

PDP용 생산 장비 개발 현황



이 건 환

(KIMM 표면기술연구부)

- '80 - '84 연세대학교 금속공학과 졸업(학사)
- '84 - '86 한국과학기술원 재료공학과 졸업(석사)
- '86 - '89 ENSM(France) 재료공학과 졸업(박사)
- '89 - 현재 한국기계연구원 선임연구원



이 구 현

(KIMM 표면기술연구부)

- '70 - '74 동아대학교 금속공학과(학사)
- '74 - '79 국방부 조병창 근무
- '80 - '83 동아대학교 금속공학과(석사)
- '80 - 현재 한국기계연구원 책임연구원



이 상 로

(KIMM 표면기술연구부)

- '73 - '79 서울대학교 금속공학과 졸업
- '78 - '81 (주) 삼미사
- '81 - '83 한국기계연구원 제조야금실
- '83 - '85 Stevens Institute of Technology 재료공학(석사)
- '85 - '89 Stevens Institute of Technology 재료공학(박사)
- '89 - 현재 한국기계연구원 책임연구원

1. 개 요

PDP는 짧은 가스방전 형성 시간, 강한 비선형 특성 및 메모리 특성을 갖고 있기 때문에 대형 표시기의 구동에 필수적인 메모리형 매트릭스 구동방식을 이용할 수 있다. 이러한 장점과 더불어 대형화에 용이하므로 40인치 이상의 대화면 표시기에 가장 적합한 표시소자로 인식되고 있다. 최근들어 40인치 이상의 고화질 텔레비전을 구현하기 위한 칼라 PDP 연구가 활발히 진행되고 있으며 일본 NHK의 HDTV용 40인치 칼라 PDP의 개발과 후지쓰의 50인치 칼라 PDP의 시제품은 플라즈마 표시기의 고화질 텔레비전 실현 가능성을 충분히 보여 주고 있다.

PDP의 기술개발은 기초 방전 물성 이해를 통한 효율적인 방전 메카니즘의 적용에서부터 전극 및 형광 재료 개발을 통한 저전압 고휘도 실현, 저소비 전력을 위한 공정기술 개발에 이르기까지 다양한 분야에서 HDTV 상품화를 위한 연구가 활발히 진행되고 있다.

일본은 세계 평판 디스플레이 시장의 약 80% 이상을 점유하고 있다. LCD 시장의 경우 샤프, 호시텐, 도시바, NEC 등이 세계시장을 주도하고 있으며, PDP의 경우 NHK, 마스시다, Dai Nippon, 후지쓰 등에서 상품화 시제품을 선보이며 가장 앞선 기술을 보유하고 있는 것으로 평가 받고 있다. 미국은 민간 수요보다는 군사용이나 항공 우주용의 평판 디스플레이 사업에 치중하고 있으나 거대 시장이 형성될 시기인 2000년대에는 일본의 기술을 충분히 추월할 수 있는 기초기반 기술을 확보하고 있으며 평판 디스플레이

레이 생산을 위한 제조장치의 상품화 등 고부가 가치 산업에 많은 Know-how를 보유하고 있다.

국내의 경우 삼성SDI, LG전자, 오리온 등 3대기업 모두 PDP 사업에 경쟁적으로 참여하고 있으며 최근 63인치급 PDP 모니터를 시제품화하는 등 활발한 연구개발을 하고있으나 생산장비 제조기술 확보가 미진한 상태이다. PDP 제조용 생산 장비의 개발은 박막 제어기술, 진공기술, 정밀위치제어기술, 정밀가공기술, 초정밀조립기술, 표면처리기술, Sealing기술 등이 복합적으로 발전되어야 하며 시기적으로 2000년대 초반에 생산장비의 투입이 이루어 져야 한다. 그러나 PDP기술은 일부 공정에서 아직 확실한 제조공정이 확립되어 있지 않은 상태이므로 많은 연구개발이 시급히 이루어져야 한다. 이것은 역설적으로, 만일 과감한 전략적 투자를 할 경우 세계시장을 선도할 수도 있다는 가능성을 내포하고 있기도 하다. 여기서 중요한 것은 이러한 불확실성을 제거해 줄 수 있는 혁신적인 공정개선 및 신공정 개발이 이루어지는 것과 이를 실현할 수 있는 생산용 장비 개발에 대한 구체적인 대안 마련이라고 볼 수 있다. 따라서 본고에서는 PDP용 생산 장비 개발현황을 분석하고 향후 우리나라의 생산장비 개발 계획을 제시함으로써 PDP산업의 기반 기술 확보에 기여하고자 한다.

