

BA 419

2005 미래유망 사업화아이템 이슈분석

플렉서블 디스플레이

시장 진입을 위한 응용 분야별 기술적 이슈

홍성화 · 노현숙 · 구영덕



한국과학기술정보연구원

머 리 말

21세기는 지식과 정보가 그 국가의 경쟁력을 좌우하는 지식기반 산업사회로 나아가고 있으며, 최고가 아니면 살아남을 수 없는 무한 경쟁시대가 되어가고 있습니다. 우리나라가 이러한 변화 속에서 생존하기 위해서는 국가경쟁력 강화가 필수 불가결한 것으로 인식되고 있으며, 이를 위해서는 선진국형 고부가가치 산업의 육성이 절실히 요구되고 있습니다.

이러한 시대적 요구 속에서 한국과학기술정보연구원에서는 우리나라가 지식기반 산업사회를 선도해 나갈 수 있도록, 미래유망아이템을 선정하였으며, 이에 대한 심층분석정보를 제공하고 있습니다. 이를 통해, 국가 과학기술 확산은 물론 국제경쟁력을 극대화시키기 위해 노력하고 있습니다.

미래 유망아이템 산업정보 분석사업의 일환으로 출간되는 본 보고서는 Flexible Display 산업 발전에 많은 기여를 할 것으로 전망되고 있어, 많은 주목을 받고 있습니다. 플렉서블 디스플레이는 학문분야에서는 연구의 수단으로, 산업분야에서는 기술개발의 도구로 점차 그 활용 폭을 확대해나가고 있습니다. 이와 같이 Flexible Display는 여러 산업들에 파급효과가 매우 커서, 국가 산업 측면에서 중요성이 부각되고 있습니다.

본 보고서는 플렉서블 디스플레이에 대한 기술·시장의 분석, 이슈분석을 통해 체계적이고 심도 있는 분석정보를 제공하고자 하였습니다. 본 연구의 결과가 관련 과학기술정보를 국내에 확산시키고, 이

와 아울러, 관련 산업의 국제경쟁력 증대에 작으나마 도움이 되었으면 합니다.

끝으로 본 보고서는 홍성화, 노현숙, 구영덕 연구원이 집필한 것으로서, 이 분들의 노고에 감사드리며, 수록된 내용은 한국과학기술정보연구원의 공식의견이 아님을 밝혀두고자 합니다.

2005. 11.

한국과학기술정보연구원

원장 조영화

목 차

I. 서 론	1
1. Flexible Display의 개념	1
2. 분석목적 및 필요성	3
3. 연구방법	4
II. 선정 과정	5
1. 유망아이템 발굴/평가 프로세스	5
2. Flexible Display의 선정과정	14
III. 산업 시장 분석	21
1. 개요 및 특성	21
2. 동향 및 전망	29
IV. 이슈 분석	37
V. 결 론	53
참고 문헌	56

표 목차

<표 2-1> 정량-정성적 유망아이템 발굴 프로세스	12
<표 2-2> 유망성 평가지표별 평가기준	13
<표 2-3> 미래 유망사업 아이템 후보군의 도출	16
<표 2-4> 미래 유망사업 아이템의 선정	17
<표 2-5> 플렉서블 디스플레이의 평가내용	19
<표 3-1> 국내업체 매출로 추정된 국내 시장(추정치)	24
<표 3-2> 플렉서블 디스플레이의 기술별 주요참여업체	25
<표 4-1> 선진국 대비 국내 기술수준 및 중요도 지수	39

그림 목차

<그림 2-1> 정성적 프로세스 개발 방법	8
<그림 2-2> 정성적 유망아이템 프로세스	9
<그림 2-3> 선정단계에서의 유망성 평가기준	10
<그림 3-1> 플렉서블 디스플레이의 용도	22
<그림 3-2> 플렉서블 디스플레이 세계시장규모	23
<그림 3-3> 플렉서블 디스플레이의 샘플	28
<그림 3-4> ETRI가 개발한 2인치급 플렉시블 PM-OLED	31
<그림 3-5> 플렉서블 디스플레이의 기술로드맵	33
<그림 3-6> 일본 디스플레이 기술전략맵	34
<그림 3-7> 플렉서블 디스플레이 기술로드맵	35
<그림 4-1> 선진국 대비 국내 기술수준 및 중요도 지수	38
<그림 4-2> 우리나라의 기술경쟁력 및 기술성숙도 분석	40
<그림 4-3> Flexible Display 기술에 대한 미래기술연표	41

I. 서 론

1. 플렉서블 디스플레이의 개념

- 플렉서블 디스플레이(Flexible Display)는 종이처럼 들들 말아 휴대할 수 일명 두루마리 디스플레이로 평판 디스플레이의 다음 세대로 여겨지고 있음.
- 차세대 디스플레이로 평가받는 Flexible Display는 언제 어디서나 정보를 접할 수 있는 유비쿼터스 컴퓨팅 시대에 대응하는 전략적 기반기술 산업임.
 - 다양한 정보를 인간에게 언제 어디서나 전달하는 정보전달 매체로서 외부 충격에 강하며, 휴대하기 편하고, 경량, 박형 이면서, 임의의 형태로 패널 구현이 가능하고, 특히 유연하여 종이처럼 접거나 두루마리의 형태까지도 가능한 디스플레이의 개발 필요성이 증대하면서 현재 유리기판을 고분자 기판으로 대체한 플렉서블 디스플레이 기술의 중요성이 더욱 부각되고 있는 실정임.
 - 유리 대신 플라스틱 소재·필름 등을 기판으로 사용하는 Flexible Display는 생활용품, 모바일기기 등을 중심으로 수요

2 플렉서블 디스플레이

가 먼저 발생하고, 롤 방식의 대량 인쇄 기술의 상용화와 더불어 거대한 시장을 형성할 것으로 기대되는 미래유망 산업임.

- 각국에서 국가차원의 과제로 지원되고 있는 전략 산업이며 특허에 의한 원천 기술 확보 경쟁이 심화되고 있음.
- 많은 기술적, 산업적 장점으로 인해 시장 선점을 위한 국내외 플렉서블 디스플레이 업계의 기술 및 상품 개발 움직임이 빨라지고 있음.
 - 스포츠용품·시계, 전자책 등의 소형 디스플레이를 중심으로 시장이 확대되고 있음..
 - 모바일단말기, 문서뷰어, 전자페이퍼 등 고성능의 Flexible Display가 필요한 분야에서도 상용화가 급진전을 이루고 있음.
 - 향후 10년 이내 일반 가정에도 Flexible Display가 보급될 것으로 보이나 지속적인 성능 개선 및 원가절감이 이루어져야 함.
- 현재 Flexible Display는 관련 기술 수준은 외국 업체에 비해 뒤떨어지지만 국제 표준이 아직 등장하지 않았으므로 국내 산학연의 연구개발 성과에 따라 전세계 시장을 주도할 수 있는 여지가 충분함. 따라서 국내 산학연의 상용화 연구 지원을 위한 인적, 물적 인프라 확충이 시급함.

2. 분석 목적 및 필요성

- 최근 산·학·연 등 각 분야에서 차세대 성장동력 산업에 대한 분석정보의 수요가 증가하고 있음.
- 따라서 한국과학기술정보연구원(KISTI)에서는 차세대 성장 동력 산업으로 각광받고 있는 Flexible Display 산업을 분석대상으로 선정하여, 이슈분석을 수행하였음.
- 이를 통해 국가정책수립자에게는 국가연구개발 자원의 효율적 활용을 위한 기초분석자료로 제공하고, 기업 및 연구기관의 기획 및 전략수립자들에게는, 기업의 사업계획 또는 R&D계획 수립시 객관적이고, 충실한 정보를 제공하는 데 연구의 목적을 두었음.
- Flexible Display 관련 국내 기술 수준은 외국 업체에 비해 뒤떨어지지만 국제 표준이 아직 등장하지 않았으므로 국내 산학연의 연구개발 성과에 따라 전세계 시장을 주도할 수 있는 여지가 충분함.
- 따라서 국내 산학연의 상용화 연구 지원을 위한 인적, 물적 인프라 확충이 시급하며, 국제 경쟁력을 확보하고 전략적인 연구 개발을 추진하기 위해서는 Flexible Display의 종합적인 추진 방향을 검토할 필요가 있음.

4 플렉서블 디스플레이

3. 연구 방법

- 본 연구는 Flexible Display 관련 자료를 중심으로 한 문헌연구와 관련 업계 전문가 의견을 반영하여 이루어졌음.
- "II. 선정과정"에서는 미래 유망 사업 아이템으로서 Flexible Display가 선정된 경위에 대하여 기술하였음.
- "III. 이슈 분석"에서는 한국과학기술정보연구원(KISTI) 보유문헌 분석, 국내외 조사전문기관의 발표자료 분석, 전문가 자문 및 업계실태조사 등의 방법을 통해 기술·산업·시장의 동향을 파악하고 전망하였음.
- "IV. 상용화를 위한 선결과제"에서는 Flexible Display 분야를 대상으로, 전문가 자문 및 업계실태조사 등의 방법을 통해 상용화에 대한 이슈를 분석하였음.

II. 선정 과정

1. 유망아이템 발굴/평가 프로세스

가. 프로세스 설계의 배경

- 미래 유망 사업아이템(이하 아이템으로 칭함) 발굴 프로세스는 연구기관별 채택하는 방법론에 따라 상이하게 나타나고 있지만, 기본적으로 ① 환경분석(메가트렌드 분석), ② 유망 아이템 후보군 발굴, ③ 평가/우선순위결정으로 구성됨.
- 국내 주요 연구기관의 미래 유망아이템 발굴 방법론은 해외예측기관의 발표자료를 종합하는 방법 또는 전문가 위원회의 구성을 통한 정성적 접근방법 등이 매우 중요시되고 있음.
 - 해외의 경우는, 전문가 위원회의 활용이 매우 체계적인 것으로 파악되지만, 정성적 접근이 중요시되는 점은 국내의 경우와 크게 다르지 않음.
- 이러한 정성적인 전문가 위원회의 활용은 각종 의사결정에 있어서 장점이 많은 방법이지만 절차의 복잡성과 과도한 시간 및 비

6 플렉서블 디스플레이

용 소요, 소수 전문가의 과도한 영향력 발휘에 의한 왜곡 등의 단점이 있음.

- 따라서 최근에는 전형적인 전문가 위원회 구성 방식 이외에 설문 통계분석, 기술연관분석(고병열, 2003), KDD(Knowledge discovery in database)/KM(Knowledge Mapping), Bibliometrics 등 보다 정량적이고 객관적인 방법이 주요 의사결정 시스템에 많이 도입되고 있음.
- 이 중에서 최근 주목받고 있는 방법은 방대한 과학기술정보를 수록한 과학기술 DB 데이터를 대상으로, Bibliometrics, Text mining, Mapping 기법을 활용하여 보다 객관적인 사실을 도출하고자 하는 KDD 방법임(Porter, 2004; 윤문섭, 2004, Yoon, 2005; 윤병운, 2005; NISTEP, 2003).
- 그러나, “미래 유망아이템”의 경우, 다양한 사회현상과 밀접하게 연관되어 있기 때문에 시스템화된 정량적 발굴 프로세스를 100% 적용하기란 사실상 어려운 점이 있음.
- 따라서, 효과적으로 미래유망 아이템을 발굴하기 위해서는 정성적 프로세스(주지한 바와 같은 단점이 존재하지만) 및 정량적 프로세스와 병행하여 사용할 필요가 있음.
- 이에 따라, 본 보고서에서는 유망아이템 발굴에 대한 정성적 프

로세스와 정량적 프로세스를 모두 적용하였음.

