

# 대면적 평판표시 소자용 Glass 코팅 머신 개발

Development of Glass Coating Machine  
for Large Area Flat Panel Display Devices

## 대면적 코팅 공정기술 개발 및 코팅층 특성 평가

Development of a Coating Process for a Large  
Area and the Estimation of Coating Properties

## 대면적 코팅 장치의 실용화 기술 개발

Development of Industrial Application Processes  
for a Large Area Coating System

연구기관 : 한국기계연구원

참여기업 : 아이티엠(주)

과 학 기 술 부

## 제 출 문

과학기술부 장관 귀하

본 보고서를 “대면적 평판표시소자용 Glass 코팅 머신 개발에 관한 연구”과제 (세부 과제 “대면적 코팅 공정기술 개발 및 코팅층 특성 평가에 관한 연구”) 의 보고서로 제출합니다.

2003. 10.

주관연구기관명 : 한국기계연구원

주관연구책임자 : 이 건 환

연 구 원 : 남 기 석

” : 김 종 국

” : 이 성 훈

” : 남 욱 희

## 보고서 초록

과제관리번호	M1-0140-03-001	해당단계 연구기간	2001.10.1 - 2003. 9.30	단계 구분	(해당단계)
연구사업명	중 사업명	중점국가연구개발사업			
	세부사업명	첨단 기계류 부품 기술 개발 사업			
연구과제명	중 과제명	대면적 평판 표시 소자용 Glass 코팅 머신 개발			
	세부(단위)과제명	대면적 코팅 공정기술 개발 및 코팅층 특성 평가			
연구책임자	이 건 환	해당단계 참여연구원수	총 : 10 명 내부 : 5 명 외부 : 5 명	해당단계 연구비	정부: 160,000 천원 기업: 45,000 천원 계: 205,000 천원
연구기관명 및 소속부서명	한국기계연구원 표면연구부		참여기업명	아이티엠(주)	
국제공동연구	상대국명 :	상대국연구기관명 :			
위탁연구	연구기관명 :	연구책임자 :			
요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)				보고서 면수	44
<p>◦ 고품위 ITO 코팅 Glass 제조 기술 개발 : 코팅 공정 온도 변화에 따른 ITO 박막 제조기술 연구를 수행하여 다음과 같은 결과를 얻었음.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 최적 코팅 온도 : 350℃</li> <li>· 기준 박막 두께 : 1600Å</li> <li>· 면저항 : 10Ω/□</li> <li>· 가시광선 투과도 : 86% 이상</li> <li>· 표면 Roughness : 30Å 이하</li> </ul> <p>◦ ITO 코팅층 생산 속도 증대 요인 분석 연구</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 다기능 파형 제어 전원 장치를 활용한 ITO 코팅층 제조 연구를 통해 particle 형성 제어 및 고품위 ITO 박막을 제조하기 위한 조건 확립</li> <li>· 이온건을 이용한 전처리 연구를 통해 코팅층의 물성 증대요인 확립</li> </ul>					
색인어 (각 5개 이상)	한 글	투명전도성 박막, 스퍼터링, 이온빔 전처리, 대면적 코팅, 밀착력			
	영 어	Transparent conductive film, Sputtering, Ion-beam pre-treatment, Large area coating, Adhesion			

## 요 약 문

### I. 제 목

대면적 코팅 공정 기술 개발 및 코팅층 특성 평가

### II. 연구개발의 목적 및 필요성

평판 디스플레이 소자, 태양전지, 광전자 부품, 열차단 유리등은 광 투과도와 전기전도도라는 상반특성을 어떻게 조화시키느냐에 대한 필요성을 내포하고 있다. 투명 전도성 코팅층은 두가지 방법에 의해 형성될 수 있는데 그 중 하나는 빛이 투과될 정도로 얇은 금속박막을 형성시키는 것과 투명하며 전도성을 띠는 재료를 피복시키는 것이다. 후자의 경우 가장 잘 알려진 방법이 인듐 주석 산화물(Indium Tin Oxide: 이하 ITO)을 자성 스퍼터링법에 의해 형성시키는 것으로 평판 디스플레이 소자 제조에 핵심 기술 중의 하나로 인식되고 있다.

따라서 본 연구에서는 이러한 ITO 박막의 물성 증대 연구 및 생산성 향상 연구를 통해 대면적 투명 전도성 코팅 기술을 실용화하는데 기여하고자 하였다.

### III. 연구개발의 내용 및 범위

구분	연구개발내용 및 범위
1차년도 (2001)	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 고품위 ITO 코팅Glass 제조기술 개발                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 투과도 : 87% 이상</li> <li>- 전기전도도 : 10Ω/□</li> <li>- 코팅두께 : 1600Å</li> <li>- 표면 Roughness : 40Å</li> <li>- 코팅 속도 증대 기술 개발</li> </ul> </li> <li>◦ 코팅층 특성 분석                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- AFM, XRD, 분광 분석장치를 활용하여 코팅층의 특성 분석 → 생산성 향상 요인 도출</li> </ul> </li> </ul>
2차년도 (2002)	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 고품위 ITO 코팅Glass 제조기술 개발                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 투과도 : 88% 이상</li> <li>- 전기전도도 : 10Ω/□</li> <li>- 코팅두께 : 1500Å</li> <li>- 표면 Roughness : 30Å</li> </ul> </li> <li>◦ 코팅층 특성 분석                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- AFM, XRD, TEM, 분광 분석장치를 활용하여 코팅층의 특성 분석 → 생산 Data 확정</li> </ul> </li> </ul>

#### IV. 연구개발결과

년도	세부연구내용	연구결과
1차년도	◦ ITO 코팅Glass 생산을 위한 공정 기술개발	· 투과도 : 87% 이상 · 전기전도도 : $10\Omega/\square$ · 코팅두께 : 1600Å · 표면 Roughness : 40Å
	◦ ITO 코팅 Glass의 생산 속도 증대 기술 개발	· 400Å/min 달성
	◦ 코팅층 특성 분석을 통한 생산 인자 결정 요인 Data화	· 투과도, 전기전도도, 코팅두께, 표면 Roughness 결정 요인 분석 정도
2차년도	◦ ITO 코팅 Glass 생산을 위한 최적 공정 기술개발	· 투과도 : 88% 이상 · 전기전도도 : $10\Omega/\square$ · 코팅두께 : 1500Å · 표면 Roughness : 30Å
	◦ ITO 코팅 Glass의 생산 속도 증대 기술 개발	· 500Å/min 달성
	◦ 코팅층 특성분석을 통한 생산 인자 Data화	· 투과도, 전기전도도, 코팅두께, 표면 Roughness 결정 요인 분석을 통한 시스템 자동화

#### V. 연구개발결과의 활용계획

아이티엠(주)에서 운용되고 있는 대면적 코팅 장치의 코팅 공정 변수 확립 및 자동화를 위한 기초 자료로 활용될 예정임.

## S U M M A R Y

### I. Title

Development of a coating process for a large area and the estimation of coating properties

### II. Object

Products such as solar cells, flat display panels, optoelectronic components and thermally-insulating architectural glass have one thing in common: they need to combine opposing material properties, namely optical transparency and metallic conductivity, in order to produce spectrally-selective characteristics or transparent electrodes.

In principle transparent conductive coatings can be either (i) a multi-layer arrangement based on thin metal layers or (ii) a homogeneous coating based on transparent conductive materials.

The magnetron sputtering of tin-doped indium oxide ( $\text{In}_2\text{O}_3:\text{Sn}$ , indium tin oxide, ITO) is one of the best-researched thin-layer processes. ITO layer systems that are both transparent in the visible region of the spectrum and also electrically conductive play a key role as transparent electrodes in every flat panel display (FPD).

Despite this highly developed existing ITO technology there is a strong need for advanced coating processes and improved layer systems, in order to (i) achieve high quality coating properties and (ii) reduce the high costs of conventionally produced ITO layer systems.

This outline addresses both aspects. The starting point is the large area magnetron sputtering of advanced ITO layer systems, an economical process for the high-speed deposition of high-quality layer systems on glass substrate for flat panel displays.

### III. Research Contents

Year	Research Contents
1st year (2001)	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Development of a high qualities of ITO coating glass               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Transparency : over than 87%</li> <li>- Electrical conductivity : <math>10\Omega/\square</math></li> <li>- Film thickness : 1600 Å</li> <li>- Surface roughness : 40 Å</li> <li>- Development of deposition rate</li> </ul> </li> <li>◦ Analyses of ITO coating systems               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Analyses of coating layers by using the AFM, XRD and photo-spectrometer</li> </ul> </li> </ul>
2nd year (2002)	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Development of a high qualities of ITO coating glass               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Transparency : over than 88%</li> <li>- Electrical conductivity : <math>10\Omega/\square</math></li> <li>- Film thickness : 1500 Å</li> <li>- Surface roughness : 30 Å</li> <li>- Development of deposition rate</li> </ul> </li> <li>◦ Analyses of ITO coating systems               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Analyses of coating layers by using the AFM, XRD and photo-spectrometer → Establishment of production data</li> </ul> </li> </ul>

### IV. Research Results

Research Contents	Results
◦ Development of the optimum processes of ITO coating on glass for FPD	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transparency : 88%</li> <li>• Electrical conductivity : <math>10\Omega/\square</math></li> <li>• Film thickness : 1500 Å</li> <li>• Surface roughness : 30 Å</li> </ul>
◦ Development of a high deposition rate of ITO film	• Deposition rate : over than 500 Å/min
◦ Establishment of data for production factors of ITO coatings	• Establishment of automatic process of a large area coating system

### V. Applications of research results

Theses results will be supplied the fundamental data in order to produce the high quality ITO coating glass in domestic industries.

## C O N T E N T S

### Chapter 1 Introduction

### Chapter 2 Status of the Art for Development of TCO coating technology

#### 2-1. Introduction

#### 2-2. Status of the Art for Development of the Domestic and Foreign technologies

### Chapter 3 Research Contents and Results

#### 3-1. Sputter Coating System

#### 3-2. Results of the development for Coating Processes

##### 3-2-1. Study on Pre-treatments

##### 3-2-2. Study on Transparent Conductive Coating Films

##### 3-2-3. Study on the Transparency and Conductivity

##### 3-2-4. Study on Surface Roughness

##### 3-2-5. Estimation of Film Properties

###### a. Adhesion Test

###### b. Steel Wool Test

###### c. Salt Spray Test

###### d. Humidity Test

### Chapter 4 Achievement of R&D Goal and Contribution to the Other Technologies

#### 4-1. Achievement of R&D Goal

#### 4-2. Contribution to the Other Technologies

##### 4-2-1. Technical Contribution



#### 4-2-2. Economical Contribution

### Chapter 5 Application of the Results

#### 5-1. Application Plan

### Chapter 6 Infomation of Foreign Technologies

### Chapter 7 References

### Appendix

## 목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제1절 서론

제2절 투명 전도성 코팅 기술의 국내외 연구 현황

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제1절 스퍼터 코팅 시스템

제2절 코팅 공정 기술 개발 결과

1. 전처리 연구

2. 투명 전도성 코팅 연구

3. 투명도 및 저항 특성

4. 표면조도 제어 연구

5. 피막 특성 평가 기술

가. 밀착력

나. Steel Wool 시험

다. 염수 분무 시험

라. 습도 시험

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제1절 연구 목표 달성도

제2절 관련 분야에의 기여도

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

제1절 활용계획

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

제 7 장 참고문헌

## 제 1 장 연구개발과제의 개요

평판 표시 장치는 정보·통신 시대의 도래와 더불어 현재 주로 이용되는 무겁고, 부피가 큰 CRT를 대체하는 요구가 증대함에 따라 급격히 그 시장이 커져 10년 이내에 전자 부품 시장에서 현재의 반도체 시장의 규모로 성장할 것으로 기대되고 있다. 한국은 반도체 시장에서 메모리 분야는 세계 1위를 향하고 있지만, 메모리 소자를 만드는 장비는 거의 외국의 장비에 의존하고 있는 실정이다. 또한, 한국은 현재 전세계 CRT 시장에서 약 25%의 시장 점유율을 갖고 있으며, 앞으로의 평판 표시 장치 시장에서도 CRT가 차지하고 있는 시장 점유율 이상을 차지할 전략을 세울 필요가 있다. 이중 LCD의 경우에는 노트북 컴퓨터의 모니터 및 소형 평판 표시 장치의 상당 부분을 점유하게 될 전망이다, 40인치 이상의 대형 표시 장치로서는 독보적인 존재인 PDP는 현재 가정에서 이용되는 TV 수상기에서 CRT를 거의 대체하리라 기대된다. 특히 HDTV 방송 시대에 요구되는 40인치 이상의 고화질 대형 표시장치로서는 PDP가 유일한 후보이며, HDTV 방송이 본격적으로 방영될 2000년대 중반에는 그 시장이 전체 평판 표시장치 시장 중 30%이상, 년 200억불 규모로 성장하리라 기대되는 산업분야이다. 그러므로 세계 시장에서 기술적 우위를 갖고 반도체 분야에서와 같이 절름발이 형태를 탈피한 생산 장비의 설계 및 제작을 바탕으로 대형 PDP 생산에서의 국제 경쟁력을 갖추기 위해서는 70인치 크기의 대형 PDP를 생산해 낼 수 있는 장비 및 생산기술의 확보가 시급히 이루어질 필요가 있다.

PDP 생산 장비 중 국산화 품목에 중요한 위치를 차지하고 있는 것이 In-line형 대면적 코팅 장치이다. PDP, LCD, ELD 등 평판 디스플레이의 기초 소자인 투명 코팅 Glass 제조기술의 국산화는 향후 디스플레이 산업의 경쟁력 확보에 중요한 요인으로 예상되어지며 특히 PDP의 경우 MgO 보호피막 형성 기술도 In-line형 대면적 코팅 장치에서 수행되어야 하는 바 그 중요성은 더욱 클 수 있다. 70"급 대형 PDP의 박막공정 코스트를 낮추는 것은 일본 등 기술 선진국과의 PDP 시장경쟁력을 갖추는데 중요한 요소중의 하나이다. 박막공정 코스트를 낮추기 위해서는 70"급 대형 설비의 국산화 기술확보가 중요하며, 특히 박막질의 향상기술과 생산성, 생산수요 극대화기술의 확보가 필요하다. 이러한 기술은 Particle대책과 Maintain 용이성 등을 갖춘 대형 진공설비 기술과 박막질 향상, 높은 Throughput과 높은 Target Material의 사용률을 얻을 수 있는 Plasma Cathode 제조기술의 확보가 중요한 관건이 된다.

고품질의 코팅 Glass를 생산할 수 있는 In-line형 코팅 장치를 국산화하기 위해서는 시스템의 완성과 아울러 코팅 공정의 안정화, 불량률 저감 기술, 생산 수율 향상 기술 및 코팅층의 물성 평가를 통한 코팅 신뢰성 확보가 필요하므로 본 연구에서는 이에 대한 기초 기술을 확보하고 실 라인에 적용될 수 있는 공정 요소들을 확립하여 고품질의 투명 전도성 코팅 유리를 제조할 수 있는 기반을 마련하고자 하였다.

## 제 2 장 국내외 기술개발 현황

### 제1절. 서론

최근 opto-electronics분야의 발전에 따라 광투명도와 전기 전도도가 큰 투명전극의 필요성이 높아지고 있다. Mochol과 Litteleton 등에 의해 SnO<sub>2</sub> 및 InO<sub>3</sub>의 투명전도성 박막이 개발된 이래 많은 연구자들에 의해 투명전극의 제법, 전기적 성질, 광학적 성질 및 구조 등의 물리적 성질에 관한 연구를 수행 중에 있으며, 특히 비저항이 낮고 투과율이 높으면서 물리적 및 화학적으로 안정된 박막을 개발하기 위해 집중적인 연구를 기울이고 있다.

한편 투명전극 재료는 PDP와 같은 평판형 표시소자 외에 전장 발광, 액정, 촬상 소자 등 각종 광학장치에 이용되고 있으며 SnO<sub>2</sub>, In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 박막은 투명 전극으로서만이 아니라 창유리의 결로 방지용 발열막, 열선 반사막, 태양열 집열기의 선택투과막 및 태양전지 표면의 무반사막 등으로서도 폭넓은 응용이 기대되고 있다.

산화물 투명전극의 제조법은 화학적 방법과 물리적 방법으로 분류할 수 있다. 화학적 제막법은 SnCl<sub>4</sub>, InCl<sub>3</sub>, (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>SnCl<sub>2</sub>, Sn(CH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>, 등의 화합물의 열분해에 의해 가열기관상에 산화물을 생성시키는 것으로서 용액 발표법(Spray pyrolytic method of solution) 및 화학 침전법(Chemical vapor deposition method; CVD) 등이 있으며 (C<sub>7</sub>H<sub>15</sub>CVD)<sub>3</sub>In 등을 이용하는 도포법도 있다. 이 화학적 방법은 플라즈마 CVD법을 쓰는 경우에는 400℃ 이하에서의 제막도 가능하나 보통 500℃이상의 반응온도를 필요로 하므로 PDP용 유리기관을 사용하는 경우 평면성을 손상하기 쉽고 더우기 기관 조성의 영향을 받아 막 특성이 변화하므로 좋은 광학특성을 얻기 어렵다. 또한 막 두께의 분포가 균일하지 못하며 공정 중에 유해가스를 발생하는 일이 많은 등의 문제점이 있다. 그러나 장치나 공정이 간단하다는 잇점을 가지고 있다.

물리적 방법으로는 진공증착법과 스퍼터링법이 있다. In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>투명도 전막의 스퍼터링에 의한 제작에는 타겟으로서 인듐(In)을 쓰는 경우와 In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 쓰는 경우가 있다. 또한 SnO<sub>2</sub> 투명전도막의 스퍼터링 중의 가스조성, 주로 산소분압에 강하게 지배된다. 진공증착법에 있어서도 증발재료로서 In, In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 및 Sn, SnO<sub>2</sub>를 사용하는 두 가지가 있다. In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>나 SnO<sub>2</sub>를 종래의 저항가열법으로 증발시킬 때는 고전도성 막의 제작은 거의 불가능하다. 그 원인은 저항 가열용 보우트(W, Mo)가 In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SnO<sub>3</sub>와 반응하여 WO<sub>3</sub>, MoO<sub>3</sub>, WO<sub>2</sub>, MoO<sub>2</sub> 등과 In, Sn 등이 생성되어 증발하기 때문인 것으로 알려져 있으며 이러한 조성과 구조가 투명전도성을 저해하는 원인으로 판단되고 있다. 현재 PDP에 사용되고 있는 투명전도막은 대부분 스퍼터링법에 의해 제작되고 있으며 In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>에 SnO<sub>2</sub>가 혼합되어 있는 ITO(Indium-tin-Oxide)박막이다. PDP에 사용되는 ITO박막의 물리적 특성으로는 투과도 86%이상, 전기저항 15Ω/□이하, 두께 균일도 ±7%이하의 특성을 요구하고 있으며, 패턴형성시 식각효율을 높이기 위해 막두께는 1500Å이하가 되어야 한다.

## 제2절 투명 전도성 코팅 기술의 국내외 연구 현황

대면적 디스플레이의 기판 전면에서 막질, 막두께와 함께 균일하게 박막이 형성되는 것 외에도 배선재료, 전극재료, 화소재료로서 요구되는 막질은 저항이 낮고, 기판과의 밀착이 우수하며 Step coverage가 좋아야 한다. 스퍼터링에서 형성되는 막은 일반적으로 저압력(고진공도), 고전력, 저불순물 분압인만큼 결정성이 좋고, 금속에서는 저항감도 낮다. 마그네트론 스퍼터의 경우 타겟과 기판과의 거리가 너무 가까워지면 막두께 분포에 자기형상의 영향이 크게 나타나고 균일성이 악화된다. 실용적으로 타겟과 기판사이의 거리는 50mm~100mm 범위가 적절하며, 타겟의 길이/기판의 길이의 비는 1.3~1.5 정도가 적당하다. 이 경우 타겟의 면적으로 환산하면 기판 면적의 1.7~2.3 배가 된다. 이 경우 타겟 크기에 대한 기판의 성막비율은 대략 40~60% 정도의 값이 되며, 여기에 타겟의 이용효율을 맞춘 값이 실제 타겟의 유효 사용률이며 그 값은 약 25% 정도가 된다.

타겟 크기를 작게 할 경우, 기판에의 성막비율은 증대하지만 막두께 분포가 악화된다. 이것을 수정하기 위해 타겟의 침식속도 분포를 크게 해서 개선하는 방법이 요구되지만, 이것은 타겟 이용효율을 악화시키는 결과를 낳는다. 타겟 크기의 결정은 이런 것들의 내용을 총합해서 결정된다. 타겟의 비활용부에 부착된 막은 particle의 발생원이 되기 때문에 타겟 전면이 활용되도록 마그네트 배치, 마그네트수, 진동방식 등이 고려되고 있다.

스퍼터용 전원의 경우 금속 배선막의 경우 거의 DC 마그네트론 방식이 사용되고 있다. DC 마그네트론 방전에서는 타겟 재료의 입경 및 종류, 타겟상의 이물질 부착 여부 등에 따라 여러 가지 형태로 보통의 Glow 방전에서 Arc 방전으로 이행이 일어난다. Arc 방전에서는 타겟상에 국부적인 전류 집중현상이 일어나기 때문에 타겟재의 일부가 녹아서 기판에 부착하는 등, 제품의 수율에 결정적인 악영향을 준다. 이것을 방지하기 위해서 DC 전원 대체용으로 Pulsed DC전원을 사용하거나 Bi-polar형 전원장치를 사용하여 아크로 이행하기 직전의 현상을 붙잡아서 아크로 발전시키지 않도록 한다. Reactive Sputter 혹은 ITO의 Sputter에서는 펄스적으로 전력을 투입해 절연물에서의 전하 Charge up을 짧은 주기에 중화하는 등의 대책이 취해져 효과를 거두고 있다.

Particle 생성의 최소화를 위한 노력으로 타겟 전면의 부식화 타겟의 일체화와 타겟 주변부위의 내부 실드막의 재료에 따라 여러 가지 Plasma 처리, Al 또는 Cu 용사 등을 이용한 표면처리 등을 통해 particle 생성을 억제하는 노력을 하고 있다.

마그네트론 스퍼터의 한계인 낮은 이온화율과 타겟과 기판사이의 짧은 거리의 문제

점을 극복하고자 UBM(Unbalanced Magnetron Sputter) 증착원이 1990년 네덜란드의 Hauzer Techno Coating에 의해 제안 개발된 바 있다. 이것은 스퍼터 타겟 주위에서 코팅챔버 내부를 들어가는 자장을 영구자석 또는 전자석을 이용하여 특수한 자장을 형성시키므로써, 측면으로 확산소멸되는 전자를 막아주어 플라즈마의 밀도를 높여주며, 타겟과 기판사이의 거리를 약 200mm이상 확장시킬 수 있으며 막질을 크게 개선시켜주고 있다.

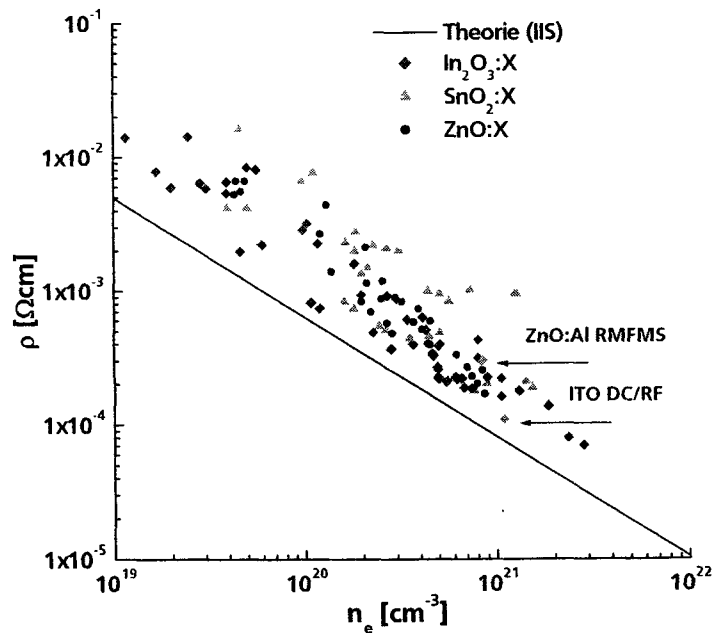
DC 마그네트론 스퍼터의 캐소드 전력밀도를 높이고, 공정 압력을 낮추기 위해 폴란드의 Posadowski는 Sustained Self Sputtering을 연구한 바 있다. 타겟 전력밀도의 증가와 더불어 증착율도 크게 개선하게 되었으며, 마그네트론 스퍼터의 새로운 가능성을 제시한 경우로 볼 수 있다. 스퍼터된 금속의 2차 이온들이 높은 스퍼터율에 중요한 역할을 하게 된다. 이 방식을 이용하면 방전이 극단적으로 순수한 이차 이온에 의해 공정압력  $5 \times 10^{-6}$  Torr에서 조차 유지될 수 있으며 고품위의 코팅 박막을 제조할 수 있다.

70"급 대형 유리기판의 무변형, 취급상 수직구조의 인라인형이 요구되고 있으며,  $\pm 5\%$ 이내의 대면적 박막특성 두께등의 균일도가 필요하고, 보다 저온에서 공정할 수 있는 Plasma Source가 확보될 경우 불량율을 줄일 수 있으며, 높은 증착율과 함께 생산성을 크게 향상시킬 수 있다. 그리고 개량형 타겟을 사용하여 현재의 25~50%정도에 이르는 재료의 사용율을 높여 Running Cost를 크게 줄일 수 있으며, ITO의 경우 1/5정도 가격의 In-Sn 타겟을 사용하여 반응성 스퍼터링을 행한다면 재료비를 크게 절감할 수 있다. 또한 치밀구조의 박막특성이나 반응성을 높이기 위한 박막제어 특성제어를 위해 스퍼터링된 입자들의 에너지를 어느정도까지 제어할 수 있는 Plasma Source가 필요하며 이들의 적절한 활용을 통한 고품질 박막을 고속 생산할 수 있는 공정 기술 개발이 시급한 실정이다.

본 연구 목적 중의 하나인 대면적 코팅 공정 기술 개발은 대형 표시 매체인 PDP용 투명 전도성 유리소자를 개발하는 것이다. PDP가 벽걸이 TV로서 자리를 잡아 가정에 보급하기 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. 70"급 대형 PDP의 박막공정 코스트를 낮추는 것은 일본 등 기술선진국과의 PDP 시장 경쟁력을 갖추는데 중요한 요소중의 하나이다.

박막공정 코스트를 낮추기 위해서는 70"급 대형설비의 국산화 기술확보가 중요하며, 특히 박막질의 향상기술과 생산성, 생산수요 극대화기술의 확보가 필요하다. 이러한 기술은 Particle대책과 Maintain 용이성 등을 갖춘 대형 진공설비 기술과 박막

질 향상, 높은 Throughput과 높은 Target Material의 사용률을 얻을 수 있는 Plasma Cathode 제조기술, 대면적 고속 증착기술의 확보가 중요한 관건이 된다. 이러한 연구는 주로 인라인 스퍼터링 제조 Maker에서 연구 기관과 공동으로 수행하고 있으며 그 대표적인 경우가 독일의 Von Ardenne사와 Fraunhofer 연구소이다. 대면적 코팅의 선구자인 독일은 일본과 한국 등에 디스플레이 산업을 선점당하자 전략적으로 핵심 소자 코팅 사업에 전력을 기울이고 있다. 이들은 고품위 ITO 코팅 제조 기술이외에 차세대 ITO 대체 박막 개발에 많은 연구력을 집중하고 있다. ITO는 대량으로 소모되고 있음에도 불구하고 가격이 매우 높은 것이 단점으로 지적되고 있으므로 이를 대체할 수 있는 박막재료 개발이 요구되고 있다. [Fig.1]은 독일의 Fraunhofer에서 연구되고 있는 ITO 박막과 이를 대체할 목적으로 연구되고 있는 ZnO:Al 박막의 비저항 값을 나타낸 것으로 향후 몇 년 이내에 ITO 박막과 유사한 비저항값을 갖는 박막 재료가 개발될 수 있을 것으로 예상된다. 아울러 플라스틱상의 투명전도성 코팅 기술 개발을 위한 저온 코팅 공정 기술 연구와 EL용 투명전극을 위한 초미세 표면 조도 조절 연구 등이 차세대 디스플레이용 투명 전극으로 활용되기 위해 국내외에서 활발히 진행되고 있다.



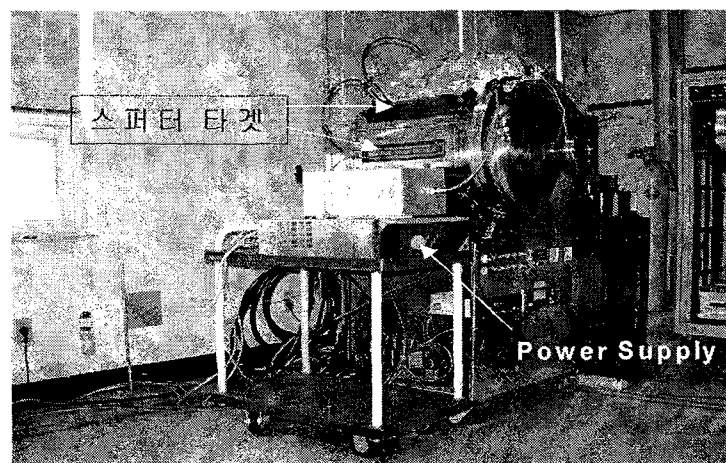
[Fig.1] 투명전도성 코팅 물질의 밀도에 따른 비저항 값의 변화

## 제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

### 제1절. 스퍼터 코팅 시스템

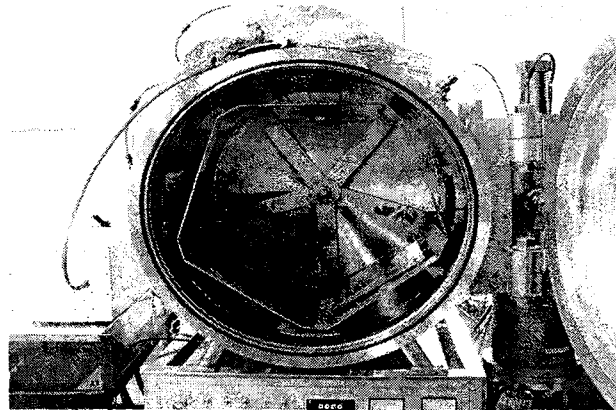
본 연구에서 목표로 하고 있는 고품위 투명 전도성 코팅을 실현하기 위해서 [Fig.2]에 보여지는 바와 같은 진공 시스템을 활용하였으며 본 연구의 목적에 맞게 개조하여 사용하였다. 진공 Chamber의 크기는 지름이 80cm이고 길이가 80cm로 Chamber의 외벽에 5개의 스퍼터 타겟을 장착할 수 있어 다층박막을 코팅할 수 있으며 유리 기판에 코팅층을 형성시키기 위해 [Fig.3]에서 보여지고 있는 바와 같이 시편 홀더를 제작하여 장착하였다. 스퍼터링에 필요한 진공도는  $10^{-6}$ torr 이상을 요하므로 고진공 펌프와 저진공 펌프를 이용하였다. 본장치에서 사용한 고진공 펌프는 터보분자 펌프로  $10^{-7}$ torr까지 진공도를 유지할 수 있으며 저진공 펌프로는 300l/min.의 용량을 갖는 로터리 베인 펌프를 사용하였다. 이러한 진공 펌핑 시스템으로는 약 1시간 이내에  $10^{-5}$ torr의 진공도를 얻을 수 있으며 1.5시간 내에 목적하는 진공도에 도달할 수 있었다.

가스유입 장치는 플라즈마를 발생시키기 위해 순수한 가스를 정확하게 진공 Chamber내에 공급할 수 있는 기기로서 진공펌프의 용량, 진공 시스템의 용적에 맞추어 결정되어야 한다. 본 연구에서는 플라즈마를 발생시키는 기본가스로 사용되는 Ar의 경우 100sccm의 용량을 갖는 Mass Flow Meter를 사용하였으며 산소, 질소 등 반응성 가스용으로는 50sccm의 용량을 갖는 Mass Flow Meter를 사용하였다.