2. 우리나라의 PDP용 생산장비 개발 현황

현재 디스플레이 산업은 LCD와 PDP로 나눌 수 있다. 국내 LCD산업은 TFT LCD의 개발 성과가 가시화되고 양산투자가 본격화되고 있는 성장단계에 진입한 상태이다. LCD의 경우 30인치 정도의 크기까지 제조기술을 개발하였으나, 수동발광형 표시소자로서 시야각 특성이 다른 소자에 비하여 떨어지며, 30인치 이상의 대면적 화면 구현 시 제조 원가가 매우 높아지는 단점이 있다. 반면 대형화에 용이한 Screen Printing과 같은 후

막 인쇄술이나 Photo Lithography와 Sand Blast 기술을 이용하여 40인치 이상의 대형화면의 크기를 갖는 평판 표시 장치를 쉽게 만들 수 있는 PDP는 제조 공정 기술상의 장점 때문에 평판 표시장치에서 40~60인치급의 대형 표시 장치를 대표할 수 있으리라 기대된다. 최근 들어서는 70인치까지 개발의 필요성을 일본 전파 신문에서 부각시키고 있는 상황에서 70인치 크기의 PDP를 제조할 수 있는 기술의 개발 및 장비의 확보가 매우 절실하다. 국내의 PDP 개발 수준은 '98년도 가전 3사에서 40인치급 PDP시제품을 일제히 선보임으로써 치열한 경쟁 체제에 돌입하였으며, 2001년대 60인치급 대형 벽걸이 TV의 상용화를 목표로 매진하고 있으나 생산장비 제조 기반기술의 부족이 가장 큰 문제로 지적되고 있다. PDP가 벽걸이 TV로서 자리를 잡아 가정에 보급되기 위해서는 현재의 제조 코스트를 상당한 수준으로 떨어뜨려야만 한다. 일본을 중심으로 한 PDP 제조회사의 PDP가 최근 화질·성능 모두 상당한 진전을 보이고 있음에 따라 PDP 제조회사는 특히 저코스트화에 주목하고 있다. 70인치급 대형 PDP의 박막공정 코스트를 낮추는 것은 일본 등 기술선진국과의 PDP 시장경쟁력을 갖추는데 중요한 요소중의 하나이다.

국내의 PDP 사업에 대한 기술 개발은 1995년부터 시작되었다. 물론 일반 기업에서는 부품도입, 기술합작등과 같은 방법을 동원하여 PDP 시제품을 선보이기도 하였지만 이는 진정한 의미의 국산화라 볼 수 없다. 우리나라의 PDP 기술은 단시간내에 선진기술을 극복하기 위하여 자체개발보다는 이미 확립된 기술을 모방하거나 도입하는 ~~방법~~을 주로 채택하고 있다. 즉, 국내에서 개발된 기초기반기술을 응용시키기보다는 이미 검증된 선진기술을 도입하여 왔기 때문에 하부구조가 취약한 구조적인 결함을 안고 있다고 볼 수 있다. 일본의 PDP 산업 구조와 국내의 산업구조를 비교하여 보면, 일본의 경우 장치·재료를 기반으로하는 기초기술, 공정기술, 응용

기술이 균형있게 발달되어 있으나 우리나라의 경우 지나치게 공정기술 위주의 산업구조를 보임으로써 항상 불안할 수밖에 없으며 결국 극심한 경쟁이 예상되는 2000년도 이후에는 많은 어려움이 예상된다.

이러한 현상은 장치분야에서 특히 두드러지게 나타나고 있는데, 반도체산업의 장비 국산화율이 8%이고 재료분야의 국산화율이 45%정도인 것을 감안하면 생산장비 개발이 이루어지지 못할 경우 PDP 산업에서의 장치 국산화율은 50% 미만일 것으로 예상되며, 특히 핵심 공정용 생산 장치의 국산화율은 더욱 낮아질 것으로 전망된다.

현재 국내의 PDP기술은 40~60"급 벽걸이 TV를 상품화하여 발표하고 있는 수준이며, 제조업체별로 PDP가 벽걸이 TV로 상용화되기 시작할 것으로 예상되는 2001년부터는 월 1만대 규모의 생산라인 구축을 목표로 하고 있다. 표 1은 PDP기술이 상용화될 경우 10,000set/월 규모의 생산을 위해 개발되어야 할 설비와 예상투자비용을 예측한 것이고 대략적인 장치 국산화율은 40~50% 정도로 판단된다.

2.1 대면적 코팅 장치 개발 현황

PDP는 상하 유리기관을 금속막으로 형성된 전극이 격벽으로 차단된 공간에서 외부의 구동 회로에 의해 방전을 형성하는 구조로 이루어져 있다. 따라서 PDP 개발에 중요한 요소 중의 하나는 대면적 유리기관에 전극 및 보호막을 형성시킬 수 있는 공정과 장치의 개발이다. PDP의 전극은 후막인쇄법이나 진공증착법에 의해 제조되는 전극과 이 전극을 플라즈마 방전으로부터 보호하는 박막층으로 구성되어 있으며 이는 PDP의 수명에 직접적인 영향을 미치므로 상품화의 중요기술로 인식되고 있다. 현재 한국기계연구원을 중심으로 개발하고자 하는 대면적 평판 표시소자용 Glass 코팅장치인 스퍼터링장치는 40인치 이상의 대형 유리 코팅에 가장 적합한 공정장치로 부각되고 있다. 본 장치의 특징은 기존의 진공증착장치로는 코팅공정이 불가능한 40인치 이상의 대형 유리기관을 저온에서 코팅할 수 있으며 작업 안정성이 매우 우수한 반면, 균일 코팅 기술, 증착속도 향상 등에 대한 심도있

표 1. PDP 공정에별 생산 장비 및 예상 투자비용

(단위 : 억원)