- 한편, KDD/KM 등의 활용을 통한 정량적 프로세스의 적용은 기술분석 및 기술기획 관련 정책제언에 주로 적용되어 왔으나, 유망아이템 발굴과 같은 산업/시장분석¹⁾ 측면으로의 활용은 현재까지 전무함.
- 따라서, 본 보고서에서의 정량적 프로세스는 이에 대한 최초의 시도로 볼 수 있음.
- 종합하면, 본 보고서에서 개발한 미래유망 아이템 발굴 프로세스는 정성적 프로세스 및 정량-정성적 프로세스로 나뉘어짐.
- 정성적 프로세스를 통하여 IT 및 관련 산업분야 15대 유망아이템을 발굴하였고, 정량-정성적 프로세스를 통하여 화학-금속-바이오 산업분야 15대 유망아이템을 발굴하였음.

나. 정성적 프로세스

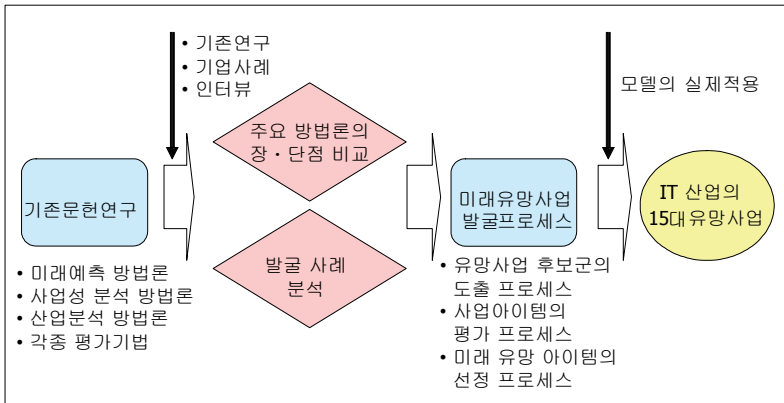
- 정성적 프로세스는 미래 유망사업의 선정과 관련한 국내외 각종

1) 예를 들어, 산업구조분석, 시장수요예측, 시장기회/위협요인 분석, 메가트렌드 분석 등이 해당되며 “유망아이템의 발굴”은 이러한 다양한 산업/시장분석 방법론이 종합된 형태로 볼 수 있음.

8 플렉서블 디스플레이

기관 및 컨설팅사의 방법론을 분석·비교하여 장단점을 파악한 후, 통합 프로세스를 고안하는 형식으로 개발하였음(<그림 2-1>).

<그림 2-1> 정성적 프로세스 개발 방법



- 개발된 프로세스를 IT 및 관련산업에 적용하여 15대 미래유망사업 아이템을 도출하였음.
- 문헌고찰, 사례연구, 전문가 브레인스토밍, 과거 시장자료 DB 분석 등의 연구방법을 주로 사용하였음.
- 정성적 유망아이템 발굴 프로세스는 1) 선정준비, 2) 후보발굴, 3) 평가·선정의 3 단계에 걸쳐 총 10개의 세부모듈로 구성됨.2)

2) 한국과학기술정보연구원과 삼성경제연구소가 공동으로 개발하였음.

<그림 2-2> 정성적 유망아이템 프로세스

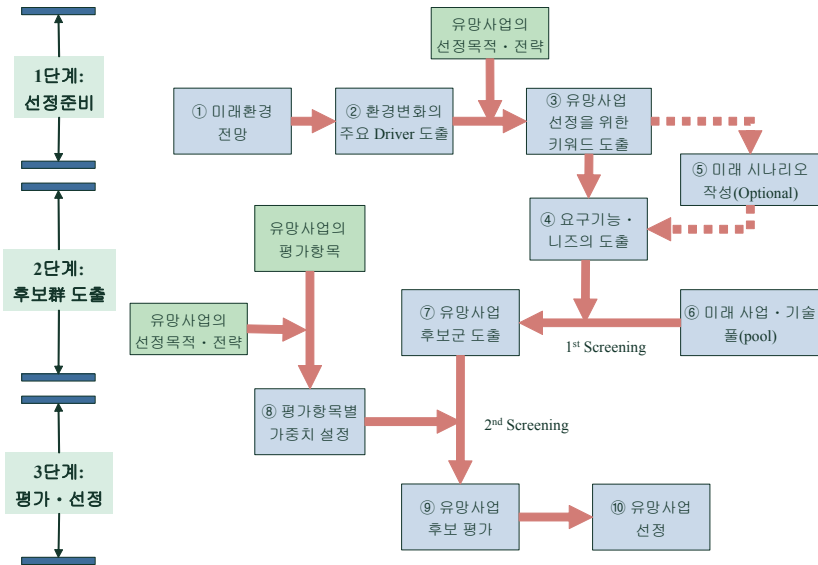
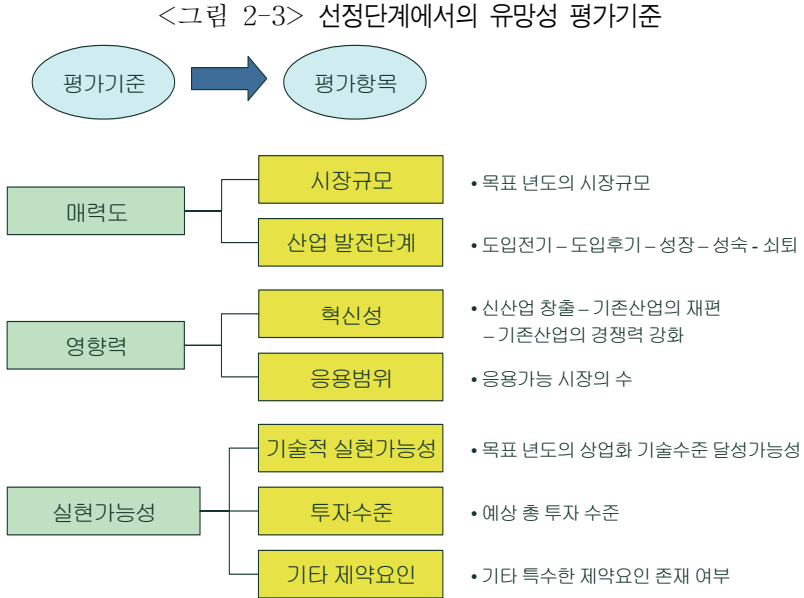


그림 4

- 선정준비 단계 : 미래환경전망, 환경변화의 주요 動因 도출, 유망사업 선정을 위한 키워드 도출
 - 후보발굴 단계 : 미래 시나리오 작성, 요구기능니즈 도출, 대상산업의 미래 사업기술목록 작성, 유망사업 후보군 도출
 - 평가선정 단계 : 평가항목별 가중치 설정, 후보사업 평가, 유망사업 선정.
- 선정단계에서 유망성 평가기준은 매력도(시장규모 및 산업발전단계), 영향력(신사업 창출 가능성, 사업응용 범위), 실현가능성(국내 기술

10 플렉서블 디스플레이

수준, 투자수준, 기타 제약요인)으로 설정하였음(<그림 2-3> 참조).



다. 정량-정성적 프로세스

- 동 프로세스의 개발은, 상용화에 근접한 기술을 파악할 수 있는 특허 DB에 미래 유망아이템의 후보군이 존재한다는 기본 개념에서 출발함.
- 대상 특허 DB는 미국특허이며, 이 중 IPC C 코드로 한정하였음. 즉, 산업분야로 볼 경우, 화학, 금속, 바이오 산업의 영역으로 볼 수 있음.

- 특허는 IPC라는 기술분류 체계를 따르고 있기 때문에, 이를 산업 /제품 분류 체계와 연관 지을 경우 매우 유용한 결과를 도출할 수 있음.
 - 즉, 최근 들어 급격히 부상하고 있는 특허 분류코드 및 키워드들을 파악하고 이들을 산업/제품 분류체계에 대응시킬 경우 미래 유망아이템 후보군을 도출할 수 있고, 해당 기술/산업 분야의 메가트렌드를 파악할 수 있게 된다는 의미임.
 - 이는, “현 시점에서 기술혁신 활동이 활발한 기술분야와 연관된 산업/제품이 미래 유망산업/제품이 될 가능성이 높다”³⁾는 의미와 상통함.
 - 이상과 같이 후보군이 도출되면 간단한 평가지표를 사용하여 우선순위를 결정하였음.
- 이상의 기본 개념을 바탕으로 <표 2-1>과 같이 유망아이템 발굴 프로세스를 설계하였음⁴⁾.
 - 기술-산업 연계구조 및 특허 키워드 분석 등 KDD/KM 측면의 접근을 시도한 것을 특징으로 함.

3) 가능성이 높다는 측면에서 유망아이템 후보군이라는 표현을 사용하였으며, 이후의 선정 단계에서 유망아이템을 최종 발굴한다.

4) 고병열, 노현숙, “기술-산업 연계구조 및 특허 분석을 통한 미래유망 아이템 발굴,” 기술혁신학회지, 8(2), 2005, 863-887.

12 플렉서블 디스플레이

<표 2-1> 정량-정성적 유망아이템 발굴 프로세스

단계	내용	방법론	
① 분석대상 선정	최근 10년간 출원빈도가 급증하는 IPC 분류코드 (부상코드)와 정채되어 있는 분류코드(정채코드)의 선정	· 특허추세분석	정 량 적
② 메가트렌드 분석	부상코드와 정채코드의 IOM/SOU 분석을 통하여 기술혁신 추세변화가 산업에 미치는 영향을 분석	· IOM/SOU* 분석 (기술-산업연계구조 분석)	
③ 유망아이템 후보군 도출	부상코드 내에서, 1990년 대비 2000년에 새로이 출현한 키워드(부상키워드) 및 이들간의 동시발생분석 분석결과를 대상으로 하여 산업적으로 의미있는 아이템화하여 도출	· 키워드 분석 · 키워드 동시발생분석	
④ 유망아이템 선정	유망아이템 후보군을 대상으로 메가트렌드 부합도, 시장규모, 시장성숙단계, 기술의 혁신성 등의 평가지표를 사용하여 스크리닝	· 주요 평가지표를 사용한 평점모형	정 성 적

주* : 캐나다 지적재산권 관리국에서는 1972년부터 1995년까지 출원된 30만건 이상의 특허에 대해서 각 기술의 IPC 분류 코드를 해당 기술이 개발된 산업(Industry of Manufacture : IOM)과 그 기술이 활용되어지는 산업(Sector of Use : SOU)으로 분류하였음. Yale 대학에서는 이를 차용하여 IPC 분류 코드가 특정 IOM-SOU 조합으로 분류될 확률을 계산하였고, IPC 분류에 따른 특허자료를 연관된 IOU-SOU 행렬로 변환하는 공정을 최종 완성하였음(Johnson, 2002).

자료: 고병열, 노현숙, “기술-산업 연계구조 및 특허 분석을 통한 미래유망아이템 발굴,” 기술혁신학회지, 8(2), 2005, p.873.

- 발굴된 유망아이템 후보군으로부터 평가과정을 거쳐서 최종적으로 유망아이템의 우선순위를 결정하는 과정(④)은, 아이템의 매력도 및 영향력 등을 객관적으로 가늠할 수 있는 평가 지표를 도출한 후 이에 따라 후보아이템별로 평점을 부여하고 합산하는, 평점모형 방식으로 수행하였음.
- 이 단계에서는 DB의 정량적 활용이 어려워 기존의 모형(김은선 외, 2004; 삼성경제연구소, 2005)을 간략한 형태로 적용하였음(<표 2-2>).