[Fig. 2] 다층박막 제조용 스퍼터링 시스템

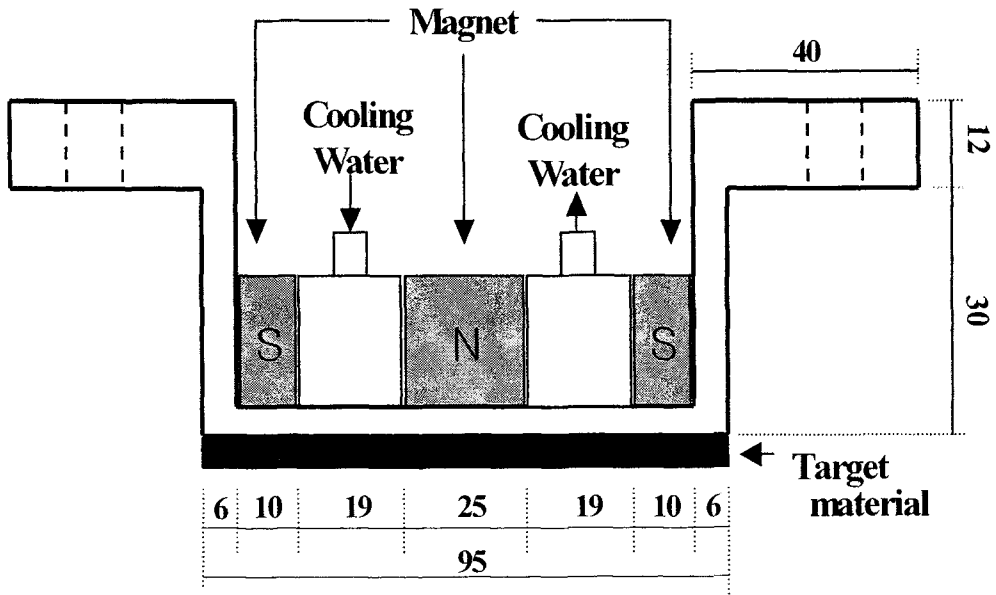




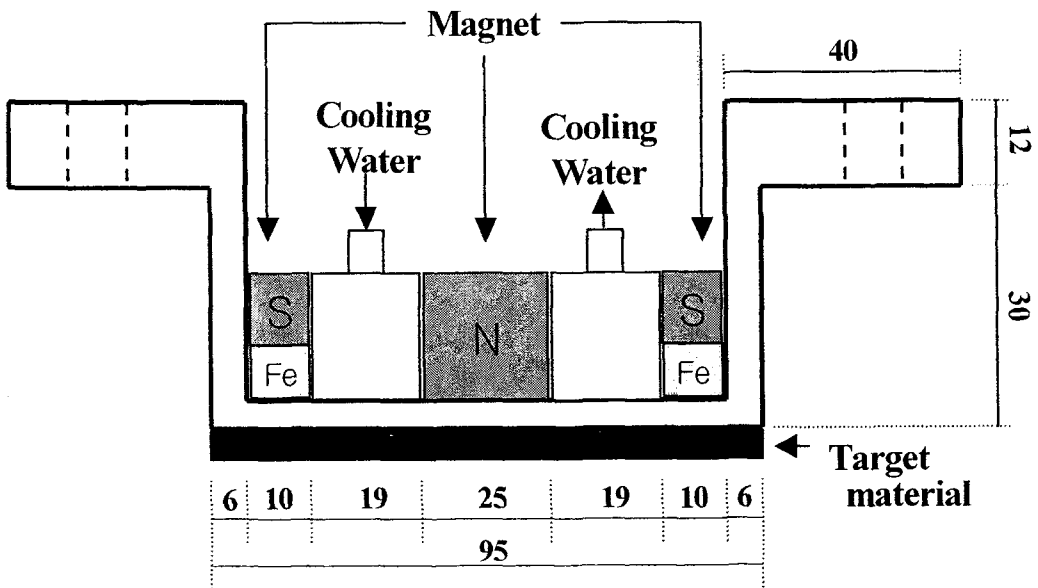
[Fig. 3] 스퍼터링 시스템의 내부 및 시편 홀더

본 연구의 가장 큰 특징은 유리 위에 투명 전도성 코팅층을 형성하는 공정 기술을 개발하는 것으로서 온도조절 장치, 이온 발생 장치 등을 이용하여 박막 물성을 제어하였다는 것이다. 즉, 코팅층의 조직, 밀착력, 내구성 등이 공정온도 및 반응 가스의 상태에 의존하므로 우수한 코팅층을 형성하는 것이 매우 어렵다. 일반적으로 유리위에 투명전도성 코팅층을 형성할 경우 1500Å의 코팅 두께에서 15Ω/□의 전기 전도성을 보이며 투과도는 88%를 나타낸다. 이러한 투명 전도성을 형성할 수 있는 코팅 공정온도는 약 300℃이상으로 본 연구에서도 온도 변화를 중요한 조절 인자로 사용하였다. 아울러 본 연구에서는 가열에 의한 코팅층 특성 향상과 함께 플라즈마 조절 기술에 의한 코팅층 물성을 조절하고자 하였다. [Fig.4]는 기존 스퍼터링 장치에서 사용하고 있는 스퍼터 타겟의 개략도이며 [Fig.5]는 고품위 투명전도성 코팅층을 형성하기 위해 제작된 스퍼터 타겟의 개략도이다. [Fig.4]를 Balanced Magnetron 스퍼터 타겟이라하며 [Fig.5]를 Unbalanced Magnetron 스퍼터 타겟이라 한다. 후자의 경우는 자장을 왜곡시킴으로서 스퍼터 입자의 운동에너지를 극대화하여 낮은 온도에서도 높은 반응성을 유지하게 함으로서 코팅층의 특성을 조절할 수 있는 방법이다. 자장을 왜곡시키는 방법은 본 연구에서 제시한 강자성 물질인 Fe를 장착하는 방법 이외에 자석 자체를 교체하는 방법, 자석의 형태를 개조하는 방법, 전자석을 이용하는 방법 등 여러 가지가 있을 수 있다. [Fig.5]에 제시한 방법은 타겟 외측의 자석을 순철 위에 부착시킴으로서 타겟표면에서의 자장 세기를 100가우스 이하로 감소시켜 타겟 표면에서부터 플라즈마를 넓게 확산되게 유도하며 아울러 가속전압을 높여서 스퍼터링되는 입자의 운동에너지를 증대시키는 방법이다. 본 실험에서 분석한 결과에 의하면 동일 전력을 인가시킬 경우 Unbalanced Magnetron

시스템의 전압이 기존 방법에 비해 약 30% 이상 향상되었음을 확인 할 수 있었다



[Fig. 4] 기존 스퍼터 타겟의 개략도

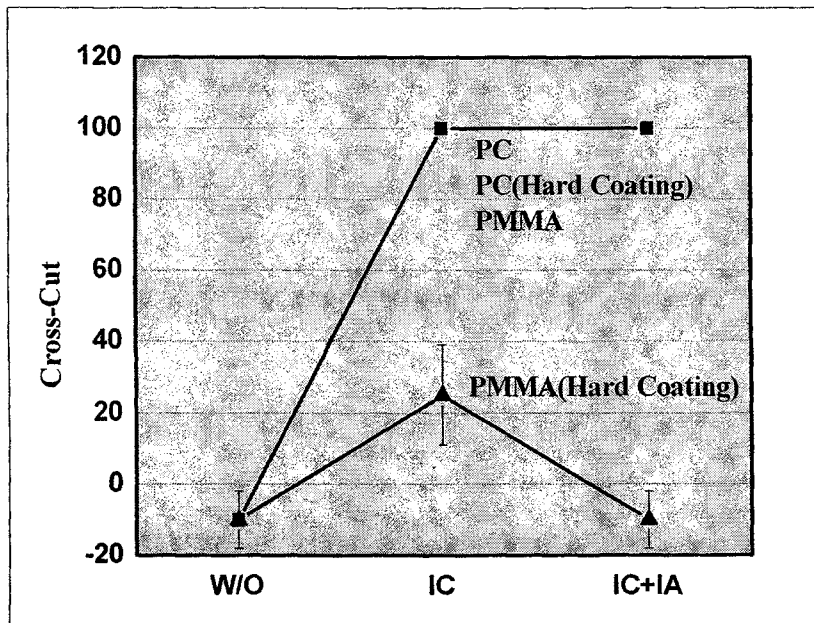


[Fig. 5] 본 연구에서 사용된 스퍼터 타겟의 개략도

## 제2절. 코팅 공정 기술 개발 결과

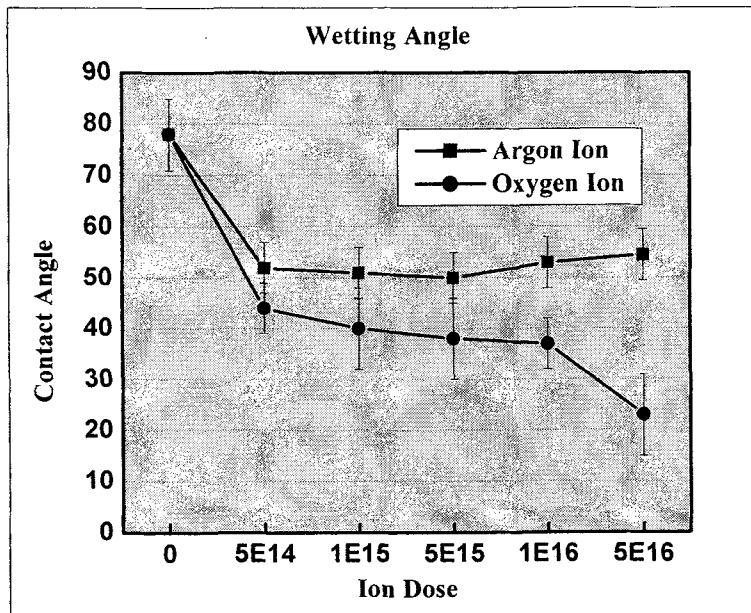
### 1. 전처리연구

[Fig.6]은 본연구에서 채택된 5가지의 모재에 3조건(무처리(W/O), 이온빔 처리(IC), 이온빔+이온빔 Assist 증착(IC+IA))의 처리를 한 후 ITO를 1000Å 두께로 피복시킨 시편을 스카치 테이프 테스트한 결과이다. 본 결과가 의미하는 것은 모재와 증착층간의 순수 밀착력값을 정성적으로 나타내고 있다는 것이다. [Fig.6]에 나타난 바와 같이 무처리된 시편의 경우 증착층은 테이프 테스트에서 전부위가 박리되고 있음을 알 수 있다. 이는 모재표면에 존재하고 있었던 오염 물질들이 증착층과 모재와의 밀착력을 감소시키는 요인으로 작용하였다고 판단된다. 그러나 시편을 이온빔 크리닝 처리를 하면 테이프 테스트에서 전혀 박리되는 현상을 볼 수 없었는데 이는 모재표면에 존재하고 있었던 수분, 각종 흡착가스들이 이온빔으로부터 조사된 이온입자들에 의해 제거됨과 아울러 모재표면을 활성화시킴으로서 획기적으로 모재와 증착층과의 밀착력을 증대시켰다고 생각된다. 본 연구에서는 유리 시편 외에도 플라스틱 모재를 사용하였으며 이는 저온 코팅 시에 한하였다.



[Fig.6] 전처리조건에 따른 밀착력의 변화

Ion Beam을 조사하여 시편에 친수성기를 활성화시켜 무기물과의 접착력을 향상시키려는 노력은 90년대 중반부터 본 연구원에서 수행하여왔다. 코팅층과 모재와의 접착력은 친수성기의 활성화에 의해 좌우되며, 이 친수성기는 정량적으로 측정하기 어려워 일반적으로 증류수 물방울의 접촉각의 크기로서 나타낸다. 유리와 플라스틱 표면에 Ion Beam을 조사하여 코팅층과의 접착력이 향상되는 정확한 원인은 규명되지 않았으나 일반적으로 다음과 같이 설명되어지고 있다. 이온빔을 조사하면 고분자 유기물을 이루고 있는 탄소에 산소가 결합하므로써 물에 대하여 소수성인 화학결합의 작용기들은 친수성 화학결합의 작용기들로 변할 것이고, 이러한 친수성인 작용기들은 물과의 친화력을 증가시키고 물과의 접촉각을 감소시킬 것이다. 또한, 이러한 친수성 작용기들은 코팅층과의 만남에서 전자의 Doner(금속), Acceptor(친수성작용기)관계에서 코팅층과의 결합력을 증대 시킬 것이다. 본 연구에서는 밀착력 증가 원인규명보다는 Ion 조사시 실제로 박막과의 접착력이 가장 우수한 조건을 실험을 통하여 파악하였다. 우선, Ion dose량의 변화에 가속 에너지변화에 따른 증류수의 접촉각 실험과 아울러 ITO 박막을 증착한 후 Cross-Cut Tape Test를 통하여 밀착력 향상 정도를 파악할 수 있었다. [Fig.7]은 아르곤과 산소 이온 빔을  $5 \times 10^{14}$  에서  $5 \times 10^{16}$  ion/cm<sup>2</sup> 의 범위로 이온선량을 변화시키며 조사하였을 때, 플라스틱 기판과 물방울과의 접촉각 변화를 나타낸 것이다.

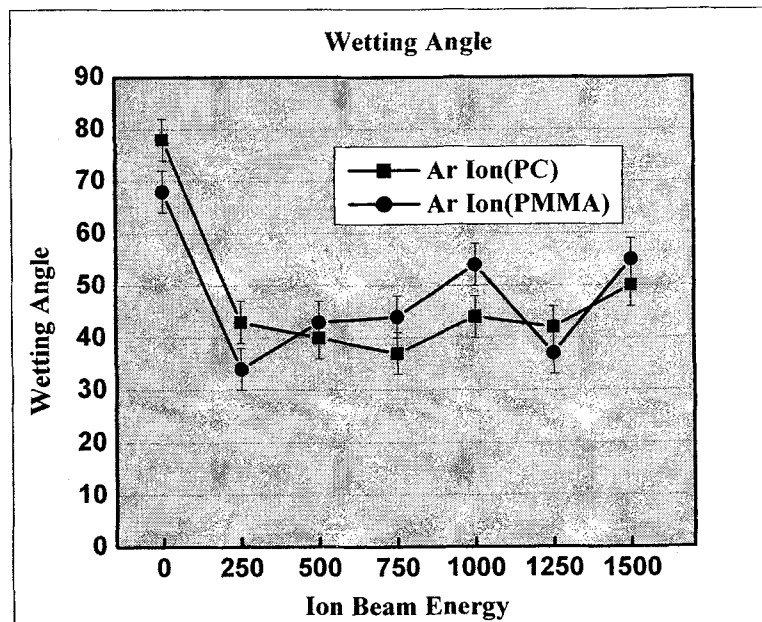


[Fig.7] Wetting Angle( Accel. Energy: 1Kev)

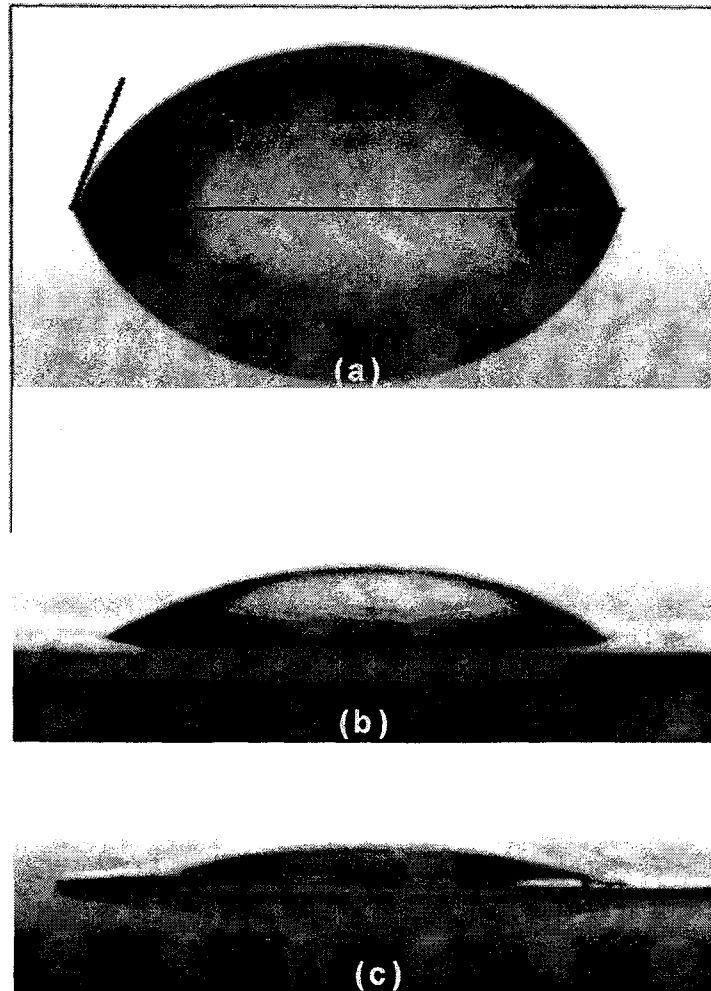
기판의 물에 대한 접촉각 측정은 상온에서 처리된 플라스틱 표면에 3차증류수 0.02 ml를 각각 3군데 떨어뜨린 후 Contact Angle Micrometer (Goniometer, Model G-1, ELMA Inc.)를 이용하여 측정 후 평균값을 취하였다. 이온 빔이 조사되지 않은 개질 전의 시료의 물에 대한 접촉각은 78°이며, 아르곤 이온 빔으로 표면 개질시  $5 \times 10^{14}$  Ar<sup>+</sup> ions/cm<sup>2</sup> 조사량에서 접촉각이 51°로 감소하였으며, 이온선량이  $5 \times 10^{16}$  Ar<sup>+</sup> ions/cm<sup>2</sup> 에 도달 할 때까지 커다란 변화는 보이지 않았다. 또한 산소 이온 빔으로 표면 개질시  $5 \times 10^{16}$  O<sup>+</sup> ions/cm<sup>2</sup> 조사량에서 접촉각이 24°로 감소하였으며, 이온선량이  $5 \times 10^{16}$  O<sup>+</sup> ions/cm<sup>2</sup> 이상일 경우는 오히려 접촉각이 증가하였다.

이와 같은 변화는 이온의 조사에 의한 표면세척 또는 표면 거칠기의 변화에 기인한 다고 여겨지며, 이온 빔의 조사로 인하여 플라스틱 기판표면에 생성된 Free Radical 이 표면에 친수성 작용기를 생성하게 되므로 접촉각이 작아진 것이다.

[Fig.8]은 이온의 에너지 변화에 따른 접촉각의 변화를 보여주고 있다. 이 때 dose량은  $5 \times 10^{15}$  Ar ions/Cm<sup>2</sup>였으며 가속에너지를 1500eV까지 실험을 수행하였다. 그러나 200eV 이후의 Wetting Angle은 45도 정도로 낮아졌으나 1250eV이상에서는 점차로 다시 증가하는 것을 보여준다. Ion Beam으로 표면처리시 Ion의 Energy보다는 Ion의 dose량에 지배를 받는 것으로 파악되었다. [Fig. 9]는 물방울의 접촉각을 측정한 사진으로서 이온빔 처리에 의해 접촉각이 급격히 줄어들고 있음을 보여준다. 이 사실은 Ion Source를 통한 플라스틱 표면의 친수성 증가는 대부분의 Polymer에서 적용 가능함을 의미한다고 할 수 있다.



[Fig.8] Ion Energy 변화에 따른 접촉각 변화



[Fig. 9] 이온빔 처리에 의한 물방울 접촉각의 변화

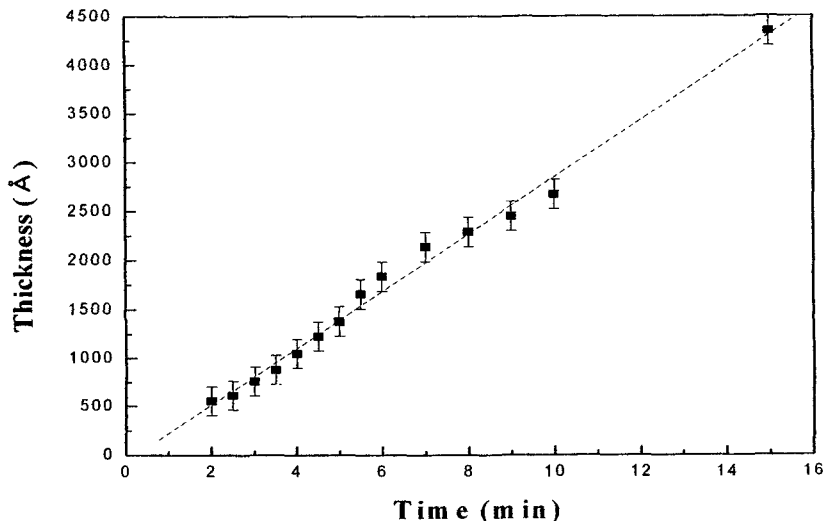
## 2. 투명 전도성 코팅 연구

투명 전도체 박막을 제조하기 위해 사용된 코팅재료는 In(90%)-Sn(10%)의 합금타겟을 반응성 Sputtering법에 의해 제조한 Indium-tin-oxide이며 박막형성 조건은 Table1에 제시된 바와 같다.

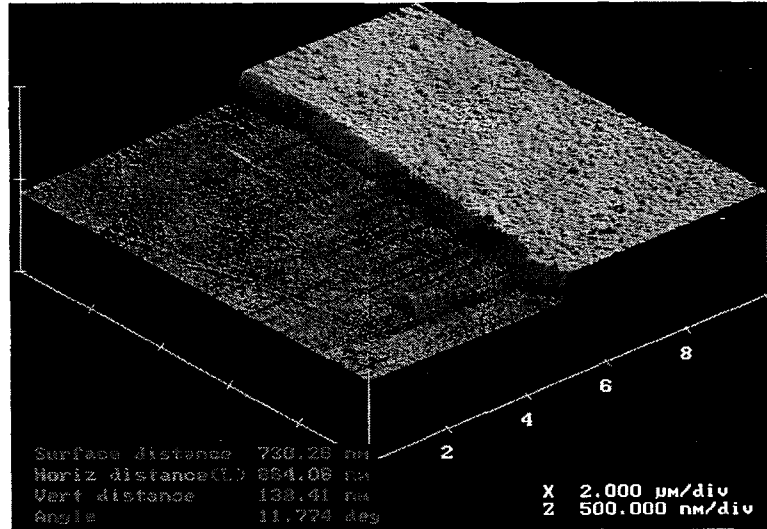
Table 1. Experimental condition of deposition for ITO

Coating material	Process	Parameter
ITO	Reactive Sputtering	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Power density : <math>2.26\text{W}/\text{cm}^2</math></li> <li>○ Working Pressure : <math>6 \times 10^{-3}\text{mbar}</math></li> <li>○ Sputtering time : 1, 2, 3, 4, 5, 6.5, 8, 10, 12.5, 15, 20 min</li> <li>○ <math>\text{FO}_2/\text{FAr} = 0, 0.35, 0.43, 0.5, 0.7</math></li> </ul>

ITO 박막제조시 투명도와 전도도에 가장 큰 영향을 미치는 인자는  $\text{O}_2$ 의 분압이다. 반응성 Sputtering을 위해 공급되는 중성 Ar가스의 유입량을 FAr로 표시하고  $\text{O}_2$ 가스의 유입량을  $\text{FO}_2$ 로 표시하였을 때  $\text{FO}_2/\text{FAr}$ 값이 0.39이하이면 전도성이 매우 양호하나 불투명한 박막을 형성하게 되고 0.45이상이면 투명도는 우수하지만 전도도가  $\text{M}\Omega/\text{cm}$ 로 변화하였다. 이러한 실험으로부터  $\text{FO}_2/\text{FAr}$ 값이 0.43일 때 본 연구의 목적에 맞는 박막층을 형성할 수 있었으며 상기 조건에서 박막성장 속도는 [Fig. 10]에 보여지는 바와 같이 약  $290\text{\AA}/\text{min}$ 로 측정되었다. [Fig. 11]은  $140\text{nm}$ 의 ITO 코팅층의 단차를 AFM 으로 측정한 것으로 코팅층의 표면이 매우 균일함을 알 수 있었다. 코팅층 성장 속도는 인가 전력, 가스 분포, 타겟의 종류, 증착 온도 등에 의해 조절될 수 있으며 인라인 스퍼터 장치에서는  $500\text{\AA}/\text{min}$ 의 증착속도를 얻을 수 있었다.



[Fig. 10] ITO 코팅층의 피복시간에 따른 두께 변화



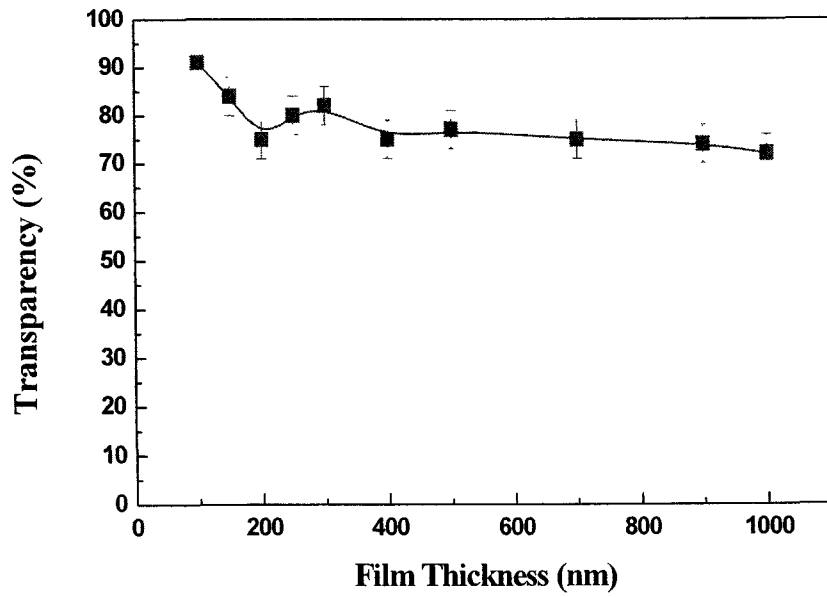
[Fig. 11] 140nm 두께의 ITO 코팅층 단차 및 표면 형상에 대한 AFM Image

### 3. 투명도 및 저항특성

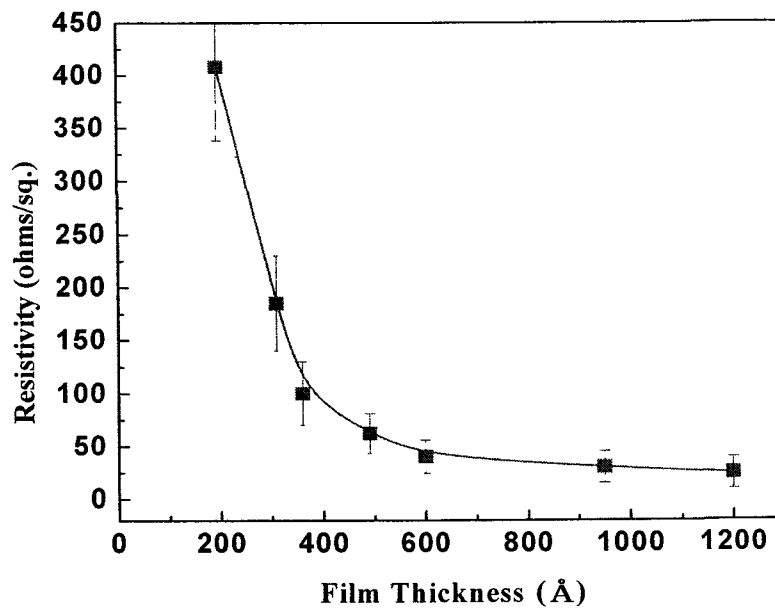
ITO박막의 투명도를 측정하기 위해 DMS100 (Varian사)을 이용하여 가시광선 투과 정도로 투명도를 표시할 수 있었다. [Fig.12]는 시편 위에 피복된 ITO박막의 증착두께에 따른 투명도를 나타낸 것으로 ITO박막의 경우 약 160nm의 두께에서 85% 정도의 가시광선 투과성을 보이고 있으며 두께가 증가할수록 서서히 감소하다 약 1000nm의 두께에서는 투명도가 70%이하로 감소하고 있음을 알 수 있었다.

시편의 저항특성은 4Point Probe를 사용하여 측정하였고 그 결과가 [Fig.13]에 보여지고 있다. 코팅두께 200Å에서 400(Ω/□)으로 측정되었던 저항값은 코팅두께가 증가함에 따라 급격히 감소하여 1500Å 이상에서는 약 12(Ω/□)의 저항을 보이고 있다. 이러한 결과는 본 연구의 당해연도 연구 목표에 접근하는 결과로서 ITO 코팅 공정 기술이 예정대로 진행되었음을 보여주는 것이다.





[Fig.12] ITO코팅시편의 박막 두께에 따른 투명도 변화

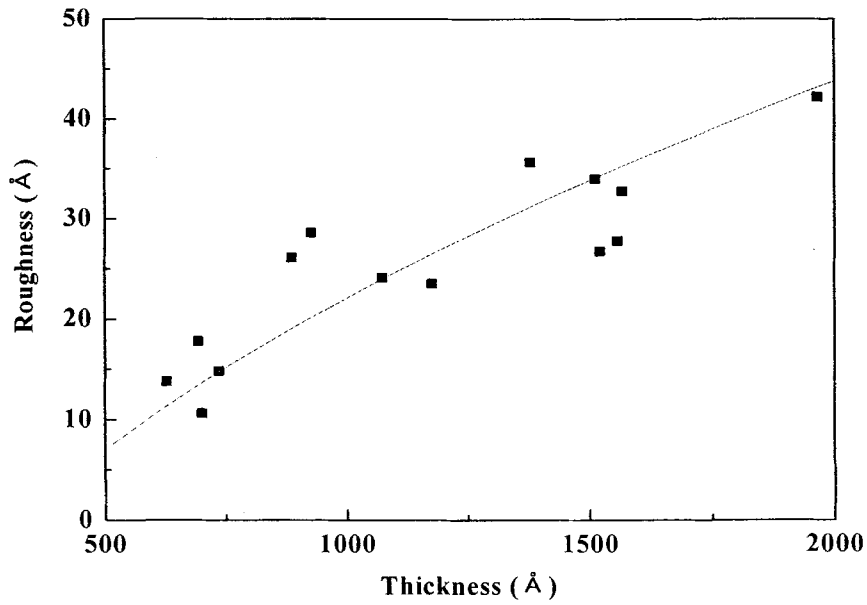


[Fig.13] ITO코팅시편의 박막 두께에 따른 저항특성 변화

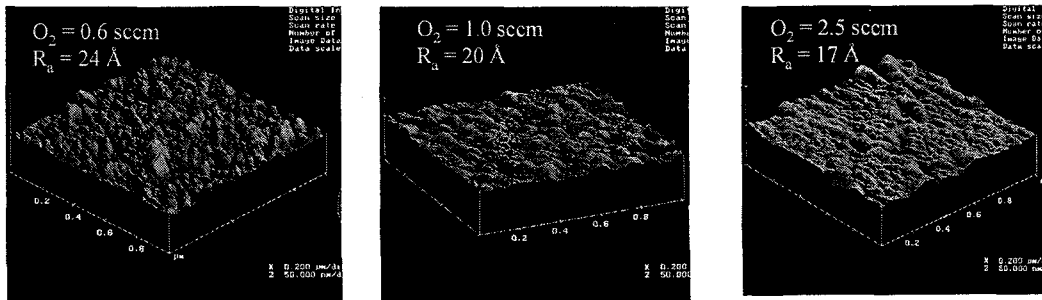
#### 4. 표면조도 제어

ELD (Electro-Luminescent Display)는 소형 디스플레이 패널 제조가 간단하고 에너지 소모가 가장 작으므로 휴대폰 및 이동형 디스플레이에 적용될 것으로 예상된다. 그러나 EL의 기초소자로 제조되고 있는 ITO 코팅 Glass의 경우 LCD, PDP 등과는 달리 표면 조도에 매우 민감하여 우수한 EL 소자를 형성하기 위해서는 10Å 이하의 표면조도를 요구하고 있다. 기존 방법에 의한 ITO Glass의 표면조도는 약 50Å으로서 이를 EL 소자에 적용시키는 것은 불가능한 실정이다. 따라서 현재는 ITO 코팅 Glass를 CMP(Chemical Mechanical Polishing)법에 의해 표면 연마해 줌으로서 목적하는 표면조도를 얻고 있다. 이러한 복잡한 공정들은 EL 소자의 가격을 증가시킬 뿐만 아니라 품질을 저하시킴으로서 실용화의 큰 장애요인으로 대두되고 있어 세계적으로도 이의 극복기술 개발에 심혈을 기울이고 있는 실정이다.

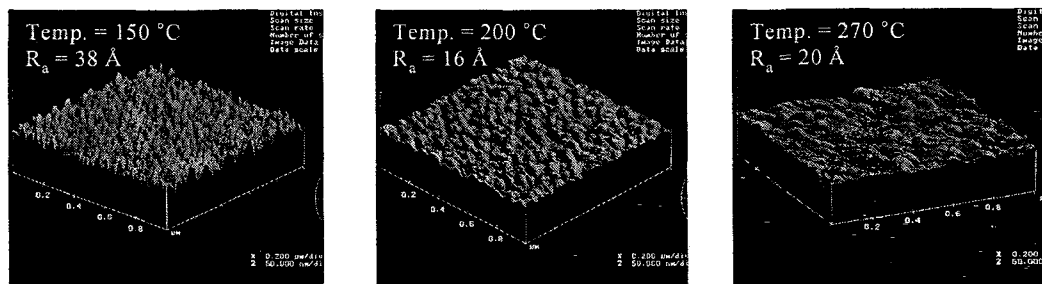
투명 전도성 코팅층의 표면 조도는 일반적으로 코팅층의 두께 증가에 의해 증대된다. [Fig.14]는 ITO 증착층의 두께 변화에 따른 표면조도를 나타낸 것으로 본 연구의 기준 두께인 1500Å에서 약 30Å임을 보여주고 있다. 표면조도를 제어할 수 있는 인자는 반응성 가스를 조절하는 것과 코팅 공정 온도를 조절하는 것으로 나눌 수 있다. [Fig.15]는 코팅 공정 온도를 250°C로 고정 시키고 반응성 가스의 유입량을 변화시켰을 때 나타나는 표면조도의 변화를 AFM으로 측정한 결과이다. 반응성 가스 유입량이 증대될수록 표면조도는 감소하고 있으나 코팅층의 전기전도도 역시 변화함으로서 최적의 투명전도성 코팅층을 형성시키는데 세심한 분석이 필요하다. [Fig.16]은 온도 변화에 따른 코팅층의 표면조도 변화 모습이다. 200°C의 공정온도에서 16Å의 표면 조도를 보이고 있음을 알 수 있었으며 온도가 더 높아질 경우 코팅층의 조대화에 의해 표면 조도 역시 증대됨을 알 수 있었다. [Fig.17]은 작업 공정 압력 변화에 따른 표면조도 변화와 전기전도도 변화를 나타낸 것으로 공정온도는 250°C를 기준한 결과이다. 고품위 투명 전도성 박막을 형성하기 위해서는 앞에서 언급한 바와 같이 작업온도, 반응성 가스, 작업 압력 등 여러 요인들이 서로 영향을 미치고 있으므로 목적하는 특성을 얻기 위한 코팅 공정 설계를 하여야 할 것으로 판단된다.



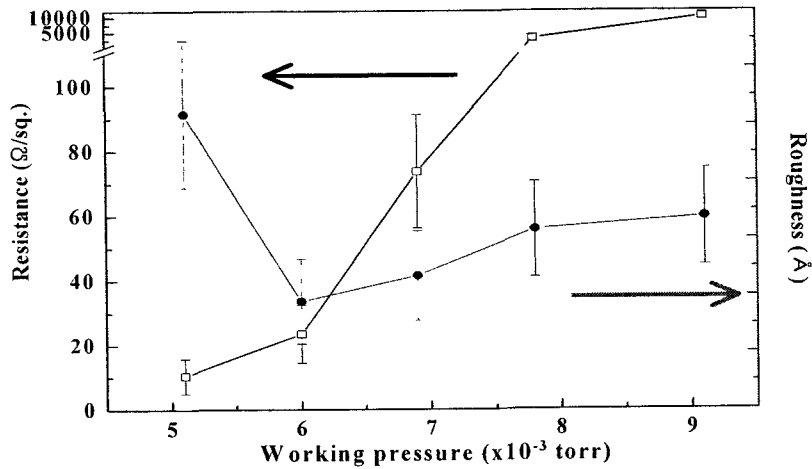
[Fig.14] 코팅층 두께 변화에 따른 표면 조도 변화



[Fig.15] 반응성 가스 주입량의 변화에 따른 표면 조도 변화 AFM 분석



[Fig.16] 온도 변화에 따른 표면 조도 변화 AFM 분석



[Fig.17] 작업 압력 변화에 대한 면저항 및 표면 조도 변화

## 5. 피막 평가기술연구

### 가. Adhesion

본 시험에 사용한 접착력 시험은 접착테이프 밀착력 시험법(ASTM D3359)으로 접착테이프(3M사 #610)를 1mmx1mm Cross-Cut한 코팅층 위에 접착시킨 후 떼어냄으로써 코팅층의 분리를 유도하는 대표적인 정성적, 밀착력 측정법으로 하였다. 이 시험법은 착테이프만 있으면, 작업현장에서 간편하게 시험 할 수 있으며, 시험 후 테이프에 존재하는 코팅층의 수와 시편에 잔존하는 코팅층의 정사각형 수를 비교함으로써 반 정량적으로 밀착력을 표현할 수 있다. 본 연구에서 이온빔 처리된 시편의 경우 전도성 투명 코팅층과 무반사 코팅층 모두 접착테이프로 전혀 박리되지 않음으로서 디스플레이 디바이스 제품화에 매우 적절한 밀착 강도를 보이고 있음을 알 수 있었다.