장 비 명	소요대수	예상장비가격 (수입시)	예상투자비용 (수입시)	비 고
■박막 형성 장치	10	80	800	<ul style="list-style-type: none"> • 고가의 개발비 필요 • 양산시 인라인 시스템 개발 요망. • 국산화 미흡시 일본에서 도입 예정
■소성로	30~40	6	180~240	<ul style="list-style-type: none"> • 일부 자체 개발하였음. • 대형화시 온도편차 제어의 어려움으로 국산화 개발 불확실함. • 현재 설계기술을 데드카피할 수 있는 수준임.
■인쇄기	60~80	5	300~400	<ul style="list-style-type: none"> • 소형은 자체개발하여 사용중. • 대형 사이즈에서 정밀도 제어에 어려움 예상. • 향후 일본에서 설비도입 예정
■샌딩기	-	-	-	• 현재 일본에서 도입하여 사용하고 있음.
■측장기	-	4	-	• 수입
■점동검사 장치	50	3.5	175	• 수입

는 연구가 필요한 실정이다.

기존의 진공증착법에 의해 진행되어 왔으나 이 방법은 특성상 유리기판을 수평하게 처리하여야 하는 단점이 노출되었다. 유리기판을 수평하게 하는 경우 40인치 이하에서는 큰 문제가 없으나 그 이상에서는 기판 자체의 자중에 의해 작은 충격 및 열충격에 의해 쉽게 파손되므로 전자빔이나 저항가열장치의 사용에 제한을 받을 수밖에 없다. 일반적으로 유리기판을 수평상태로 받혀 놓았을 경우 자체 무게에 의해 휘는 양은 $W = L^4 g \rho (1 - \sigma^2) / 6.4 E t^2$ 로 나타내어 진다. 여기서 L은 유리기판의 Span길이, g는 중력 가속도, σ 는 Poisson 비, ρ 는 유리밀도, E는 Young율, t는 유리기판 두께를 나타낸다. 이 식에 의하면 유리기판의 휨은 Span길이의 4승에 비례하고 유리두께의 2승에 반비례함을 알 수 있다. 유리기판이 대형화되고 두께가 얇아지면 유리기판의 휨 문제가 공정에 큰 변수로 작용할 수 있다. 예를 들어, 550 x 650mm², 유리두께 0.7mm의 경우 550mm 변 지지를 행한 경우 약 6mm, 650mm 지지의 경우 약 15mm의 휨이 발생한다. 또한 동일 유리기판을 4점 지지를 한 경우에도 0.7mm에서 4mm까지 휨이 발생하고 있다고 보고되어 있다. 여기에 공정 중 열을 가해야 하는데 유리기판이 40인치를 초과할 경우 약간의 충격에 의해서도 깨짐 현상이 발생할 수 있다. 만일 유리 기판이 60~70인치인 경우 수평상태에서는 100℃ 이상 가열하는 것은 불가능하다. 따라서 70인치급 이상의 PDP를 생산하기 위해서는 수평상태에서 코팅 공정이 수행되어야 하는 진공증착법은 사용할 수 없으므로 이를 대신 할 수 있는 코팅 공정 및 코팅 장치의 개발이 시급히 요구되고 있다. 대면적 유리를 가장 안전하게 움직일 수 있는 방법은 수직으로 세워서 처리하는 것이다. 유리를 세웠을 경우 위의 식에서 Span길이가 거의 Zero에 접근하며 두께가 수백배로 증가하므로 휨 현상은 없다고 볼 수 있다. 따라서 대면적 유리

기판의 원활한 작업공정을 위해서는 수직으로 세워서 코팅할 수 있는 방법이 필요하며 스퍼터링법은 이를 만족시킬 수 있는 가장 적합한 방법이다. 스퍼터링법은 유리 기판을 수직 상태에서 처리할 수 있으며 진공증착법에 비해 박막의 밀착력을 증가시킬 수 있음은 물론 대면적 균일 코팅의 In-line화가 용이하여 PDP코팅공정의 자동화에 쉽게 접근할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 반면 장치 제조비용이 진공증착법에 비해 2배 이상 소요될 것으로 판단되며, 특히 이러한 장치를 외국에서 도입할 경우 그 비용은 국산제품의 5배 이상이 될 것으로 예상되므로 반드시 신뢰성 있는 장치의 국산화가 필요한 실정이다. 그림 1은 1999년부터 한국기계연구원에서 첨단기계류 부품 사업으로 진행하고 있는 70인치급 PDP용 Glass 코팅 장치의 개략도이다. 이 장치는 In-line형으로 70인치급 PDP용 Glass에 ITO(Indium-Tin-Oxide), 금속박막, MgO 등을 균일하게 증착시킬 수 있으며 일본 및 미국의 생산용 코팅 장치와 충분히 경쟁할 수 있는 생산성 및 신뢰성을 확보할 수 있을 것으로 기대되고 있다.