<표 2-2> 유망성 평가지표별 평가기준

평가지표	평가 기준					
	5점	4점	3점	2점	1점	0점
세계 시장규모 (단위: 억달러)	300 이상	100 ~ 299	10 ~ 99	1 ~ 9	1 미만	
발전단계	성장기	도입후기	도입전기	성숙기		쇠퇴기
				현시점이 도입기인 경우	현시점이 성장기인 경우	
혁신성 ⁵⁾	Radical (신산업창출)		Disruptive (기존산업 재편)		Sustaining (기존산업의 경쟁력강화)	
메가트렌드 부합도	B2C화				부합	비부합
	바이오화				부합	비부합
	서비스화				부합	비부합

5) 기술의 혁신성이 높을수록 미래의 신산업 창출로 연결가능성이 높을 것으로 판단하여 높은 점수를 부여

2. 플렉서블 디스플레이의 선정과정

- 플렉서블 디스플레이는 IT 및 관련 산업에 속하는 아이템으로서, 앞서 제시된 프로세스 중 정성적 프로세스를 통하여 발굴되었음.

가. 유망아이템 후보군의 도출

1) IT 산업의 미래사업·기술 리스트

- 국가과학기술지도 및 중·장기 과학기술예측 자료를 IT 산업의 미래사업·기술 리스트로 활용함.
 - 국가과학기술지도(과학기술부, 2002)의 “정보-지식-기능화 사회구현” 비전에 따른 IT 관련 부문의 미래기술·사업을 기본 목록으로 사용. 국가과학기술지도의 IT관련 세부기술은 총 214개임.
 - 국가과학기술지도의 목표 년도가 2012년으로 본 보고서의 목표년도인 2015년과 비교적 근거리이므로 큰 차이는 나지 않을 것으로 판단하여 이를 후보군에 포함하였음.
 - 최근 발표된 『제3회 국가과학기술예측』의 정보·지식 분야의 중·장기 미래기술 목록 중 국가과학기술지도와 중복되지 않는 기술들을 포함(과학기술부, 2005). 이 중 실현 예측시기가 2015년경 이내인 70개 기술들만 대상에 포함하였음.
 - 일본 문부과학성이 실시한 제7회 기술예측보고서의 「정보·통신」 및 「일렉트로닉스」 분야 중 국가과학기술지도 및 제 3회

국가과학기술예측과 중복되지 않는 기술을 포함(일본문부과학성, 2002). 이 중 실현 예측시기가 2015년 경 이내인 107개 기술들만 대상에 포함하였음.

2) 환경분석을 통한 유망아이템 후보군 도출

- 2015년의 유비쿼터스 환경에 필요한 요구기능·니즈 및 제약요인을 기준으로 IT 산업의 미래사업·기술 리스트로부터 유망사업 후보군을 도출하였음.
- 요구기능·니즈로부터 내용상 중복되는 것을 제외하고 총 8가지의 선별기준을 정함.

< 유비쿼터스 미래의 핵심 니즈·기능 >	
① 실시간·대용량 통신 네트워크	② 대용량 컴퓨팅
③ 정보 보안	④ 실시간 위치확인
⑤ 원격·상시 건강상태 확인·진료	⑥ 소형화·휴대성
⑦ 주택용·차량용 각종 기기의 지능화	
⑧ 기타 유비쿼터스 활용 서비스·솔루션	

- 상기 8가지의 니즈를 기준으로 미래사업·기술의 관련성 여부를 평가하여 총 22가지의 유비쿼터스 관련 유망기술 후보군을 <표 2-3> 과 같이 도출하였음.

16 플렉서블 디스플레이

<표 2-3> 미래 유망사업 아이템 후보군의 도출

기능	미래사업·기술	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
표시	Flexible 디스플레이						○		
	전자종이						○		
저장	차세대 메모리		○				○		
통신	4G 이동통신	○				○			
	UWB(Ultra Wideband)	○					○	○	
프로세싱	SoC					○	○	○	
	Grid 컴퓨팅		○						
전원	2차전지					○	○		
	마이크로 연료전지						○		
감지	바이오센서					○			
컨텐츠	가상현실 시스템								○
	전자화폐·금융 시스템								○
	오감형 미디어 콘텐츠								○
	S/W Agent							○	
	광·양자 암호			○					
응용	착용형컴퓨터						○		
	Telematics							○	
	U헬스					○			
	가정용 서비스로봇					○		○	
	biometrics			○					
	Interactive TV							○	
	RFID				○		○		

- 주 : 1) 표의 번호는 본문 박스 내에 있는 8가지 미래의 핵심니즈·기능의 번호임.
 2) 상기 표에서 미래사업·기술 별로 8가지 핵심 니즈·기능을 실현하는 것과 관련이 있는 항목에 ○ 표시를 함

나. 플렉서블 디스플레이의 유망성 평가

- 이러한, 22개 유비쿼터스 관련 후보 사업·기술에 대해 기존 자료 및 연구진의 토의를 통해 평가항목별로 평점을 부여(<표 2-4>)하였음.

<표 2-4> 미래 유망사업 아이템의 선정

유망아이템 후보군	총점	시장 규모	발전 단계	혁신성	응용 범위
가중치	1.00	0.1	0.2	0.2	0.2
Telematics	4.60	5	5	5	5
RFID	4.40	3	5	5	5
SoC	4.30	5	5	3	5
Flexible 디스플레이	4.20	2	4	5	5
마이크로 연료전지	4.20	3	5	3	5
바이오센서	4.20	3	3	5	5
S/W Agent	4.20	3	5	3	5
4G 이동통신	4.10	5	5	4	5
U헬스	4.10	5	3	5	5
차세대 메모리	4.00	4	5	2	5
Grid 컴퓨팅	3.80	3	5	4	2
오감형 미디어 콘텐츠	3.70	4	4	3	5
가정용서비스로봇	3.70	5	4	5	4
가상현실 시스템	3.60	2	3	3	5
Interactive TV	3.60	5	5	2	2
전자종이	3.20	2	4	4	2
2차전지	3.10	4	1	1	5
착용형컴퓨터	3.00	3	3	3	3
biometrics	3.00	5	5	2	1
UWB(Ultra Wideband)	2.70	2	4	2	3
전자화폐, 금융시스템	2.60	5	1	1	1
광·양자 암호	2.30	1	3	4	1

(계속)

18 플렉서블 디스플레이

유망아이템 후보군	기술실현 가능성	투자 요인	계약 요인	계약요인 내용
가중치	0.2	0.1		
Telematics	5	1		
RFID	5	4	-0.3	개인정보유출
SoC	5	2		
Flexible 디스플레이	5	2		
마이크로 연료전지	5	3		
바이오센서	5	3		
S/W Agent	4	5		
4G 이동통신	5	1	-0.3	정책, 시장의 불확실성
U헬스	5	3	-0.3	법률, 제도 정비 필요
차세대 메모리	5	2		
Grid 컴퓨팅	4	5		
오감형 미디어 콘텐츠	2	5		
가정용서비스로봇	3	3	-0.3	안정성 문제
가상현실 시스템	4	4		
Interactive TV	5	3		
전자종이	4	2		
2차전지	5	3		
착용형컴퓨터	3	3		
biometrics	4	4	-0.3	윤리적 문제
UWB(Ultra Wideband)	3	4	-0.3	정책 불확실성
전자화폐, 금융시스템	5	5		
광촬양자 암호	1	4		

- 이 중, 플렉서블 디스플레이는 다음과 같이 평점을 부여받아 2015년 유망아이템으로 선정(<표 2-5>)되었음.

<표 2-5> 플렉서블 디스플레이의 평가내용

평가항목	평점	가중치	가중평점	평가내용
시장규모	2	0.1	0.2	2010년 세계시장 약 2400억엔
발전단계	4	0.2	0.8	2010년 성장기에 접어듦
혁신성	5	0.2	1.0	기존산업 재편
응용범위	5	0.2	1.0	다양한 응용시장 창출
기술실현가능성	5	0.2	1.0	선진국대비 58.1의 기술수준
투자요인	2	0.1	0.2	적정수준의 투자규모
제약요인	-			
합계			4.2	

Ⅲ. 산업 시장 분석

1. 개요 및 특성

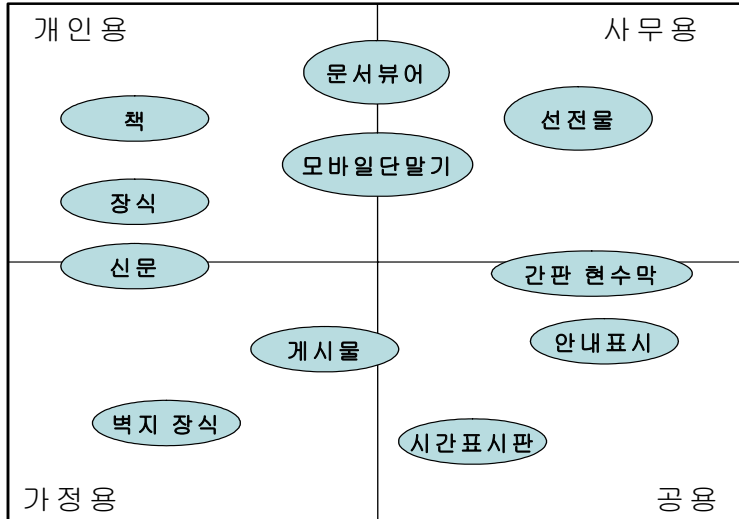
가. 시장의 개요

- 플렉서블 디스플레이는 일종의 반사형 디스플레이로서 기존의 종이와 잉크처럼 높은 해상도, 넓은 시야각, 밝은 흰색 배경으로 우수한 시각 특성을 가지며, 플라스틱, 금속, 종이 등 어떠한 기판 상에도 구현이 가능함. 또한 전원을 차단한 후에도 화상이 유지되며, 백라이트 전원이 없어 이동 통신기기의 배터리 수명이 오래 유지되며, 원가 절감과 및 경량화가 가능함.
- 현재 액정을 이용한 LCD(Liquid Crystal Display), 유기 발광물질을 이용한 OLED(Organic Light Emitting Diode) 및 종이 특성과 디스플레이를 결합한 전자종이(Electronic Paper) 등의 형태로 세분화되어 제품 개발이 진행되고 있음.
- 플렉서블 디스플레이 시장은 그 용도에 따라 크게 개인용, 가정용, 사무용, 공용 등으로 나뉘어지며, 세부적으로는 책, 장식, 신문, 벽지장식, 문서뷰어, 모바일단말기, 게시물, 선전물, 간판 현수막, 안내표시, 시간표시판 등으로 응용이 가능함(<그림

22 플렉서블 디스플레이

3-1> 참조).