#### 나. Steel Wool

일반적으로 내마모성 평가는, 그 평가방법에 따라 결과가 다르다. 이것은 내마모성이 표면경도, 표면 윤활성, 대전성 등 많은 요인을 포함하고 있고 더욱이 표면 거칠기, 마지막 가공방법에 의한 것 등이 종합적으로 작용하여 결정되는 것이고, 이것들 전체를 포함하는 평가 방법이 확립되어 있지 않기 때문이다. 이 때문에 한 종류의 평가방법만으로 평가한 것은, 그 평가방법의 선택이 적절하지 않은 경우가 된다. 따라서 본 연구에서는 연필경도시험 및 Steel Wool 시험을 병행하여 측정하였으며, ITO 코팅 시편의 경우 10g의 Load에서 100회전 후 표면에 스크래치 흔적이 남지 않음을 알 수 있었다.

#### 다. Salt Spray Test

이 방법은 염수분무시험기로 5%-NaCl Sol. X 35C(R.T.)을 코팅피막에 분무시켜 부식을 촉진시키는 부식성 시험방법이다. ASTM B117에 규정된 방법으로 시험을 규정시간 만큼 거친 후 중요 표면에는 1평방인치당 육안으로 식별가능한 부식된 점이 발견되지 않아야 한다. 본 연구에서는 100Hrs 실험을 행한 결과 부식된 점이 육안으로 발견되지 않았으며, 이것은 기관과 접촉된 층에 부식액이 침투되지 못하기 때문에 부풀음 및 부식이 진행되지 않은 것으로 사료된다.

#### 라. Humidity Test

이 방법은 습도 Test로써, 온도 38℃, 습도 95%의 상태인 Room에서 실시하는 것이다. 시험후 코팅피막상에 기포발생 및 육안으로 식별 가능한 변색이 없어야 한다. 시험후 ASTM D3359-78 규정에 의한 Cross-Cut Tape 접착시험에 박리가 없어야 하는 바 본 시편의 경우 이러한 현상들이 전혀 발생되지 않음으로서 제품화에 문제가 없는 것으로 판단되었다.

## 제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

### 제1절 연구 목표 달성도

목 표	달 성 도(%)	내 용
◦ ITO 코팅Glass 생산을 위한 공정 기술개발	100	- ITO 코팅층의 두께 1500 Å에서 투과도 87% 이상, 전기전도도 10Ω/□, 표면 Roughness 30 Å이하의 고품위 박막 코팅 공정 기술 확보
◦ ITO 코팅 Glass의 생산 속도 증대 기술 개발	100	- 고속 증착용 전원 장치 활용을 통한 ITO 코팅층의 증착속도를 500 Å/min 달성
◦ 코팅층 특성 분석을 통한 생산 인자 결정 요인 Data화	100	- In-situ 저항 측정법을 이용한 최적 ITO 코팅 두께와 면저항, 투과특성 상관 관계 및 최적 산소 분압 조건 확립

### 제2절 관련 분야에의 기여도

본 기술은 LCD, FED등 차세대 평판 표시 장치의 기초소자인 투명박막제조, 유전체 코팅공정 기술 등 2000년대 첨단 고부가가치 산업의 기반기술에 적극 활용될 수 있으며 차세대 디스플레이 매체인 유기 EL, 플라스틱 영상 소자의 투명전극 형성 기술과 반도체 산업의 코팅공정에도 응용될 수 있어 국가 경쟁력 제고에 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

## 제 5 장 연구개발결과의 활용계획

### 제1절 활용 계획

본 연구 결과는 본 과제의 참여 기업에 설치되어 있는 인라인 스퍼터링 장치의 실용화를 위한 코팅 공정 개발에 활용될 예정이다. 참여기업에 설치되어 있는 인라인 코팅 시스템은 70"급 대형 유리기판에 투명전도성 박막 및 보조 전극을 코팅할 수 있는 것으로서  $\pm 5\%$ 이내의 대면적 박막 두께 균일도를 필요하고, 보다 저온에서 공정할 수 있는 Plasma Source가 확보될 경우 불량율을 줄일 수 있으며, 높은 증착율과 함께 생산성을 크게 향상시킬 수 있다. 그리고 개량형 타겟을 사용하여 현재의 25~50%정도에 이르는 재료의 사용율을 높여 Running Cost를 크게 줄일 수 있다. 또한 치밀구조의 박막특성이나 반응성을 높이기 위한 박막 특성 제어를 위해 스퍼터링된 입자들의 에너지를 어느 정도까지 제어할 수 있는 Plasma Source가 필요하며 이들의 적절한 활용을 통한 고품질 박막을 고속 생산할 수 있는 공정 기술 개발이 요구되는 바 본 연구결과를 활용할 경우 고품질의 투명 전도성 코팅 소자를 생산할 수 있을 것으로 예상된다.

## 제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

### ■ Market and Business in the Field of Coatings on Glass and Plastics by Application Experts

번호	저자	논문제목	내용요약
1	F.-A.Kuhnel	Coatings for large areas on glass	1992년 브라질의 리오 Conference 와 1997년 도쿄 Conference에서 논의되기 시작하였던 환경친화적 유리제품 생산은 CO2 규제가 심각한 사회 문제로 지적되고 있는 현 시점에서 시급히 개선되어야 할 과제로 인식되고 있음. 따라서 건물의 에너지를 효과적으로 절약할 수 있는 대면적 코팅 유리의 개발 및 태양열을 흡수할 수 있는 기능성 유리코팅 기술이 미국과 유럽을 중심으로 활발히 연구되고 있으며 수년 내에 제품생산이 가능할 것으로 예상된다.
2	R.W.Phillips	Optical coatings for security applications	지폐나 유가 증권 위조를 방지하기 위해 코팅되는 기술은 광학기능을 부여하는 것을 기본으로 발달되어왔다. 광학 코팅 물질로는 단층 반사 코팅 기술과 다층 난반사 코팅 기술이 사용되고 있으며 지질과의 밀착성과 내구성 향상에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.
3	J.Benemann	Market aspects for photovoltaics	태양에너지를 실용화할 수 있는 Photovoltaic 코팅은 2001년에 1,200,000m <sup>2</sup> 의 넓이에 시공되었으며 4,000,000W 의 전력 생산능력을 보여주고 있다. 지구환경 문제가 심각하게 대두되며 청정 에너지원인 태양열의 실용화는 향후 10년 이내에 이루어질 수 있을 것으로 판단된다.
4	C.Nakayama	Applications and markets of photocatalysis in Japan	TiO <sub>2</sub> 로 대표되고 있는 광촉매 제품은 현재 일본에서 건물 외관, 내부, 도로, 필터 분야에서 급격하게 사용되고 있다. 일본의 광촉매 시장 규모는 2001년 250M\$로 집계되었으며 광촉매의 자정작용, SOX/NOX 분해효과, 살균효과 등을 이용한 제품 개발이 활발하게 연구되고 있으므로 향후 그 시장 규모는 급격히 증대될 것으로 예상된다.
5	T.Watanabe, H.Ohsaki, A.Nakajima	Design concept of novel functional coating with nano macrostructure-strategic research seeking for stronger patent position	유리에 기능성을 부여할 수 있는 코팅기술은 광촉매, 초친수성, 초소수성, 경사기능 등 다양한 분야에서 활용되고 있다. 이러한 기능성 코팅은 코팅 표면을 어떻게 제어하느냐에 의해 결정되며 최근에는 나노구조의 다층박막 코팅 기술이 활발히 연구되고 있다. 특히 초소수성 및 초친수성 코팅의 경우 코팅층의 구조제어에 의해서도 동일 물질에서 두 가지 극단적인 특징이 나타나고 있으므로 이의 제어 및 코팅층 설계에 대한 연구가 필요하다.



■ Advanced Technologies by Vacuum Deposition

번호	저자	논문제목	내용요약
1	R.Blacker, D.Siegfried, N.Van Lieu, D.Deakins, R.Ferguson, I.Kameyama,	Ion beam sputter deposition for optical coatings	초정밀 박막 제조를 위해 사용되고 있는 이온빔 스퍼터링 기술은 DWDM 분야의 밴드 필터 코팅 연구에 활용되고 있다. 본 연구에서는 DIAD 장치를 사용하여 300mm의 유리 시편에 실리카와 탄탈리아를 다층박막으로 형성시켜 1550nm의 광학 파장을 투과시키는 필터를 제조하였다.
2	V.Veerassamy, H.A.Luten, R.H.Petrmichl, S.V.Thomsen	Diamond-like amorphous carbon coatings for large areas of glass	DLC는 독특한 기계적 특성과 전기적 특성으로 인해 Optical Window 또는 MEMS 분야의 내마모 코팅재로 사용되고 있다. 본 연구에서는 IAD, Vacuum 아크 코팅, 레이저 Ablation 기술을 이용하여 대면적 유리 위에 형성된 DLC 코팅에 대한 실용화 가능성을 조사하였다.
3	S.J.Nadel, P.Greene, J.Rietzel, J.Strumpfel	Equipment, materials and processes: a review if high rate sputtering technology for glass coating	대면적 유리 코팅 기술의 생산성에 영향을 미치는 인자들은 증착속도, 플라즈마의 안정성, 캐소드 내에 존재하는 자석의 배열 및 가열 시스템의 효율성 등을 들 수 있으며 본 연구에서는 이들의 영향에 대해 분석하였다.
4	M.Geisler, Ch.Bratz, J.Bruch, A.Kastner, M.Kress, M.Rusker,	Meeting the demands of modern large area glass coating: latest developments of horizontal and vertical coaters and applications	현재의 대면적 유리 코팅 기술은 수평형과 수직형으로 개발되어 왔다. 수평형의 경우 시편 장착 및 취급에 장점을 가지고 있으나 설치 공간을 많이 차지하고 고온 코팅이 어렵다는 단점을 보이고 있어 초대형 유리 코팅 장치는 수직형이 주류를 이루고 있다. 수직형 코터의 경우 최대 코팅 유효면적은 3.2m x 6m 로서 증착 균일도는 1.2%의 초정밀도를 유지할 수 있다.
5	J.Madocks	New magnetically enhanced source produces uniform PECVD coatings at high rates	기존의 PECVD용 플라즈마 Source는 대면적 코팅층을 형성시키는데 적합하지 못하였다. 이번 소개하는 플라즈마 Source는 새로운 개념의 자장을 이용한 선형 플라즈마 Source 로서 대면적 시편에 PECVD 코팅을 가능하게 함은 물론 증착 속도를 높일 수 있게 설계된 것이 특징이다
6	P.Frach, O.Zywizki, K.Goedicke, C.Gottfried, S.Klinkenberg, H.Sahm, T.Modes	Rutile and anatase phase TiO <sub>2</sub> films obtained on unheated substrates by matched pulse mode	광촉매 재료로 사용되고 있는 TiO <sub>2</sub> 는 증착조건에 의해 Rutile 상과 Anatase 상으로 형성된다. 본 연구에서는 플라즈마에 인가되는 Power의 파형을 조절함으로써 TiO <sub>2</sub> 의 상을 가열 공정 없이 조절할 수 있었으며 이는 실용화 시 공정 시간을 단축하는데 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.
7	A.Blondeel, W.De Bosscher	Uniformity control in large area sputter deposition processes	스퍼터링 공정에 의한 대면적 코팅에서 필름층의 균일도는 매우 중요한 요인 중의 하나이다. 균일도에 영향을 미치는 요소로는 주입가스의 분포, 시편의 이송 방법, 캐소드의 자석 배열 등 여러가지가 있으나 본 연구에서는 캐소드의 자석 배열이 코팅층 균일도에 미치는 영향에 대해 자세히 조사하였다.
8	V.Shiripin, M.Leuchuk, S.Maryshev, A.Khissamov, S.Tikhonov,	High-throughput vacuum scanner for multilayer coating on large-area substrates	대면적 코팅의 경우 다층박막을 형성시키는 방법은 스퍼터 타겟을 여러 챔버에 여러개 설치하는 것과 동일 챔버에 여러개의 타겟을 설치하고 시편 캐리어를 스캐닝하는 방법으로 구분 될 수 있다. 본 연구에서는 후자의 경우 다층박막의 특성, 시스템의 효율성 등에 대한 연구를 수행하였음

9	T.Mashimo, E.Shidoji	Plasma simulation of a double magnetron system	스퍼터 코팅의 효율을 증대시키기 위해 사용되고 있는 2중 자석 구조의 특징을 컴퓨터 Simulation에 의해 수행하였으며 최적 자석 배열에 대한 연구를 수행하였다.
10	A.Pflug, B.Szyszk, J.Niemann	Simulation of reactive sputtering kinetics in real in-line processing chambers	실제의 인라인 공정 챔버에서 발생할 수 있는 기체의 흐름을 몬테카를로법에 의해 Simulation하였다. 아울러 기체 흐름이 증착속도에 미치는 영향을 조사하였으며 이러한 연구 결과는 실제 인라인 스퍼터링 챔버에 적용하여 공정을 최적화하는데 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.
11	E.Shidoji, T.Makabe	Magnetron plasma structure with strong magnetic field	최근들어 대면적 코팅에 많이 활용되고 있는 실린더형의 타겟에 가해지는 강한 자장이 플라즈마 형성에 미치는 영향에 대해 분석하였다. 자장의 세기는 플라즈마의 구조를 변형시킬 수 있으며 이는 곧 스퍼터링 공정에 영향을 주고 있음을 나타낸다.
12	N.Sakudo, T.Mori, T.Yokogawa, Y.Ohmura, R.Yoneda, H.Endo	Ion-mixing coating on dielectric materials	본 연구에서는 플라즈마 응용 CVD 기술과 플라즈마 Source Ion Implantation 접목시킨 새로운 개념의 코팅 기술에 대해 조사하였다. 이러한 새로운 방법은 유전체 코팅 및 절연체 코팅에 유용하게 사용될 수 있으므로 향후 실용화가 기대된다.
13	U.Krause, C.Peters, T.Rettich, P.Wiedemuth	Comparison of layer properties deposited with unipolar and bipolar pulsed magnetron sputtering	DC 스퍼터링의 경우 대면적 코팅 시 전기자의 변화에 의해 자주 Arc가 발생됨으로서 코팅 불량률의 원인이 되고 있다. 본 연구에서는 펄스파형의 변형에 의한 코팅 공정을 연구하였으며 코팅층의 특성을 분석하였다.
14	M.Kamei, T.Mitagi, T.Mitsuhashi, A.Yamazaki, T.Sato	Ion fragment analysis during reactive sputtering of TiO <sub>2</sub> under unipolar/bipolar pulse and DC modes	광촉매재로 사용되고 있는 TiO <sub>2</sub> 의 연구는 반응성 스퍼터링 기술에 의해 수행되어지고 있다. 효과적인 TiO <sub>2</sub> 코팅층은 인가되는 파형에 의해 조절될 수 있으며 이 경우 코팅 공정 온도를 낮출 수 있으므로 생산성 증대에 이러한 인자들이 활용될 수 있음을 확인하였다.

## 제 7 장 참고문헌

- 1) A. H. M. Z. Alam, K. Sasaki, T. Hata, "Ozone in reactive gas for producing tin-doped indium oxide films by DC reactive magnetron sputtering", *Thin Solid Films* 281-282, 209, 1996
- 2) J. R. Bellingham, C. J. Adkins, "Intrinsic performance limits in transparent conducting oxides", *J. Mater. Sci. Let.* 11, 263, 1992
- 3) T. J. Coutts, T. O. Mason, J. D. Perkins, D. S. Ginley, "Transparent conducting oxides: Status and opportunities in basic research", *Electr. Chem. Soc. Proc.* Vol. 99-11, 274, 1999
- 4) D. D. Edwards, T. O. Mason, F. Goutenoire, K. R. Poeppelmeier, "A new transparent conducting oxide in the Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SnO<sub>2</sub> system", *Appl. Phys. Let.* 70, 1706, 1997
- 5) K. Ellmer, F. Kudella, R. Mientus, R. Schieck, S. Fiechter, "Influence of discharge parameters on the layer properties of reactive magnetron sputtered ZnO:Al films", *Thin Solid Films* 247, 15, 1994
- 6) T. Minami, S. Takata, H. Sato, H. Sonohara, "Properties of transparent zinc-stannate conducting films prepared by RF magnetron sputtering", *J. Vac. Sci. Techn. A* 13, 1095, 1995
- 7) T. Moriga, D. Kammler, T. O. Mason, G. B. Palmer, K. R. Poeppelmeier, "Phase relationships and physical properties of homologous compounds in the In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ZnO-system", *J. Am. Ceram. Soc.* 81, 1310, 1998
- 8) B. Szyszka, 'Reaktives Magnetronspütern von TCO-Schichtsystemen', Dissertation, Universitt Gieen, 1999
- 9) B. Szyszka, "Transparent and conductive aluminum doped zinc oxide films prepared by mid-frequency reactive magnetron sputtering", *Thin Solid Films* 351, 164, 1999
- 10) X. Jiang, C. L. Jia, B. Szyszka, Highly (0001)-textured zinc oxide thin films grown in a mid-frequency magnetron sputtering process, 2001 Spring meeting proceeding, Materials Research Society, San Francisco, 16.04. - 20.04.2001

## 특정연구개발사업 연구결과 활용계획서

사업명	중사업명	중점국가연구개발사업		
	세부사업명	침단기계류 부품 사업		
과제명	대면적 코팅 공정기술 개발 및 코팅층 특성 평가			
연구기관	한국기계연구원	연구책임자	이건환	
총연구기간	2001. 10. 1. ~ 2003. 9. 30. ( 24개월)			
총 연구비 (단위 : 천원)	정부출연금	민간부담금	합계	
	160,000	45,000	205,000	
기술분야	표시장치(151)			
참여기업	아이티엠(주)			
공동연구기관				
위탁연구기관				
연구결과활용 (해당항목에(√) 표시)	1. 기업화 ( )	2. 기술이전( √)	3. 후속연구추진( )	4. 타사업에 활용(√)
	5. 선행 및 기초연구( )	6. 기타목적활용(교육연구)( )	7. 활용중단(미활용)( )	8. 기타( )
<p>특정연구개발사업 처리규정 제 31조(연구개발결과의 보고) 제 2항에 의거 연구결과 활용계획서를 제출합니다.</p> <p>첨부 : 1. 연구결과 활용계획서 1부. 2. 기술요약서 1부</p> <p style="text-align: right;">2003년 10월 1일</p> <p style="text-align: right;">연구책임자 : 이 건 환 (인) 연구기관장 : 황 해 응 (직인)</p> <p>과학기술부장관 귀하</p>				

## [첨부1]

# 연구결과 활용계획서

### 1. 연구목표 및 내용

평판 디스플레이 소자 제조의 핵심 재료인 투명 전도성 코팅층은 두가지 방법에 의해 형성될 수 있는데 그 중 하나는 빛이 투과될 정도로 얇은 금속박막을 형성시키는 것과 투명하며 전도성을 띠는 재료를 피복시키는 것이다. 후자의 경우 가장 잘 알려진 방법이 인듐주석 산화물(Indium Tin Oxide: 이하 ITO)을 자성 스퍼터링법에 의해 형성시키는 것으로 본 연구에서는 이러한 ITO 박막의 물성 증대 연구 및 생산성 향상 연구를 통해 대면적 투명 전도성 코팅 기술을 실용화하는데 기여하고자 하였다.

### 2. 연구수행결과 현황(연구종료시점까지)

#### 가. 특허(실용신안) 등 자료목록

발명명칭	특허공고번호 출원(등록)번호	공고일자 출원(등록)일자	발명자 (출원인)	출원국	비고

#### 나. 프로그램 등록목록

프로그램 명칭	등록번호	등록일자	개발자	비고

#### 다. 노하우 내역

- 코팅 공정 조절을 통한 고품위 투명 전도성 박막 제조 및 표면 조도 제어 방법

#### 라. 발생품 및 시작품 내역

마. 논문게재 및 발표 실적

○ 논문게재 실적(필요시 별지사용)

학술지 명칭	제목	게재연월일	호	발행기관	국명	SCI게재여부
정밀기계학회지	PDP용 대면적 Glass Coating 장비 개발 동향	2001년 12월 1일	제18권 제11호	정밀공학회	한국	×
한국재료학회지	반응성 스퍼터링법으로 제조된 Anatase TiO <sub>2</sub> 박막의 미세조직에 관한 연구	2001년 11월	제11호	한국재료학회	한국	×
한국 수소 및 신 에너지 학회지	TiO <sub>2</sub> 박막의 증착 거동에 미치는 스퍼터링 공정 변수의 영향	2003년 1월	제14호	한국 수소 및 신 에너지 학회	한국	×
한국진공학회지	진공 아크 증착법과 다른 공정에 의해 증착된 MgO 박막의 특성비교	2003년 2월	제12호	한국진공학회	한국	×
계: 4건						

○ 학술회의 발표 실적(필요시 별지사용)

학술회의 명칭	제목	게재연월일	호	발행기관	국명
한국표면공학회	PDP 소자의 표면 처리 기술	2002년 5월 17일			
한국표면공학회	디스플레이용 ITO 코팅층의 표면조도 제어기술	2003년 5월 16일			
계: 2건					

3. 연구성과

-연구 결과의 기술이전 완료 : 실용화 추진중

#### 4. 기술이전 및 연구결과 활용계획

##### 가. 당해연도 활용계획(6하원칙에 따라 구체적으로 작성)

본 과제에서 개발된 고품위 투명 전도성 코팅층 형성 기술을 참여기업인 아이티엠(주)에 본 과제 종료시점인 2003년 9월에 정례 연구 결과 협의를 통해 기술이전을 하였으며 상기 업체에서는 이를 바탕으로 대면적 디스플레이 소자용 전도성 유리 코팅의 산업화를 추진 중에 있음. 아울러 저온 코팅 공정에 의한 플라스틱 상의 투명 전도성 박막 형성 기술의 경우도 터치 패널용으로 실용화 단계에 있는 실정임.

##### 나. 활용방법

본 연구의 개발 결과는 노하우의 성격이므로 정례적인 기술 협의를 통해 참여기업에 전달되어 왔으며 대면적 평판표시소자(PDP: 40인치급, 50인치급)의 전면 판시제품 제작에 활용될 예정임.

##### 다. 차년도이후 활용계획(6하원칙에 따라 구체적으로 작성)

본 결과는 평판디스플레이 분야의 기초 소자인 투명 전도성 코팅층 제조에 필요한 것으로 대면적 평판 표시소자 뿐만 아니라 초정밀 표면 조도를 요하는 EL용 전극, 차세대 디스플레이 소자인 플라스틱 디스플레이의 투명 전극으로 활용될 예정에 있으므로 본 과제 종료 후에도 국제공동연구사업, 기관 고유사업 등과 같은 연구사업을 지속적으로 추진하여 코팅층의 특성 제고를 이루고자 함.

#### 5. 기대효과

##### ■기술적 기대효과

- 대면적 증착기술의 실용화를 통한 국내 코팅기술의 비약적인 기술 수준 향상
- 차세대 평판 디스플레이 핵심 코팅기술 국산화
- 고품위 보호막 제조기술을 통한 PDP의 수명연장에 대한 독자기술 확보
- PDP, LCD용 대면적 투명코팅기술 국산화
- 국내 플라즈마 응용 코팅기술 선진화 진입

■ 경제적 기대효과

- 수입대체효과 : 108억원 (40"기준 30,000대/월 x 12월 x 30,000원/대)
- 수출증대효과 : 180억원 (40"기준 50,000대/월 x 12월 x 3'0,000원/대)
- 선진국의 기술 예측 탈피
- 고부가가치 제품 생산 중소기업 육성 및 고용 창출 효과

6. 문제점 및 건의사항



[첨부2]

## 기술 요약서

■ 기술의 명칭

대면적 고품위 투명 전도성 코팅층 제조 기술 및 초미세 표면 제어 기술

■ 기술을 도출한 과제현황

과제관리번호	M!-0140-03-001			
과제명	대면적 코팅 공정기술 개발 및 코팅층 특성 평가			
사업명	중점국가연구개발사업			
세부사업명	첨단기계류부품개발사업			
연구기관	한국기계연구원	기관유형	국가출연연구기관	
참여기관(기업)	아이티엠(주)			
총연구기간	2001. 10. 1 - 2003. 9. 30			
총연구비	정부(160,000)천원	민간(45,000)천원	합계(205,000)천원	
연구책임자 1	성명	이건환	주민번호	610502-1162816
	근무기관 부서	한국기계연구원 표면연구부	E-mail	ghlee@kmail.kimm.re.kr
	직위/직급	책임연구원	전화번호	055-280-3544
연구책임자 2	성명		주민번호	
	근무기관 부서		E-mail	
	직위/직급		전화번호	
실무연락책임자	성명	이성훈	소속/부서	한국기계연구원/ 표면연구부
	직위/직급	선임연구원	E-mail	shlee@kmail.kimm.re.kr
	전화번호	055-280-3567	FAX	055-280-3570
	주소	(641-010) 경남 창원시 상남동 66번지		

## ■ 기술의 주요내용

### [기술의 개요]

최근 opto-electronics분야의 발전에 따라 광투명도와 전기 전도도가 큰 투명전극의 필요성이 높아지고 있다. Mochol과 Litteleton 등에 의해 SnO<sub>2</sub> 및 InO<sub>3</sub>의 투명전도성 박막이 개발된 이래 많은 연구자들에 의해 투명전극의 제법, 전기적 성질, 광학적 성질 및 구조 등의 물리적 성질에 관한 연구를 수행 중에 있으며, 특히 비저항이 낮고 투과율이 높으면서 물리적 및 화학적으로 안정된 박막을 개발하기 위해 집중적인 연구를 기울이고 있다.

한편 투명전극 재료는 PDP와 같은 평판형 표시소자 외에 전장 발광, 액정, 촬상소자 등 각종 광학장치에 이용되고 있으며 SnO<sub>2</sub>, In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 박막은 투명 전극으로서만이 아니라 창유리의 결로 방지용 발열막, 열선 반사막, 태양열 집열기의 선택투과막 및 태양전지 표면의 무반사막 등으로서도 폭넓은 응용이 기대되고 있다.

### <기술적 특징>

- (1) 투명 전도성 코팅 기술은 첨단 디스플레이 소자의 핵심 부품인 투명전극을 제조하는데 필수적으로 사용되는 요소기술임.
- (2) 투명 전도성 박막 제조기술은 차세대 디스플레이로 평가되는 EL 소자, 플라스틱 디스플레이 소자의 전극 제조에 활용될 것으로 예상되므로 지속적인 연구개발이 이루어 질 것으로 판단됨.
- (3) 대면적 투명 전도성 코팅 기술은 반도체, 광학, 항공 우주 분야에서도 널리 활용될 수 있는 기반 기술임.

### [용도 · 이용분야]

- (1) LCD, PDP 등 대면적 디스플레이의 투명 전극 제조
- (2) EL, 플라스틱 디스플레이 등 차세대 디스플레이의 투명 전극 제조
- (3) 터치 패널, PDA 등 전자 감응 인식 시스템의 전도체





■ 본 기술과 관련하여 추가로 확보되었거나 개발중인 기술

[ 기술개요 ]

기술명	EL용 투명 전도성 코팅층의 초미세 표면 조도 제어 기술
개발단계	<input type="checkbox"/> 연구개발 계획 <input checked="" type="checkbox"/> 연구개발 중 <input type="checkbox"/> 연구개발 완료
기술개요	EL용 투명 전극의 표면 조도는 10Å 이하로 조절되어야 하는 바 기존의 방법으로는 이루기 어려워 코팅 후 연마를 통해 표면조도를 조절하고 있음. 이를 극복하기 위한 코팅 공정 인자를 연구하고 10Å 이하의 표면 조도를 갖는 투명 전극 형성 기술을 개발할 예정임.

[ 기술을 도출한 과제현황 ]

과제관리번호				
과제명	EL용 ATCO 코팅 공정 기술 개발			
사업명	특정연구개발사업			
세부사업명	한독국제공동연구사업			
연구기관	한국기계연구원	기관유형	출연연구소	
참여기관(기업)	인포비온(주)			
총연구기간	2001. 7. 1 - 2004. 6. 30			
총연구비	합계 : ( 430 )백만원 - 정부 : ( 270 )백만원    민간 : ( 160 )백만원			
연구책임자	소속	한국기계연구원	성명	권 식 철
	전화번호	055-280-3551	E-mail	kwon@kmail.kimm.re.kr
연구개발 주요내용				
<p>본 연구에서 수행할 연구 내용은 크게 두가지로 요약될 수 있다. 첫째는 EL용 ITO 코팅 장치 설계 및 제작기술 개발로서 <math>10^{-7}</math> torr 이상의 진공도를 갖는 스퍼터링 챔버 설계 제작, 표면조도 제어용 초정밀 Cs 이온 발생 장치 설계 제작(5" 급), 600℃ 이상의 고온 가열용 Heating System 설계 제작, 그리고 시편 Carrier의 정밀 구동 기술 개발 등 주로 Hard-ware 구축이다. 아울러 이러한 장치를 이용하여 EL용 ITO 코팅 공정기술 개발을 위주로 Soft-ware 기술 개발이다. 코팅 공정에서 구현해야할 정량적인 연구 범위는 투과도 88 % 이상, 전기전도도 10Ω/□, 코팅두께 1500Å, 표면 Roughness 10Å의 특성을 갖는 투명 전도성 전극을 제조하는 것으로 요약될 수 있다.</p>				

## 제 출 문

과학기술부 장관 귀하

본 보고서를 “대면적 평판표시소자용 Glass 코팅 머신 개발에 관한 연구”과제  
(세부과제 “대면적 코팅 장치의 실용화 기술 개발”)의 보고서로 제출합니다.

2003. 10.

주관연구기관명 : 아이티엠(주)

주관연구책임자 : 서 용 운 (ITM)

연 구 원 : 정 희 섭 (ITM)

“ : 김 윤 택 (ITM)

“ : 조 상 무 (ITM)

“ : 한 희 민 (ITM)

“ : 최 시 영 (ITM)

위탁연구기관명 : SE플라즈마(주)

위탁연구책임자 : 이 상 로

## 보고서 초록

과제관리번호	M1-0140-03-002	해당단계 연구기간	2001.10.1 - 2003. 9.30	단계 구분	(해당단계)
연구사업명	중 사업명	중점국가연구개발사업			
	세부사업명	첨단 기계류 부품 기술 개발 사업			
연구과제명	중 과제명	대면적 평판 표시 소자용 Glass 코팅 머신 개발			
	세부(단위)과제명	대면적 코팅 장치의 실용화 기술 개발			
연구책임자	서 용 운	해당단계 참여연구원수	총 : 10 명 내부 : 6 명 외부 : 4 명	해당단계 연구비	정부: 692,000 천원 기업: 315,000 천원 계: 1,007,000 천원
연구기관명 및 소속부서명	아이티엠(주) 대표이사		참여기업명	아이티엠(주)	
국제공동연구	상대국명 :	상대국연구기관명 :			
위탁연구	연구기관명 :	연구책임자 :			
요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)				보고서 면수	121
<p>본 연구에서는 70"급 대면적 글라스코팅 양산기술 개발을 위해 1차년도에 상압플라즈마에 의한 유기물 세정을 위한 환경친화적 세정기술을 확립하였으며, 진공중 세정에 의한 박막 밀착력 향상시켰으며, 증착속도 ITO박막 기준 500Å/min 이상, 박막 막후 균일도 ±5% 이하의 특성을 갖는 고성능박막증착용 캐소드를 개발하였으며, 2단계 연구 수행 종료시점인 현재에는 인라인 공정에서의 각 단계별 전용 시스템 구축 및 공정 최적화하여, 각 박막별 최적공정조건 및 여타 공정변수에 따른 박막 성능에 대한 데이터 베이스를 구축하였고 이에 의해 단위공정 속도 1장/5분으로 양품을 95%이상, 가동율 90% 이상의 양산기술을 확립하였음. 70"급 대면적 글라스코팅 양산기술을 통해 PDP용 박막 제조 비용과 품질 향상을 이룰 수 있어서 국내 PDP 산업의 경쟁력 제고에 크게 기여할 수 있으며, 차세대 평판 디스플레이 산업의 핵심 장치·공정 기술의 독자 기술 확보로 선진국의 기술 예측 탈피와 무역 역조 개선에 기여할 수 있으며, 스퍼터링을 이용한 반도체 및 타 부품산업의 경쟁력 확보에 기여 가능할 것으로 판단 됨.</p>					
색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	투명전도성 박막, 스퍼터링, 이온빔 전처리, 대면적 코팅, 밀착력			
	영 어	Transparent conductive film, Sputtering, Ion-beam pre-treatment, Large area coating, Adhesion			

## 요 약 문

### I. 제 목

대면적 코팅 장치의 실용화 기술 개발

### II. 연구개발의 목적 및 필요성

PDP가 벽걸이 TV로서 자리를 잡아 가정에 보급하기 위해서는 현재의 제조 코스트를 상당한 수준으로 떨어뜨려야만 한다. 일본을 중심으로 한 PDP 제조 회사의 PDP가 최근 화질·성능 모두 상당한 진전을 보이고 있음에 따라 PDP 제조회사는 특히 저코스트화에 주목하고 있다. 70"급 대형 PDP의 박막 공정 코스트를 낮추는 것은 일본 등 기술선진국과의 PDP 시장경쟁력을 갖추는데 중요한 요소 중의 하나이다. 박막공정 코스트를 낮추기 위해서는 70"급 대형설비의 국산화 기술확보가 중요하며, 특히 박막질의 향상기술과 생산성, 생산수요 극대화기술의 확보가 필요하다. 이러한 기술은 Particle대책과 Maintain 용이성 등을 갖춘 대형 진공설비 기술과 박막질 향상, 높은 Throughput과 높은 Target Material의 사용률을 얻을 수 있는 Plasma Cathode 제조기술의 확보와 함께 코팅층의 막질을 향상 시킬 수 있는 전처리 등의 종합적인 연구가 중요한 관건이 된다.