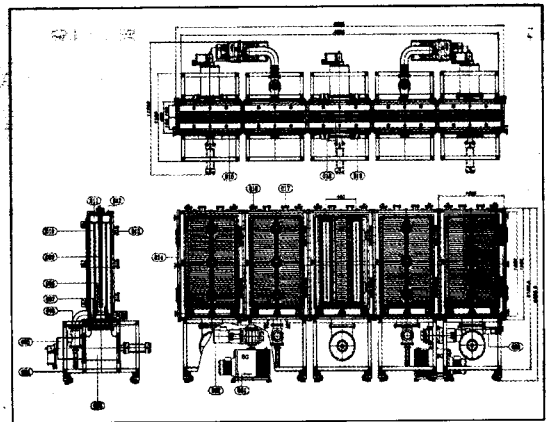


그림 1. 국내 기술에 의해 개발되고 있는 70인치급 PDP용 Glass 코팅 장치 개략도

2.2 진공형 배기봉착 장치 개발

이미 잘 알려진 바와 같이 PDP패널 제조를

위한 봉착/배기 공정은 그 특성상 낮은 Conductance로 인하여 장시간의 배기시간이 요구되므로 PDP 패널 제조단가 인하여 가장 큰 장애요인으로 지적되고 있다. 이 공정은 특히 장치의 의존성이 매우 크므로 획기적인 장치 개발이 모든 PDP Maker의 초미의 관심사항이며 개발된 장치 제조기술을 확보하기 위해 많은 노력을 하고 있다.

현재 PDP 메이커에서는 Cart형의 장치를 활용하여 최적화된 공정기술을 확보하려하고 있으나 장시간의 공정 Tack Time, 낮은 수율, 낮은 배기효율, 높은 에너지 소모 등의 문제점을 극복하지 못하고 있으며 향후의 전망도 뚜렷한 대안을 제시하지 못하고 있는 실정이다.

이와 같은 문제점을 해결할 수 있는 방법 중의 하나는 진공상태에서 PDP 패널을 제조하는 진공형 장치의 개발이며 이는 결국 Vacuum In-line 형태의 장치 개발에 의해서 실현될 수 있을 것으로 예상된다. Vacuum In-line 형 장치의 핵심기술 중의 하나가 진공상태에서의 최적 봉착기술과 진공 시스템 설계 및 제작기술이다. 그림 2는 한국디스플레이 연구조합, PDP거점연구단, PDP 장비거점연구단, 한국기계연구원, LG전자, 삼성SDI에서 공동으로 시험 개발하고 있는 진공형 배기봉착 장치이다. 진공형 배기봉착 장치의

장점은 기존의 Cart형 장치에 비해 공정 시간을 대폭 단축할 수 있을 뿐만 아니라 장치의 설치 면적 및 무게를 획기적으로 줄일 수 있음으로써 PDP소자 생산가를 낮추는데 가장 크게 기여할 수 있을 것으로 평가 받고 있다. 그러나 진공 봉착 공정 시 발생하는 봉착재(Frit Glass)의 기포 발생문제, 전면판과 배면판과의 Alignment문제, 진공 상태에서의 방전 가스 주입 등의 어려움을 해결하여야 실용화가 가능할 것으로 판단된다. 현재 한국기계연구원에서는 앞에서 개발하였던 20인치급 진공형 장치 제조기술을 바탕으로 60인치급 장치를 개발 중에 있으며 2001년 상반기 중에 시제품 생산이 가능할 것으로 전망된다.

3. 일본의 PDP 공정 기술개발 및 생산 장비 개발 현황

현재의 PDP산업은 일본에 의해 주도되고 있으며 우리나라와 대만, 중국이 일본과 경쟁하고 있는 상황이다. 일본은 주로 후지쓰, NHK, NEC, 마쓰시다 등 민간기업들에 의해 기술개발이 이루어지고 있고 상호협조와 경쟁체제하에서 PDP의 상품화에 많은 노력을 기울이고 있다. PDP의 실용화에 대한 국가 경쟁력은 재료개발, 장치개발, 공정 개발 상황에 의해 결정될 수 있으므로 후기에

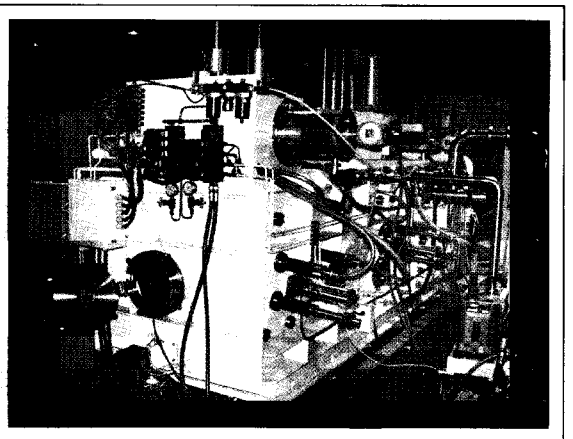
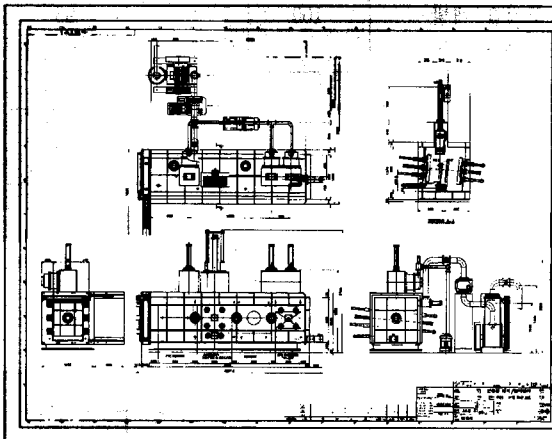


그림 2. 국내 개발 중인 진공형 배기/봉착 장치 개략도(a)와 20인치급 시작품(b)

서 이에 대한 개략적인 비교를 통해 우리나라의 PDP 산업에 대한 방향을 제시하고자 한다.