<그림 3-1> 플렉서블 디스플레이의 용도

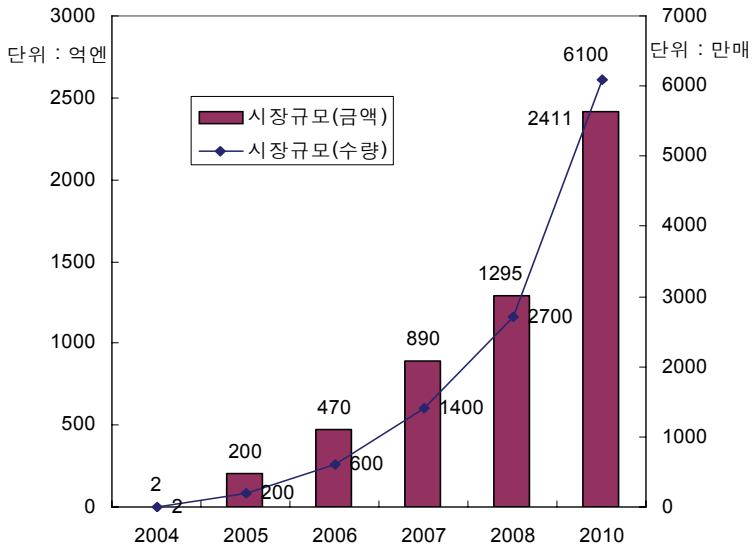


- 플렉서블 디스플레이는 아직까지 실용화 개발이 진행 중이며 현재 출시되어 있는 제품은 대부분 시제품들임. 또한 향후 시장 규모는 예측 기관에 따라 다소 편차가 있음.
- 아이서플라이는 2004년 샘플 수준의 시장이 2005년에는 4만 5000매(31만달러, 약 7달러/매), 2010년에는 2,550만매(1,780만 달러, 약 0.7달러/매)로 성장을 전망함.
- STEMI는 2004년부터 시장이 형성되어 2010년까지 연평균 성장률 약 89.6% 성장, 수량기준 928만매에 달하고, 금액기준으로는 148억엔에 도달하여 기존 디스플레이의 8%를 대

체시킬 것으로 전망함.

- Display Search(2003년)에서는 2004년 180만달러, 2005년 430만달러, 2006년 740만달러, 2007년 940만달러 시장을 형성할 것으로 예측하고 있음.
- Fuji Chimera Research Institute에서는 <그림 3-2>와 같이, 2005년 전자종이 세계시장은 200만매, 금액으로는 200억엔에서 2010년 6,100만매, 2,411억엔의 시장을 형성할 것으로 보고 있음.

<그림 3-2> 전자페이퍼 세계시장규모



자료 : Fuji Chimera Research Institute, 2005 유망전자부품, 2005.

24 플렉서블 디스플레이

- 국내 시장규모는 현재 동분야 관련 매출을 발생시키고 있는 2개 업체, 소프트픽셀과 레오릭스의 매출을 합한 것이지만, 아직까지 매출이 연구프로젝트나 시제품 공급 등으로 발생하는 경우가 대부분으로 정확한 국내 시장규모로 보기는 힘들음(<표 3-1> 참조).

<표 3-1> 국내업체 매출로 추정된 국내 시장(추정치)

(단위 : 억원)

업체명	2002년	2003년
소프트픽셀	-	5.2
레오릭스	3.16	8.42
합계(국내시장)	3.16	13.62

※ 방문 조사를 바탕으로 KISTI에서 추정

○ 주요 참여 기업 현황

- 아직까지 제품에 의한 시장 형성은 미미하지만 시장 선점을 위한 연구 및 시제품 개발은 국내외에서 활발하게 진행되고 있음.
- 대표적인 해외 기업으로는 필립스, PlasticLogic, IBM, E-INK, Gyricon Media, Kent disply, 파이노니아, Hitachi, sony 등에서 참여하고 있음(<표 3-2> 참조).
- 국내에서는 삼성전자, 삼성SDI 등의 기업연구소를 포함하여 KETI, ETRI, 경희대, 동아대, 한양대 등에서 참여하고 있음.

<표 3-2> 플렉서블 디스플레이의 기술별 주요참여업체

연구기관	형태	명칭
샤프, 세이코엡슨, 松下電氣産業	액정	나마틱 액정
도시바, ASET		3층 게스트/호스트 액정
ASET		홀로그래픽 PDLC
ASET		지향성 반사형
미 Kdnt State 대, 미놀타		콜레스테릭 액정
영국 ZBD사		ZBD
세이코엡슨		BTN
동해대학, 대일본인쇄		
파이오니아, 대일본인쇄, 미 Universal Display사	유기EL	
도시바	가동필름	
캐나다 British Columbia대	반사필름 반사형표시	
미 e-ink사, TDK	전기영동	마이크로캡슐형
캐논, IBM		인-플레이형
미 Gyricon사	트위스트볼	
필립스	Electrowetting Display	
미 Iridigm Display사	미케니컬 반사형표시	
리코, 도시바, 오키정보시스템, 三菱 製紙	T h e r m a l Rewritable	

나. 시장 특성

- 플렉서블 디스플레이 산업의 시장구조분석을 마이클 포터의 5-force 모델(Porter’s 5-forces model)로 살펴보면 아래와 같음.

- 잠재적 경쟁자 : 플렉서블 디스플레이 분야는 기존의 디스플레

26 플렉서블 디스플레이

이를 제조하고 있던 업체 전부가 잠재적 경쟁자라고 할 수 있음. 전자종이의 입자 타입 관점에서는 고분자 및 정밀화학업체들이 접근 가능하다고 판단됨.

- 기존 기업 : 선진국의 업체들로 e-ink, 필립스, 松下電氣産業 등이 있고, 국내에는 삼성전자, 삼성SDI 등이 시장에 접근하고 있음. 아직 일정 규모의 시장을 형성한 제품은 없고 대부분 시제품을 출시하거나, 연구개발하고 있는 상태임.
- 공급자 : 소재 공급업체로는 아직까지 e-ink社 등 소수에 지나지 않지만 향후에는 업체들간에 역할 분담이 이루어질 것으로 예상됨. 입자를 제조하여 공급해주는 업체, 일정한 모양으로 디자인된 형태의 팩에 액상과 입자를 넣어 밀봉하여 공급하는 업체, 기판을 인쇄하여 팩의 뒷면에 부착하고 회로를 부가시켜 제품을 만드는 업체, 또한 외장을 제조하는 업체 등으로 나누어질 것으로 판단됨.
- 소비자 : 최종 소비자와 중간소비자로 분류될 수 있음. 광고판의 경우에는 중간소비자는 상점주인이거나, 지하철 광고의뢰자 같은 광고주체이고 최종소비자는 광고를 보는 일반인들이 된다. 전자책의 경우에는 중간소비자는 전자종이를 가져다가 전자책을 생산하는 제조업자가 해당되고 최종소비자는 전자책을 보는 독자임.
- 대체재 : 제품이 아직 본격적으로 시장을 형성하지 않아서, 성능과 기능을 뛰어넘는 대체재를 추정하기는 힘들. 하지만

LCD와 OLED가 플렉서블화를 지향하고 있어 상호 보완적이지만, 각각 기술이 구현된 실제 제품의 시장이 중첩되는 부분이 많아 경쟁관계에 있다고 볼수 있으며, 특히 전자종이부문에 서의 경쟁강도는 높을 것으로 판단됨.

○ 시장 형성에 유리한 특성

- Flexibility : 이미지 구현에 핵심 요소가 되는 잉크가 구부림에 대한 영향이 거의 없으므로 유연성 구현에 용이함. 다만 LCD, OLED에 적용하기 위해서는 적합한 플라스틱, 금속, 종이 등의 소재 개발과 안정성 있는 Plastic Circuit 제도가 필요함.
- High Quality : 기존 반사형 LCD에 비해 시야각, Resolution 이 우수하고 백라이트(Back Light)가 필요하지 않으며, 기술 발달에 따라선 종이와 유사한 Contrast까지 구현 가능함.
- Low cost : 재료 및 공정이 간단하고, Roll 공정에 의한 대량 생산이 용이하며 저가로 제조할 수 있음.
- Low power consumption : 쌍안정성의 특성으로 인해 고정된 문자나 패턴을 구현할 때 초기에만 전력이 필요하며, 새로운 화면으로 전환하기 前까지는 추가적인 전력소모가 없음.
- Lightweight product : 저전력 소모로 인해 대용량 전원장치가 필요 없으며, 또한 백라이트와 같은 부품이 필요 없으므로 경량화가 용이함.
- Bistability : 쌍안정성은 종래 LCD, PDP, OLED 등에서는 구현할 수 없는 특성으로 저소비전력 구현이 용이함.

28 플렉서블 디스플레이

○ 시장 형성에 불리한 특성

- Module Maker의 부재 : Philips Component가 E-INK사와의 협력이 이루어지고 있는 상황이나, 기타 모듈업체는 아직까지 기술성과 시장성을 지켜보고 있는 입장임.
- Lifetime : 현재 전자종이의 경우 수명이 10,000 ~ 20,000 정도 시간으로 PC 모니터의 100,000 시간에 비해 부족한 상황임.
- Battery : 종래 디스플레이보다 가볍고 소모전력이 낮은 상황이지만 Power Supply가 완전히 불필요한 상황은 아님, 이러한 battery의 장착은 Flexibility를 구현하는데 제약요소임.
- 소비자의 반응 : 전자종이의 경우 2000여년 동안 사용하였던 종이보다 전자종이를 선호할 것인가에 대한 확실성이 없으며, 전자종이 산업이 발전하기 위해서는 핵심 응용분야의 탐색이 필요함(<그림 3-3> 참조).

<그림 3-3> 플렉서블 디스플레이의 샘플



2. 동향 및 전망

가. 최근 업체 동향

- 차세대 플렉서블 디스플레이 기술은 현재 전세계 패널 관련 업체, 기업 및 국가연구소, 학계 등에서 광범위하게 연구되고 있으며 기술 발전 속도가 점차 가속화되어 근년에 시장형성이 급속히 진행될 것으로 시장예측기관에서는 예상하고 있음.
- LCD, OLED, E-Paper 방식의 플렉서블의 경우 세계적으로 약 30 ~ 40 개의 업체에서 연구개발을 진행 중이며, 수백개의 연구소 및 학계에서 관련 연구를 수행하고 있음.
- 유럽의 경우 네덜란드 필립스가 중심이 되어 고분자 재료를 이용한 연구가 진행 중인데, 필립스의 경우 플렉서블 디스플레이의 개발과 상용화 추진을 위한 PolymerVision을 설립하고 집중 투자하고 있음.
- 영국의 PlasticLogic에서는 Ink-jet 기반의 OTFT와 이를 이용한 플렉서블 디스플레이용 Backplane 개발을 진행하고 있음.
- 미국에서는 IBM, Sarnoff, UDC, E-ink, Bell Labs, Palo Alto research Center(PARC) 등의 기업연구소를 중심으로 플렉서블 LCD, OLED, E-Paper 등에 대한 전반적인 연구가 이루어지고

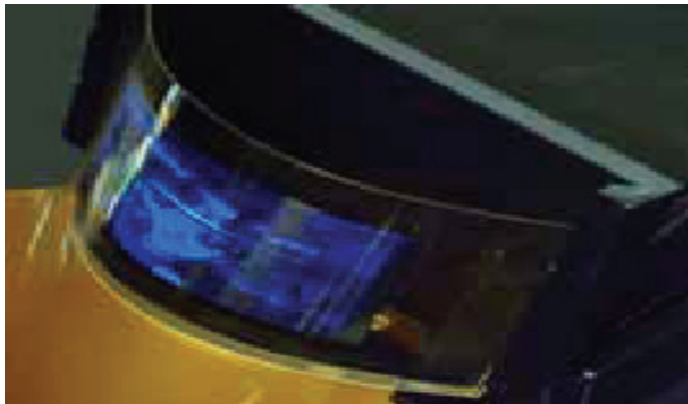
30 플렉서블 디스플레이

있으며 특히 플렉서블 디스플레이에 대한 많은 원천 기술, 핵심 기술 및 특허 등을 확보하고 있고 정부기관 및 업체들의 집중적인 투자가 이루어지고 있어 향후 플렉서블 디스플레이 분야에 있어 매우 중요한 위치를 점할 것으로 예상됨.