### III. 연구개발의 내용 및 범위

연구 개발 목표	연구 개발 내용 및 범위
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 대면적 Glass 코팅 공정의 실용화</li> <li>○ 70"급 PDP소자용 Glass 코팅 장치 산업화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 대면적 코팅 시스템의 전처리 기술 확립               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 대면적 전처리용 이온건 설계 및 제작 (고유모델정립)</li> <li>- 이온건 전처리 공정 연구</li> <li>- 이온건용 고압 펄스전원 제조 기술 개발</li> <li>- 균일코팅용 대면적 Sputter Gun 설계 및 제작 완료</li> <li>- 상압 플라즈마를 이용한 유리 전처리 연구</li> </ul> </li> <li>○ 대형 수직형 Sputter Chamber 보완 및 생산성 제고기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시스템 자동화 기술 개발</li> <li>- 코팅 수율 극대화 연구 : 95% 이상</li> </ul> </li> <li>○ 70"급 대면적 무결점 코팅공정 기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- PDP용 ITO 박막 제조기술 연구                   <ul style="list-style-type: none"> <li>· 증착속도 : 500 Å/min</li> <li>· 전기전도도 : 10Ω/□</li> <li>· 가시광선 투과도 : 88% 이상</li> <li>· 코팅 균일도 : ± 6%</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>

### IV. 연구개발결과

70인치급 Glass 코팅용 진공 시스템의 최적의 장치를 설계제작하였다고 판단되며 본 장치에서 코팅된 박막층의 물성이 선진국 제품과 동일한 특성을 나타냄으로서 국내 PDP 산업에 소요되는 코팅 Glass의 국산화 방안을 마련하였으며 아울러 LCD, 유기 EL, FED 등 다른 종류의 평판 디스플레이에 활용될 수 있는 코팅 Glass 생산 기반을 확립하였음.

### V. 연구개발결과의 활용계획

- 1단계 연구과제 완료 후 기업체 기술이전을 통한 사업화 추진
- 지속적인 기술개발을 통한 세계 최정상 수준의 평판표시소자 코팅 장치 국산화
- 기업체 주관하에 기술이전을 실시하며 전문연구기관과의 지속적인 협력 체제 구축

## S U M M A R Y

### 1. Title :

Development of industrial application processes for a large area coating system

### 2. Object

PDP Makers are racing to make additional progress in excellent-efficiency display panels, reduced power consumption, cost reductions in process and equipment, and yield. It is quite difficult for PDPs to make progress in the home use market at their present high price structure. Analysts estimate that demand will have to increase rapidly before units reach the price range of at least US\$3,500 to US\$4,000 per set. Nowadays, Japanese suppliers produce most of the materials for manufacturing PDPs. To increase the scale of the PDP market, it is necessary for parts and material makers to develop low-cost products. And every PDP manufacturers requires the development of PDP manufacturing equipment that will guarantee cost competitiveness. For instance, the development of a large area coating equipment can be contributed to reduce the cost and increase the quality of PDPs.

Therefore in this study, we were focusing to develop a high efficient coating equipment for 70" PDPs and to obtain the optimized coating processes such as the control of particle contaminations, the improvements of conductivity, and transparency of coating layers,

### 3. Research Contents and Goals

Goals	Contents
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Industrialization of the glass coating equipment for producing 70" PDP</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Development of a coating equipment for producing a large area coated glass               <ul style="list-style-type: none"> <li>· Development of a pre-treatment by using ion beam gun and atmospheric pressure plasma</li> <li>· Development of a plasma source for the high rate deposition</li> </ul> </li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Industrialization of the coating process for obtaining the high quality transparent conductive oxide films</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Development of a coating process               <ul style="list-style-type: none"> <li>· Study on optimizing the coating processes for 70" glass</li> <li>· Establishment of the process control factors for ITO coatings on 70" glass</li> </ul> </li> </ul>

### 4. Results and application

- Development of a large area sputter coating system for 70" PDP devices
- Establishment of the industrialization of a manufacturing equipment for coating systems
- Establishment of producing capacities of a coating glass for display devices

# C O N T E N T S

## Chapter 1 Introduction

## Chapter 2 Status of the Art for Development of PDP Production Equipment

- 2-1. Status of the Art for Development of the domestic PDP production Equipment
- 2-2. Status of the Art for Development of the Foreign PDP production Equipment
- 2-3. Strategy of the Development of PDP Production Equipment

## Chapter 3 Development Contents and Results

- 3-1. Transparent Conductive Coating Technologies
- 3-2. Sputtering System for a Large Area Coating
  - 3-2-1. Introduction
  - 3-2-2. Design and Fabrication of a Vacuum System
    - a. Vacuum Chamber
    - b. Vacuum Pumping System
    - c. Mass Flow Control System
    - d. Heating Unit
    - e. Carrier Unit
    - f. Gate Valve
    - g. Throttle Valve
    - h. Glass Jig and Auto Venting Valve
    - I. System Controller
    - j. In-line Sputtering System
- 3-3. Development of a Plasma Source for a Large Area Coating and High Deposition Rate
  - 3-3-1. Introduction

- 3-3-2. Development of a High Potential Pulsed Power Supply
- 3-3-3. Development of a Sputter Cathode for Large Area Coatings
- 3-3-4. Results of the Development of Plasma Source
- 3-4. Experimental Results
  - 3-4-1. Plasma Cleaning Processes
  - 3-4-2. Difficulties of Coating a High Quality TCO Film
  - 3-4-3. Establishment of Advanced In-line Sputtering System
- 3-5. Experimental Results for Sputter Coatings
  - 3-5-1. Introduction
  - 3-5-2. Study on a High Quality TCO

## Chapter 4 Goal of R&D

- 4-1. Goal of R&D
- 4-2. Contribution to the Other Technologies
  - 4-2-1. Technical Contribution
  - 4-2-2. Economical Contribution
  - 4-2-3. Cultural Contribution
  - 4-2-4. Influence on the Other Technologies

## Chapter 5 Application of the Results

- 5-1. Application Plan
- 5-2. Trend of a Industrialization
  - 5-2-1. Analyses of Development Trends of a Large Area Coating

## Chapter 6 Information of Foreign Technologies

- 6-1. Trends of the World Market for PDP

## Chapter 7 References

## Appendix

## 목 차

### 제1장 서론

### 제2장 국내외 기술 개발 현황

#### 제1절 국내외 PDP 생산장비 개발 현황

1. 개요
2. 대면적 코팅 장치 개발 현황

#### 제2절 국외의 PDP 생산 장비 개발 현황

1. 일본의 PDP 공정 기술 개발 및 생산 장비 개발 현황
2. 미국의 개발 현황
3. 유럽 및 대만의 개발 현황

#### 제3절 PDP용 코팅 기술 개발 전략

### 제3장 연구개발수행 내용 및 결과

#### 제1절 대면적 투명 전도성 코팅 기술

1. 전극 형성 코팅 기술
2. 보호막 코팅 기술

#### 제2절 대면적 코팅용 스퍼터링 시스템

1. 개요
2. 시스템 설계 제작
  - 가. 진공 Chamber
  - 나. 진공 배기 시스템
  - 다. 가스 유입 장치
  - 라. Chamber Heating 장치
  - 마. Carrier 설계 제작
  - 바. Gate Valve 설계 제작
  - 사. Throttle Valve 설계 제작
  - 아. Glass Jig 및 Auto Venting 부품 설계 및 제작
  - 자. 시스템 콘트롤 장치
  - 차. 인라인 스퍼터링 시스템

#### 제3절 대면적 고속 증착용 플라즈마 증착원 기술 개발

1. 서론
2. 고전압 펄스 전원 개발
  - 가. 아크 제어 기술
  - 나. 펄스 제어
3. 대면적 스퍼터 캐소드 개발
4. 증착원 개발 결과

#### 제4절 대면적 투명 전도성 코팅 연구 결과

1. 플라즈마 세정

2. 고품위 투명 전도성 코팅 기술의 문제점
3. 인라인 스퍼터링 장치의 개조
4. 대전류 저전압 이온빔 소스의 방전 특성

#### 제5절 스퍼터 코팅 실험 결과

1. 서론
2. 고품위 투명 전도성 코팅 연구

### 제4장 연구개발 목표 달성도 및 대외 기여도

#### 제1절 연구목표 및 달성도

#### 제2절 대외 기여도

1. 기술적 기여도
2. 경제적 기여도
3. 사회·문화적 기여도
4. 타 기술에 미치는 영향

### 제5장 연구개발 결과의 활용계획

#### 제1절 활용계획

#### 제2절 기업화 추진 방향

1. 대면적 코팅 장치 개발 동향 분석

### 제6장 연구개발 과정에서 수집한 해외 과학 기술 정보

#### 제1절 대면적 코팅 장치의 세계시장동향 및 기술 Trend

1. 세계시장 동향
2. 세계 선도 기업
3. 기술 개발 Trend
4. 국내외 기술 수준
5. 경쟁력 확보 대책

### 제7장 참고문헌

### Appendix

## 제1장 서론

평판디스플레이는 CRT보다 표시 성능 및 가격에서 열세이나, 박형/경량, 저소비전력 등의 장점이 있으며, TFT(Thin Film Transistor)-LCD는 고도 정보 표시가 가능하고 성능면에서도 CRT와 거의 동등한 수준을 실현하고 있으며, 대면적 표시소자로는 PDP가 고화질 TV로 활용될 수 있을 것으로 예상된다. CRT는 성능과 가격에서 우위에 있지만, 부피, 중량, 소비전력 등에서 FPD에 비하여 단점이 많은 반면, FPD는 박형, 경량, 저소비전력 등의 특징을 갖고 휴대형 기기의 정보 디스플레이와 고화질 벽걸이 TV로 적합하기 때문에 향후 2000년대의 디스플레이 분야를 주도할 것으로 예측되고 있다. 세계 디스플레이 산업의 발전 속도는 CRT의 경우 2000년까지 연평균 4.9%의 성장률을 보이며 2006년에 약 400억불의 시장이 형성될 것으로 예상된다. 반면 차세대 평판 디스플레이의 경우 LCD가 연평균 12.7% 성장률에 2006년 400억불의 시장 규모를 보일 것으로 예측되며, PDP는 연평균 성장률 26.8%, 2006년 시장규모 180억불이 예상되고 있어 현재에는 LCD에 비해서는 매우 작은 규모의 산업규모이나 성장속도로 보아 2010년 경에는 유사한 산업규모를 보일 것으로 판단되어 지고 있다.

PDP는 상하 유리기관을 금속막으로 형성된 전극이 격벽으로 차단된 공간에서 외부의 구동회로에 의해 방전을 형성하는 구조로 이루어져있다. 칼라 패널의 경우에는 제논 가스방전에서 발생하는 자외선이 형광막을 여기하여 가시광선을 배출하는 Photoluminescence 메카니즘을 채용하고 있다. PDP는 짧은 가스방전 형성시간과 강한 비선형 특성 및 메모리 특성을 갖고있기 때문에 대형표시기의 구동에 필수적인 매트릭스 구동방식을 이용할 수 있으므로 40인치 이상의 대화면 표시기에 가장 적합한 표시소자로 인식되고 있다.

현재 PDP의 기술개발은 기초방전 물성의 이해를 통한 저전압 및 고휘도 Photoluminescence 특성 증대, 안정적이고 효율적인 구동방식을 통한 저 소비전력의 달성과 대형화 및 생산단가 절감을 위한 공정장비 개발에 이르기까지 다양한 분야에서 PDP 상품화를 위한 연구가 진행되고 있다.

그러나 PDP가 벽걸이 TV로서 자리를 잡아 가정에 보급하기 위해서는 현재의 생산단가를 상당한 수준으로 떨어뜨려야만 한다. 우리 나라와 일본을 중심으로 한 PDP 제조회사 들이 최근에 PDP의 화질·성능 모두 상품화 완료 단계에 도달됨에 따라 특히 제품 가격경쟁에 주목하고 있다.

국내의 경우 삼성SDI, LG전자, 오리온 등 3대기업 모두 PDP 사업에 경쟁적



으로 참여하고 있으며 최근 70인치급 PDP 모니터를 시제품화 하는 등 활발한 연구개발을 하고 있으며 생산 시스템을 확보한 상태이다. PDP 제조용 생산 장비의 개발은 박막 제어기술, 진공기술, 정밀위치제어기술, 정밀가공기술, 초정밀 조립기술, 표면처리기술, Sealing기술 등이 복합적으로 발전되어야 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 본 연구개발에서는 PDP용 생산 장비 중 패널 제조 공정에 큰 영향을 미치고 있는 대면적 Glass 코팅 장비를 개발함으로써 향후 우리 나라의 생산 장비 개발의 모델을 제시하여 PDP산업의 기반 기술 확보에 기여하고자 한다.

## 제 2 장 국내외 기술 개발 현황

### 제1절 국내의 PDP 생산 장비 개발 현황

#### 1. 개요

국내 디스플레이산업은 세계적 수준의 반도체 양산 기술을 보유한 4개의 대기업이 주도하고 있으며, 주변 산업인 장비, 재료·부품이 매우 취약한 상태이다. 본격적인 양산이 시작될 2002년 이후부터 국내업체는 양산기술이 성숙된 일본업체의 가격인하 경쟁, 산업재산권 분쟁, 핵심부품/재료의 구독난, 국내부품/재료업체의 경쟁력 약화 등의 위협에 직면할 것으로 예상되며 LCD 산업의 경우 일본뿐만 아니라 대만과도 극심한 가격 경쟁을 하고 있는 실정이다.

현재 디스플레이 산업은 LCD와 PDP로 나눌 수 있다. 국내 LCD산업은 TFT LCD의 개발 성과가 가시화 되고 양산투자가 본격화되고 있는 초기단계에 진입한 상태이다. LCD의 경우 40인치 정도의 크기까지 제조기술을 개발할 수 있으리라 기대되나, 수동 발광형 표시소자로서 시야각 특성이 다른 소자에 비하여 떨어지며, 제조 원가가 매우 높아지는 단점이 있다. 반면 대형화에 용이한 Screen Printing과 같은 후막 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 40~70"급의 대형 표시 장치를 대표할 수 있으리라 기대되어 이의 연구 개발이 급속히 이루어지고 상품화에까지 이르고 있으며, 최근 들어서 100인치까지 개발의 필요성을 일본 전파 신문에서 부각시키고 있는 상황에서 적어도 70인치 크기의 PDP를 제조할 수 있는 기술의 개발 및 장비의 확보가 매우 절실하다. 국내의 PDP 개발 수준은 '98년도 가전 3사에서 40인치급 PDP시제품을 일제히 선보임으로서 치열한 경쟁 체제에 돌입하였으며 2000년대 대형 벽걸이 TV의 상용화를 목표로 매진하고 있으나 기초기반기술의 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.

국내의 평판 디스플레이 사업에 대한 기술 개발은 1995년부터 시작되었다. 물론 일반 기업에서는 부품도입, 기술합작 등과 같은 방법을 동원하여 LCD, PDP 시제품을 선보이기도 하였지만 이는 진정한 의미의 국산화라 볼 수 없다. 우리 나라의 디스플레이 기술은 단시간 내에 선진기술을 극복하기 위하여 자체개발보다는 이미 확립된 기술을 모방하거나 도입하는 방법을 주로 채택하고 있다. 즉, 국내에서 개발된 기초기반기술을 응용시키기보다는 이미 검증된 선진기술을 도입하여 왔기 때문에 허부구조가 취약한 구조적인 결함을 갖고 있다고 볼 수 있다.

일본의 디스플레이 산업 구조와 국내의 산업구조를 비교하여 보면, 일본의 경우 장치·재료를 기반으로 하는 기초기술, 공정기술, 응용기술이 균형 있게 발달되어 있으나 우리 나라의 경우 지나치게 공정기술 위주의 산업구조를 보임으로서 항상 불안할 수밖에 없으며 결국 극심한 경쟁이 예상되는 2000년도 중반에는 많은 어려움이 예상된다.

이러한 현상은 장치분야에서 특히 두드러지게 나타나고 있는데 반도체산업의 장비 국산화율이 수십퍼센트이고 재료분야의 국산화율이 50%정도인 것을 감안하면 디스플레이 산업에서 코팅 시스템, 식각장치 등 핵심 공정 장치의 국산화율은 매우 미비하다. 그러나 우리 나라가 디스플레이 산업에서 차지하고자 하는 점유율은 2005년 기준으로 일본에 이어 30%로 세계2위를 목표로 하고 있다. 디스플레이 산업은 반도체 산업이과 마찬가지로 공정기술도 중요하지만 경쟁우위를 좌우하는 것은 부품/재료기술, 제조장치기술 등 주변기술의 확보정도, 주변산업의 성숙도, 양산 특허 획득 등이므로 이에 대한 철저한 대비가 있어야 할 것으로 판단된다. 현재 국내의 PDP기술은 40~60"급 벽걸이 TV를 상품화하여 발표하고 있는 수준이며 제조업체별로 PDP가 벽걸이 TV로 상용화되기 시작하여 가정에 보급될 것으로 예상되는 2005년부터는 월 30만 대 규모의 생산라인 구축을 목표로 하고 있다. 국내의 PDP제조기술은 일본과 동등한 수준이나 그 기반 구조는 매우 취약한 상태로서 향후 치열한 경쟁에 대비하여 기본 기술을 확보하여야 한다. 궁극적인 목표인 60인치급 대형 HDTV의 상품화에는 향후 1~2년의 개발기간이 필요할 것으로 예상된다. 따라서 현재의 국내기술을 바탕으로 기초기반기술개발에 박차를 가하는 경우 선진국과의 기술경쟁에서 대등한 기술력을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

## 2.대면적 코팅 장치 개발 현황

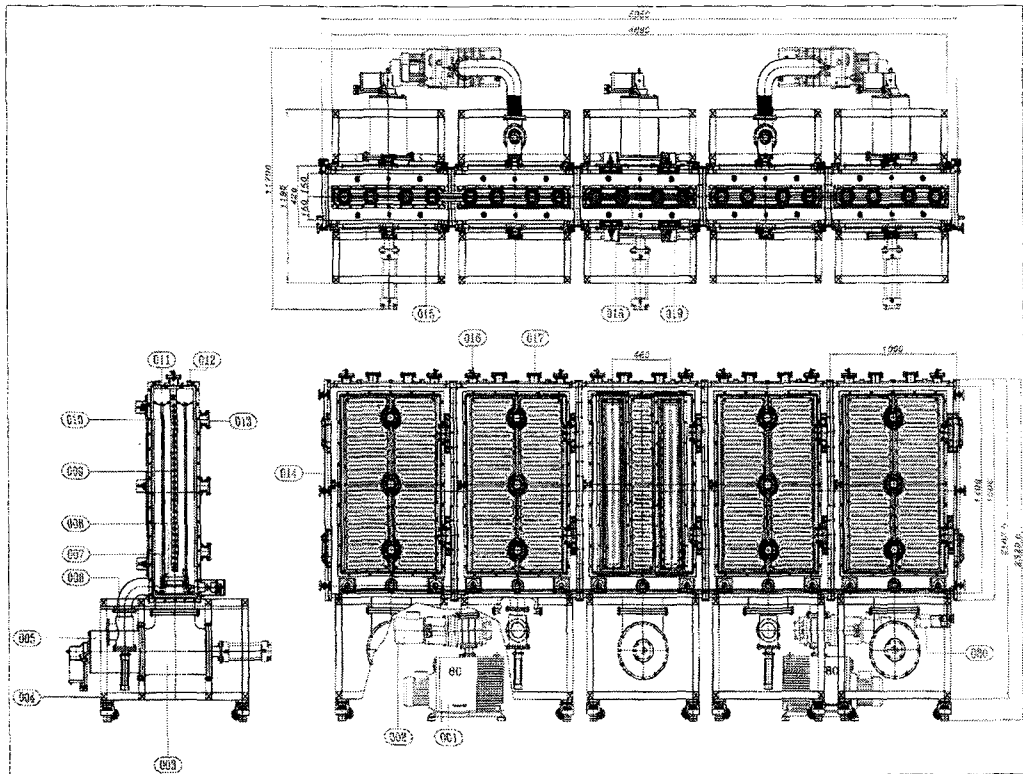
PDP는 상하 유리기판을 금속막으로 형성된 전극이 격벽으로 차단된 공간에서 외부의 구동회로에 의해 방전을 형성하는 구조로 이루어져있다. 따라서 PDP 개발에 중요한 요소 중의 하나는 대면적 유리기판에 전극 및 보호막을 형성시킬 수 있는 공정과 장치의 개발이다. PDP의 전극은 후막인쇄법이나 진공증착법에 의해 제조되는 전극과 이 전극을 플라즈마 방전으로부터 보호하는 박막층으로 구성되어 있으며 이는 PDP의 수명에 직접적인 영향을 미치므로 상품화의 중요기술로 인식되고 있다. 현재 한국기계연구원을 중심으로 개발하고자 하는 대면적 평판 표시소자용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

기존의 전극제조 및 보호막(MgO박막) 제조기술은 주로 진공증착법에 의해 진행되어 왔으나 이 방법은 특성상 유리기판을 수평으로 처리하여야 하는 단점이 노출되었다. 유리기판을 수평으로 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 수평으로 놓았을 경우 자체 무게에 의해 휘는 양은  $W = L^4 g \rho (1 - \sigma) / 6.4 E t^2$ 로 나타내어진다.

여기서 L은 유리기판의 Span길이, g는 중력 가속도,  $\sigma$ 는 Poisson 비,  $\rho$ 는 유리밀도, E는 Young율, t는 유리기판 두께를 나타낸다. 이식에 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 650mm<sup>2</sup>, 유리두께 0.7mm의 경우 550mm변 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 약간

의 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 Span길이 가 거의 Zero에 접근하며 두께가 수백배로 증가하므로 휨 현상은 없다고 볼 수 있다. 따라서 대면적 유리기판의 원활한 작업공정을 위해서는 수직으로 세워서 코팅할 수 있는 방법이 필요하며 스퍼터링법은 이를 만족시킬 수 있는 가장 타당한 방법이다. 스퍼터링법은 유리 기판을 수직 상태에서 처리할 수 있으며 진공증착법에 비해 박막의 밀착력을 증가시킬 수 있음은 물론 대면적 균일 코팅의 In-line화가 용이하여 PDP코팅 공정의 자동화에 쉽게 접근할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 반면 장치 제조 비용이 진공증착법에 비해 2배이상 소요될 것으로 판단되며, 특히 이러한 장치를 외국에서 도입할 경우 그 비용은 국산제품의 5배 이상이 될 것으로 예상되므로 반드시 신뢰성있는 장치의 국산화가 필요한 실정이다. [Fig.1]은 2001년부터 한국기계연구원에서 본 연구사업으로 진행하였던 70인치급 PDP용 Glass 코팅 장치의 개략도 이다. 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 기대하고 있다.



[Fig.1] 대면적 Glass 코팅용 스퍼터링 장치

## 제2절 국외의 PDP 생산 장비 개발 현황

### 1. 일본의 PDP 공정 기술개발 및 생산장비 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 후기에서 이에 대한 개략적인 비교를 통해 우리나라의 PDP 산업에 대한 방향을 제시하고자 한다.

현재 칼라 PDP의 개발상황은 40"급의 실용화를 중심으로 이루어지고 있으며 박형·경량이라는 특징으로 CRT에서는 곤란한 대형 벽걸이 TV의 꿈을 실현

하는데 그 초점이 맞추어져 있다. 그러나, 가정용 멀티미디어 단말로서 일반 가정에 보급하기 위해서는 CRT에 지지 않는 화질 추구하고 1"당 1만엔 수준으로 TV수상기 생산단가를 낮추어야 한다. 따라서 일본 및 외국의 PDP 생산업체에서는 제조단가 저감기술과 고화질의 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 장치를 개발할 만한 시간과 연구 자금 지원 부족으로 이어져 아직까지 일본에 비해 기반 기술이 부족한 실정이다. 일본의 경우 70"급의 생산기술을 확보하고 있으나 제품가격의 저하를 위한 연구를 지속적으로 수행하여야 할 것으로 판단된다. 예를 들어 40"급 PDP를 제조하는데 인치당 1999년에는 약 200달러에 이르고 있었으나 2003년에는 100달러까지 접근하였으며 향후 이를 획기적으로 낮출 수 있는 생산기술 및 장비제조기술이 확보되어 2005년에는 인치당 50달러에 이를 수 있을 것으로 예상된다. 아래의 [Table.1]은 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 50% 정도의 기술력 밖에 보유하지 못하고 있는 실정이다. 이것은 현재 일본과 대등한 경쟁을 목표로 하는 우리나라의 PDP 생산 전략에 막대한 지장을 초래할 수 있음은 물론 후발주자인 대만과 중국에 추격을 허용할 수 있다는 가능성을 보여주고 있다고 판단되므로 이에 대한 대책 수립이 절실히 요구된다.

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 개발 완료하였다. 21"의 경우 640x480의 VGA 해상도와 180cd/m<sup>2</sup>의 휘도특성을 보이고 있으며, 42"의 경우 HDTV급 해상도와 500cd/m<sup>2</sup>의 휘도특성을 나타내고 있다. 후지쓰가 상계제품에서 채택하고 있는 패널 구조는 3전극을 갖는 표면 방전을 이용한 구조이다. 전극구조는 투명한 두 개의 디스플레이 전극을 전면기판에 스크린 프린트법으로 인쇄하고 배면기판과 격벽에 형광체를 도포한 Reflection Type을

취하였다. 이 구조는 이온 충격으로 인한 형광막의 손상을 줄이고 형광막의 영역을 넓힘으로서 휘도의 향상을 기한 것이 특징이다. Sustain 전극의 도전성은 ITO에 Cr-Cu-Cr을 피복시킴으로서 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 주기 위해 Planar Pulse Memory방식의 구동방법을 개발하였다. 형광체를 제외한 모든 요소들은 후막인쇄로 형성되었으며 콘트라스트를 높이기 위해 칼라 필터를 사용하였다.

[Table.1] PDP 실용화에 필요한 기술극복 과제 및 PDP 생산국별 기술수준 비교

분야	연구대상	연구개발 내용	일본	미국	한국
재료	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	95
	격벽	- 높은 Resolution 제조기술 - 높은 Aspect Ratio 제조 공정 개발	100	90	100
	보호막	- 이차전자방출 증대물질 피복기술 - 내플라즈마 저항특성 향상기술 개발 - 대면적 균일 코팅 기술 개발(MgO)	100	90	95
	형광막	- Quantum Efficiency 증대기술 개발	100	80	90
대면적패널	제조공정	- 격벽 형성공정 개발 - 박막 형성 공정 개발	100	95	95
	장비개발	- 대면적 균일 코팅 장치 개발 - 고속 증착 장치 개발	100	50	50
기초연구	고휘도	- 미소체적방전 플라즈마의 물성연구 - 혼합가스의 방전물성연구 - 새로운 셀구조 연구	100	90	90
	장수명	- 보호피막 증착기술 개발	100	100	100
	저전력	- 새로운 구동방식 개발 - 고효율 보호막 제조기술 개발	100	90	90

휘도특성은 90cd/m<sup>2</sup>를 달성하였으며 200lx의 자연광하에서 50:1의 콘트라스트를 얻었다. 1994년에는 전력소비를 기존에 비해 1/4로 줄일 수 있는 새로운 구동방법을 개발하여 40"급 DC PDP를 실현하였으며 1996년에는 마쓰시다와



합작으로 HDTV급 해상도에 달하는 200만개의 픽셀을 가진 PDP를 개발하였다. NHK의 공정 특성은 실크 스크린 인쇄법 대신 포토리소그래피법을 사용한다는 것으로 독특한 기술적 진보가 기대되고있다.

NEC사의 경우 자체적인 구동기술과 구동 IC제작기술을 보유하고 있으며 이 기술을 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. 아울러 일본의 업체들은 파이오니아, 마쓰시다, 히다치, NEC, 소니등에서 치열한 경쟁과 협조를 통해 세계 PDP산업을 주도하고 있는 실정이다. 일본은 통산성 산하 기반 기술연구 추진 센터를 중심으로 LCD기술 및 기타 Display기술의 선두고수를 위해 생산업체 간의 협력과 경쟁을 통해 그 기반을 공고히 하고 있다. 특히 디스플레이의 기초기반, 장치, 공정, 응용분야 등 모든 분야에서 월등한 기술력을 바탕으로 현재 세계시장의 60% 이상을 점유하고 있으며 이러한 추세는 2000년대 중반까지 이어질 것으로 예상된다.

일본의 반도체용 코팅장치를 제조하였던 회사들은 대면적 평판 디스플레이용 유리 코팅 장비 개발에 큰 어려움 없이 임하고 있다. 이들이 채택하고 있는 시스템은 [Fig.2]~[Fig.5]에서 보여주고 있는 바와 같이 In-line 스퍼터링 장비이며, 최근들어서는 클러스터개념의 스퍼터링 장비를 활용하여 생산성을 극대화하는 방안도 적극 검토하고 있다. 클러스터 개념의 장치는 In-line형 보다 효율적으로 공간을 활용할 수 있으며 고속생산을 실현할 수 있을 것으로 기대되나 유리 기판의 대형화, 박형화에 따라 모재의 변형, 관성을 고려한 설계가 요구되어 진다. 변형에 대해서는 기판의 지지점을 적절하게 배치하고 있으며, 관성에 의한 기판의 위치 어긋남은 기판의 지지점수, 지지재료의 선정, 가압속도의 가속도를 적절히 제어하여 신뢰성 있는 장치를 개발하고 있다.

대면적 유리기판의 승온 과정은 생산속도를 저해하는 요소 중의 하나이다. 현재까지 박막 형성온도는 약300℃에서 이루어지고 있으므로 이 온도까지 유리 기판에 열충격 없이 최단시간에 가열하는 것이 중요하다. 유리기판은 복사흡수가 양호하므로 복사계수가 높은 세라믹 히타를 사용하는 것이 효율적이며 승온속도에 맞추어 다단의 가열 장치를 활용하여 고속 생산설비를 개발하고

있다.

스퍼터링법에서 불량률의 가장 큰 요인은 이상 아크방전에 의한 불균일한 피막 형성이다. 스퍼터링 타겟에서 고전압 전원 장치에 의해 발생하는 방전 현상은 타겟 상의 이 물질 부착, 산화현상 등에 의해 Glow방전에서 Arc 방전으로 변환된다. Arc 방전은 타겟 상에 국부적인 전류집중 현상이 발생하는 것을 말하며, 이로 인해 타겟 재료의 일부가 녹아서 기판에 부착되는 등 제품의 수율에 결정적인 악영향을 미친다. 이것을 방지하기 위해서 전원의 개발이 이루어지고 있으며 최근에는 펄스형 전력을 공급하여 절연물에서의 Charging 현상을 짧은 주기에 중화시키는 방법을 채택하여 효과를 거두고 있다.

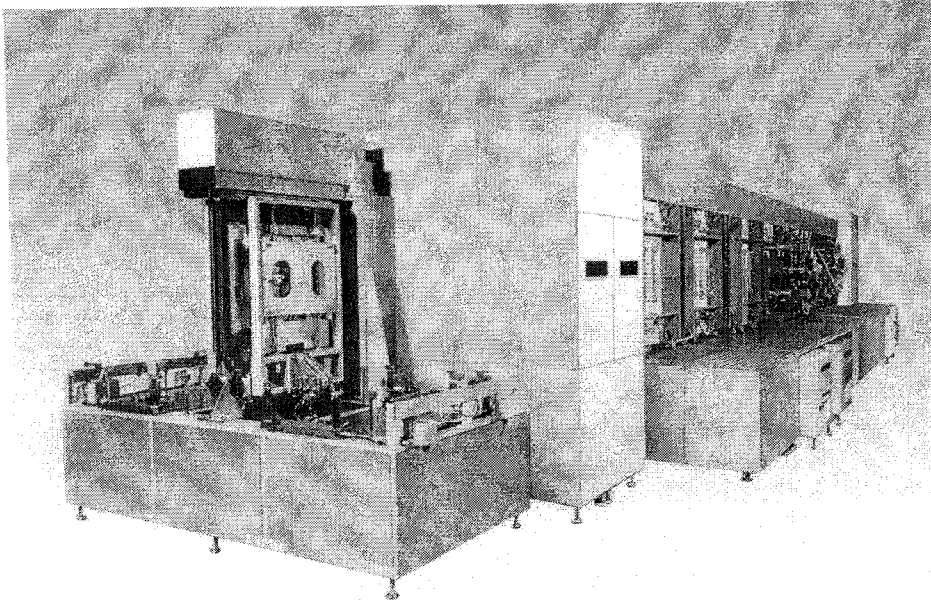
피막 형성 시 유입되는 Particle은 불량률의 또 다른 문제점이다. 특히 스퍼터 챔버 내에서 수십 번의 증착으로 인해 내벽이나 쉴드에서 발생하는 Particle들은 생산속도 증대에 막대한 영향을 미칠 수 있다. 이러한 Particle들의 제어는 주기적인 쉴드 교체와 쉴드재의 Al, Cu 용사 표면처리 등으로 해결하고 있다.

이와 같은 장비에서 코팅된 박막의 특성은 막두께 분포  $\pm 5\%$ , 면저항분포, 비저항 분포도  $\pm 5\%$ 이내에서 얻어지고 있다. 또한 In-line 시스템에서 생산속도를 증대시킬 수 있는 방안과 생산 수율을 증대시킬 수 있는 방안에 대해 철저히 세심한 준비를 하고 있는 실정이다.

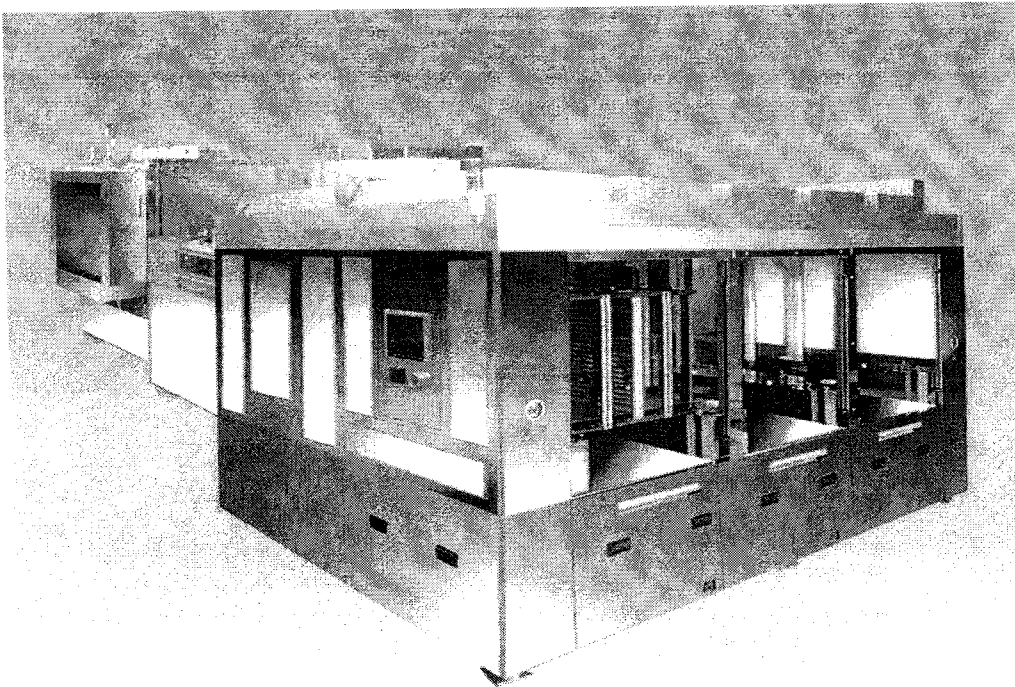
PDP에서 보호막으로 피복되고 있는 MgO를 형성시키는 방법은 몇 가지가 있으나 양산 및 시험 라인에서 사용되고 있는 것은 전자빔 증착법이다. 이 방법의 특징은 MgO를 고속으로 증착시킬 수 있다는 것이다. 그러나 앞에서 언급한 바와 같이 코팅 공정에서 기판을 수평으로 유지시켜야 하므로 60인치 이상의 대형 Glass 기판에 코팅층을 형성시키기가 어렵다는 것이 실용화에 가장 큰 장애요인이다. 이를 대체할 수 있는 다른 방법으로 이온 플레이팅법과 스퍼터링법이 개발되고 있다. 이온 플레이팅법은 피막 재료를 이온화시키기 때문에 막으로서는 치밀한 막이 얻어질 수 있으나 불균일 아크에 의해 조대한 입자가 증착되므로서 코팅층의 불균일 현상이 발생되고 있다. 한편, 스퍼터링법은 본래 스퍼터 되기 힘든 막으로서 선택된 재료를 스퍼터 하기 때문에, 스퍼터율이 증착법에 비해 낮으므로 생산 수준까지 이르지 못하고 있으나 고속 스퍼터링 기술이 개발되므로서 점차적으로 활용빈도가 높아 가고 있으며

Mg 타겟을 이용해서 산소 분위기에서 반응시켜 MgO를 피복시키는 방법도 시험되고 있다.

