての中間評価に基づいて行なわれたものである。その提示の主なものは、研究開発が目標通り進んでいない。

研究開発目標が企業化の見地から明確に定められていない。

テーマの数から見て、研究スタッフが不足している。

であった。

この指摘事項に基づき、大幅な変更を選択と基準の観点で行なった。この主なものは次のもの

である。

最重点項目は、独自性があり、学術的、技術的にも世界をリードしており、かつ市場性も大きいものとして ZnO-TFT、透明導電膜および冷陰極光源の 3 テーマに絞った。

しかし、申請当時の計画を遂行することは当然のことであるので、次のように継続的研究開発を進めることとした。

SiGe 膜については、新しく参加した山本直樹高知工科大学教授が (株) 日立製作所中央研究所時代から、Si-ULSI (Ultra Large Scale Integrations) の優秀な研究開発者であったので、彼に TFT の試作・開発を担当してもらうこととした。

保護膜低温成長技術開発は、ZnO-TFT の一部の技術として統合した。最近、新しい技術を開発し、成果を出している。

LED の製作は、p 型 ZnO 膜の実現に懸かっている。このため、p 型 ZnO の作成が重要であるが、いまだ実現のための科学的根拠も乏しい状況である。このため、京都大学に p 型 ZnO 膜実現の実験を依頼するとともに、コア研究室では、コンピュータ理論計算による p 型実現の可能性を探究した。また探査的研究として、常に状況を調査することを行ってきた。

以上述べた中間評価の内容に沿った変革は、事業終了までの体制となり、他でも述べるように多くの科学的・技術的および企業的成果を生んでいる。

		フェーズ I			フェーズ II			フェーズ III
		H14	H15	H16	H17	H18	H19	
TFT	ZnO	成膜技術 加工技術 i-ZnO/n-ZnO の選択エッチング	$\mu_e \geq 30$ n-ch TFT 基本素子開発(室温)	$I_{on}/I_{off} \geq 6$ 桁 at $V_g = 2V$ TFT-LCD開発 量産設備仕様	高移動度化 MP 量産技術開発	性能改善	$\mu_e \geq 100$ p-ch化技術	ベンチャー創出 電子ペーパー 高性能液晶
	SiGe	成膜技術 ・SiGe/Si形成 ・ゲート絶縁膜形成 ・N+/P+/LDD形成	基本素子	$\mu \geq 150$ 回路化 量産設備仕様	デバイス応用開発 量産技術開発	性能改善	高移動度化 $\mu \geq 300$ MP	
次世代TCO (透明導電膜)		$5 \times 10^{-4} \Omega \cdot cm$ (スパッタ) $8 \times 10^{-5} \Omega \cdot cm$ 基本	TFTへの応用 低溫合成技術 TFTへの応用 $2 \times 10^{-4} \Omega \cdot cm$ 超低抵抗化技術 (ZnO/ITO) $\leq 10^{-5} \Omega \cdot cm$	$2 \times 10^{-4} \Omega \cdot cm$ 量産設備 TFTへの応用	デバイスへの応用開発 量産技術開発ITO代替	プラスチック液晶・電子ペーパー等への応用開発	商品化開発 応用開発	ベンチャー創出 タッチパネル ITO代替
保護膜低温 形成技術		基板・デバイス原型開発 大型三次元高速プラズマ装置		デバイス開発 量産設備	応用開発 量産設備			合成装置
白色光源	LED	ZnO(pn) AlGaIn調査研究・開発計画 (結晶成長・ドーピング・デバイス)	ZnMgO(pn)		ダブルヘテロ接合 AlGaIn 結晶成長技術・デバイスプロセス開発		紫外LED	ベンチャー創出 紫外LED 面光源
	冷陰極	炭素ナノ構造膜合成技術開発 電極構造設計 ランプ化技術開発	面発光源原型開発		面発光源応用開発		商品化開発 車載用液晶バックライト	

図 -3-3 . 研究計画フロー (基本計画時)

		フェーズ			フェーズ			フェーズ
		H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20.1~
TFT	ZnO-TFT	カシオ計算機	ZnO-TFT開発		トップゲートn-ch TFT (6万画素デバイス実証)	ボトムゲートn-ch TFT	量産技術開発	p-ch TFT開発 量産性向上
	SiGe-TFT		SiGe薄膜大粒子化成長技術開発(名古屋大学)		SiGe-TFT試作	技術動向から判断し、探査研究に変更		
透明導電膜			低抵抗化技術開発		(株)ZnOラボ 設立	抵抗率: 1.8×10^{-4} cm実現	ZnO薄膜評価技術開発 ヤング率測定装置開発	工業化開発(経産省PJ) 実用化・製品化へ発展
保護膜			保護膜低温形成技術開発		中間評価の指導により ZnO-TFTに包括		低温形成再開	低温化技術開発 広くデバイス応用
白色光源	紫外LED		p型ZnO作成方法の探究(京都大学)		p型ZnO実現のための計算による探求		p型ZnO膜作成	p型ZnO実験開始 (pn接合によるデバイス開発)
	FEL (冷陰極)		CNW薄膜による冷陰極光源開発		ND / CNW 量産化・均一化技術の開発			製品化・工業化技術の開発 他分野への事業化展開
備考		クリーンルーム立ち上げ	技術員配備・汎用機器整備	中間評価	再編成・再構築			

図 -3-4 . 研究テーマの推移

の時点(平成18年4月)においては、SiGe-TFTの世界技術動向から判断して実用性が乏しいと判断した。そこでコア研究室ではSiGe-TFTに関しては論文調査・動向調査等の探査研究に留め、同テーマリーダーの山本直樹教授が得意の分野であり、しかも最重要項目の1つである透明導電膜の評価技術の開発を併せて行なうことにした。

の時点(平成18年7月)において、コニカミノルタテクノロジーセンター(株)を共同研究機関に加え、事業当初の計画にもあった保護膜低温成長技術を電子ペーパー開発と併せて再開した。本テーマの高度化に対しては、平成18年度後半JSTからの追加配賦を受けることができ研究が加速した。これは平成19年10月における電子ペーパーデバイス試作実現の源となった。

の時点(平成19年4月)で、紫外センサーとしてZnO-TFTを用いた製品開発に着手した。地場企業である(株)土佐電子との共同研究は本事業にとって意義が大きいものである。最終年度を考慮して、フェーズにおける本事業の目的である“産業の誕生と育成”を目指して県内産業界との連携を強めることができた。今後はさらに新しい企業および研究機関との新しいデバイス開発に向けた共同研究を企画している。

(3) 研究成果

本事業における5年間の研究成果は、次のような特長、特色を持っている。

研究内容は独創的であり、科学技術の研究開発部門において、世界初や世界最高値など世界をリードするものであった。

科学技術部門において先行し、産業化に対する有意性と優越性を獲得するには、先行的知的財産権の確保が重要である。本事業では、 によってアイデア特許にはない、具体的で実質的特