- 일본에서는 Hitachi, Sony, AIST, Seiko-Epson 등의 기업 및 연구소에서 OTFT, Poly-Si TFT, OLED 등에 대한 연구가 이루어지고 있으며, 최근에는 Bridgestone이 QR-LPD를 발표 조만간 상용화 할 것으로 예상됨.
- Sony 및 Seiko-Epson에서는 우수한 Poly-Si 제작 및 Transfer 기술을 바탕으로 하여 고분자 기판 상에 특성이 매우 우수한 Poly-Si TFT를 가진 디스플레이를 개발 및 시제품을 선보였으며 NHK 방송기술연구소에서는 OTFT를 이용한 능동형 OLED에 대한 연구를 진행하고 있음.
- 국내에서는 삼성전자, 삼성SDI, 소프트픽셀, 아이컴포넌트 등의 기업연구소를 포함하여 KETI, ETRI, 경희대, 동아대, 한양대 등에서 플렉서블 LCD, OLED, E-Paper에 대한 연구를 진행하고 있음.
- 국내 플렉서블 디스플레이 관련 기술은 일부분야에서 세계 수준에 근접하고 있지만 전반적으로 다른 기술 선진국들에 비해 뒤떨어진 상황임. 특히 원천기술 및 특허, 그리고 핵심 부품 및 장비, 재료 분야에서는 미국, 일본, 유럽 등에 비해 매우 뒤쳐져 있음.

- 하지만 우리나라에서는 한국전자통신연구원이 1999년부터 정보통신부의 지원하에 플렉서블 OLED의 핵심기반기술을 연구하여, 2000년에 1.8인치급 60x21 플렉서블 수동형 단분자 OLED와 고분자 OLED를 시연하였으며, 플라스틱 기판을 기반으로 하는 공정기술과 OLED 장수명화 기술을 개발하여 2003년에는 2인치급 128x64 플렉서블 PM-OLED를 시연하였음. 그리고 2002년부터는 전자잉크를 사용하여 전자종이를 제작하는 방법에 대한 연구를 진행하고 있으며, 현재 플라스틱 기판 상에서 컬러 전자잉크를 이용하여 컬러필터를 사용하지 않는 다색 전자종이 개발 및 용액공정에 기반을 둔 Roll-to-Roll 프로세스에 대한 연구를 진행중임(<그림 3-4> 참조).

<그림 3-4> ETRI가 개발한 2인치급 플렉서블 PM-OLED



- 또한 2003년부터 5년간 정보통신부의 지원으로 LG전자 등 5개 산업체, ETRI, KIST 등 3개 정부출연연구소, KAIST 등 4개 대학

32 플렉서블 디스플레이

이 공동으로 LTPS-TFT와 OTFT를 스위칭 소자로 채용한 4인치급 플렉서블 AM-OLED, A4 크기의 전자종이 연구를 수행하고 있음.

- 그리고, 삼성전자는 5인치급 이상의 플라스틱 LCD 개발을 완료하였고, 모바일 디스플레이용 2.2인치 풀컬러 투과형 플라스틱 TFT-LCD 모듈과 5~6인치급 e-Book용 전기영동 디스플레이를 개발 중에 있으며, OTFT에 대한 연구도 활발히 진행하고 있어 플렉서블 관련 기술이 점차 축적됨에 따라 향후 동분야 기술 강국으로 등극할 가능성이 매우 높음.

나. 향후전망

- 플렉서블 디스플레이는 1960년대에 기초연구가 시작된 이래, 1975년 Xerox에서 초보적인 프로토타입의 전자종이를 구현하여 영문자 X를 표시하였으며, 1999년에는 E-Ink사에서 Immedia™라는 최초의 전자종이 제품을 출시하였음. 현재 많은 업체에서 다양한 모드의 시제품을 구현하여 발표하고 있음. 2010년 정도에는 충분한 유연성과 디스플레이로서의 기능을 완전히 갖춘 플렉서블 디스플레이가 대량 생산 체제에 접어들 것으로 전망됨(<그림 3-5> 참조).
- 잉크는 컬러화, 적정 응답시간의 확보 및 고해상도 실현에 관건이 되는 핵심재료이며, 컬러화 기술은 조기달성이 가능할 것으로 예상하고 있고, 적정 응답시간을 확보하기 위해서는 잉크의 질량을 줄이면서 하전량을 키워야 하며, 고해상도 구현을 위해서는 나노크기의 잉크개발이 요구됨.

<그림 3-5> 플렉서블 디스플레이의 기술로드맵

구분		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
Technology & 제품적용	Ink & Color	기 개발된 흑백 ink의 Monochrome 제품에 적용							
		Multicolor 용 ink 개발			Multicolor 제품에 적용				
		Full color 용 color ink 개발		Quick Response & nano size의 color ink 개발				F/C 제품 적용	
	Substrate	Glass Substrate 적용 제품			Plastic Substrate 적용 제품				
	TFT array (backplane)	단순 매트릭스 적용 제품							
		a-Si TFT 적용 제품						OTFT 적용 제품	
	resolution	100 ~ 200 dpi				300 dpi			600 dpi
	Response time	< 150 mrs				< 30 mrs			< 0.2 mrs
	Contrast Ratio	>10:1				>15:1			>20:1
	Life Time	10,000 ~ 20,000 hr				30,000 hr			>50,000 hr
Product (Application)	백화점, 증권거래소 등의 Sign Board, News Stand / Price Tag / Map								
	Prototype E-Book & 소규모 시장				E-Book, E-Newspaper 제품 등				
	F/C Mobile 제품 초대면적 Display								

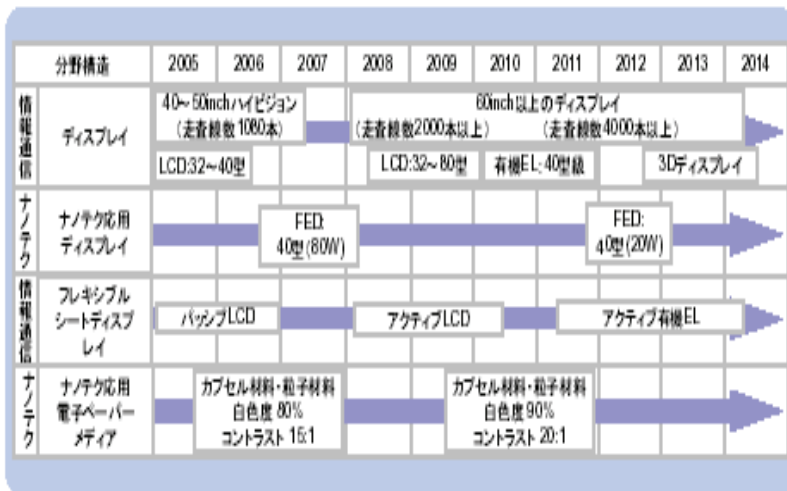
자료: 한국전자부품연구원, E-Paper 기술로드맵, 2004. 6, p.13.

- 유연성이 주요 특징인 플렉서블 디스플레이는 플라스틱 기판을 사용해야 하며, 플라스틱 기판에의 투명전극 형성 및 기판의 가스 차단성 문제 해결이 요구되며, 2006년부터 플라스틱 기판을 이용한 플렉서블 디스플레이 구체화될 것으로 예상함.
- 낮은 그레이드의 플렉서블 디스플레이는 단순 매트릭스 타입이 적용되고, e-Book, e-Paper 등에는 a-Si TFT가 채용될 것으로 전망됨. TFT가 모두 유기물로 구성된 Organic TFT(OTFT)는 2010년경 제품에 적용될 것으로 예상됨.

34 플렉서블 디스플레이

- 전자종이 제품의 성능과 관련된 해상도, 응답속도, 대조비, 수명은 2007년을 기점으로 그 성능이 한단계 향상되고, 2010년에는 풀컬러 제품에의 적용이 가능한 수준으로 향상 될 것으로 기대됨.
- 또한, 일본의 경제산업성이 작성한 기술전략맵에 의하면 일본에서는 2010년까지 능동방식 LCD를 이용한 플렉서블 디스플레이를 개발하고, 2010년 이후에는 능동 유기 EL을 이용한 플렉서블 디스플레이를 개발할 계획임(<그림 3-6> 참조). 그리고, 나노기술을 이용한 전자종이는 2007년까지 자색도 80%, 콘트라스트 15:1의 캡슐·입자재료를 개발할 계획이며, 그 이후에는 자색도 80%, 콘트라스트 15:1의 캡슐·입자재료를 개발해 나갈 계획임.

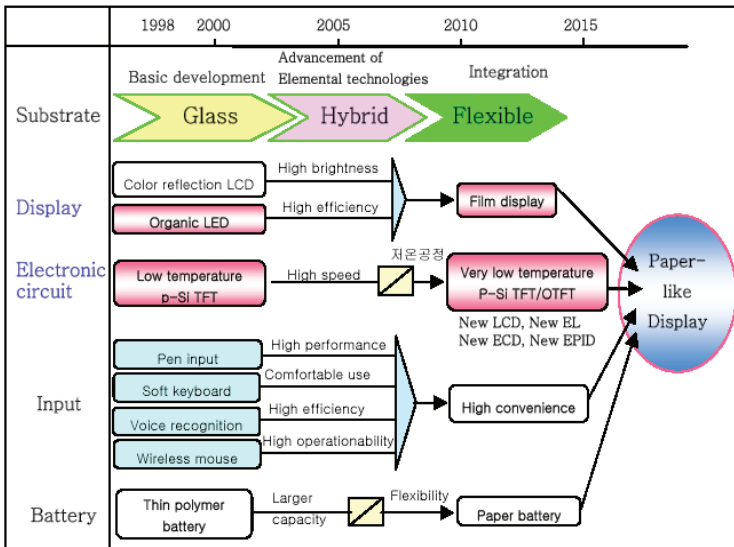
<그림 3-6> 일본 디스플레이 기술 전략맵



자료: 일본 경제산업성, 기술전략맵: 정보통신분야, 2002. 3, p.7.

- 한편, 우리나라는 기존의 디스플레이 기술을 이용한 플렉서블 디스플레이의 구현에 역점을 두고 기술개발을 추진하고 있으며, 기관의 경우 유리기관에서 점차 유리과 플라스틱을 같이 사용하고, 2010년 경에는 플렉서블 기관으로 대체를 예상하고 있음(<그림 3-7> 참조).
- 디스플레이는 컬러 반사형 LCD의 고휘도화와, OLED의 고효율화를 통해 점차 필름 디스플레이 형태를 취하고, 전자회로인 스위칭 소자는 저온 p-Si TFT에서 저온공정 개발을 통해 고속응답이 가능한 초저온 p-Si TFT나 OTFT를 구현하여 새로운 형태의 디스플레이가 탄생할 것으로 보고 있음. 또한, 배터리도 기존의 박막형 폴리머 배터리에서 고용량화를 추구하며 점차 유연성이 가미된 종이 배터리로 발전할 것으로 전망하고 있음.

<그림 3-7> 플렉서블 디스플레이 기술로드맵



자료: ETRI CEO Information, 차세대휴먼인터페이스 FlexibleDisplay, 2004.