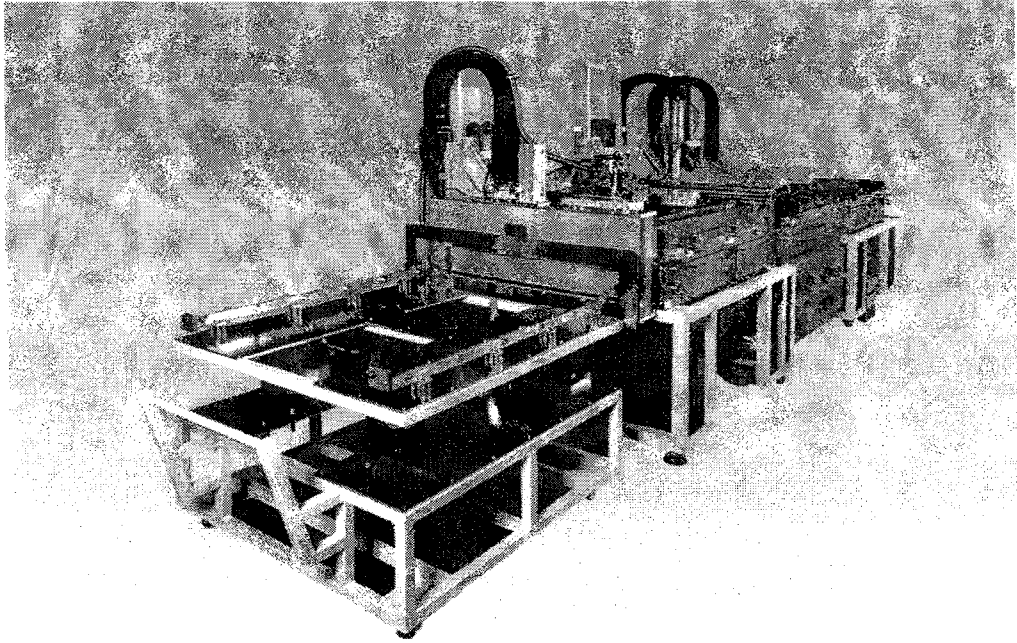
국내외에서 생산 현장에 적용되고 있는 MgO 코팅 장치는 In-line형 전자빔 코팅 장치와 스퍼터링 장치이다. 그러나 두 장치 모두 단점을 가지고 있는 상태에서 제한적인 제품생산에 적용되고 있으므로 이에 대한 시급한 개발이 요구되고 있다.



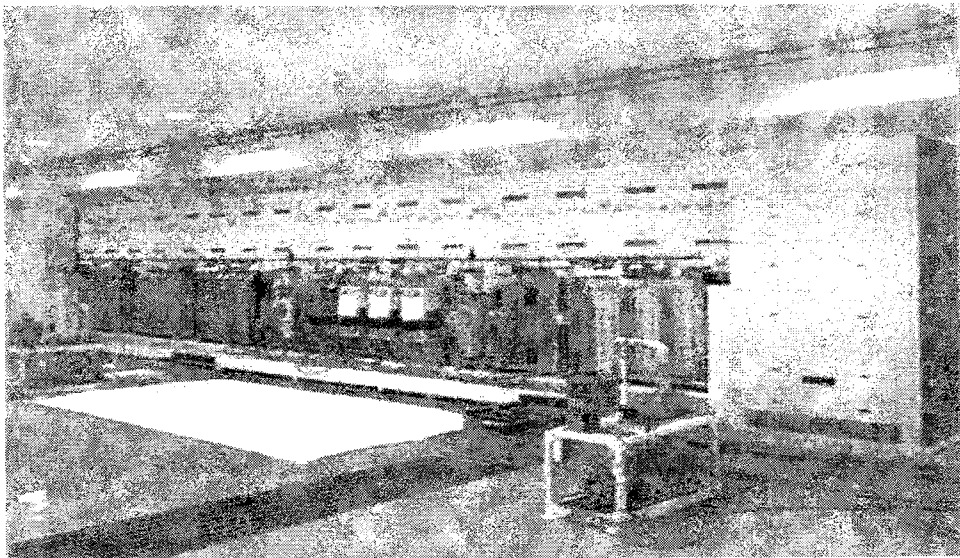
[Fig.2] In-line 스퍼터링 시스템



[Fig.3] 디스플레이용 Cluster형 스퍼터링 시스템(일본, Anelva사 제품)



[Fig.4] PDP용 MgO Film 코팅 장치 (65"급)(Anelva사 제품)



[Fig.5] 디스플레이용 ITO 코팅 In-line 스퍼터링 시스템  
(일본, ULVAC사 제품)

## 2. 미국의 개발 현황

미국은 LCD기술의 중요성이 부각되면서 일본이 기술과 시장을 지배하는데 우려하고 있으며, 그것은 일본업체의 LCD덤핑판정으로 표면화되었다. 6개의 미국 디스플레이업체가 제소한 LCD덤핑제소에 ITC가 호시텐의 TFT LCD에 62.67%란 고율 판정이 있는 후 미·일 갈등이 표면화되었고, 미국은 ADMA (Advanced Display Manufacturers of America) 보호 및 일본기업 생산거점의 미국진출(기술이전)을 유도하고 있다.

미국정부는 산·관협력 등 기술경쟁력 강화정책을 실행하고 있으나, 업계 일각에서 경쟁우위 확보에 도움이 되지 않는다는 회의적인 시각도 만만치 않다. 미국이 LCD를 지원하는 대표적인 project는 미공군의 Title III program과 ARPA(Advanced Research Projects Agency)를 통한 기술개발이다. 컨소시엄 형태로는 USDC, ADMP(Advanced Display Manufacturing)등이 있으며 조인트 벤처는 DTI와 Motiff, 표준화는 USDC, SEMI ALC가 추진하고 있다.

미국은 50년대 FED 관련 기초 이론을 마련한데 이어 '68년 현 FED의 모태로 볼 수 있는 스피트 전극을 개발, FED의 가능성을 제시했다. 이에 걸맞게 미국은 반도체, 디스플레이 생산업체를 비롯해 산학계 20여개의 단체 및 업체들이 FED 상품화에 나서고 있다. 이 가운데 대표적인 업체는 마이크론 디스플레이 테크놀러지사와 컬러레이/스크립텔사, 대형 전자 업체인 마이크론사는 최근 VR (가상현실)분야에 7인치 FED를 본격 적용한다고 발표, 관심을 모으고 있다. 컬러레이/스크립텔사는 1995년에 10인치대 컬러 제품을 가장 먼저 선보였으며 최근 세계 처음으로 FED 양산 공장 설립 계획을 확정, 세계 디스플레이 업계의 이목을 집중시킨 바 있다. 이 두회사외에 미국의 경우 TI, 레이온사, FED사, 모토롤러, SI다이아몬드, 실리콘비디오, 리튼, 베리안, MCC, 휴즈, 아모코등 10여개 업체들이 참여하고 있다. 이어 MIT, 칼럼비아, 펜실베니아주립, 버클리, 코넬대 및 SRIMCNC, NRL과 같은 연구소 등 10여개 단체가 FED 연구에 집중하고 있다. EL의 경우 1993년 5월 시애틀사에서 개최된 국제회의에서 Planar System사에서 치오갈레트 형광체(예를 들면  $\text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{Ce}$ ,  $\text{BaGa}_4\text{S}_4:\text{C}$ ,  $\text{SrGa}_2\text{S}_4:\text{Ce}$  등)가 기존에 시험되어 온  $\text{SrSe}:\text{Ce}$ 와 비교하여 비약적인 색순도나 수명의 점에서 우수하다는 보고가 있었다. 이들의 청색 발광 EL의 휘도는 아직  $3\text{cd}/\text{m}^2$  정도이므로 지금 곧 실용화의 단계에는 미치지 못하고

있다. 그러나, 이제까지 컬러 EL의 실현은 곤란하다고 생각되었던 것이 뒤집혀져 연구개발에 큰 도움이 되고 있다.

미국의 디스플레이 산업의 저력은 반도체 장비 생산 능력에서 찾아야 할 것이다. 반도체 장치제조에 대해 최상위 기술을 보유한 미국이 디스플레이 산업에 본격 가세할 경우 그 잠재력은 오히려 일본을 추월할 수 있을 것으로 예상된다.

### 3. 유럽 및 대만의 개발현황

EC의 기술력은 전반적으로 일본이나 미국보다 열세에 있지만, 차별화된 LCD 기술을 개발하고 있다. STN LCD, TFT LCD에도 관심이 높지만, FLC, D<sup>2</sup>R(Double Diode Reset) LCD, CdSe TFT LCD등의 기술개발 및 상품화에 노력하고 있다.

EC의 ESPRIT에서는 FELICITA란 FLC기술 개발을 지원하며, 1,280×800 모노 크롬 SSFLCD를 개발하였고 1,280:800컬러 SSFLCD를 개발할 계획을 갖고 있다. 유럽은 독일의 L/H사와 Von Ardenne사에서 세계 최대의 인라인 코팅 장비를 설계 개발하였으며 이를 바탕으로 향후 PDP용 Glass 코팅에 널리 활용될 수 있는 장비를 개발하여 판매하고 있다. LCD사업 참여업체는 10개 업체 미만이며, 유럽업체간의 잠재적인 경쟁을 피하기 위하여 기술개발 제휴나 벤처기업 설립 등 협력에 중점을 두고 있다.

유럽과 함께 우리 나라의 강력한 경쟁업체인 대만의 경우 1997년에 LCD생산을 시작으로 저가의 LCD시장을 공략하고 있다. 대만은 세계 최대의 PC 조립 생산 경험을 살려 디스플레이 산업에 적극 참여하고 있으며 풍부한 외환 보유고 및 화교 상권을 바탕으로 급성장하고 있어 이에 대한 대책이 시급히 필요한 실정이다.

## 제3절 PDP용 코팅 기술 개발 전략

PDP 제조공정은 반도체 제조 공정과 유사하다. 즉, 생산장치의 우수함에 의해 기술수준이 좌우되는 장치산업이다. 따라서 생산장치의 확보방안 또는 국산화방안에 의해 우리 나라 PDP 산업의 미래가 결정된다. LCD/PDP 제조장

치는 세정장치, 코팅장치, Patterning 장치, 패널제조장치, 검사장치 등으로 크게 구분된다. 세정장치는 기판의 초기장입시나 공정중에 표면의 오염물질을 제거하여 불량발생을 미연에 방지하는 역할 외에 디스플레이의 특성향상에도 기여하는 등 생산수율에 지대한 영향을 미치는 장치이다. 코팅장치는 기판에 투명전극이나 금속막, 유전체, 보호막 등을 피복시키는데 사용되는 장치로서 진공증착장치, 스퍼터링장치, PACVD장치가 있다. 일반적으로 진공시스템이 필요하므로 고가의 설치비용이 소요되며 생산공정의 수율을 결정하는 요소 장비이므로 적극적인 국산화 개발이 요구된다. Patterning 장치는 물리적 화학적 반응을 이용하여 기판상에 Photolithography공정에 의해 형성된 Pattern 대로 박막을 선택적으로 제거할 수 있는 장치로서 공정에 따라 습식법과 건식법으로 나뉘어 진다. 패널제조장치는 PDP 제조공정의 마지막 단계를 수행하는 장치로서 주로 Seal재를 입히고 패널 내부에 내용물을 주입한 다음 소성로에서 패널을 완성시키는 역할을 한다. 검사장치는 패널제조공정에서 단위공정의 완성도를 확인하거나 제품의 전기적, 광학적 특성을 측정하여 제품의 품질을 컨트롤하는데 사용된다. 주로 사용되는 검사 장치로는 박막 두께측정장치, 식각두께 검사장치, Pattern 형성확인 장치, 전기적 특성 평가 장치 등이 있다. 앞에서 언급한 PDP 제조장치의 국산화를 위해서는 장비제조업체와 시험연구기관 그리고 장비 사용업체와의 긴밀한 협조체제가 이루어져야 한다. 장비제조업체는 장비설계→ 장비제작→ 시운전→ 장비보완 과정을 통해 최적의 장비를 제조하며 연구기관들에 시험평가를 의뢰하여 장비의 신뢰도를 증대시켜야 할 것이다. 장비 사용업체는 소자공정개발→ 장치구매→ 생산라인 구축→ 대량생산 과정을 수행하게 되는데 이때 장치의 정확한 평가 Spec.을 장비제조업체와 시험평가기관에 제공하고 시험평가기관으로부터 공정기술을 제공받음으로서 생산성을 극대화시킬 수 있는 기틀을 마련하여야 한다.

현재 국내의 PDP 산업은 초보 단계이며, 특히 장비 제조기술 개발은 미비하다고 볼 수 있다. 따라서 향후 국산화될 장비들은 신뢰성 검증 및 생산성 향상에 최우선을 두고 개발완료 후 최단시간 내에 생산공정에 투입시킬 수 있도록 하기 위해 관련기관의 협조체제가 중요하며 특히 공정장비별로 이것을 주도할 수 있는 선도기관이 선정되어 빠른 시간 내에 장치의 국산화 및 생산공정 기술을 이룩하여야 할 것으로 사료된다.



## 제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과

### 제1절 대면적 투명전도성 코팅 기술

#### 1. 전극형성 코팅 기술

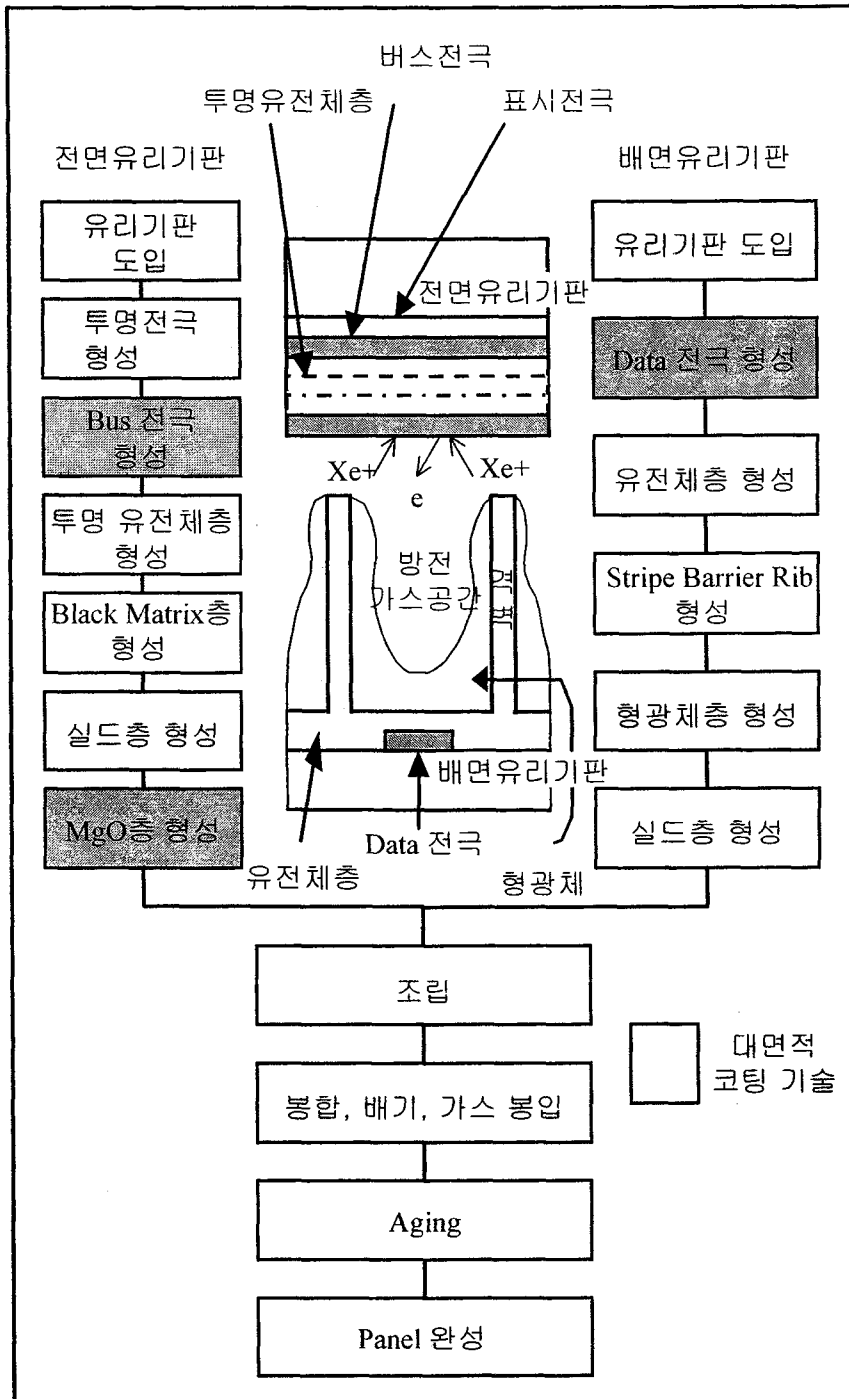
[Fig.6]은 AC형 PDP의 Cell 구조와 제조공정도를 보여 주고 있다. 전면 유리 기판의 표시 전극, Bus 전극 및 배면 유리 기판의 데이터 전극, MgO 보호막 등이 대면적 코팅 기술에 의해 제조된다. 표시 전극은 ITO나 ZnO등 투명 전도성 산화물 박막(Transparent Conductive Oxide Layer: 이하 TCO)이 사용되며 막 두께 1500Å에서 10~20Ω/의 저저항과, 투과도 88%이상의 높은 투과율이 요구된다. 이러한 TCO를 형성하는 방법은 진공 상태에서 플라즈마의 높은 에너지를 이용하여 박막을 형성시키는 스퍼터링법이 이용되고 있다. Bus 전극은 PDP의 대형화에 따라 투명 산화물 박막으로는 면저항 감소에 한계가 있으므로, 저 저항화에 의한 소비전력의 저하를 목적으로 표시전극 위에 형성시키며, 전극재질로서는 Cr-Cu-Cr, Cr-Al-Cr, Ag 등이 사용되고 있다. 전극형성 공정으로서 스퍼터링법과 스크린 인쇄법이 널리 활용되고 있다. 스크린 인쇄에서 패턴을 형성하는 Ag Bus 전극 제조공정은 인쇄시의 세션 패턴 재현성이 없기 때문에 최근에는 에칭법, 감광성 Ag 페이스트법으로 대체되고 있는 추세이다. Cr-Cu-Cr, Cr-Al-Cr 등 다층박막 Bus 전극은 스퍼터링법으로 금속을 약 1.5m 두께로 피복시킨 후 에칭에 의해 패턴을 형성시킨다. 이때 물질이 다른 금속을 에칭하기 위해 여러 종류의 에칭액을 사용하여야 하므로 에칭액 선택이 매우 중요하다

#### 2. 보호막 코팅 기술

PDP의 수명 연장을 위해 형성시키는 보호막은 ① 내플라즈마성이 우수하여야 하며 ② 2차 전자 방출 계수가 높아 방전 개시 전압을 낮출 수 있어야 하며 ③ 투명성이 높아 형광체로부터 발생하는 가시광선 투과를 방해하지 않아야 한다. 이러한 특성을 만족하는 물질로는 MgO가 있으며 현재 PDP에 적용되고 있다. MgO 형성 방법은 몇 가지가 시험되고 있으나 양산 라인에서 사

용되고 있는 것은 전자빔 증착법이며 다른 방법으로는 이온 플레이팅법과 스퍼터링법이 개발되고 있다. 이온 플레이팅법은 박막 재료를 이온화하기 때문에 치밀한 막이 얻어질 수 있으나 대면적 균일 코팅에 어려움이 있다. 한편, 스퍼터링법은 본래 스퍼터 되기 힘든 막으로서 선택된 재료를 스퍼터링 하기 때문에, 증착률이 타 코팅법에 비해 1/5~1/10로 낮아, 생산 수준에는 이르지 못하고 있으나 반응성 고속 스퍼터링 기술이 개발되며 점차적으로 활용빈도가 높아 가고 있다.

보호막으로 활용되기 위한 MgO 박막의 두께는 5000~8000Å 이상이어야 하며 가시광선 투과도는 88% 이상을 유지하여야 한다. MgO막은 흡습성이 매우 높은 불안정한 막이기 때문에 피복 시와 피복 후의 막 관리가 중요하며 진공 증착법으로 안정적인 피막을 확보하기 위해,  $10^{-6}$  torr 이상의 초기진공도가 요구된다. 따라서 진공 코팅에 의해 형성되는 MgO 박막은 이런 특성을 고려해 코팅 환경을 중요하게 생각한 장치 구성을 고안하여야 한다.



[Fig.6] PDP 셀구조와 소자 생산공정도

## 제2절 대면적 코팅용 스퍼터링 시스템

### 1. 개요

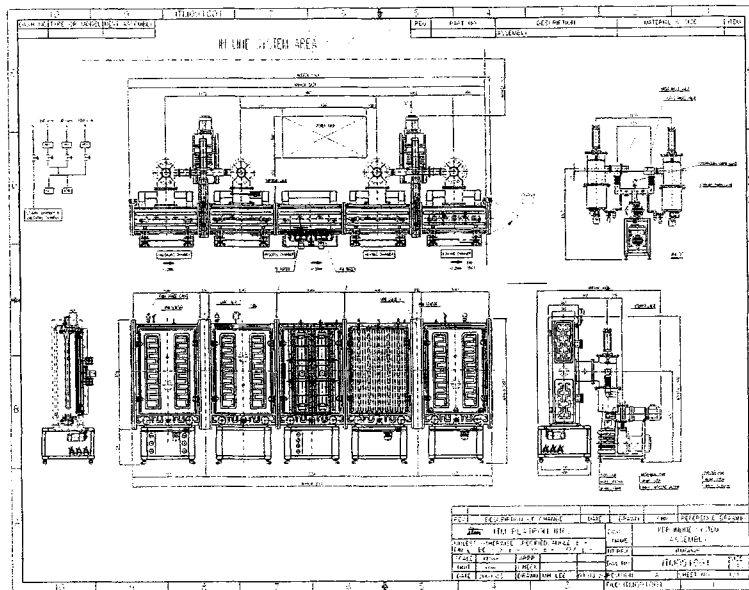
스퍼터링법은 유리 기판을 수직 상태에서 처리할 수 있으며 진공증착법에 비해 박막의 밀착력을 증가시킬 수 있음은 물론 대면적 균일 코팅의 In-line화가 용이하여 PDP코팅공정의 자동화에 쉽게 접근할 수 있다는 장점을 가지고 있다.

따라서 스퍼터링기술은 대면적 균일 코팅에 유리하고 60인치급 이상의 유리 코팅에 대한 유일한 방법으로 대두되며 새로운 전극 형성 기술로 개발되고 있다. 스퍼터링기술은 장치비가 진공증착법에 비해 1.5배에서 2배까지 고가이므로 사용을 자제하는 추세였으나 In-line화를 통한 생산속도 조절이 용이하며 앞에서 언급하였듯이 대형 유리코팅에 유일한 방법으로 제시되고 있으므로 급속히 활용빈도가 높아지고 있다.

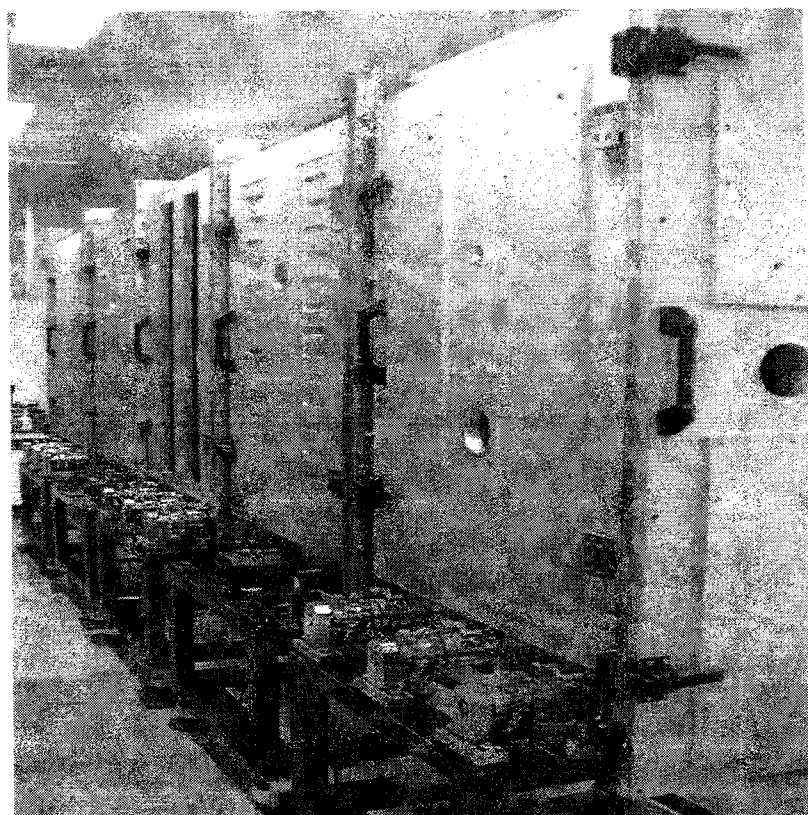
### 2. 시스템 설계 제작

#### 가. 진공 Chamber

본 연구에서 목표로 하고 있는 70" 크기의 Glass 소재 위에 PDP소자용 다층막 코팅을 실현하기 위해서 [Fig.7]에 보여지는 바와 같은 진공 시스템을 설계 제작하였다. 진공 Chamber의 크기는 최종적으로 5000mm(l) x 1410mm(h) x 300mm(w) 이며 [Fig.8]에 제시된 것과 같이 Coating Chamber Module을 설계 제작하여 시스템을 완성하였다. 본 장치의 최대 도달 진공도는  $7 \times 10^{-7}$  torr 이며 대기 노출 후 20분 이내에  $7 \times 10^{-6}$  torr 진공도를 보이고 있다.



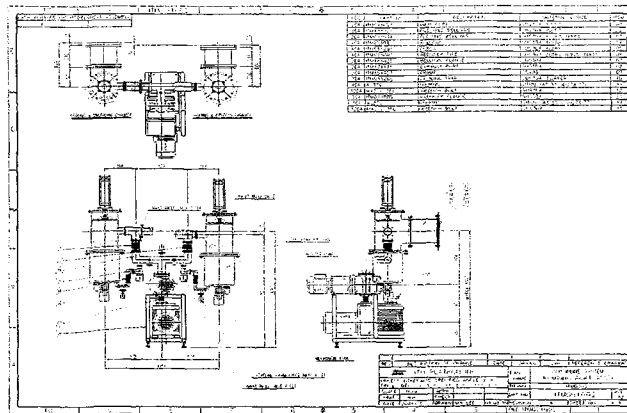
[Fig.7] 스퍼터링 시스템 설계도



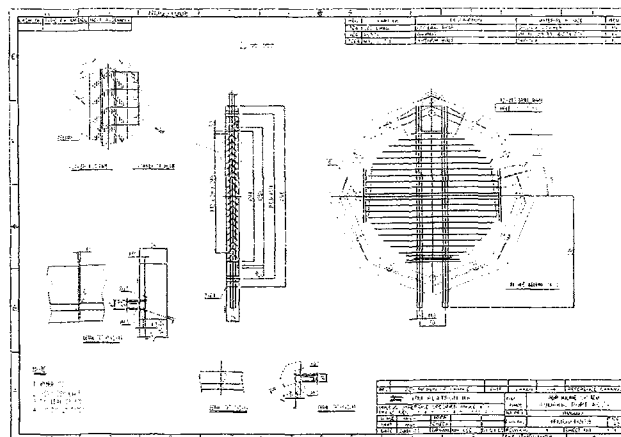
[Fig.8] 설계제작된 스퍼터링 Chamber

#### 나. 진공 배기 시스템

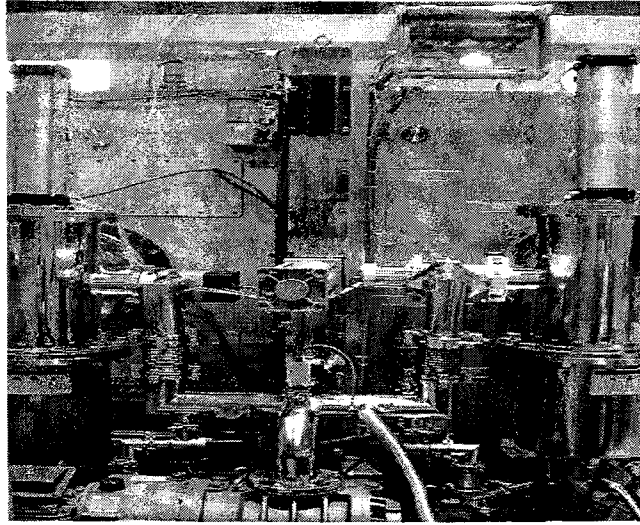
스퍼터링에 필요한 진공도는  $10^6$  torr 이상을 요하므로 고진공 펌프와 저진공 펌프를 이용한다. 본장치에서 사용한 고진공 펌프는 크라이오펌프로  $10^{-7}$  torr까지 진공도를 유지할 수 있으며 저진공 펌프로는 1500l/min.의 용량을 갖는 로터리 베인 펌프와 2000L 용량의 Booster 펌플을 사용하였다. 이러한 진공 펌핑 시스템으로는 약 1시간이내에  $10^6$  torr의 진공도를 얻을 수 있으며 1.5시간 내에 목적하는 진공도에 도달할 수 있었다. [Fig.9]는 본 장치의 저진공 펌핑 시스템이며 [Fig.10]는 펌핑 프렌지 구조에 대한 설계도이다. [Fig.11]는 본 장치에 사용된 저진공 펌핑 시스템을 보여주고 있다.



[Fig.9] 저진공 펌핑 시스템 설계도



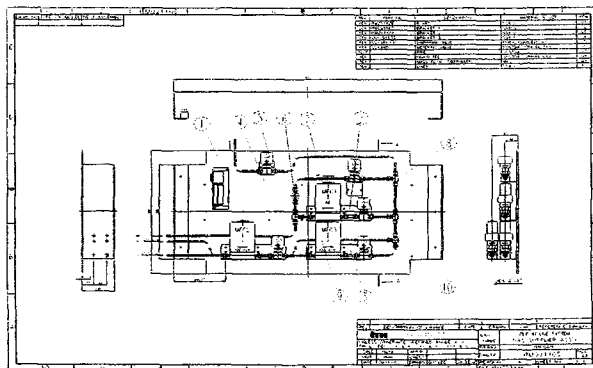
[Fig.10] 저진공 펌핑 시스템의 프렌지 설계도



[Fig.11] 저진공 펌핑 시스템

#### 다. 가스 유입 장치

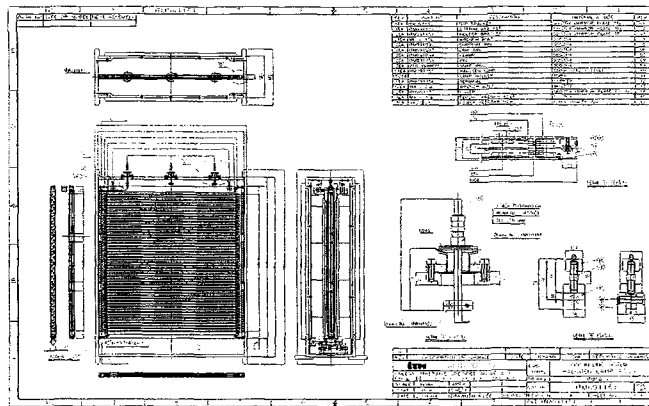
가스유입 장치는 플라즈마를 발생시키기 위해 순수한 가스를 정확하게 진공 Chamber내에 공급할 수 있는 기기로서 진공펌프의 용량, 진공 시스템의 용적에 맞추어 결정되어야 한다. 본 연구에서는 플라즈마를 발생시키는 기본가스로 사용되는 Ar의 경우 500scm의 용량을 갖는 Mass Flow Meter를 사용하였으며 산소, 질소등 반응성 가스용으로는 200scm의 용량을 갖는 Mass Flow Meter를 사용하였다. [Fig.12]는 가스유입장치의 설계도이며 Gas Tube의 연결은 Sweage lock Type을 사용하였다.



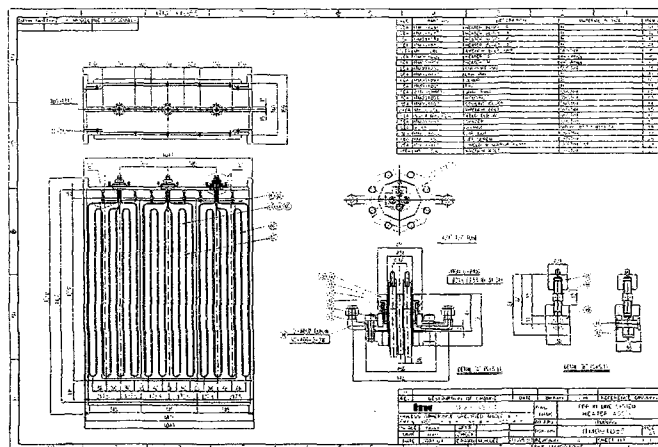
[Fig.12] 가스유입장치 설계도

라. Chamber Heating 장치

본 장치의 가열 시스템은 코팅층의 물성에 가장 큰 영향을 미치는 온도를 조절할 목적으로 설치되었으며 Load Lock Chamber에서 장입되는 Glass의 빠른 가열을 위한 할로젠 램프 가열원 [Fig.13]과 코팅 Chamber에서 코팅층의 물성 조절을 위한 450℃의 고온용 Ti Sheath 히타 [Fig.14]를 사용하였다. 이러한 Heater들은 Heater Port에 장착되어 시편을 가열시키는 역할을 한다. 이 히타의 특징은 고온에서 Outgassing 현상이 없으므로 코팅 불량을 줄일 수 있으며 장시간 사용에도 무리가 없다는 것이다. 본 장치에서 시편의 최대 가열 속도는 30℃/min 이며 가열 균일도는 450℃±20℃로 측정되었다. 이 결과는 70인치급 Glass를 기준으로 하였으며 시편 Carrier를 이용하여 측정하였다.