현재 칼라 PDP의 개발상황은 40"급의 실용을 중심으로 이루어지고 있으며 박형·경량이라는 특징으로 CRT에서는 곤란한 대형 벽걸이 TV의 꿈을 실현하는데 그 초점이 맞추어져 있다. 그러나, 가정용 멀티미디어 단말로서 일반가정에 보급하기 위해서는 CRT에 지지않은 화질의 추구와 1"당 1만엔 수준으로 TV수상기 생산단가를 낮추어야 한다. 따라서 일본 및 외국의 PDP 생산업체에서는 제조단가 저감기술과 고품질의 PDP 제조 연구에 많은 노력을 기울이고 있다.

국내의 PDP 사업에 대한 기술 개발은 앞에서 언급하였듯이 1995년부터 시작되었다고 볼 수 있다. 국가에서 산학연 공동 사업으로 연구예산을 지원한 1995년부터 PDP에 대한 기초연구가 시작되었으며, 이는 실용화에 필요한 생산 장치

를 개발할 만한 시간과 연구 자금 지원 부족으로 이어져 아직까지 기술 초보 단계를 벗어나지 못하고 있는 실정이다. 일본의 경우 60"급의 생산기술을 확보하고 있으나 제품가격의 저하를 위한 연구를 지속적으로 수행하여야 할 것으로 판단된다. 예를 들어 40"급 PDP를 제조하는데 인치당 약 200달러(1999년 기준)에 이르고 있으나 향후 이를 획기적으로 낮출 수 있는 생산기술 및 장비제조기술이 확보되어야 한다. 아래의 표 2는 PDP연구에서 기술적으로 극복하여야 할 과제들과 이에 대한 국내와 국외의 기술 수준을 상대 비교한 것이다. PDP 생산 최첨단 국가인 일본의 기술을 기준으로 가장 취약한 분야는 생산 장비 제조 기술로 일본의 약 20~30% 정도의 기술력 밖에 보유하지 못하고 있는 실정이다. 이것은 향후 3년 이내에 일본과 대등한 경쟁을 목표로 하는 우리나라의 PDP 생산 전략에 막대

표 2. PDP 실용화에 필요한 기술극복 과제 및 PDP 생산국별 기술수준 비교

분 야	연구대상	연구개발 내용	일 본	미 국	한 국
재 료	유리기판	- 고온에서 변형되지 않는 유리개발	100	100	50
	전극	- 저가 물질 피복기술 개발 - 우수한 전기 전도도 피복기술 개발 - 낮은 Sputter Yield 물질 코팅기술	100	90	85
	격벽	- 높은 Resolution 제조기술 - 높은 Aspect Ratio 제조 공정 개발	100	90	90
	보호막	- 이차전자방출 증대물질 피복기술 - 내플라즈마 저항특성 향상기술 개발 - 대면적 균일 코팅 기술 개발(MgO)	100	90	95
	형광막	- Quantum Efficiency 증대기술 개발	100	80	70
대면적 패널	제조공정	- 격벽 형성 공정 개발 - 박막 형성 공정 개발	100	95	95
	장비개발	- 대면적 균일 코팅 장치 개발 - 고속 증착 장치 개발	100	50	20
기 초 연 구	고휘도	- 미소체적방전 플라즈마의 물성연구 - 혼합가스의 방전물성연구 - 새로운 셀구조 연구	100	90	90
	장수명	- 보호피막 증착기술 개발	100	100	80
	저전력	- 새로운 구동방식 개발 - 고효율 보호막 제조기술 개발	100	90	50

한 지장을 초래할 수 있음은 물론, 후발주자인 대만과 중국에 추격을 허용할 수 있다는 가능성을 보여주고 있다고 판단되므로, 이에 대한 대책 수립이 절실히 요구된다.

3.1 일본의 PDP 개발 현황

일본의 대표적인 PDP 생산업체인 후지쓰는 과거부터 현재까지 꾸준히 PDP에 대한 연구를 수행해온 대표적인 기업이다. 1993년에 21"형 full Color AC PDP를 선보였으며 1995년에는 42"형 PDP를 개발완료하였다. 21"의 경우 640x480의 VGA 해상도와 180cd/m²의 휘도특성을 보이고 있으며, 42"의 경우 852x480의 해상도와 300cd/m²의 휘도특성을 나타내고 있다. 후지쓰가 상거래품에서 채택하고 있는 패널 구조는 3전극을 갖는 표면 방전을 이용한 구조이다. 전극구조는 투명한 두 개의 디스플레이 전극을 전면기판에 스크린 프린트법으로 인쇄하고 배면기

판과 격벽에 형광체를 도포한 Reflection Type을 취하였다. 이 구조는 이온 충격으로 인한 형광막의 손상을 줄이고 형광막의 영역을 넓힘으로써 휘도의 향상을 기한 것이 특징이다. Sustain 전극의 도전성은 ITO에 Cr-Cu-Cr을 피복시킴으로써 획기적으로 향상시켰으며 이 경우 PDP의 수명을 15,000시간까지 연장시켜 상품화에 성공하였다.