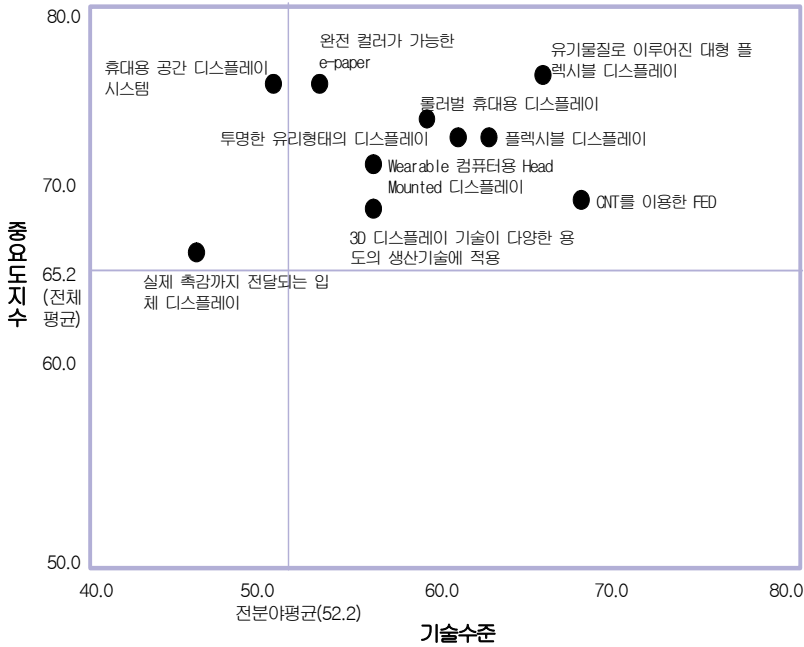
IV. Flexible Display 이슈 분석

1. 우리나라의 기술수준

- 국내에서 Flexible Display에 대한 연구는 선진국에 비해 매우 짧은 편으로 1990년대 말 한국전자통신연구원, 한국전자부품연구원 등 정부출연연구소를 중심으로 연구가 시작되었고, 산업계에서 관심을 갖고 연구개발을 시작한 것은 최근부터임.
- 한국과학기술기획평가원(KISTEP)에서 조사한 과학기술예측조사(2005-2030) 자료에 따르면 Flexible Display 기술에 대한 주요 선진국 대비 국내 기술수준은 전체적으로 58.1% 정도로서 전체 산업분야의 평균인 52.2% 보다는 높지만 선진국에 비해 기술격차가 큰 실정임. 특히, 실제 촉감까지 전달되는 입체 디스플레이 기술과 휴대용 공간 디스플레이 시스템, 완전 컬러가 가능한 e-paper 기술 등은 기술격차가 매우 큰 것으로 나타남.
- 또한, 연구개발의 중요도 측면에서는 완전 컬러가 가능한 e-paper 기술을 비롯하여 유기물질로 이루어진 대형 플렉서블 디스플레이, 휴대용 공간 디스플레이 시스템, 롤러별 휴대용 디스플레이 등이 높은 것으로 나타나 이에 대한 투자의 우선순위를 높일 필요가 있는 것으로 조사됨(<그림 4-1>, <표 4-1> 참조).

38 플렉서블 디스플레이

<그림 4-1> 선진국 대비 국내 기술수준 및 중요도 지수



자료 : MOST, KISTEP, 과학기술예측조사(2005-2030) 미래사회 전망과 한국의 과학기술, 2005. 5를 참조로 KISTI 재구성

- 또한, 국가과학기술위원회가 발표한 자료에 따르면, 평판디스플레이 기술에 대한 우리나라의 기술경쟁력은 LCD TV, PDP TV, 업무용 TFT LCD, 프로젝션 부문에서 세계적으로 리더그룹에 속해 있으며, 가전 및 업무용 AMOLED 분야는 경쟁력이 있는 것으로 보고 있으나, Flexible Display 분야는 우리나라의 경쟁력이 매우 취약한 것으로 분석하고 있음.
- 기술의 성숙도 측면에서는 LCD TV, PDP TV, 업무용 TFT LCD, 프로젝션 부문은 성장단계에 진입하였으며, OLED는 도입단계, 전자종이는 초기단계인 것으로 조사되었음.

<표 4-1> 선진국 대비 국내 기술수준 및 중요도 지수

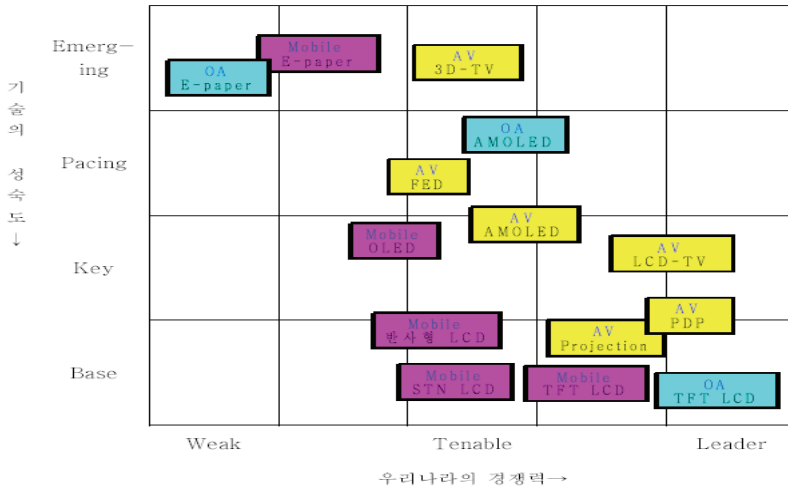
번호	과제명	중요도 지수	기술수준 (%)	국내 실현 시기	세계 실현 시기	최고 기술 보유	격차 (년)
1	트랜지스터, 전극, 발광층이 유기물질로 이루어진 대형 플렉서블 디스플레이 실용화	76.2	66.6	2012	2010	일본 미국	2
2	CNT를 이용한 FED 실용화	69.1	69.0	2011	2010	미국	1
3	롤러별 휴대용 디스플레이 실용화	72.9	59.2	2014	2011	미국 일본	3
4	Wearable 컴퓨터용 Head Mounted 디스플레이 실용화	70.6	56.3	2014	2012	미국	2
5	완전 컬러가 가능한 e-paper 실용화	74.9	53.3	2013	2012	미국 일본	1
6	3D 디스플레이 기술이 다양한 용도의 생산기술에 실용화	68.6	56.1	2014	2010	미국	4
7	휴대용 공간 디스플레이(예.홀로그래프) 시스템이 개발	76.4	50.5	2013	2011	미국	2
8	실제 촉감까지 전달되는 입체 디스플레이 개발	65.6	46.0	2016	2013	미국	3
9	투명한 유리형태의 디스플레이 보급	73.2	61.0	2013	2012	미국 일본	1
10	플렉서블 디스플레이 보급	73.0	62.6	2008	2010	미국 일본	2

자료 : MOST, KISTEP, 과학기술예측조사(2005-2030) 미래사회 전망과 한국의 과학기술, 2005. 5, 조사방법 : Delphi법.

40 플렉서블 디스플레이

- <그림 4-2>는 선진국과 우리나라의 기술수준 및 격차를 반영하여 Flexible Display 기술에 대한 미래기술연표를 작성한 것임.

<그림 4-2> 우리나라의 기술경쟁력 및 기술성숙도 분석



자료: 국가과학기술위원회, 차세대 디스플레이 기술, 2002. 10, p.32.

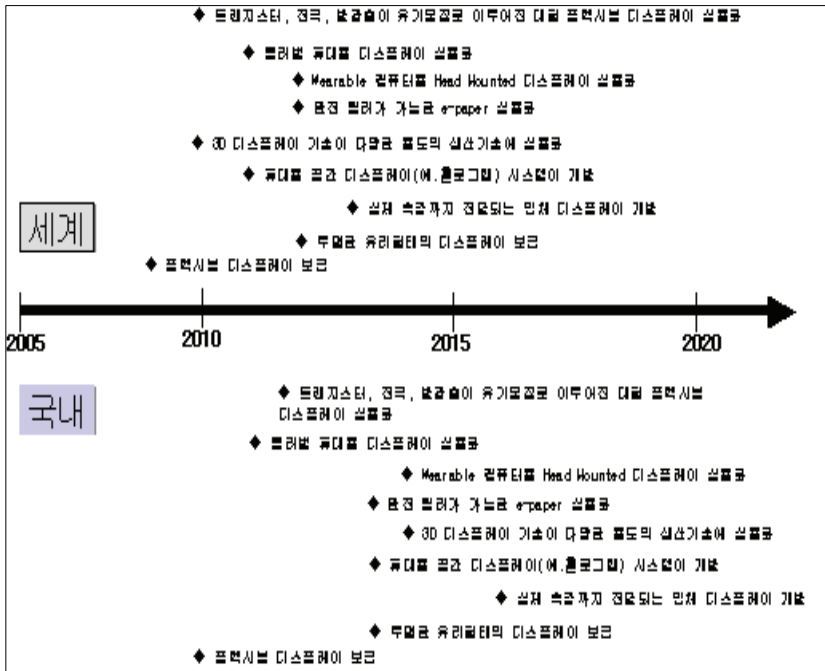
2. 응용분야별 기술적 이슈

○ Flexible liquid Crystal Display (LCD)

- LCD 방식의 능동 구동형 플렉서블 디스플레이는 구동소자의 종류에 따라 α -Si TFT, Poly-Si TFT, OTFT(유기 박막 트랜지스터) 등으로 구분됨.

- α -Si TFT 기술은 이미 기술 성숙도에 있어 다른 기술보다 기술적인 면에서는 우위에 있다고 할 수 있으나, 성능은 Poly-Si TFT, OTFT 보다도 뒤떨어져 경쟁력이 다소 낮음.

<그림 4-3> Flexible Display 기술에 대한 미래기술연표



자료 : MOST, KISTEP, 과학기술예측조사(2005-2030) 미래사회 전망과 한국의 과학기술, 2005. 5, 조사방법 : Delphi법.

- α -Si TFT 기술은 그 성능에 비해 OTFT 기술보다 많은 공정이 요구되고 있으며, 고분자 기판과 무기물이 열적 특성 차이에서 나타나는 잔류 응력 및 구부린 상태에서 발생하는 외부 스트레스에 대한 응력에 대한 영향이 크기 때문에 이를 극복할 기술이 요구됨.

42 플렉서블 디스플레이

- 다결정 실리콘을 이용하는 Poly-Si TFT 기술은 최근 디스플레이 패널상에 구동회로, 프로세스 등을 집적시킬 수 있는 장점 때문에 많은 연구가 이루어지고 있으며, 최근의 추세는 고분자 기판 상에 직접 Poly-Si TFT를 제작하는 기술과 유리 기판을 이용한 Transfer 기술이 차세대 기술로 대두되고 있음.
- Transfer 기술을 이용한 플렉서블 Poly-Si TFT 기술은 Sony, Seiko-Epson 등이 우수한 기술을 확보하고 있으며, Poly-Si TFT 기술을 적용할 경우 패널 상에 구동회로를 실장할 수 있기 때문에 한 차원 높은 플렉서블 디스플레이를 구현할 수 있음. 기술 핵심은 유리기판상에 제작한 패널을 고분자 기판으로 Transfer 하는 기술임.

○ Flexible Organic Light Emitting Diode (OLED) 기술동향

- OLED를 이용한 플렉서블 디스플레이는 자체 발광형으로 백라이트 광원이 필요없고 고휘도의 디스플레이 구현이 가능하기 때문에 기계적으로 유연한 특성을 유지해야 하는 플렉서블 디스플레이 적용에 있어 LCD보다 우수함.
- 현재 OLED를 플렉서블 디스플레이로 적용하는데 있어 가장 큰 이슈로 떠오르고 있는 것은 수분 및 산소를 효과적으로 차단할 수 있는 Gas Barrier 제작 기술과 능동 구동형 OLED에 필요한 Backplane의 개발 기술임.

- 능동 구동형 OLED를 위한 능동 소자 개발에 있어서는 다결정 실리콘을 이용한 Poly-Si TFT가 유력시 되고 있지만 고분자 기판을 이용하기 때문에 향후 이에 다른 문제점들을 해결하여야 함.
- 최근에는 공정이 복잡한 Poly-Si TFT 대신 유기물 반도체를 이용한 OTFT를 이용하여 능동 구동형 OLED를 제작하는 방법이 각광을 받고 있으며, 미국 Pennsylvania State University (PSU) 와 일본의 NHK 방송기술연구소 등에서 연구가 진행되고 있음.