[Fig.13] Halogen Lamp 가열원 설계도

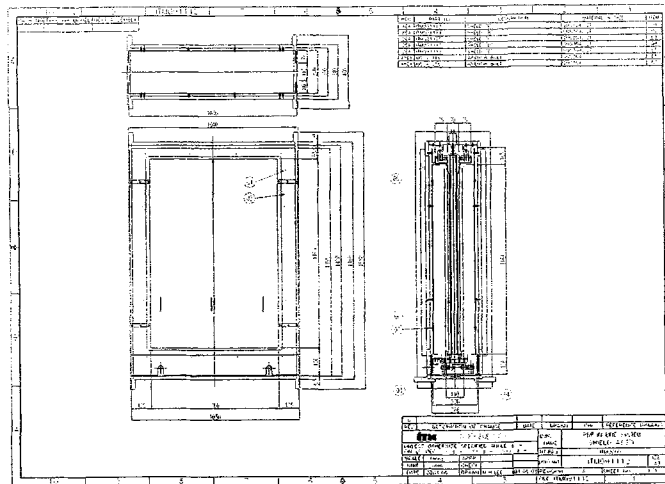


[Fig.14] Ti Sheath Heater 설계도

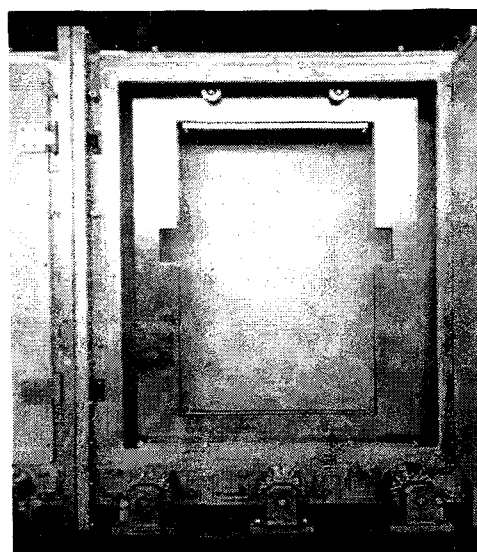


다. Carrier 설계 제작

시편 Carrier는 고온의 가열 지역을 이송하여야 하므로 내열성이 우수하여야 하며 70인치급 Glass를 Holding하여야 하므로 열변형이 작아야 한다. 이러한 특성을 만족시키는 금속은 Ti와 Inconel 등 매우 제한적일 수밖에 없다. 본 개발에서는 [Fig.15]과 같이 Ti를 사용하여 시편 Carrier를 설계 제작하였으며 구동은 진공 상태에서 Outgassing 현상을 고려하여 고체 윤활 베어링을 사용하였다. [Fig.16]에 보이는 이 제품의 최대 이송속도는 3m/min으로 감속조절이 가능하도록 하였다.



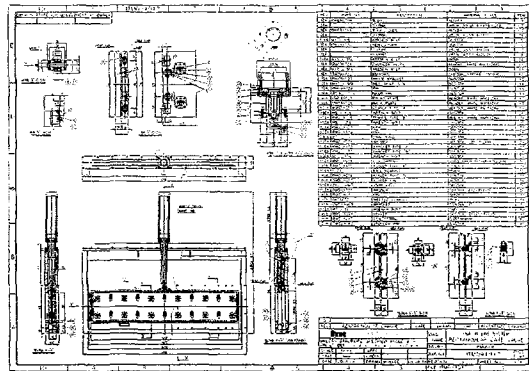
[Fig.15] Carrier용 Shield Assembly



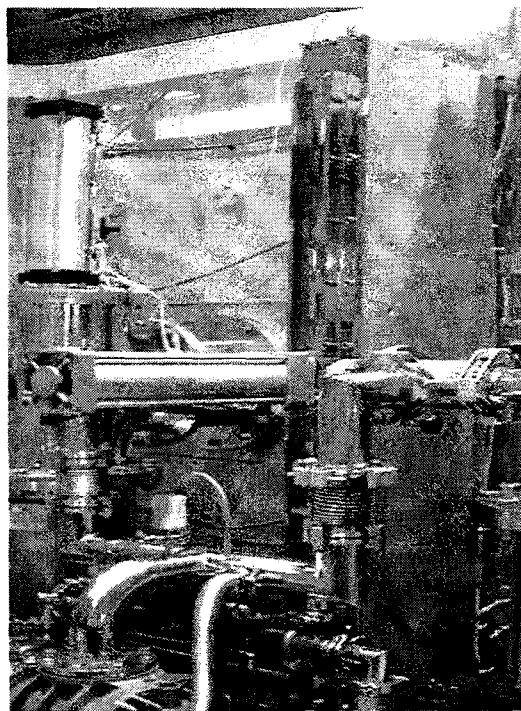
[Fig.16] Carrier 이송장치

바. Gate Valve 설계 제작

챔버와 Load Lock 챔버를 단속하는 Gate Valve는 In-line 진공 시스템에서 매우 중요한 부품으로 인식되고 있다. 특히 대면적 코팅을 위한 시스템의 경우 Gate Valve 의 원활한 작동과 Leak 현상 방지는 코팅 생산성과 직결되어 있어 설계 및 제작에 세심한 주의를 요하고 있다. [Fig.17]은 Gate Valve의 설계도이며 [Fig.18]은 제작된 모습이다. 본 밸브의 Leak Rate는  $10^{-10}$  torr 범위로써 선진국 제품과 동일한 수준을 유지하고 있음을 알 수 있었다.



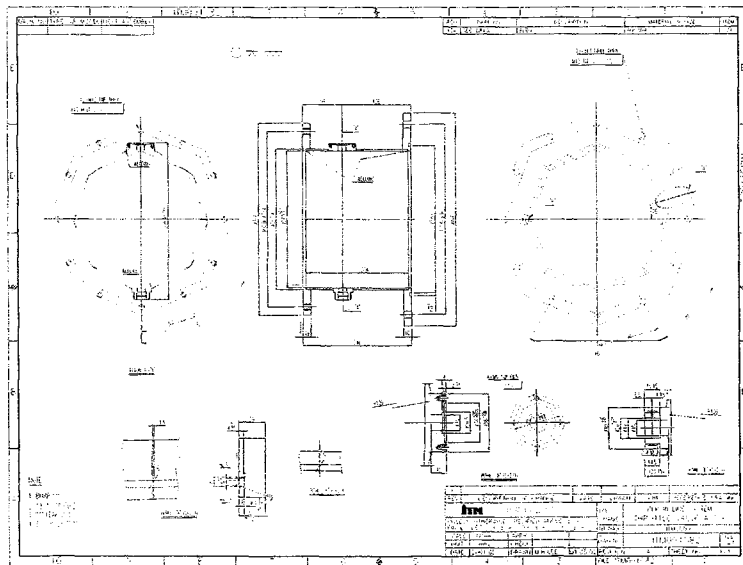
[Fig.17] Gate Valve 설계도



[Fig.18] Gate Valve Assembly

사. Trottle Valve 설계 제작

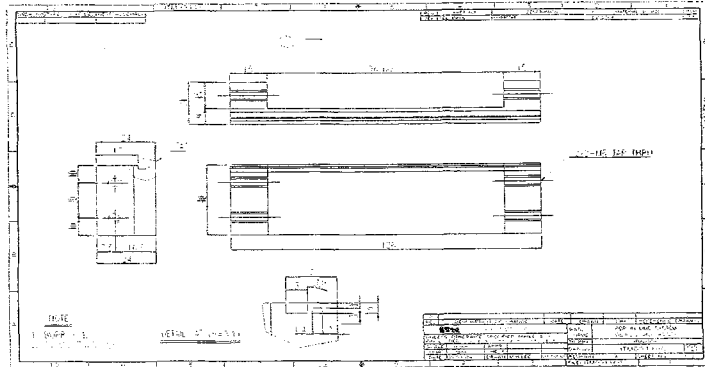
Trottle Valve는 진공 챔버의 압력을 조절하기 위해 설치되는 것으로 플라즈마 응용 코팅 장치에 필요한 부품이다. 대면적 코팅시 발생하는 플라즈마의 불균일성을 제어하고 가스 유량을 조절해 줌으로서 고품질의 박막을 구현할 수 있게 한다. [Fig.19]는 Trottle Valve의 설계도로서 정밀 구동을 위해 Step Motor 및 Ferrofluidic Feedthrough를 사용하였다.



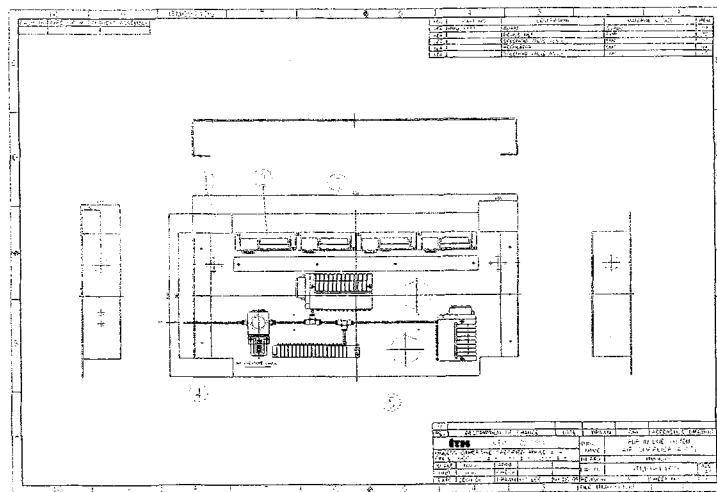
[Fig.19] Throttle Valve Assembly 설계도

아. Glass Jig 및 Auto Venting 부품 설계 및 제작

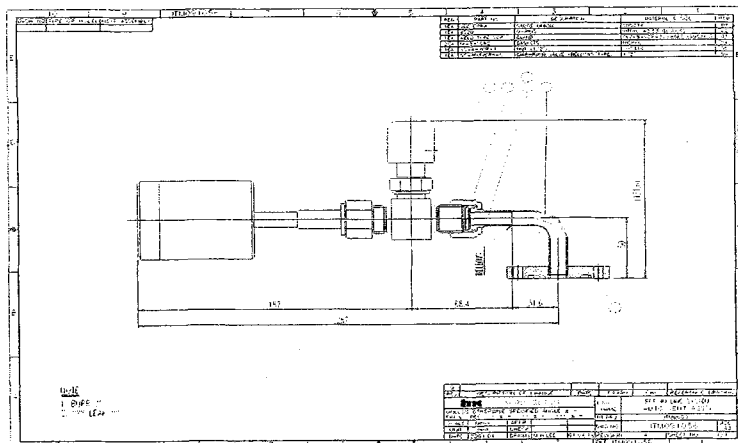
Glass Jig는 70인치급 PDP 소자를 장착할 수 있게 만드는 부품으로서 400℃ 이상의 고온에서 변형이 없어야 하므로 Ti 재질을 사용하였다. [Fig.20]은 이러한 Jig의 설계도이며 [Fig.21]은 챔버의 밸브를 작동시키기 위한 Air Unit의 설계도이고 [Fig.22]는 진공을 파괴하는데 필요한 Auto Venting Valve의 설계도이다.



[Fig. 19] Jig 설계도



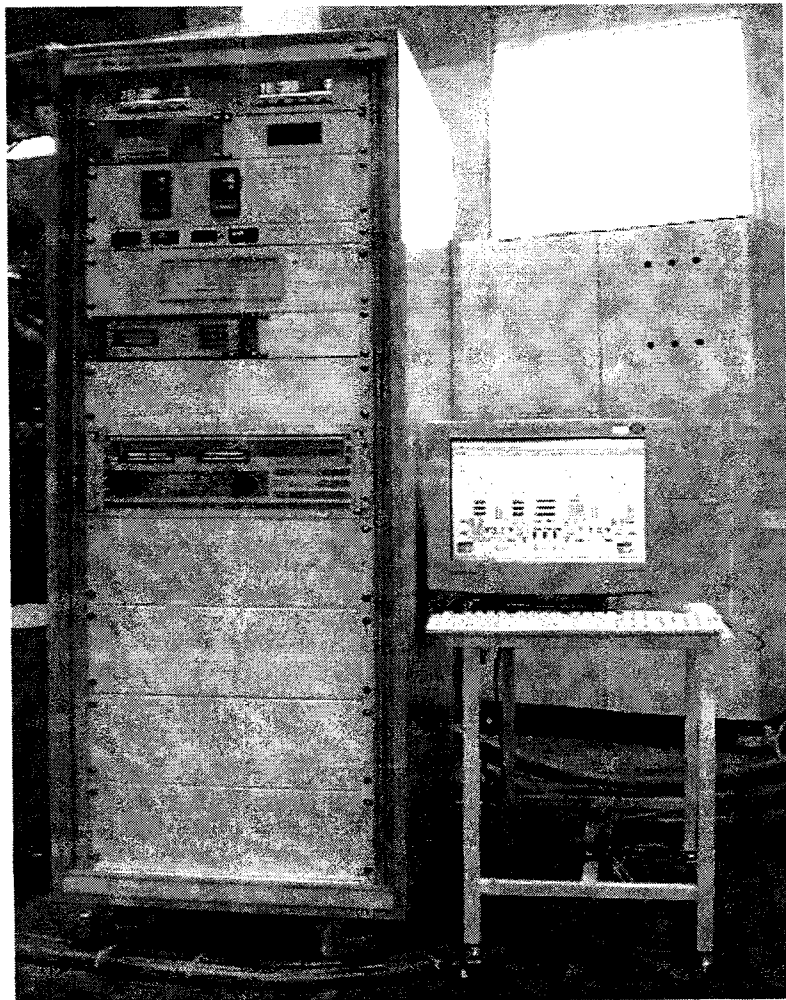
[Fig. 20] Air Supplier Unit 설계도



[Fig. 21] Auto Venting Valve 설계도

자. 시스템 콘트롤 장치

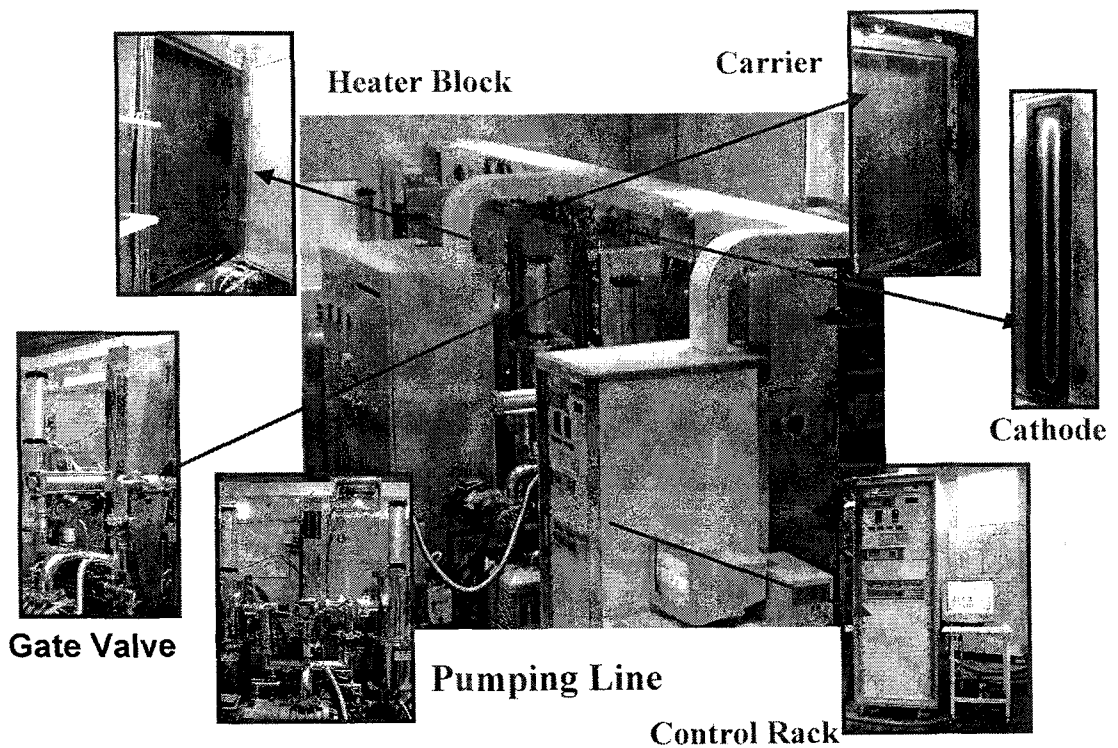
본 시스템의 콘트롤 장치는 전공정 자동화를 위해 PC를 이용하여 단위 공정별로 콘트롤할 수 있게 하였으며 진공, 코팅, 이송, 장/탈착 Mode로 구분되어 각 변수를 조절할 수 있게 설계 제작되었다. [Fig.22]은 본 콘트롤 장치의 모습이며 각 Mode별 공정도가 PC에 디스플레이될 수 있게 하였음을 알 수 있다.



[Fig.22] Sputtering System Controller

차. 인라인 스퍼터링 시스템

[Fig.23]은 앞에서 언급한 부품 및 장치들을 조립하여 완성된 70인치급 PDP용 Glass 코팅 장치의 모습이다. 본 장치는 국내에서 최초로 개발된 대형 스퍼터링 챔버로서 국내 PDP 소자의 코팅 Glass 제조에 널리 활용될 수 있을 것으로 예상될 뿐만 아니라 향후 다른 디스플레이용 소자 제조 및 반도체용 코팅 공정 기술에도 널리 사용될 수 있을 것으로 판단된다. [Table.2]는 본 장치의 사양으로서 국외의 대면적 코팅 장치와 동일한 성능을 보이고 있음을 알 수 있다.



[Fig.23] 70 " 급 PDP용 스퍼터링 시스템

[Table.2] 개발 장치의 사양

개발 장치의 사양
<ul style="list-style-type: none"><li>◦ 대형 수직형 Sputter Chamber의 생산성<ul style="list-style-type: none"><li>- 양면 Sputter 코팅 공정 : 4Target Source 활용</li><li>- 단위공정 시스템 자동화 완료</li><li>- 코팅 수율 극대화 연구 : 95% 이상</li><li>- Tack Time : 5min/Batch</li></ul></li> <li>◦ 70"급 PDP용 ITO 박막 코팅<ul style="list-style-type: none"><li>· 증착속도 : 500 Å/min</li><li>· 전기전도도 : 10Ω/□</li><li>· 가시광선 투과도 : 88%이상</li><li>· 코팅 균일도 : ± 6%</li></ul></li> <li>◦ 70"급 PDP용 Cu 박막 코팅<ul style="list-style-type: none"><li>· 증착속도 : 0.6μm/min</li><li>· 전기전도도 : 10-5Ω/□</li><li>· 코팅 균일도 : ± 5%</li></ul></li></ul>

### 제3절 대면적 고속증착용 플라즈마 증착원 기술 개발

#### 1. 서론

정보통신 시대의 도래와 더불어 고화질, 대형 평판 표시장치의 수요가 급격히 요구되어지리라 예상된다. 특히, 가정에서 영화관에서 보는 영화수준의 초대형의 고화질 영상을 제공하는 DHTV의 등장이 수년 내로 이루어지리라 기대되며 이를 위해서는 표시성능이 현재의 CRT에 못지 않으면서 평판이고, 크기가 40인치 이상이 되는 표시장치에 대한 요구가 커지리라 기대된다. 또한, TV와 Pc의 복합화로 뉴스의 전달 및 영화, 스포츠, 게임과 같은 가족 오락 뿐 아니라 인터넷을 통한 대용량 정보 전달의 기능을 지는 표시장치가 요구되리라 기대되며, 시청자와 화면거리가 250 ~ 300cm인 점을 감안하면 Full-Screen 문자 정보의 해독을 위해 50인치 이상의 대화면 표시장치가 되어야 하며, 따라서 표시장치의 평판화는 필수적이다.

평판 표시장치는 정보, 통신 시대의 도래와 더불어 현재 주로 이용되는 무겁고, 부피가 큰 CRT를 대체하는 요구가 증대함에 따라 급격히 그 시장이 커져 10년 이내에 전자부품 시장에서 현재의 반도체 시장의 규모로 성장할 것으로 기대되고 있다. 한국은 반도체 시장에서 메모리 분야는 세계 1위를 향하고 있지만, 메모리 소자를 만드는 장비는 거의 외국의 장비에 의존하고 있는 실정이다. 또한, 한국은 현재 전세계 CRT가 차지하고 있는 시장 점유율 이상을 차지할 전략을 세울 필요가 있다. 이중 LCD의 경우에는 노트북 컴퓨터의 모니터 및 소형 평판 표시장치의 상당부분을 점유하게 될 전망이나, 40인치 이상의 대형 표시장치로서는 독보적인 존재인 PDP는 현재 가정에서 이용되는 TV수상기에서 CRT를 거의 대체하리라 기대된다. 특히, HDTV 방송 시대에 요구되는 40인치 이상의 고화질 대형 표시장치로서는 PDP가 유일한 후보이며, HDTV 방송이 본격적으로 방영될 2000년대 초반에는 그 시장이 전체 평판 표시장치 시장 중 20%이상, 년 100억불 규모로 성장하리라 기대되는 산업 분야이다. 그러므로, 세계시장에서 기술적 우위를 갖고 반도체 분야에서와 같이 절름발이 형태를 탈피한 생산장비의 설계 및 제작을 바탕으로한 대형 PDP 생산에서의 국제경쟁력을 갖추기 위해서는 70인치 크기의 대형 PDP를 생산해 낼 수 있는 장비의 확보 및 기술개발이 시급히 이루어질 필요가 있다. PDP가 벽걸이 TV로서 자리를 잡아 가정에 보급하기 위해서는 현재 인치당



200\$ 정도에 보급되는 PDP의 제조 코스트를 상당한 수준으로 떨어뜨려야만 한다. 특히, 일본의 PDP 제조회사들의 제품들의 화질, 성능 모두 최근 상당한 진전을 보이고 있음에 따라 일본 PDP회사는 특히 저코스트화에 주력하고 있다. 97년 일본의 PDP 모듈 제조 코스트가 패널과 유니트 제조 코스트비가 7:3 정도이며, 이 중에서 설비감가상감비가 50%에 이르고 있고, 박막설비의 상감비가 차지하는 비중이 큰 것이 현실이다. 따라서 설비의 가격자체를 낮추고 생산성을 상당한 수준으로 끌어올려야 PDP를 가정용 벽걸이 TV로서 보급시킬 수 있는 가격 경쟁력을 확보할 수 있다.

70인치급 대형 PDP의 박막공정 코스트를 낮추는 것은 일본 등 기술선진국과의 PDP시장경쟁력을 갖추는데 중요한 요소중의 하나이다. 박막공정 코스트를 낮추기 위해서는 70인치급 대형설비의 국산화 기술확보가 중요하며, 특히 박막질의 향상기술과 생산성, 생산수요 극대화 기술의 확보가 필요하다. 이러한 기술은 Particle 대책과 Maintain 용이성 등을 갖춘 대형 진공설비 기술과 박막질 향상, 높은 Throughput과 높은 Target Material의 사용률을 얻을 수 있는 Plasma Cathode 제조기술의 확보가 중요한 관건이 된다.

저코스트 대면적 표시장치 제조를 위한 박막증착원으로서 70인치급 규모에서의 박막의 특성과 두께균일도가 실현되어야 하며, 공정시간 단축을 위한 보다 저온공정 실현, 고속증착이 가능하며 타겟재료의 사용률을 크게 높일 수 있는 박막증착원이 필요하나, 고기능 박막증착원은 현실적으로 구입 불가능 핵심기술로서 개발의 필요성이 크게 대두되고 있는 상태이다.

PDP 모듈 제조코스트 중 대면적 박막공정은 높은 외자설비 도입가격에 비하여 낮은 생산성 높은 Running Cost등으로 상당한 부담을 안고있는 실정이다. 대부분의 현재 출현한 설비는 요구되는 능력의 일부만을 가지고 있다.

70인치급 대형 유리기관의 무변형, 취급상 수직구조의 In-line형이 요구되고 있으며,  $\pm 50\%$ 이내의 대면적 박막특성 두께 등의 균일도가 필요하고, 보다 저온에서 공정할 수 있는 Plasma source가 확보될 경우 불량율을 줄일 수 있으며, 높은 증착율과 함께 생산성을 크게 향상시킬 수 있다. 그리고 개량형 타겟을 사용하여 현재의 25-50%정도에 이르는 재료의 사용율을 높여 Running Cost를 크게 줄일 수 있으며, ITO의 경우 1/5정도 가격의 In-Sn 타겟을 사용하여 반응성 스퍼터링을 행한다면 재료비를 크게 절감할 수 있다. 또한 치밀

구조의 박막특성이나 반응성을 높이기 위한 박막제어 특성제어를 위해 스퍼터링된 입자들의 에너지를 어느 정도까지 제어할 수 있는 Plasma Source가 필요하다. 그러나 현재 개발되고 있거나 개발중인 장치의 경우 상기의 필요요소중 일부만을 갖추고 있으며, 특히 대형증착원의 기술은 현재의 대형 표시소자의 요구에 대해 출발점에 있는 것으로 보여, PDP 제조의 경쟁력을 갖추기 위해서 빠른 시간내에 고기능 대형증착원의 기술확보가 시급하다.

## 2. 고전압 펄스전원 개발

### 가. 아크 제어 기술

플라즈마를 이용한 증착, 표면처리 공정에 있어서 가장 중요한 점은 안정된 방전을 유지하는 것으로 처리된 제품의 품질 및 불량률과 밀접한 관계가 있다. 방전의 안정성에 영향을 미치는 가장 중요한 요소는 공정 중 발생하는 아크방전이다. 아크 방전은 전원이 가해지는 시료 혹은 타겟의 표면 오염, 형상 및 공정조건에 의해 발생 빈도가 달라진다. 특히 반응성 스퍼터링 공정을 이용하는 경우에 일반적으로 반응물이 절연 특성을 가지므로 타겟 표면에 형성되는 반응물이 아크의 원인이 된다.

아크를 제어하는 방법은 크게 두 가지로 나눌 수 있다.

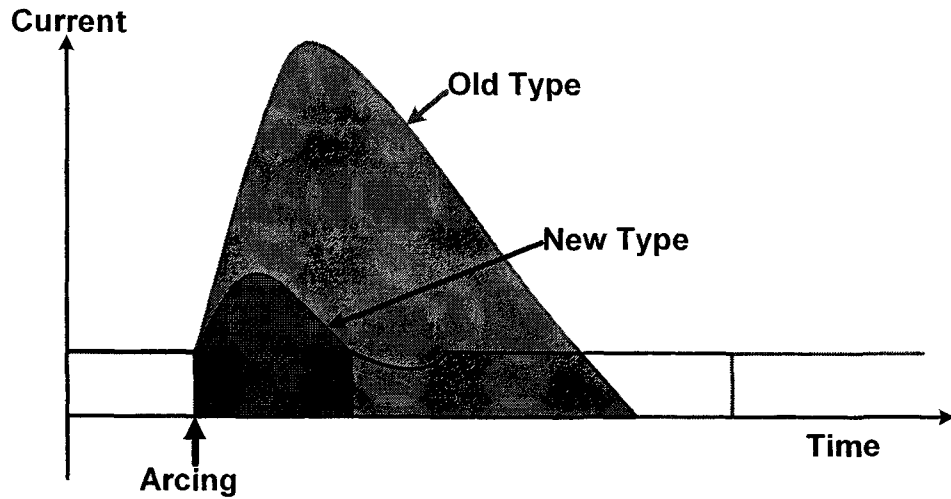
- 1) 아크를 감지하여 차단
- 2) 아크 발생의 원인 제거

두번째 방법은 다음절에서 설명할 양방향성 펄스전원의 기능으로 표면에 형성된 절연물을 제거하여 아크 발생의 가능성을 줄이는 것이다. 본 절에서는 첫번째 방법에 대해서 기술하고자 한다.

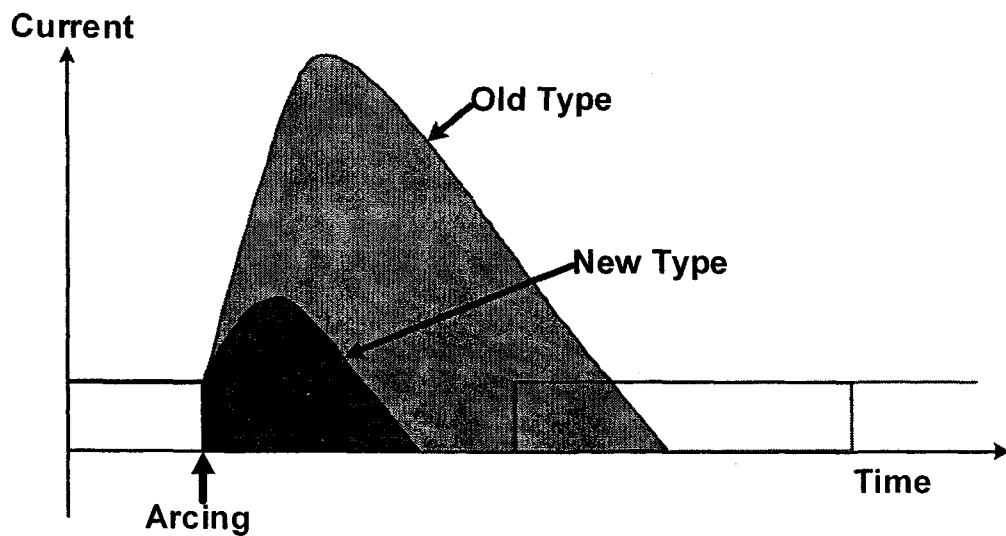
아크가 발생하면 방전전압이 감소하고 전류가 증가하므로 방전전압 혹은 전류의 변동을 감시하면 아크의 발생 여부를 알 수 있다. 그러나 아크의 형성시간은 수  $\mu\text{sec}$  이내이므로 감지회로는 고속동작 회로이어야 한다. 또한 아크가 감지되면 차단회로가 동작 가능한 최단시간에 아크를 차단해야 한다. 이러한 아크 차단회로의 기본 특성과 더불어 아크는 특성에 따라 Soft 아크와 Hard 아크로 나누어지므로 적절한 대책이 필요하다.

Soft 아크는 spark 방전의 특성을 가지는데 일반적으로 방전이 지속되지 못하고 스스로 소멸하는 특성을 지닌다. 그러나 soft 아크가 빈번하게 발생되면

hard 아크로 이행할 가능성이 커진다. Soft 아크는 매우 빠른 방전 특성을 가지므로 아크검지 및 차단이 순차적인 기능을 이용하기 어렵다. 그래서 본 연구에서는 별도의 soft 아크 억제 회로를 구성하였다. Soft 아크 억제 회로의 동작 특성은 [Fig.24]와 같다.



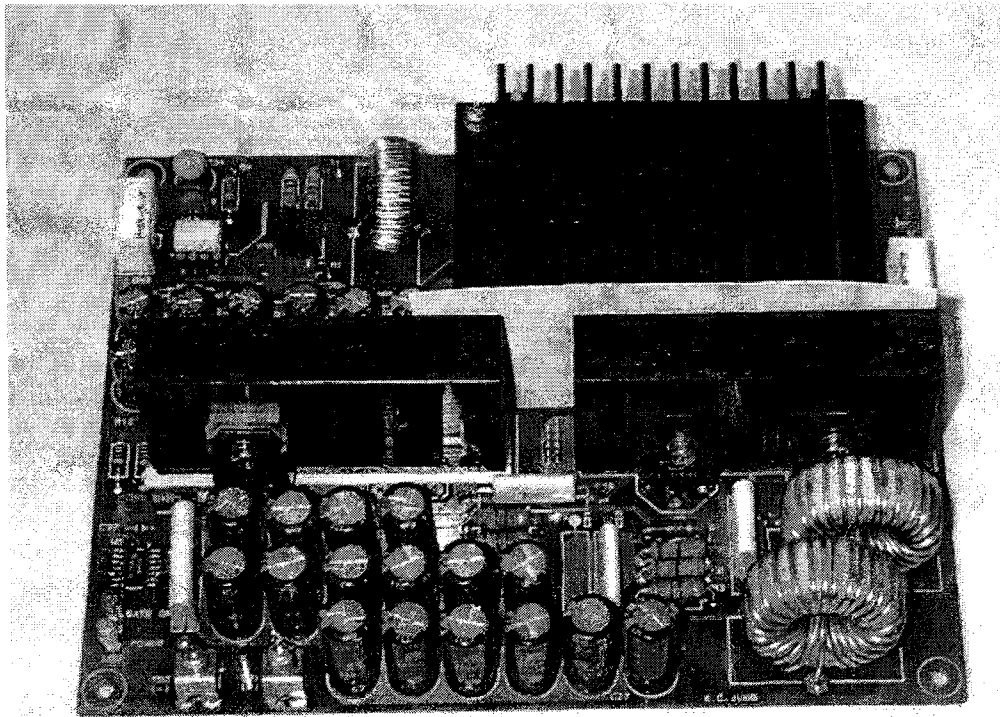
[Fig.24] Soft Arc 제어 모식도



[Fig.25] Hard Arc 제어 모식도

Hard 아크는 소멸되지 않고 지속되는 성질이 있어 발생시 차단을 해야 하며 가지고 있는 에너지가 커서 코팅 막에 직접적으로 손상을 주거나 코팅 막에 직경이 큰 조도입자를 공급하여 막질을 떨어트린다. Hard 아크 발생 시에는 [Fig.25]와 같이 가능한 최단 시간 내에 감지하여 일정시간 동안 차단하여야 한다. [Fig.25]에서 old type과 같이 감지 및 차단시간이 늦어지면 아크에너지가 커져서 손상을 줄뿐 아니라 절연 회복을 위해서는 차단시간도 길게 가져야 하므로 공정 시 방전이 매우 불안정해 진다.