NHK는 주로 DC PDP에 중점을 두고 연구를 하여 왔으며 1993년에 40"의 DC PDP로 256의 회색도와 HDTV를 실현하였다. NHK는 DC PDP에 메모리 효과를 주기위해 Planar Pulse Memory방식의 구동방법을 개발하였다. 형광체를 제외한 모든요소들은 후막인쇄로 형성되었으며 콘트라스트를 높이기 위해 칼라 필터를 사용하였다. 휘도특성은 90cd/m²를 달성하였으며 200lx의 자연광 하에서 500:1의 콘트라스트를 얻었다. 1994년에는 전력소비를 기존에 비해 1/4로 줄일 수 있는 새로운 구동방법을 개발하여 40"

표 3. 세정장치 제조업체 현황

생산업체명	제품종류	PDP 적용공정	대응기판 크기	처리능력	판매가	특 징
에바테크	• Blast후 세정장치 • 레지스트 분리장치	• 알카리에 의한 레지스트 분리 장치 • 샌드블라스트 후공정	40~60인치	Tack time 1~2min	5000~ 8000만엔	• 디스크 블러시, 돌 블러시의 조합으로 1000kHz의 샤워로 행하고 UV에 있어서도 오존 부착 가능
카이저	• 세정장치	• 공공간 세정	900 × 1300mm ²	120S/장	-	• Midsonic형 초음파 채용으로 세정성 향상 • 양면 세정 가능
중양이연	• 세정장치	• 공공간 세정	60인치	-	-	• 60인치를 위주로 개발되었으나, 다품종 기판 처리 가능 • LCD 세정 장치 개발 경험 보유
일립화성 테크놀로지	• 세정장치	• 기판 세정	40~50인치	주요사양에 따라 설계 가능	주요사양에 의해 결정됨	• 고압스프레이에 의한 고정도 세정가능 • 독자적인 에어 나이프에 의한 고정정 건조 방식 채택 • 자동 인라인 Type
효구르 일렉트로닉스	• 드라이 세정장치	• 인쇄전, 코팅전, 열처리전, 접합전의 드라이 세정	1050mm (폭)	-	400~ 800만엔	• 광폭의 기판에 대해 초음파 에어 분사로 균일 세정 가능

급 DC PDP를 실현하였으며, 1996년에는 마쓰시다와 합작으로 HDTV급 해상도에 달하는 200만개의 픽셀을 가진 PDP를 개발하였다. NHK에서 개발한 DC PDP는 256의 회색도와 150cd/㎡의 휘도특성을 보이고 있다. NHK의 공정 특성은 실크 스크린 인쇄법 대신 포토리소그래피법을 사용한다는 것으로 독특한 기술적 진보가 기대되고 있다.

NEC사의 경우 자체적인 구동기술과 구동 IC 제작기술을 보유하고 있으며 이기술을 바탕으로 1996년에 42"급 PDP제작기술을 확보하였다. 마쓰시다는 NHK와 합작하여 40"급 PDP제작기술을 확보하고 있는 상태이며 대부분의 일본 업체들은 PDP 소자 제조에 공조체제를 확립하고 있으며 생산 장치의 공동 개발을 통해 국가 경쟁력을 향상시키고 있는 상태이다.

표 3~표 8은 일본의 대표적인 PDP 공정별

생산 장비 제조사들이며, 이들은 앞에서 언급되었던 PDP 메이커들과 협조하여 최적의 생산 장비 개발에 전력을 다하고 있다.

4. PDP용 생산 장비 개발 전략

PDP 기술은 현재 삼성, LG, 현대, 오리온전기 등에서 Pilot 라인 또는 Local 생산 설비를 구축하며 일부 제품과 시제품을 만들고 있으나 이 역시 설비와 재료의 대부분을 일본으로부터 수입하고 있으며 향후 본격 생산라인이 구축될 때까지 장비의 국산화가 이루어지지 못할 경우 라인당 평균 3,000~5,000억원 정도가 소요되는 설비의 대부분을 외국으로부터 수입하여야 할 것으로 예상되므로 현재의 반도체 산업에서 겪는 바와 같은 경쟁력 저하를 경험할 것으로 예측됨은 물론 막대한 외화를 소비하는 결과를 초래할