○ Electronic Paper

- E-Paper 기술의 장점은 전자 디스플레이의 특성을 지니면서도 기존의 종지와 유사한 특성을 가지고 있기 때문에 향후 이를 이용한 E-Book, Price Tag, 광고판 등에 사용될 가능성이 매우 높음.
- 현재 개발되고 있는 E-Paper 기술로는 Electrophoretic, PDLC, Electrochromic, Cholesteric 등이 있으나 아직까지는 LCD나 OLED 처럼 완벽한 색재현성 및 빠른 응답속도 등의 구현이 어려움.
- 그러나 E-Paper 기술은 다른 디스플레이 기술에 비해 저가격화 및 박형화, 안정성 등이 뛰어나 향후 이 기술을 응용한 제품 개발이 가속화 될 것으로 기대되고 있음.
- 전자종이는 기존 종지처럼 일기가 편해야 하고 동영상 구현을 위한 빠른 응답속도 및 낮은 소비전력 등을 가져야 하느는데,

44 플렉서블 디스플레이

태양 아래에서 읽을 수 있을 정도의 특성을 확보해야 함.

- 현재 이와 같은 특성을 발휘할 수 있는 전자종이 구현 기술로는 Gyricon Display의 Twist Ball 또는 Rotating Ball을 응용한 기술, E-lik의 마이크로 캡슐을 이용한 전기영동 방식의 기술, kent Display의 콜레스틱 액정을 이용한 기술, 그리고 Bridgestone의 QR-LPD(Quick response liquid powder display)를 이용한 기술이 있으며, 향후 전자 종이 분야에 있어 유력한 기술로 각광을 받고 있음.
- 이외에도 전자종이 구현을 위한 기술로 강유전성 액정 (Ferroelectric liquid crystal), PDLC(Polymer dispersed liquid crystal) 등에 대한 연구도 꾸준히 계속되고 있음.

3. 킬러 애플리케이션

○ 킬러 애플리케이션은 아직 불투명

- 시장조사기관인 iSupply는 2010년 플렉서블 디스플레이 시장이 1,800만 달러에 불과할 것으로 전망하고 있음. 많은 전문가들도 플렉서블 디스플레이의 시장 형성 가능성이나 시기를 전망하는 데 있어서 아직까지 회의적이거나 판단을 유보하는 경향이 높음. 유연성(Flexibility)이 가져다 줄 수 있는 효용이 분명한 애플리케이션을 발굴하는 것이 플렉서블 디스플레이의

시장성을 높이는 핵심 요인인데, 아직은 접거나 휠 수 있는 디스플레이를 꼭 필요로 하는 획기적인 컬러 애플리케이션이 드러나지 않고 있기 때문임.

- 현재까지 자주 언급되고 있는 플렉서블 디스플레이의 대표적인 애플리케이션은 전자책이나 신문, 잡지 등임. IBM이 구상하고 있는 전자종이로 만든 신문이 좋은 예임. 이는 기존 신문보다 적은 16페이지의 전자종이로 구성되어 있으며, 신문의 하단 모서리엔 배터리와 메모리, 무선 데이터 포트, 버튼, 그리고 전자연필이 달려있음. 메모리에는 몇 년치 신문내용을 담을 수 있으며, 버튼을 누르거나 전자연필을 이용해 원하는 신문을 검색할 수 있음. 출근 후 책상에 놓인 전자종이를 넘겨가며 조건 신문을 읽고, 그 신문을 들고 퇴근하면서 내용만 바뀐 석간 신문을 읽을 수 있음. 신문에는 관련 사진 대신 동영상 이미지가 표시되는 것도 가능할 것임.
- 전혀 새로운 애플리케이션을 상상해 볼 수도 있음. 자동차의 앞 유리창에 투명한 플렉서블 디스플레이를 부착해 필요시에는 디스플레이를 켜 지리검색 등의 네비게이터로 활용하는 것임. 지능형 교통 시스템이 현실화되고 자동차가 수만개의 센서로 둘러싸이게 되면 앞 유리창에 부착된 디스플레이를 통해서 내 차의 위치를 제3자의 시각으로 보면서 주행하는 것도 가능해질 것임. 또한 플렉서블 디스플레이가 완전한 모습을 갖추게 되면 가정에서는 거실의 가장 중심에 딱 버티고 있는 대화면 TV를 주변으로 밀어내고 대신 그 공간을 아름다운 인터리어 소품으로 채우는 게 가능함. 블라인드 형태의 두루마

리 TV를 천정 가까이 설치하고 시청 시간에만 펼치거나, 아예 자동차의 예처럼 대형 유리창에 디스플레이를 부착하여 창과 TV의 역할을 번갈아 수행하도록 할 날도 올 것임.

- 그러나 이들은 아직 공상과학 소설이나 영화에 나올법한 먼 얘기로 플렉서블 디스플레이의 시장성을 충분히 설명해주지는 못함. 시장 진입 초기의 제품 형태로는 디스플레이가 탑재된 다양한 스마트 카드, PDA 기능을 수행하는 신용카드 형태의 전자기기, 전자책 등이 예상됨. 한걸음 더 나아가면 군사용도의 전자지도나 건설현장에서 작업복에 부착하여 입는 디스플레이 등이 가능함. 그렇다 하더라도 이들은 어디까지나 니치 시장일 뿐 플렉서블 디스플레이가 디스플레이 업계의 경쟁 패러다임을 바꿀 정도로 성장하기 위한 시장으로는 부족함.
- 지금까지는 지나치게 플렉서블 디스플레이의 유연성에만 초점을 맞춘 까닭에 이를 채용하는 새로운 킬러 애플리케이션을 찾아내는 것이 시장 전망의 핵심임. 그리고 이러한 킬러 애플리케이션이 분명하게 나타나지 않아 플렉서블 디스플레이의 시장 잠재력에 의구심을 가졌던 것이 사실임. 그러나 이러한 시각을 바꿔 플렉서블 디스플레이가 PC, TV 등 주력 애플리케이션 시장에서 유리 기판을 채용하는 TFT-LCD, PDP, OLED 등의 평판 디스플레이를 대체할 수는 없을까라는 측면에서 생각해 본다면 플렉서블 디스플레이의 시장 잠재력을 다르게 평가할 수 있음.

○ 경박단소와 원가절감이 중요 포인트

- 플렉서블 디스플레이의 장점은 유연성뿐 아니라 경박단소 및 높은 내구성에서도 찾을 수 있음. 유리기관은 최대로 얇게 한 다 해도 0.4~0.5mm 정도가 한계인 반면, 플라스틱 기관은 일반적으로 0.1~0.2mm 수준임. 유리기관의 1/2에서 1/5까지 두께를 줄일 수 있다는 계산이 나옴. 무게도 플라스틱은 유리 기관에 비해 1/5 이하 수준임. 뿐만 아니라 플라스틱 기관은 떨어뜨려도 깨지지 않는 높은 내구성 지니고 있음. 물론 이미 거대한 CRT에서 TFT-LCD나 PDP로의 경박단소화를 경험한 상황에서, 모든 주변 회로까지 플렉서블 기관 위에 집적시켜 디스플레이 자체를 더욱 얇고 가볍게 만들지 못하고 패널만 얇고 가벼워진다면 시장에 큰 반향을 일으키기는 어려울 것임. 그러나 이동성이 중시되는 노트북이나 소형 모바일 기기에서는 패널부분만이라도 1/5 정도 얇고 가벼워진다면 그 프리미엄을 충분히 인정받을 수 있기 때문에 상당한 시장 대체가 가능할 것임. 특히 자주 떨어뜨리게 되는 소형 모바일 기기의 특성상 깨지지 않는 디스플레이는 중요한 판매 포인트가 될 수 있음.
- 플렉서블 디스플레이의 장점을 유연성이나 경박단소, 높은 내구정보다 원가절감이라는 측면에서 찾는다면 대형 거치형 제품에서도 시장 대체가 가능함. 아직까지는 플라스틱 기관에 대한 수요가 많지 않고 생산에 참여하고 있는 기업도 적어 질적인 완성도가 떨어지며, 가격도 유리에 비해 2~3배 이상 비싼 상황임. 그러나 시장이 커져 플라스틱 기관에서도 규모의 경제가 달성된다면 유리기관보다 원가가 크게 낮아질 것임.

○ 저원가 공정의 핵심

- 무엇보다 얇은 플라스틱 기판을 사용함으로써 혁신적인 저원가 공정을 이용할 수 있다는 사실에 주목할 필요가 있음. 현재 유리기판을 채용하는 TFT-LCD나 PDP는 기본적으로 기판이 한장 한장 순차적으로 가공되는 Batch 공정 방식을 벗어나기 힘들. 그러나 유연한 플라스틱 기판을 활용할 경우 신문 인쇄 방식과 유사한 연속적인 Roll-to-Roll 공정에 의한 대량 생산이 가능해져 저가로 제조할 수 있음. Roll-to-Roll 공정으로 전극을 형성하는 기술은 이미 플라스틱 기판을 사용해 플렉서블 LCD를 생산하는 업체들에 의해 상당한 수준으로 진전되어 있음. 연성회로기판 분야에서도 Roll-to-Roll 공정이 활용되고 있어 여기에서 축적된 노하우를 벤치마킹 한다면 플렉서블 디스플레이의 공정 안정화를 보다 앞당길 수도 있을 것임.
- 평판 디스플레이 기술이 크게 발전해 있는 상황에서 성능과 경박단소는 더 이상 디스플레이의 핵심적인 차별화 포인트가 아니다. 미래 디스플레이 경쟁의 원천은 저원가 구조에 있다고 해도 과언이 아님. 이러한 관점에서 볼 때 현재의 Batch 공정이 가지는 한계를 어떻게 하든 뛰어넘어야 하는데, 이에 대한 최적의 대안은 플렉서블 디스플레이 뿐이라고 판단됨. 여기에 인간공학적으로 설계되는 파노라마 형태의 곡면 디스플레이 모니터 등 새로운 Form-factor까지 가능하기 때문에 플렉서블 디스플레이는 LCD, PDP의 뒤를 이을 차세대 디스플레이의 대표 주자가 될 가능성이 높다고 판단됨.

4. 우리가 집중해야 할 R&D 분야

- 정부는 21세기 프론티어 사업의 일환으로 2012년까지 연간 100억원의 예산을 투입하며 플렉서블 디스플레이를 중심으로 한 차세대 정보 디스플레이 기술 개발에 박차를 가하고 있음. 일단 2008년까지 1~2개의 선도 기술을 출시하는 것이 목표인데, 우수한 인력을 확보하고 세계 수준의 연구 인프라를 구축하기에는 충분치 않은 예산임. 제한된 예산으로 세계 수준의 기술을 개발하려면 선택과 집중이 필요함. 이러한 관점에서 볼 때 플렉서블 디스플레이 분야에서 경박단소와 저원가를 달성하기 위해 가장 집중해야 할 분야는 유기 TFT 소자기술과 Roll-to-Roll 공정 기술임.
- 플렉서블 디스플레이를 구현하려면 플라스틱 기판 위에 용이하게 형성할 수 있는 박막 트랜지스터(TFT)가 필요하기 때문에 유기 재료를 반도체로 사용하는 유기 TFT(Organic TFT)가 주목 받고 있음. 유기 TFT는 일반적으로 100도 이하의 온도로 제작할 수 있어 플라스틱 기판상에 쉽게 구현할 수 있음. 종래의 실리콘 기반 TFT는 딱딱해서 굽히는 것이 곤란하지만 유기재료는 주로 분자간 힘으로 결합하고 있기 때문에 유연성이 좋고 기계적인 굽힘에 대해 안정적인 특징을 가짐. 유기 TFT에 대한 연구는 1980년대에 시작돼 일본이 주도하고 있으며 전자의 이동도를 높이는 데 주력 중임. 현재는 비정질 실리콘(a-Si)의 성능과 대등하거나 약간 상회하는 수준으로 플렉서블 디스플레이의 실현 가능성을 높여주고 있음. 궁극적으로 디스플레이의 주변 회로까지 모두 플렉서블 기판에 집적하는

“All Organic” 디스플레이가 등장하기 위해서는 전자의 이동도를 현재의 100배 이상 향상시켜야 함.