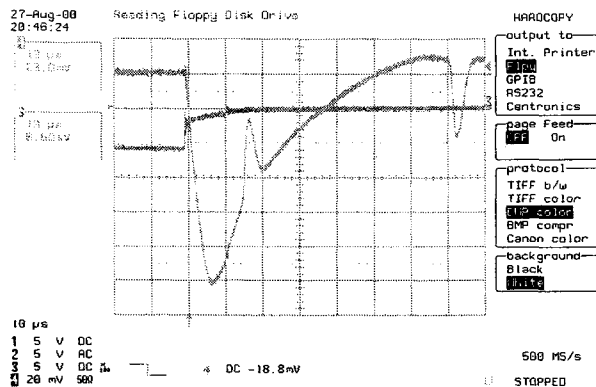
I



[Fig.26] 개발된 Arc Ballast 보드

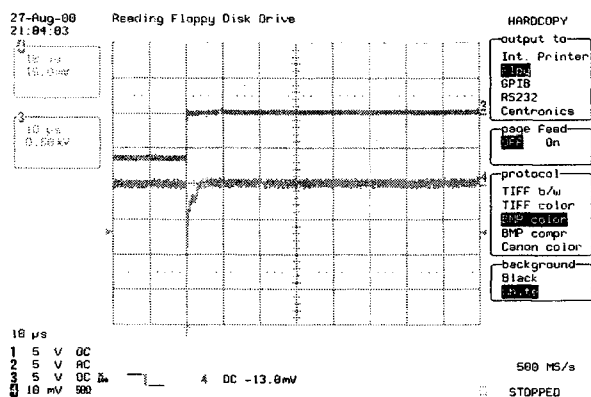
Soft 아크와 Hard 아크 제어를 위해 [Fig.26]와 같이 Arc Ballast 보드를 개발하여 적용하였고 디지털 제어보드는 32 bit 실시간 제어를 적용하여 아크의 검지 및 차단 속도를 대폭 개선 하였다.

[Fig.27]의 a), b)는 Arc Ballast 보드의 적용 여부에 따른 파형의 비교이다. Arc Ballast 보드를 적용하지 않은 경우 아크 차단시간은 20μsec 이상이며 전류의 peak 치도 2배 이상으로 아크 에너지가 매우 큰 것을 알 수 있다. [Fig.27]의 b) 경우 아크 차단 시간은 3 μsec 이하이고 peak 전류가 반이므로 a)의 경우에 비해 아크 에너지가 2% 수준으로 감소함을 알 수 있다. 실제 방전 현상을 관찰한 결과 [Fig.27]의 a)는 강렬한 아크방전 불빛이 관찰되었지만 b)의 경우에는 육안으로 아크 감지가 어려웠다.



아크차단 특성(기존제품)

a) Arc Ballast 보드를 적용하지 않은 경우

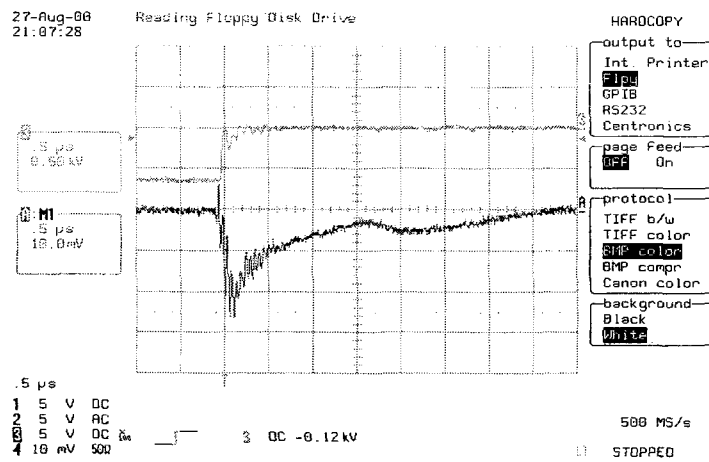


아크차단 특성(개발제품)

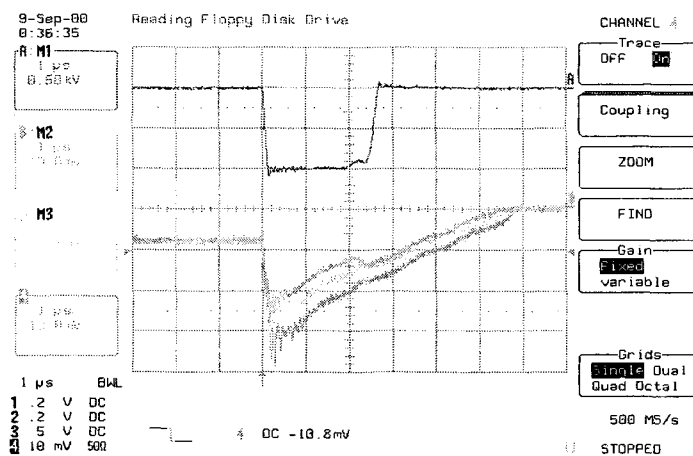
b) Arc Ballast 보드를 적용한 경우

[Fig.27] 아크차단 특성 비교

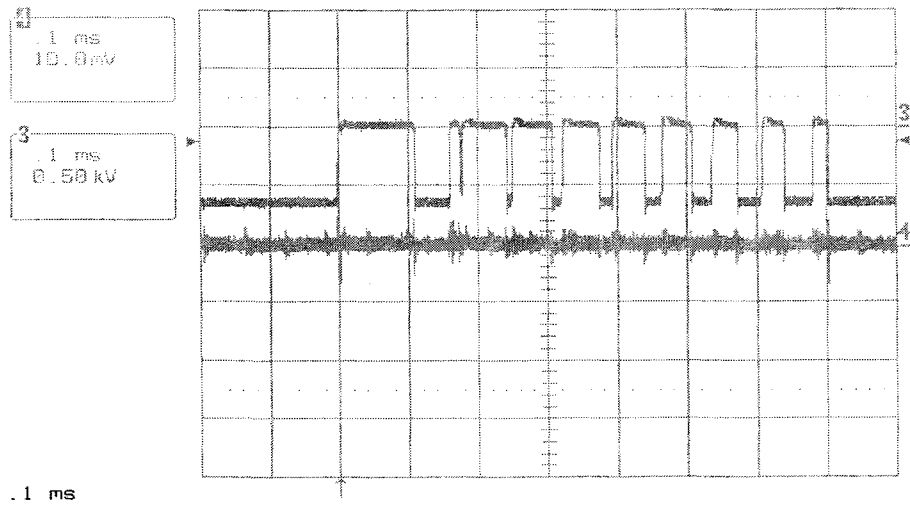
[Fig.28]은 아크 차단 현상을 보다 자세히 살펴보기 위해 시간축을 확대한 것이다. 아크 방전이 개시되면 초기에 Soft Arc 제어장치가 전류의 peak 치를 제어하고 이후 Hard Arc 차단기능이 작용한 과형의 전형적인 모습이다. [Fig.29]는 Soft Arc 제어시 아크의 허용 전류를 결정하는 Ballast Offset 전류에 따른 특성이다. Offset 전류를 작게 설정하면 아크 전류를 감소시킬 수는 있지만 아크에 대한 민감도가 증가하여 아크 상태가 아닌 미소한 변화도 아크로 인식할 수 있어 방전 시스템의 특성에 맞추어 사용해야 한다.



[Fig.28] DC 700V 출력시의 아크차단특성



[Fig.29] Arc Ballast Offset 전류에 따른 아크차단특성

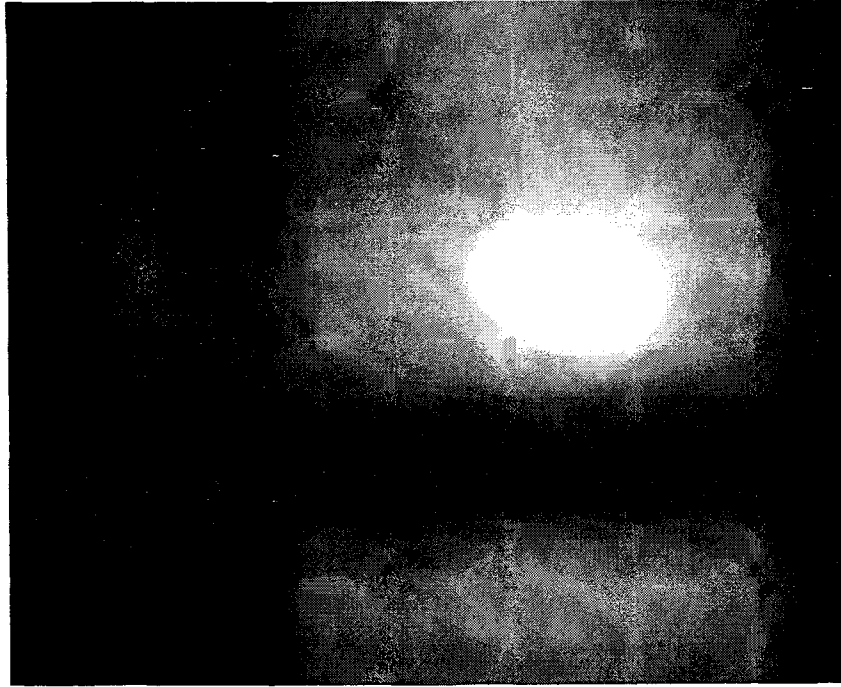


아크후 재기동 파형

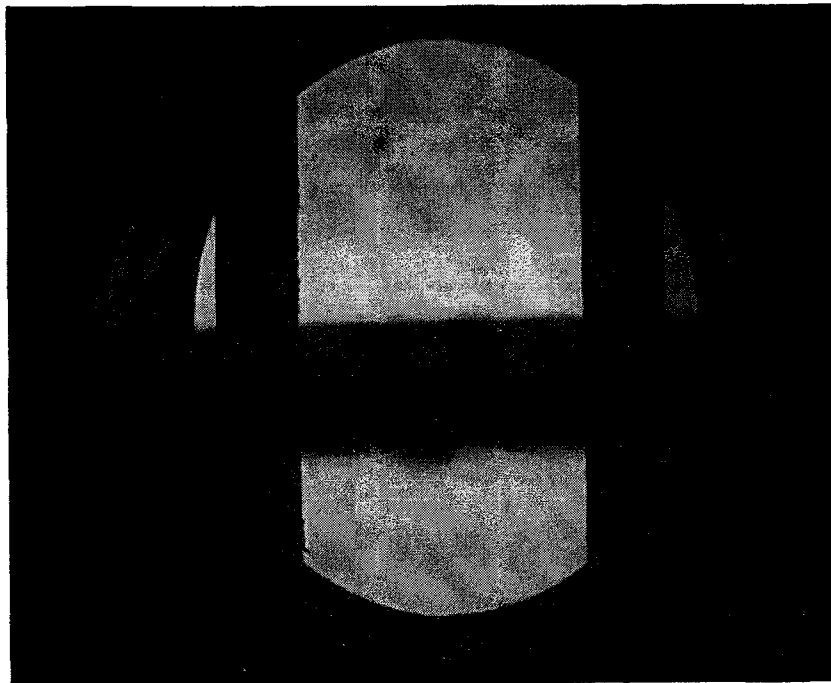
[Fig.30] 아크 재기동시의 전압/전류 파형

Soft Arc 및 Hard Arc를 성공적으로 제어한 후 전원이 재투입되는 경우 방전 공간의 절연이 충분히 회복되지 않으면 아크 발생이 반복된다. 해결 방법 중 가장 간단한 방법은 절연회복을 위해 충분한 시간동안 전원을 차단하는 것인데 아크 억제 특성은 개선 할 수 있으나 공정 시간 이용률이 떨어지고 과도한 절연회복으로 인해 방전 재기동 특성이 불안정하게 된다. 본 연구에서는 이러한 단점을 보완하기 위하여 재기동 시간을 내부 제어에 의해 자동 설정되도록 하였고 재기동 특성을 보다 원활하게 하기 위하여 재기동 초기에 단방향 펄스 모듈레이션 기능을 추가하여 아크 재발생을 억제함으로써 재기동 시간을 단축시켰다. 이러한 복합기능을 통해 방전의 안정성을 대폭 개선하였고 전원사용효율을 증가시켰다[Fig.30].

[Fig.31]의 a), b)는 종래의 전원장치와 본 연구에 의해 개발된 전원장치를 이용한 방전 현상이다. 사진에서 알 수 있는 것과 같이 아크 제어기능에 의해 방전 중 아크가 제어되어 거의 관측할 수 없었다.



a) 기존 전원장치에 의한 아크 발생



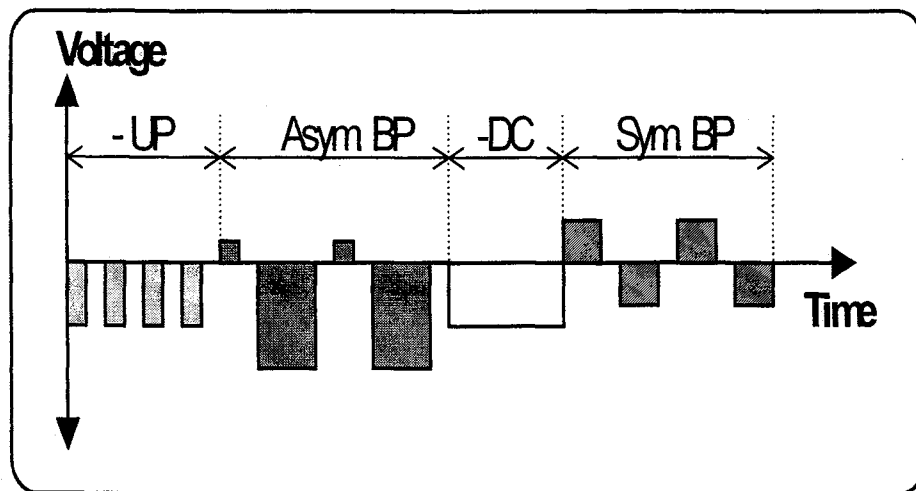
b) 개발된 전원에 의한 아크 free 방전

[Fig.31] 전원장치에 따른 방전 특성 비교



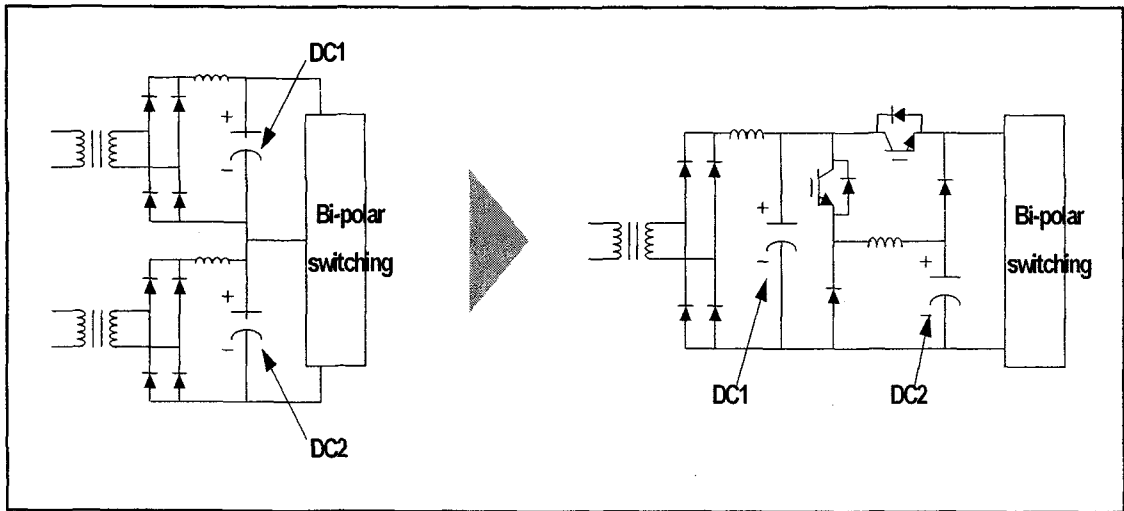
#### 나. 펄스 제어

플라즈마는 평형상태 보다 비평형 상태에서 플라즈마 밀도가 높고 박막질에 영향을 주는 레디칼의 생성 효율도 높다. 또한 전압인가가 비연속적으로 이루어지면 아크 상태로의 이행 가능성이 줄어들어 방전이 안정화되므로 전원의 펄스 기능은 플라즈마의 응용 범위 및 성능을 개선하는 효과가 있다.



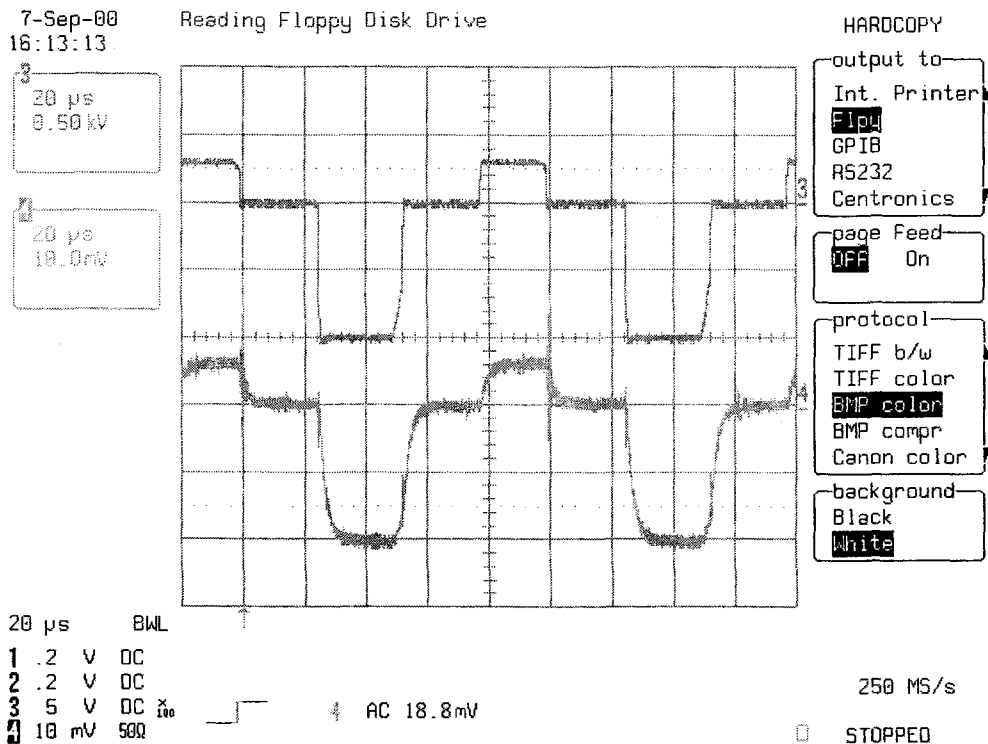
[Fig.32] Universal 펄스전원의 출력 파형 형태

전원의 펄스 기능은 [Fig.32]와 같다. 본 연구에서는 단일 전원으로 DC, 단극성 펄스, 대칭형 양극성 펄스, 비대칭형 양극성 펄스를 출력할 수 있게 하여 보다 다양한 응용과 최적의 공정조건을 찾을 수 있도록 하였다. 특히 비대칭형 양극성 펄스는 시료 혹은 타겟 표면의 절연성 이물질 제거에 탁월한 효과가 있어 아크 방지 효과와 더불어 표면 세정 효과가 있다. 실증 실험을 통해 이러한 효과를 확인하였고 현재 양산에 적용중이다.



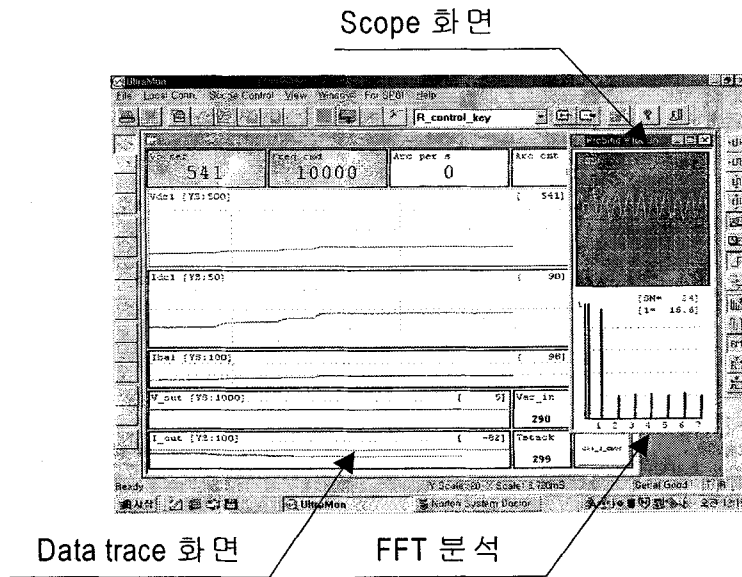
[Fig.33] 단일전원을 이용한 Asymmetric Bipolar 펄스전원의 개념도

양극성 펄스를 구현하기 위해서는 일반적으로 펄스전원 내부에 두개의 DC 전원이 필요하지만 [Fig.33]과 같이 단일전원 개념을 도입하여 전원의 원가, 부피 및 무게를 줄여 컴팩트한 전원장치를 실현하였다.



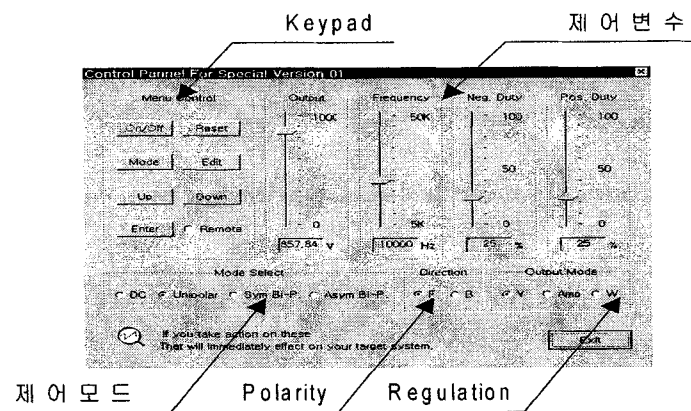
[Fig.34] Bi-polar 펄스전원의 전압/전류 파형

[Fig.34]는 개발된 펄스전원의 전압 전류 파형이다. 주파수는 5~50 kHz까지 가변 가능하다. 전원용량은 10kW와 20kW가 개발되었으며 20kHz 까지는 Full 전력이 공급 가능하고 50kHz에서는 20%까지 가능하다. (+)전압과 (-)전압의 폭은 각각 0~90%까지 가변 가능하다.



< Monitoring >

a) 전원장치 동작상태 감시용 Monitoring 프로그램

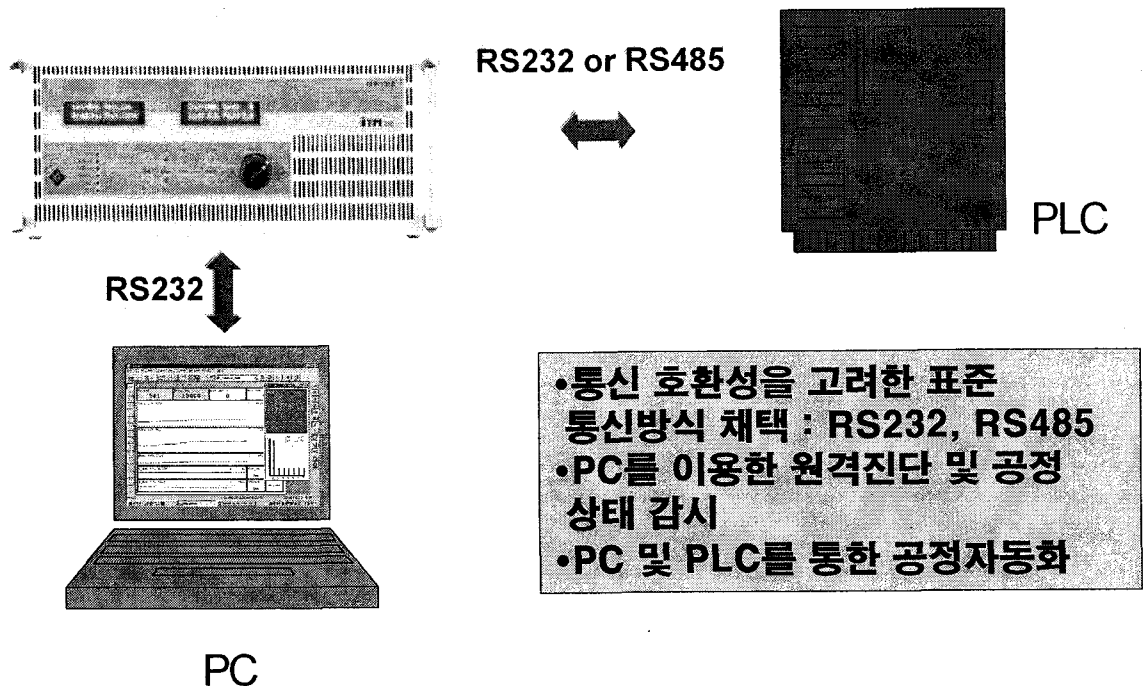


< Remote control >

b) 전원장치 원격제어 프로그램

[Fig.35] 펄스전원 제어 및 Monitoring 프로그램 화면

전원장치 상태감시 및 제어를 PC 상에서 손쉽게 할 수 있는 프로그램을 [Fig.35]와 같이 개발하였다. Monitoring 기능은 전원장치 동작 history, 전원 내부의 이상 동작 여부에 대한 진단 등을 갖추고 있어 공정 개발자들이 편리하게 사용할 수 있다. 또한 전원장치 제어에 필요한 모든 변수를 PC 상에서 제어가 가능하여 공정자동화가 용이하다.



[Fig.36] 외부장치와의 통신기능 개념도

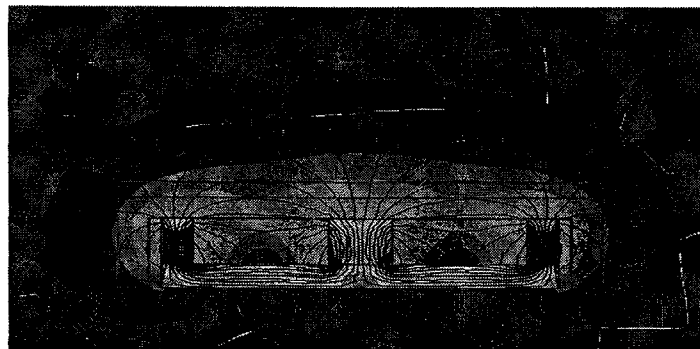
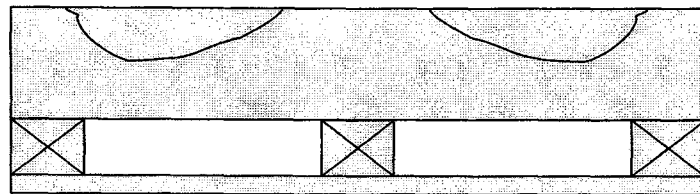
PC 및 산업용 제어장치와의 통신을 위하여 RS232, RS485를 기본 통신 방식으로 제공한다. 외부장치와의 통신은 [Fig.36]과 같이 구성되며 여러 대의 전원장치도 동시에 연결하여 사용 가능하다.

이상 본 연구를 통해 개발한 전원장치는 스퍼터, 바이어스 및 세정에 안정성을 기반으로 탁월한 공정 특성을 갖음을 확인하였고 외부 제어장치 등 전자 기기들과의 전자파 장애에 여부를 확인하기 위하여 시험기관에 의뢰하여 FCC를 인증 받았다. 또한 2001년 말에는 과학기술부로부터 KT 마크를 받음으로써 전원의 기술력을 인정받았다.

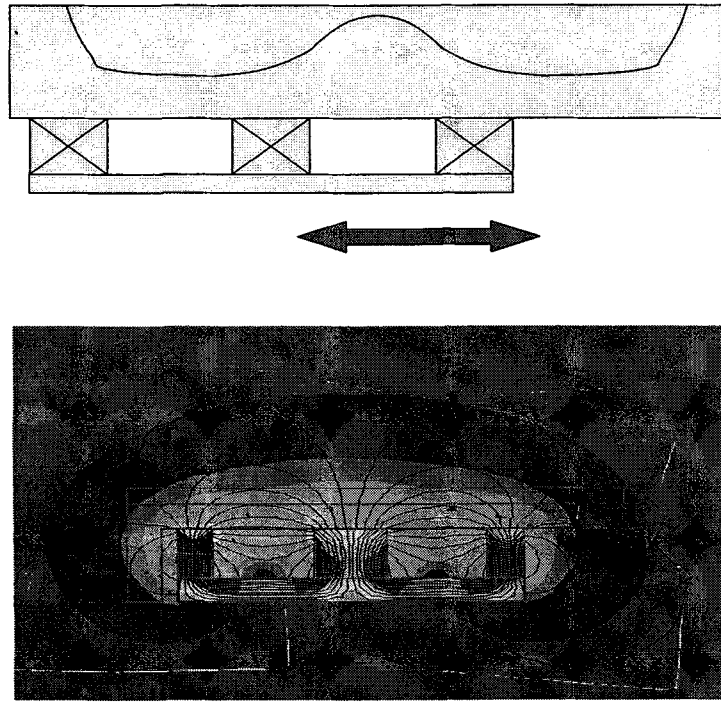
### 3. 대면적 스퍼터 캐소드

마그네트론 스퍼터의 성능을 나타내는 지표로써 타겟 이용률이 가장 중요한데 타겟 이용률은 마그네트론 스퍼터 타겟 윗면의 자장분포에 의해 결정된다. 타겟 이용률은 단순히 타겟 재료비만을 절감하는 효과가 있는 것이 아니라 타겟 교체에 따른 보수 유지비 절감 및 설비의 가동률에 영향을 미치므로 매우 중요하다. 본 연구에서는 Tera Analysis사의 Quick Field Ver. 4.2를 이용하여 자장분포를 해석하였고 그 결과를 바탕으로 영구자석 선정 및 배치 등 마그네트론 스퍼터를 설계하였다.

[Fig.37]는 기존의 마그네트론 스퍼터의 자장분포를 해석한 결과이다. 자장분포상 타겟 이용률은 40% 이상 올리기가 매우 어려움을 알 수 있었다. 이러한 한계를 극복하기 위해서는 자장분포를 이동시켜 타겟 전면에서 타겟을 스퍼터링함으로써 이용률을 증가시켜야 한다. 자장분포를 이동시키는 방법으로는 전자석인 경우 전류를 변동시키고 영구자석인 경우에는 이동시켜야 한다. 본 연구에서는 [Fig.38]과 같이 영구자석을 좌우로 이동시켜 자화 분포를 변화시켰다. 이 경우 사용율은 63%까지 증가하였다.

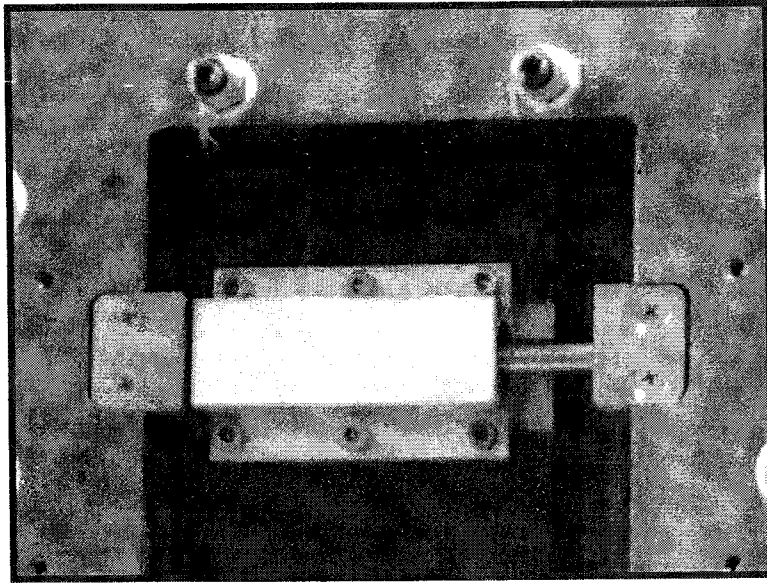


[Fig.37] 종래 스퍼터 캐소드의 자장분포  
(사용율 : 25 ~40%)

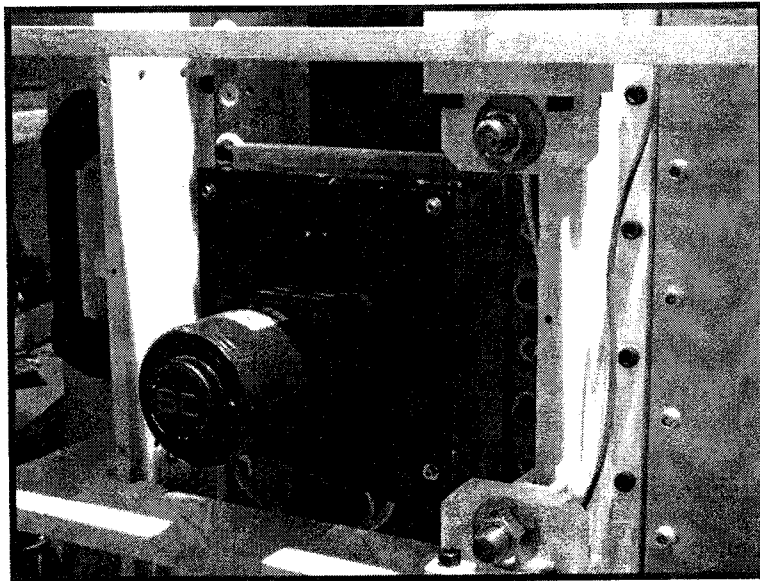


[Fig.38] 마그네트 이동형 스퍼터 캐소드의  
자장분포(사용율 : 63%)

[Fig.39]는 개발된 마그네트 이동장치의 상부와 하부의 구조이다. 상부에는 이동용 가이드가 설치되어있고 하부에는 이동용 모타가 설치되어있다. [Fig.40]은 마그네트 이동형 스퍼터가 설치된 전경과 구리 타겟을 대상으로 스퍼터링한 후의 모습이다.