표 4. 소성로 제조업체 현황

생산업체명	제품종류	PDP 적용공정	대응기판 크기	처리능력	판매가	특 징
광양린드버그	소성로	• 후막 소성	최대 60인치급	-	-	• 최적 존 제어에 의해 온도 분포 ±3°C, 폭 방향에서는 ±1°C 실현
Thermic	어닐링로	• Glass기판의 어닐링	15~42인치급	5~8매 /Batch	-	• 온도상승, 보존, 냉각시 정밀한 온도 분포 실현 • 기판의 수가 5~8매인 경우 수직 방향의 온도를 1.5~2°C 이내로 제어 가능 • 최고 사용온도 : 620°C
중외로공업	소성로	• 전극 형성후 연속 소성	40~60인치급	40인치급 : 12,000매/월	-	• 기판 상하면에 Heater와 Cooler를 설치하여 급속 균일 가열 냉각 실현
덴코	소성로	• 유전체, 형광체, Barrier Rib 소성	40~60인치급	15매/h	-	• Heater는 면상 원적외선 채용으로 효율 증대 • 온도 균일성 ±3°C 이하 • 에너지 효율 증대
야마사끼전기	소성로	• 기판 각공정의 소성 • 봉착 및 어닐링	25~60인치급	-	-	• 상부소성, 하부냉각 방식에 의한 공간 효율화 • 고정도 온도 분포 실현 • 독자적인 급배기 시스템 채용으로 이상적인 로내 분위기 달성 • 인라인 시스템화가 용이

표 5. 박막장치 제조업체 현황

생산업체명	제품종류 및 제품명	PDP 적용공정	대응기판 크기	처리능력	판매가	특 징
아넬바	인라인 스퍼터링 장치	<ul style="list-style-type: none"> • 각종 Metal 배선막 • ITO 코팅 	1350 × 950mm ²	30매/h	5~6억엔	<ul style="list-style-type: none"> • 대기층의 Glass 기판 이송에는 Tray를 사용하지 않은 Toss Transfer Only Substrate System을 채용 • Tray를 통해 유입되는 각종 불순 가스를 배제 • 배기 시간 단축 • 가열 냉각 효율화 • Particle저감 기술 달성
	인라인 MgO 스퍼터링 장치	<ul style="list-style-type: none"> • MgO 박막 	1350 × 950mm ²	20매/h	4~5억엔	<ul style="list-style-type: none"> • Toss 채용으로 Tray로 부터 진공실에 유입되는 물분자의 영향을 배제한 고품위 MgO막 형성 가능 • 배기 시간 단축 • 가열 냉각 효율화
신항정기	MgO용 이온 플레이팅 장치	<ul style="list-style-type: none"> • MgO 막의 막질연구 개발용 	55인치	55인치 : 1매/Batch 42인치 : 2매/Batch	9000만엔	<ul style="list-style-type: none"> • 아크방전형 이온플레이팅 장치를 MgO막 형성에 적용 • 방전용 가스가 불필요하므로 고진공에서 불순가스 혼입이 없음 • 치밀한 MgO층 박막 형성 가능 • 타 방식보다 이온화율이 높다 • 양산용 인라인 증착장치로 채용 가능
일본진공기술	스퍼터링 장치	<ul style="list-style-type: none"> • 투명도전막 (ITO, SnO₂) • Bus 전극막 	60인치	3~6분 (Tack time)	-	<ul style="list-style-type: none"> • 사이드 스퍼터 통과 성막 방식 • 기판은 캐리어에 의해 2장 장착 가능 • 저전압 스퍼터링 방식에 의해 저저항 ITO막 제조 가능
	증착장치	<ul style="list-style-type: none"> • MgO 보호막 형성 	60인치	3~6분 (Tack time)	-	-

것이다.

PDP 제조용 생산 장비의 개발은 박막 제어기술, 진공기술, 정밀위치제어기술, 정밀가공기술, 초정밀 조립기술, 표면처리기술, Sealing기술 등이 복합적으로 발전되어야 하며 시기적으로 2000년대 초반에 생산장비의 투입이 이루어 져야 한다.

그러나 PDP기술은 봉착/배기 공정 등에서 많은 문제점을 안고 있음에도 불구하고 2001년부

터 생산에 돌입할 예정이다. 이것은 역설적으로 만일 과감한 전략적 투자를 할 경우 세계시장을 선도할 수도 있다는 가능성을 내포하고 있기도 하다. 여기서 중요한 것은 ①이러한 불확실성을 제거해 줄 수 있는 혁신적인 공정개선 및 신공정 개발이 이루어지는 것과, ②생산용 장비 개발의 시기, ③ Risk의 최소화 및 분담(Sharing)하는 방법에 대한 구체적인 대안 마련이라고 볼

표 6. 레지스트 도포장치 제조업체 현황

생산업체명	제품종류	PDP 적용공정	대응기판 크기	처리능력	판매가	특 징
Thermotronics 무역 (제조원 : 파이토트정공)	• 레지스트 도포장치	• Pattern 형성	55인치급	30S/매	3500만엔	<ul style="list-style-type: none"> 고정도 Roll 사용 다종류의 Roll 선택에 의한 레지스트 액과의 매칭 용이 Roll의 자동 평행 조정 고정도 도포 ±10% 이내
Thermotronics 무역 (제조원 : 평전정공)	• 레지스트 도포장치	• Pattern 형성 • 리브재 도포	40~50 인치급	70S/매	8500만엔	<ul style="list-style-type: none"> 액효율 : 사용효율 95% 이상 도포후 에지단면 및 표면세정 불필요 Close방식에 의해 Particle 발생이 적음
대일본스크린 제조	• 평면 Roll 코터	• 액상 Hot Resist 도포	800× 1000mm ²	30S/매	-	<ul style="list-style-type: none"> 도포후 레벨링 불필요 평면 Roll이므로 Particle과 Pin hole 발생이 적음 도포 두께 : 1.5~3μm 막균일성 : ±10% 이내 레지스트 이용율 : 80%
중외로 공업	• 코팅장치	• 격변, 전극형성 등의 각종 Wet 코팅	60인치급 (최대)	40인치급의 경우 20매/h	-	<ul style="list-style-type: none"> Spin Coater에 필적하는 고정도 도포 실현 대형 Size(최대 : 1400mm)의 Plate 또는 Sheet 도포 가능 막 두께 : 1~200μm