- Roll-to-Roll 공정기술은 주로 미국 디스플레이 연구조합을 주축으로 벤처 기업들에 의해 활발한 R&D가 이루어지고 있음. 프린팅 기술로 복잡한 회로를 형성해야 하는 Roll-to-Roll 공정은 플렉서블 디스플레이의 원가 경쟁력을 확보하기 위한 핵심 요소임. 따라서 공정시간을 단축하면서도 정교한 회로 구성이 가능한 패터닝 기술을 반드시 개발해야 함. 전통적인 사진현상 기술을 넘어 레이저를 활용한 패터닝 기술 등의 다양한 대안이 존재하고 있으나 장비 업체는 물론 패널 메이커들의 보다 왕성한 상상력이 요구되는 분야임. 특히 우리나라가 공정 분야에서 선도적인 기술을 개발할 경우 고질적인 문제로 지적되어오던 국내 반도체 장비업계의 대폭적인 체질 개선을 이루는 전기를 마련할 수 있음.

- 현재로서는 조기에 수익 실현이 가능한 분야에 집중하려는 대기업들의 생리가 플렉서블 디스플레이 분야에서 적극적인 참여를 어렵게 만들고 있어 시장 형성이 지연되고 있음. 그러나 학계 및 벤처, 정부 기술 연구소 중심의 R&D가 꾸준히 진행되고 있어 2010년 경에는 유기 TFT의 적용이 가능해지고, 플렉서블 디스플레이의 개발도 급물살을 탈 전망이다. 플렉서블 디스플레이가 새로운 컬러 애플리케이션에 국한되어 틈새 시장을 형성하는 것이 아니라, 기존의 평판 디스플레이 시장을 대체할 잠재력을 충분히 가지고 있는 만큼 디스플레이 업체들은 대표적인 차세대 수익원으로서의 그 가치를 재조명해야 할 것임.

V. 결 론

- 최근 급속한 정보화 기술의 진전으로 언제 어디서나 정보를 접할 수 있는 유비쿼터스 컴퓨팅의 시대로 접어들고 있으며, 네트워크, 인터넷, 디지털 콘텐츠, 휴대 정보기기, 멀티미디어, 유무선 통신기술 등이 융합하며 종래 개념으로 정의할 수 없는 새로운 기기로 점점 진화되어 가고 있음.
- 다양한 정보를 인간에게 언제 어디서나 전달하는 정보전달 매체로서 외부 충격에 강하며, 휴대하기 편하고, 경량, 박형이면서, 임의의 형태로 패널 구현이 가능하고, 특히 유연하여 종이처럼 접거나 두루마리의 형태까지도 가능한 디스플레이의 개발 필요성이 증대하면서 현재 유리기판을 고분자 기판으로 대체한 플렉서블 디스플레이 기술의 중요성이 더욱 부각되고 있는 실정임.
 - 유리 대신 플라스틱 소재·필름 등을 기판으로 사용하는 Flexible Display는 생활용품, 모바일기기 등을 중심으로 수요가 먼저 발생하고, 롤 방식의 대량 인쇄 기술의 상용화와 더불어 거대한 시장을 형성할 것으로 기대되는 미래유망 산업임.
 - 많은 기술적, 산업적 장점으로 인해 시장 선점을 위한 국내외

52 플렉서블 디스플레이

플렉서블 디스플레이 업계의 기술 및 상품 개발 움직임이 빨라지고 있으며, 각국에서는 국가차원의 과제로 지원되고 있는 전략 산업이며 특허에 의한 원천 기술 확보 경쟁이 심화되고 있음.

- 차세대 플렉서블 디스플레이 기술은 현재 전세계 패널 관련 업체, 기업 및 국가연구소, 학계 등에서 광범위하게 연구되고 있으며 기술 발전 속도가 점차 가속화되어 근년에 시장형성이 급속히 진행될 것으로 시장예측기관에서는 예상하고 있음.
- LCD, OLED, E-Paper 방식의 플렉서블의 경우 세계적으로 약 30 ~ 40 개의 업체에서 연구개발을 진행 중이며, 수백개의 연구소 및 학계에서 관련 연구를 수행하고 있음.
- 국내 플렉서블 디스플레이 관련 기술은 일부분야에서 세계 수준에 근접하고 있지만 전반적으로 다른 기술 선진국들에 비해 뒤떨어진 상황임. 특히 원천기술 및 특허, 그리고 핵심 부품 및 장비, 재료 분야에서는 미국, 일본, 유럽 등에 비해 매우 뒤쳐져 있음.
- 하지만 정부에서는 과기부의 21세기 프론티어 사업과 산자부의 산업기술개발사업을 통하여 관련 사업을 지원하고 있으며, 또한 국내에서는 삼성전자, 삼성SDI, 소프트픽셀, 아이컴포넌트 등의 기업연구소를 포함하여 KETI, ETRI, 경희대, 동아대, 한양대 등에서 플렉서블 LCD, OLED, E-Paper에 대한 연구를

진행하고 있음.

- 미래 디스플레이 경쟁의 원천은 저원가 구조에 있다고 해도 과언이 아님. 이러한 관점에서 볼 때 현재의 Batch 공정이 가지는 한계를 어떻게 하든 뛰어넘어야 하는데, 이에 대한 최적의 대안은 플렉서블 디스플레이 뿐이라고 판단됨. 여기에 인간공학적으로 설계되는 파노라마 형태의 곡면 디스플레이 모니터 등 새로운 Form-factor까지 가능하기 때문에 플렉서블 디스플레이는 LCD, PDP의 뒤를 이을 차세대 디스플레이의 대표 주자가 될 가능성이 높다고 판단됨. 따라서 Flexible Display는 기존의 평판 디스플레이 시장을 대체할 충분한 잠재력을 지닌 사업으로, 아직까지 국제 표준이 등장하지 않은 시장 진입 초기의 산업으로, 국내 산학연의 연구개발 성과에 따라 전세계 시장을 주도할 수 있는 여지가 충분함. 따라서 국내 산학연의 상용화 연구 지원을 위한 인적, 물적 인프라 확충이 시급함.

참고문헌

1. 고병열, 노현숙, “기술-산업 연계구조 및 특허 분석을 통한 미래유망 아이템 발굴,” 기술혁신학회지, 8(2), 2005, pp.863-887.
2. 고병열, 홍정진, 손종구, 박영서, “기술연관분석을 통한 중소기업형 전략적 기술개발과제의 우선순위 도출,” 기술혁신학회지, 6(3), 2003, pp.373-390.
3. 과학기술부, 국가과학기술지도, 2002.
4. 과학기술부, 제3회 과학기술예측조사, 2005.
5. 김은선, 고병열, 박창걸, 황규희, “기업의 성공적 사업다각화를 위한 유망사업군 발굴 프로세스의 설계,” 기술혁신학회 춘계학술대회, 2004, pp.174-191.
6. 박이순 외, “전자종이 기술 및 개발 현황”, 공업화학전망 제 7권 제3호, 2004, pp.4-6.
7. 박창걸, 김은선, 박동운, 전자페이퍼 Killer Application 발국전략과 사례
8. 삼성경제연구소, 유망아이템 발굴 프로세스 개발, 한국과학기술정보연구원, 2005.
9. 서경수, ETRI CEO Information 차세대 휴먼 인터페이스 flexible display 전자부품연구원, 2004.6.
10. 유은호, LG 전자(주), Digital Display, 2004, p.63.
11. 윤문섭 외, 국가연구개발의 전략기획을 위한 새로운 연구기획방법론 개발 : 기술로드맵(TRM)과 지식맵(KM)의 통합적 접근, 과학기술정책연구원, 2004.

12. 윤병운, 특허 분석을 통한 기술 지식의 관리와 신기술 개발 방법론, 공학박사학위논문, 서울대학교, 2005.
13. 이건, 차세대디스플레이 기술동향 기술뉴스브리프, 한국과학기술정보연구원, 2003.
14. 이시현, Korea Display Conference 2002 ,삼성 SDI 중앙연구소, 차세대 디스플레이 동향 및 전망, 2002, p.26.
15. 일본 문부과학성 과학기술정책연구소·미래공학연구소, 한국과학기술정보연구원(역), 2030년의 과학기술, 2002.
16. 전자부품연구원 기술확산실, 특허출원동향보고서, 2004.
17. 한동원, 차세대 PC기술동향 및 서비스 발전 전망, 전자부품연구원구원, 2004.6.
18. 한수연, “플렉서블 디스플레이 유연성을 넘어서라”, LG주간경제, 2004. 11
19. Display Search, e-Book의 시장형성 및 판매액 추이, 2003.1.
20. Fuji Chimera Research Institute, 전자 페이퍼 세계시장 전망 (2004~2008), 2003.
21. KETI 사업기획개발센터, 유망전자기기·부품현황분석, Flexible 디스플레이, 2005.
22. KETI 전자정보센터, 전자페이퍼 산업동향, 2004.
23. Bardsley, Norman, *Roadmap towards Flexible Flexible Displays*, 2003.4
24. Johnson, Daniel K.N., “The OECD Technology Concordance (OTC), Patents by Industry of Manufacturer and Sector of USE,” *OECD STI Working Paper*, 2002.

25. Market Growth Hooped for Organic EL, E-Paper Display, 2001.9.
26. Ortiz, Sixto Jr., *Industry Trend: Technologies Are on Display*, 2003.2.
27. Porter, A., "Technology futures analysis: Toward integration of the field and new methods," *Technological Forecasting & Social Change*, 71, 2004, pp.287-303.
28. Schonfield, Eric, *Are We Ready for Digital Paper?*, ZDNet, 11 March 2002.
29. Wilson, Ruth, *Displaying Digital Information on Paper-like Devices*, TSW03-01, January 2003.
30. Yoon, B. and Park, Y., "A systematic approach for identifying technology opportunities: Keyword-based morphology analysis," *Technological Forecasting & Social Change*, 72, 2005, pp.145-160.
31. NISTEP, 「科學技術の中長期發展に係る俯瞰圖的 豫測調査, 急速に發展しつつある研究領域調査」, 2003年 調査報告書, NO.82, 2003.
32. Toray Research Center, 電子ペーパーと Flexible FPD, 2003.8.
33. http://bizns.nikkeibp.co.jp/cgi-bin/asia/show/nsh_titlelist.pl
34. <http://www.computerworld.com/hardwaretopics/hardware/tory/0,10801,95986,00.html>
35. <http://eink.com/cs>

저자 소개

홍 성 화

- 산업기술정보원 책임연구원
- 현, 한국과학기술정보연구원 선임연구원
- 저서 : 광촉매의 국내외 산업동향 및 업체별 사업화 추진전략 등

노 현 숙

- 공학박사
- 현, 한국과학기술정보연구원 선임연구원
- 저서 : 연료전지 재료 등

구 영 덕

- 공학 박사
- 산업기술정보원 책임연구원
- 현, 한국과학기술정보연구원 선임연구원
- 저서 : 홈네트워크, 정밀금형, MEMS 등