표 7. 샌드블라스트 제조업체 현황

생산업체명	제품종류	PDP 적용공정	대응기판 크기	처리능력	판매가	특 징
알프스 엔지니어링	샌드 Blast M/C	-	최대 55인치급	20분/ 55인치급	6000만엔	<ul style="list-style-type: none"> AC/DC 양기판 대응 연마재가 토출되지 않는 Clean 구조 안정한 연마제 정량공급 장치 고효율 연마제 회수 장치
니쵸	샌드 Blast M/C	• PDP Rib 형성 • 중착물 분리	• Test용 : 17인치 • 생산용 : 55인치	-	• Test용 : 6000만엔 • 생산용 : 3000만엔	<ul style="list-style-type: none"> 특수 Wide Nozzle로 고정도 절삭 연삭재의 분사량 디지털 제어 유동성이 나쁜 연삭제 안정 공급 미립자 자동배출
불이 제작소	샌드 Blast M/C	• Barrier Rib 형성 • 형광체 에칭 (DC형)	40~60 인치급	-	-	<ul style="list-style-type: none"> Fiber Nozzle에 의한 40인치급 Glass를 4~5분에 처리가능 Fiber Nozzle에 의해 Rib의 사이드 에지를 5μm 이내로 제어 가능 150μm → 30μm/70μm 라인 & Space 가공 가능

표 8. 인쇄기 제조업체 현황

생산업체명	제품종류	PDP 적용공정	대응기판 크기	처리능력	판매가	특 징
그래픽 시스템스	스크린 인쇄기	기능막	40~55 인치급	60매/h	6300만엔	<ul style="list-style-type: none"> • FPD 제조에 최적인 고정도, 고인쇄 재현성, 기능성에 우수한 인쇄도포 장치 • 고정도 위치제어 기술확립 • 4CCD 카메라 설치에 따른 인쇄 왜곡 관리 기능
동해 상사	스크린 인쇄기	전극, Barrier Rib, 유전체층, 형광체 인쇄	40~60 인치급	120S/매	6000만엔 (60인치급 대응치)	<ul style="list-style-type: none"> • 고정도 자동 위치 결정 실현 ($\pm 5\mu\text{m}$) • 각종 인쇄조건에 Digital 설정 시스템화를 실현
니어폰구 정밀공업	스크린 인쇄기	전극 형성공정, 형광체 형성공정, 유전체 형성공정, Barrier Rib형성 공정	50인치급	-	-	<ul style="list-style-type: none"> • Table 조작 정도 : 0.005mm 이내
마이크로 테크	스크린 인쇄기	전극 형성공정, 형광체 형성공정, 유전체 형성공정, Barrier Rib형성 공정	30~60 인치급	인라인시 : 30매/h	6000만엔	<ul style="list-style-type: none"> • 인쇄용 X, Y, θ 테이블 고정식 • 인쇄공정시 실온변화에 따른 인쇄 위치 변동을 최소화 함

수 있다.

이를 위해서는 PDP용 생산장치를 개발함에 있어 종합적이고 체계적인 중장기 계획(Master Plan)을 수립하고 이것을 주도할 수 있는 체제를 확립하고 정부-산-학-연-조합의 역할 분담을 통한 철저한 기술 개발이 수행되어 져야 할 것으로 판단된다. 아울러 한국기계연구원 등 국가출연연구기관, 정부, PDP 제조업체, 조합, 장치 제조업체 등이 원활한 기술교류와 공동연구를 체계적으로 수행하여 개발된 생산장치의 현장적용이 실현될 경우 우리나라는 2000년대 반도체 대체 시장으로 인식되고 있는 PDP 분야에 최첨단 기술 보유국으로서 막대한 국가 기술 경쟁력을 확보할 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

[1] 최신 디스플레이 장비 기술, 차세대 평판표

시장치 장비거점 연구단, 2000.

[2] 2001 Flat-panel Display, 일경BP사, 2001.
 [3] 2000년을 향한 산업기술 개발 수요(평판 디스플레이 분야), 산업기술 정책연구소, 1996.
 [4] International FED Benchmarking Forum, SEMI, 1997.
 [5] JPCA Show '98, 사단법인 일본 회로공업회, 1998.
 [6] 실용신소재 기술편람, 통산자료조사회, 1998.
 [7] Thin Film for Integrated Optics Applications, Edited by "B.W.Wessels" MRS, 1995.
 [8] The Principles of Plasmas, Edited by "H.Siegerman", MRC, 1995.
 [9] Epitaxial Oxide Thin Films, Edited by "J.S.Speck", MRS, 1995.