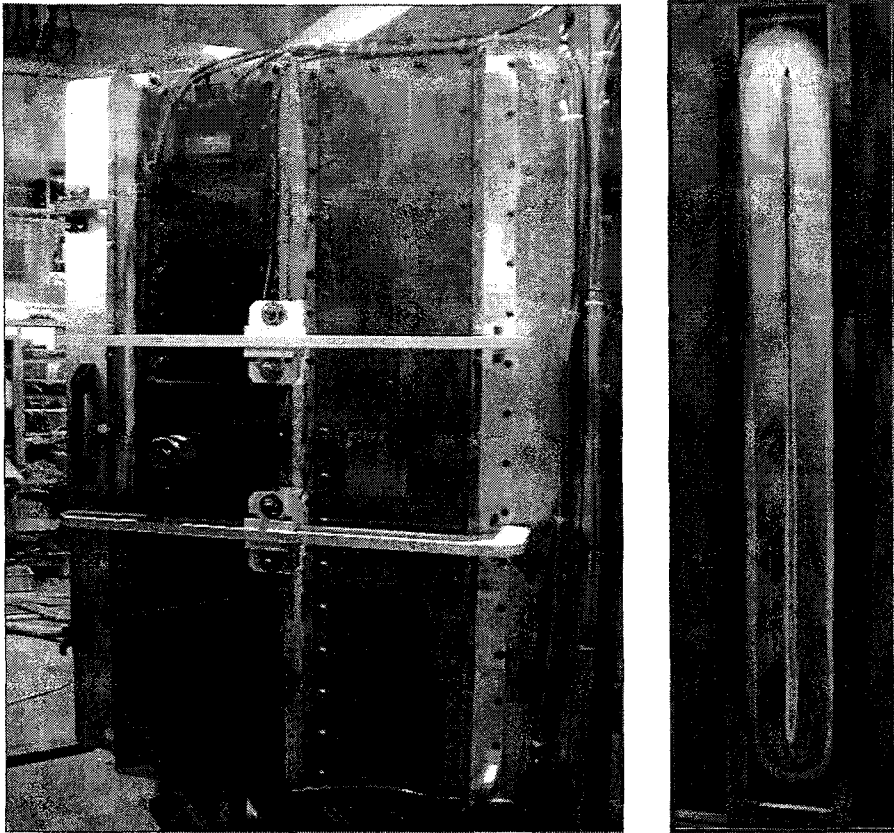


a) 마그네트 이동용 가이드



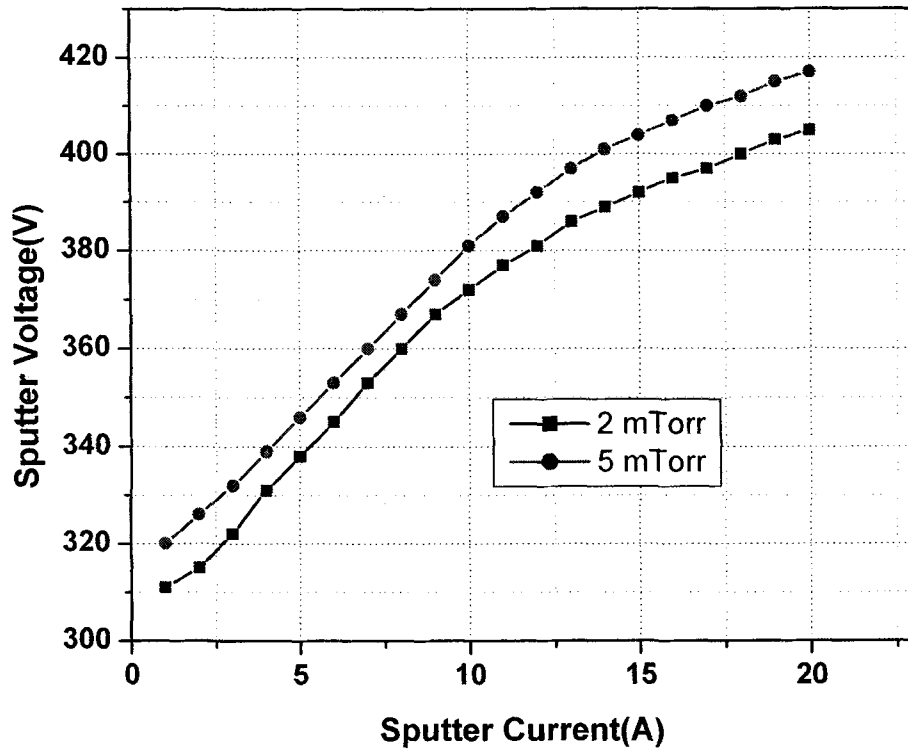
b) 마그네트 이동용 모터

[Fig.39] 개발된 마그네트 이동형 스퍼터의 이동장치



[Fig.40] 마그네트 이동형 스퍼터 캐소드 장착 전경 및  
Cu 타겟 스퍼터링 후의 모습

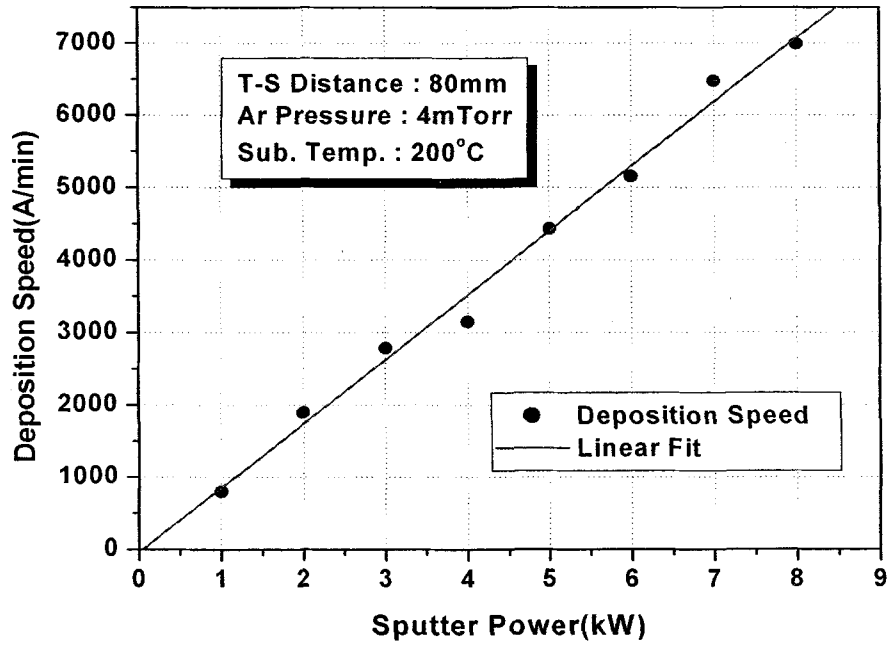




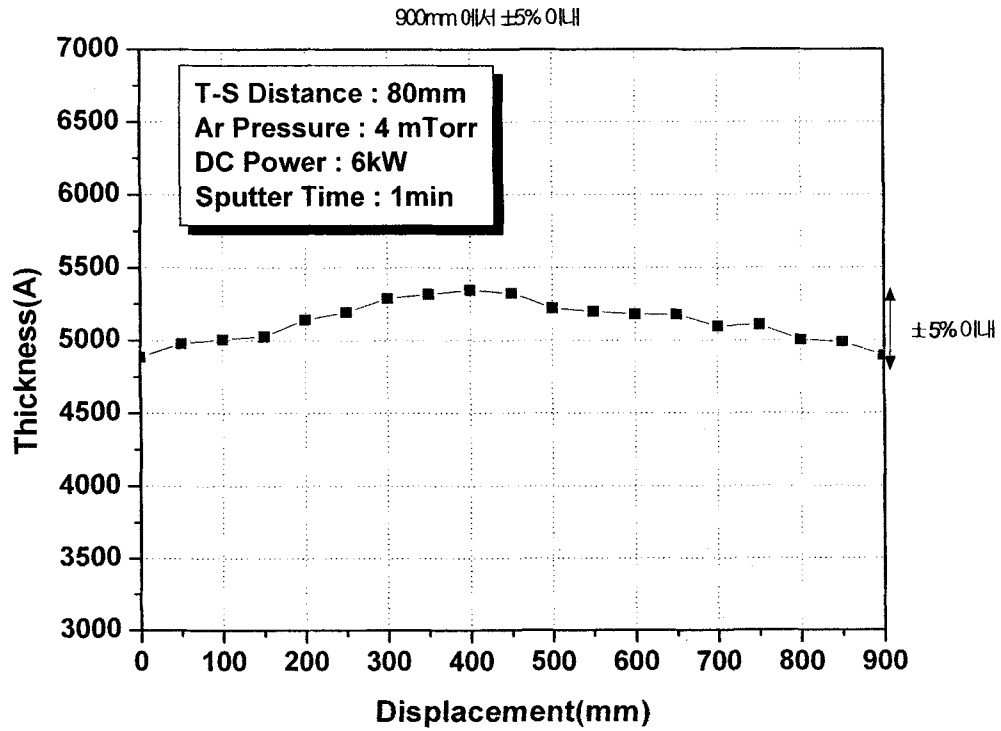
[Fig.41] 마그네트 이동형 스퍼터의 I-V 특성

개발된 마그네트 이동형 스퍼터의 전기적 특성을 조사하기 위해 본 연구에 의해 개발된 전원장치를 이용하여 [Fig.41]과 같이 I-V 특성곡선을 구하였다. 압력 및 전류에 따라 정상적인 특성을 나타내고 있다. 방전 상태를 관찰한 결과 육안으로 아크를 관측할 수 없었다. 이러한 점은 아크제어가 잘되고 있어 Soft Arc 수준 이하의 아크만이 존재함을 의미한다.

입력 전력에 따른 구리의 증착율은 [Fig.42]과 같이 선형 특성을 나타내었다. 70"급 스퍼터의 균일도를 조사한 결과 [Fig.43]과 같이  $\pm 5\%$ 이내로 양산에 적용할 만한 수준을 얻었다.



[Fig.42] 입력전력에 대한 Cu의 증착속도



[Fig.43] 70"급 스퍼터의 균일도

#### 4. 증착원 개발 결과

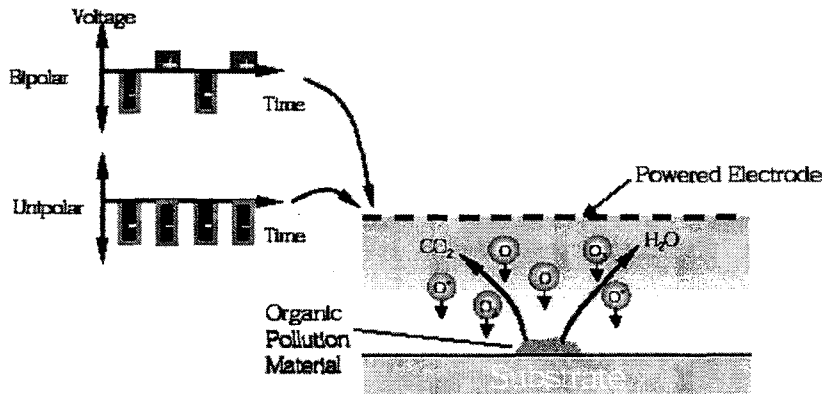
본 연구를 통해 10/20kW 펄스전원과 70"급 고효율 마그네트론 스퍼터 캐소드를 개발하였고 양산에 적용 가능한 수준임을 확인하였다. 특히 펄스전원 장치는 과학기술부로부터 KT 마크를 받았고 미국의 전자파 규격인 FCC를 획득하여 기술력과 품질을 인정받음으로써 전량 수입에 의존하고 있는 국내 양산 장비용 펄스전원장치의 수입대체 효과와 함께 해외 시장에서도 호평을 받고 있다.

본 연구의 가장 큰 성과는 펄스 전원과 부하인 마그네트론 스퍼터를 함께 개발하여 독창적인 플라즈마 소스를 개발할 수 있는 기술력을 확보하였다는 점이다. 현재까지 전원은 거의 해외에서 수입하여 사용함으로 인해 기존의 전원 장치 특성에 맞추어 마그네트론 스퍼터를 만듦으로 인해 차별화된 제품을 만들 수 없었으나 본 연구를 통해 플라즈마 전원 기술을 확보하여 앞으로 많은 응용제품들이 개발될 수 있는 여건이 마련되었다.

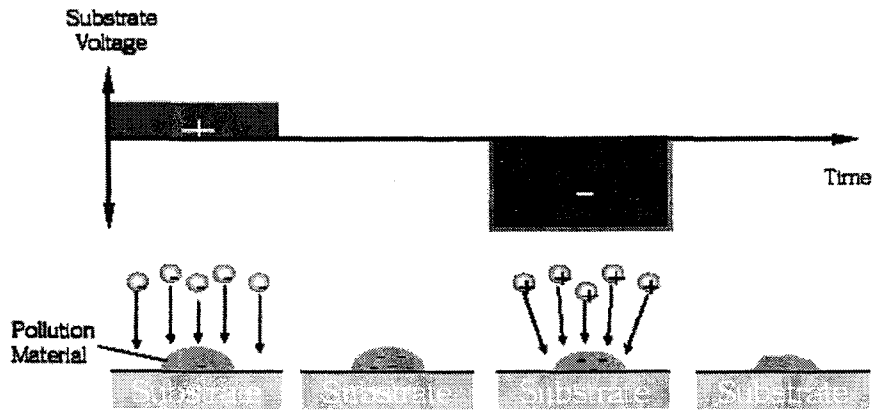
## 제4절 대면적 투명 전도성 코팅 연구결과

### 1. 플라즈마 세정

플라즈마 전처리 공정은 플라즈마를 이용하여 시료 표면에 존재하는 오염물질을 제거하는 것을 말하며 화학적 화학적인 방법과 물리적 물리적인 방법으로 나눌 수 있다. 화학적 화학적인 방법은 [Fig.44]과 같이 시료표면의 오염물질을 플라즈마 내에 존재하는 활성종과 반응시켜 제거하는 방법으로 주로 유기물이 대상이며 방전 가스로는 산소를 사용한다. 이 경우 유기물은 플라즈마 상태에서 결합이 깨진 산소원자, 오존 및 여기 입자들이 유기물과 반응하여 기체 상태인 수분과 이산화탄소의 형태로 제거된다. 물리적 물리적인 방법은 [Fig.45]와 같이 시료 표면에 고에너지 이온을 충돌시켜 표면의 오염물질을 제거하는데 이 방법은 표면 개질 효과도 함께 얻을 수 있으며 무기물 제거에도 사용할 수 있다. 만약 이온의 입사 에너지가 과다하면 시료 표면에 손상을 줄 수 있어 주의하여야 한다. 실제 플라즈마 세정 공정에서는 두 가지 효과가 동시에 작용하며 적용 대상 및 공정에 따라 적절한 방법을 사용하여야 한다. 본 연구에서는 이와 같은 플라즈마 전처리 기술을 이용하여 고품위 투명 전도성 코팅층을 제조하고자 하였다.



[Fig.44] 플라즈마 세정 기술의 원리(화학적 세정)



[Fig. 45] 플라즈마 세정 기술의 원리(물리적 세정)

## 2. 고품위 투명전도성 코팅 기술의 문제점

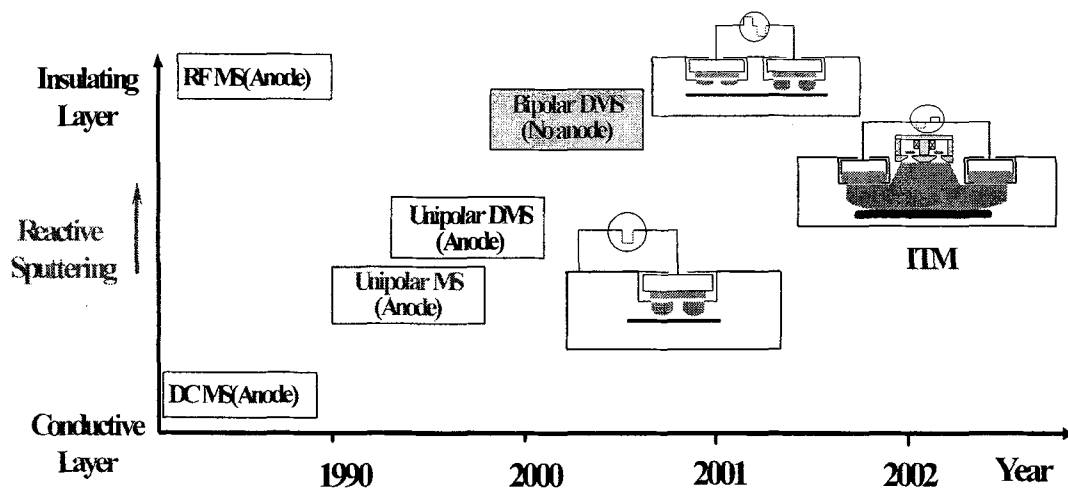
고품질 투명 전도성 박막을 제조하기 위해서는 기판상에 입사되는 ad-atom의 활성화 에너지와 기판상에서 Migration 하는 입자의 활성화 에너지를 높여 주어야만 고품위 박막을 형성할 수 있게 되며, 이를 위해서는 플라즈마를 낮은 방전 전압에서 더욱 활성화 시켜야하고, 기판의 직접적인 가열없이 증착되는 박막만을 가열시키는 효과를 주는 기술을 적용시켜야 하기 때문에, 본 연구 과제의 펄스 플라즈마 기술과 Eddy Current 유도 가열기술을 통해 이러한 문제점을 해결하고 있다. 낮은 비저항과 높은 투과도를 가지는 고품위의 TCO 합성기술을 성공적으로 달성하기 위한 핵심 디자인 파라미터는 어떻게 carrier density와 carrier mobility를 증가시키는가에 달려 있으며, 이 파라미터의 trade-off 관계를 최적화 하는 방법에 있다고 볼 수 있다.

주어진 TCO 재료에 있어서 높은 투과율을 유지하며 높은 전기 전도도를 얻기 위해서는 광 투과율을 유지시킬 수 있는 최대의 carrier density에서 carrier의 mobility를 높이는 것이 관건이며 침입형 dopant를 억제하여 dopant의 치환을 극대화하며 scattering center를 최소화하고 grain boundary scattering을 최소화하는 문제이며, 상기의 핵심문제를 풀기 위하여는 궁극적으로 재료의 구조 및 특성을 결정하는 성막 공정 파라미터에 대한 심도있는 이해를 바탕으로 한 성막 공정 기술 개발로 귀결될 수밖에 없다.

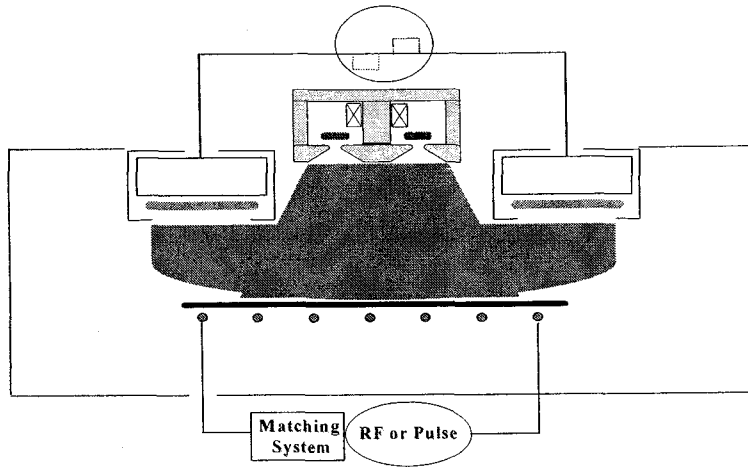
### 3. 인라인 스퍼터링 장치의 개조

[Fig.46]은 1990년대부터 활용되어 온 스퍼터링 방법의 모식도이다. 최근에 고품위 코팅층을 형성하기 위해 사용되는 스퍼터링 방식은 Twin Cathode와 이온빔 발생 장치를 혼합하여 사용하는 방법으로 플라즈마의 가장 큰 특징 중의 하나인 반응성 증대를 통해 고품위 코팅층을 형성할 수 있다.

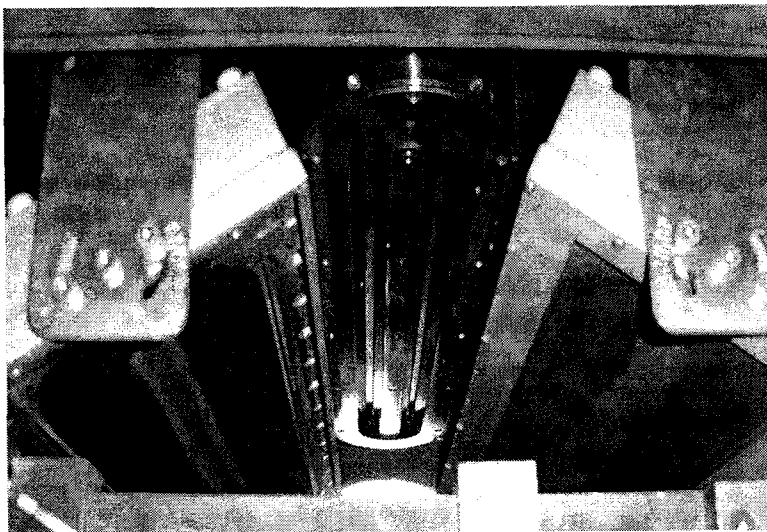
따라서 본 연구에서는 기존의 인라인 스퍼터링 시스템의 증착부를 [Fig.47]에 제시된 바와 같이 이온빔 보조 증착이 가능하도록 시스템을 개조하였으며 [Fig.48]은 실제 장착된 모습을 보여주고 있다. 본 연구에서는 향후의 대량생산에 적용 가능한 Magnetron Sputter(MS)를 채택하여 자체 개발을 수행하였다. 아울러 본 연구 과제에 의해 개발된 이온빔이 Assisted 된 Dual Magnetron Sputter(DMS)의 동기화 기술이 특허 출원 중에 있다.



[Fig.46] 마그네트론 스퍼터의 기술 발전 추이



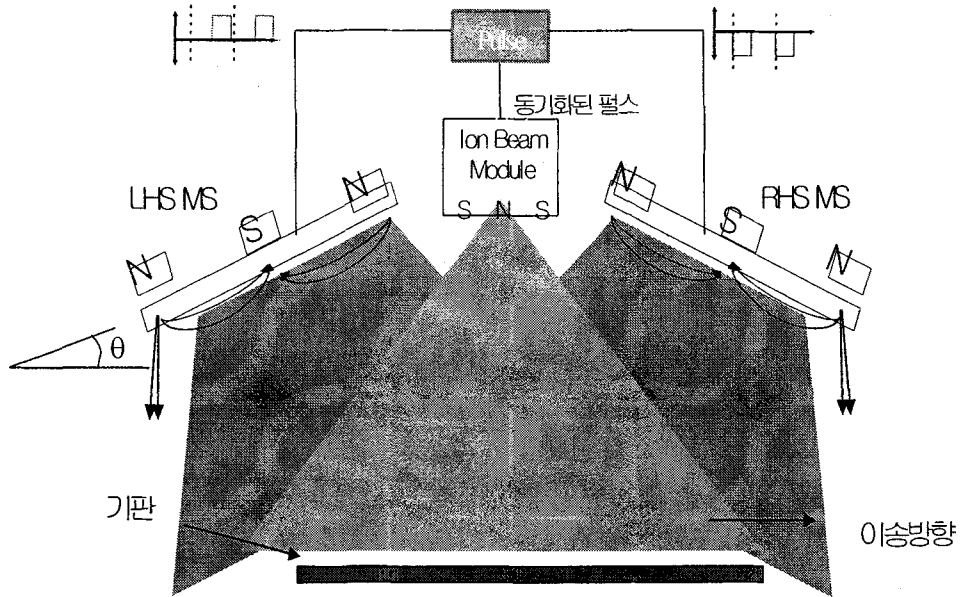
[Fig.47] Dual 마그네트론과 선형 Ion Beam 및 유도 가열 장치가 장착된 증착 시스템 개략도



[Fig.48] Dual 마그네트론과 선형 Ion Beam 및 유도 가열 장치가 장착된 증착 시스템 사진

ITO 투명 도전막에서의 특성으로 주목할 만한 것은 얇은 박막(<약 300nm)에서는 DMS기술이 Single Magnetron 보다 더욱 좋은 박막 특성(SVC 2002년도 발표된 결과)을 보인다는 결과와 부합되는 DMS 기술을 2001년도에 채택하였으며, DC 마그네트론보다 펄스 마그네트론에서의 ITO 특성이 더욱 우수하다는 결과를 밝혀내었고, 본 연구 과제에서는 Pulsed DMS 기술을 채택하였다. 또한, 이를 바탕으로 이미 특허와 실용신안 기술을 확보하고있는  $\mu\text{s}$ 급 bipolar pulse plasma 전원, 대면적

화가 가능한 대전류/저전압 Ion Source, 그리고 유도가열 표면처리법을 마그네트론 스퍼터와 연계한 코팅 공정 개발을 수행함으로써 고품위의 TCO 박막을 개발하고자 하였다. 이러한 기술을 총 망라한 장치의 개략도를 [Fig.49]에 나타내고 있다.



[Fig.49] 이온빔 보조 증착 장치의 개략도



## 제5절 스퍼터 코팅 실험 결과

### 1. 서론

국내의 경우 60인치급 이상의 대면적 디스플레이용 스퍼터링 장치는 한국기계연구원에서 최초로 개발하고 있으며 서울대학교에서 국내 진공 전문 업체와 공동으로 30인치급 수직형 Glass 코팅 장치를 개발한 경험을 가지고 있다. 현재 국내에서 상용화되고 있는 디스플레이용 Glass 코팅 장치는 대부분 LCD용 Glass 코팅 장치로서 전량 수입에 의존하고 있으며 PDP용 Glass 코팅 장치는 Maker 별로 장치 수입 후 가동 준비에 있는 실정이다.

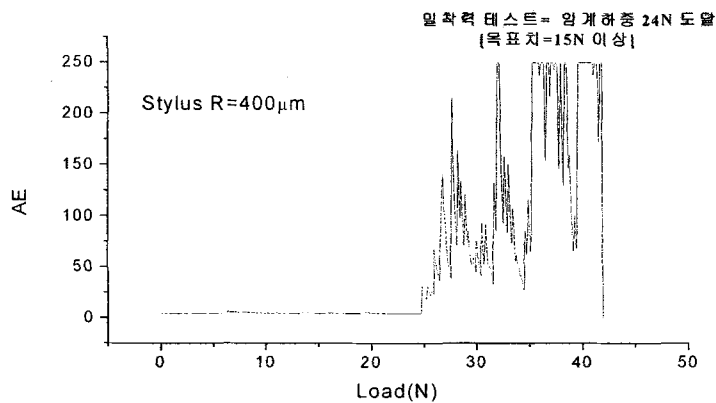
국내에서 개발되고 있는 스퍼터링 장치의 문제점은 신뢰성에 있다고 보는 것이 타당하다. 장치 개발 기간이 외국에 비해 매우 짧아 생산 현장에 적용할 수 있는 기회가 부족하였으므로 타 공정과의 Matching 및 생산품의 품질 재현성, 사고 발생에 대한 대처 능력 부족 등으로 인해 실용화에 이르지 못하고 있다. 그러나 PDP 산업의 경우 현재 초기 단계이며 양산 라인을 가동하는 나라는 우리 나라가 유일하므로 향후 2년 내에 양산용 스퍼터링 장치가 개발 완료되고 장치의 신뢰성이 검증되면 실용화 가능성이 매우 클 것으로 예상된다.

본 장치에서 생산되는 제품의 경우 품질에 대한 요구는 충분히 만족시키고 있으나 생산성 및 제품 재현성에서 아직까지 신뢰를 주지 못하고 있는 것이 사실이다. 따라서 이를 극복하기 위해 PDP용 Glass 코팅 공정 실험을 수행하였으며 그 결과는 아래에 명기된 바와 같다.

### 2. 고품위 투명전도성 코팅 연구

투명 전도체 박막을 제조하기 위해 사용된 코팅재료는 Indium-tin-oxide를 사용하였다. 투명 전도성 박막 형성 전에 고전류 모드에서 이온빔 처리를 3분 동안 하였으며 Power Density  $2.2\text{w}/\text{cm}^2$ , 코팅 공정 온도  $350^\circ\text{C}$ , 작업 압력  $3 \times 10^{-3}\text{torr}$ 의 작업 조건에서 가장 우수한 투명 전도성 코팅층이 형성되었으며 그 특성은  $1500\text{Å} \pm 30\text{Å}$ 의 두께에서 투과도 87~88%, 전기전도도  $8 \sim 9 \Omega/\square$ 의 값을 나타냄으로서 고품위 디스플레이 소자에 적용할 수 있는 수준에 도달하였다고 판단된다. 아울러 [Fig.50]에 제시된 바와 같이 모재와의 밀착력 값이 25N을 나타냄으로서 디스플레이 소자로 적용되었을 경우 내구성에 문제

가 없다는 것을 보여 주고 있다. 본 연구에서 사용된 밀착력 측정 장비는 CSEM 밀착력 측정 장치이며, Stylus의 R=400um를 이용하여 특성을 조사하였다. 그림에서 알 수 있듯이 임계하중 25N 정도에서 박막이 벗겨지는 것을 알 수 있다. 기판과 ITO 층 사이에 Buffer 층으로 SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, DLC 등을 사용하여 그 특성을 최적화 하고 있다. 특히 DLC의 버퍼 층의 경우는 플라스틱 유기 EL등의 내 투습성, 내 투산소도 등에도 특별한 성능을 가지고 있어, 차세대 디스플레이 소자로 주목받고 있는 플라스틱 유기 EL소자의 기판에 매우 중요한 역할과 큰 파급효과를 기대할 수 있다.



[Fig.50] CSEM에 의한 임계하중에 따른 Emission Profile

## 제4장 연구개발 목표 달성도 및 대외 기여도

### 제1절 연구 목표 및 달성도

연구 개발 목표	연구 개발 목표 달성도
<p>○대면적 Glass 코팅 공정의 실용화 기술 개발</p> <p>○대면적 Glass 코팅 장치 산업화 기반 확보</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 고속 플라즈마 증착원 개발 (기존 제품 개조)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 65%이상의 Target 재료 소모 Sputter Gun 설계 및 제작 (고유모델정립)</li> <li>- 대면적 코팅막 균일도 <math>\pm 5\%</math>와 150℃ 이하의 공정온도 확보 기술</li> <li>- ITO 증착 속도 500Å/min</li> <li>- 균일코팅용 대면적 Sputter Gun 설계 및 제작 완료</li> </ul> </li> <li>○ 플라즈마 전처리 기술 확립               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 이온건을 이용한 In-situe 플라즈마 세정 기술 적용</li> <li>- 대기압 플라즈마를 이용한 Glass 세정 기술 개발</li> </ul> </li> <li>○ 대형 수직형 Sputter Chamber 보완 및 생산성 제고기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시스템 자동화 기술 개발</li> <li>- 코팅 수율 극대화 연구 : 95% 이상</li> </ul> </li> <li>○ 대면적 무결점 투명 전도성 코팅공정 기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- PDP용 ITO 박막 제조기술 연구                   <ul style="list-style-type: none"> <li>· 증착속도 : 500Å/min</li> <li>· 전기전도도 : 10<math>\Omega</math>/□</li> <li>· 가시광선 투과도 : 88%이상</li> <li>· 코팅 균일도 : <math>\pm 6\%</math></li> <li>· 증착두께 : 1500Å</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>

## 제2절 대외 기여도

### 1. 기술적 기여도

PDP기술에서 전극제조 및 MgO 박막제조는 우수한 PDP제조에 반드시 필요한 공정기술이다. 기존의 전극제조 및 MgO박막 제조기술은 주로 진공증착법에 의해 진행되어 왔으나 이 방법은 특성상 유리기판을 수평하게 처리하여야 하는 단점을 가지고 있다. 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. 따라서 진공증착법을 대신 할 수 있는 코팅공정 및 코팅 장치의 개발이 시급히 요구되고 있다. 진공증착법을 대신할 수 있는 방법으로는 본 연구개발에서 수행하고자 하는 스퍼터링법이 있으며 이 방법으로는 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 있어 향후 PDP 실용화의 최대 장애요인 중의 하나인 생산단가를 대폭 절감할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 또한 본 기술은 LCD, FED등 차세대 평판 표시 장치의 기초소자인 투명박막 제조, 유전체 코팅공정 기술 등 2000년대 첨단 고부가가치 산업의 기반기술에 적극 활용될 수 있으며 반도체 산업의 코팅공정에도 응용될 수 있어 국가 경쟁력 제고에 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

### 2. 경제적 기여도

세계 평판 디스플레이 산업의 발전 속도는 CRT의 경우 2000년까지 연평균 4.9%의 성장률을 보이며 2000년에 약 250억불의 시장이 형성될 것으로 예상된다. 반면 차세대 평판 디스플레이의 경우 LCD가 연평균 12.7% 성장률에 310억불의 시장규모를 보일 것으로 예측되며, PDP는 연평균 성장률 26.8%, 2000년 시장규모 10억불이 예상되고 있어 LCD에 비해서는 매우 작은 규모의 산업규모이나 성장속도로 보아 2010년 경에는 유사한 산업규모를 보일 것으로 판단되어 지고 있다.

현재 차세대 평판 디스플레이는 LCD에 의해 주도되고 있으며 이 시장의 90%

가 일본의 샤프, 호시덴, 도시바에 의해 좌우되고 있다. 국내의 경우 삼성전자, LG전자에서 TFT-LCD를 생산하고 있으며 세계적으로 시장 점유율을 높이기 위해 기술개발에 노력을 경주해 온 결과 점차적으로 결실을 맺고 있으나 생산 설계와 부품의 대부분을 수입에 의존하고 있다.

PDP기술은 현재 삼성전관, LG전자, 오리온전기, 현대전자에서 Pilot 라인 또는 소규모 생산 설비를 구축하며 시제품을 만들고 있으나 이 역시 설비와 재료의 대부분을 일본으로부터 수입에 의존하고 있으며 향후 생산라인이 구축될 때까지 장비의 국산화가 이루어지지 못할 경우 라인당 3,000~4,000억원 정도가 소요되는 설비의 대부분을 일본으로부터 수입하여야 할 것으로 예상된다. 따라서 PDP 생산에 필요한 장치의 국산화가 이루어지지 못할 경우 현재의 반도체 산업에서 겪는 바와 같은 경쟁력 저하를 경험할 것으로 예상되며 막대한 외화를 소비하는 결과를 초래할 것이다.

2006년을 기준으로 우리 나라의 PDP 시장 점유율이 약 30% 정도 된다고 가정하였을 경우 60억불의 생산 규모를 보일 것이고 이중 설비비용을 20%로 가정하였을 때 약 12억불이며 코팅 설비비는 2억불 정도 소요될 것으로 예측된다. 즉 본 장치 제조기술이 국산화되면 2억불 이상의 직접적인 수입대체가 가능하며 이와 함께 전극제조기술, 유전체 보호피막 형성기술, 고해상도 표시기술 등 제반 기초기술의 국산화가 이루어질 경우 PDP의 선진국으로 진입할 수 있으며 무역 역조 개선에 크게 기여함은 물론 막대한 수출도 기대할 수 있을 것이다.

### 3.사회, 문화적 측면

PDP제조기술의 가장 큰 응용분야는 고화질 텔레비전(HD TV)의 대형화와 박형화이다. 따라서 2000년대 영상시대의 주요 필수품으로 많은 사람들이 이용할 것으로 예상된다. PDP가 벽걸이 TV로서 자리를 잡아 가정에 보급하기 위해서는 현재 인치당 200\$ 정도에 보급되는 PDP의 제조 코스트를 상당한 수준으로 떨어뜨려야만 한다. 특히 일본의 PDP 제조회사들의 제품들의 화질·성능 모두 최근 상당한 진전을 보이고 있음에 따라 일본 PDP 회사는 특히 저코스트화에 주력하고 있다. 97년 일본의 PDP 모듈 제조 코스트가 패널과 유니트 제조 코스트비가 7 : 3정도이며, 이중에서 설비감가상각비가 50%에 이

르고 있고, 박막설비의 상각비가 차지하는 비중이 큰 것이 현실이다. 따라서 설비의 가격자체를 낮추고 생산성을 상당한 수준으로 끌어올려야 PDP를 가정용 벽걸이 TV로서 보급시킬 수 있는 가격경쟁력을 확보할 수 있다. 본 연구 개발의 경우 앞에서 언급한 바와 같이 PDP 소자의 생산 단가를 대폭 낮출 수 있는 기술로서 고화질 대면적 TV의 보급에 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

#### 4. 타기술에 미치는 영향

본 기술개발이 이루어질 경우 LCD, FED등 차세대 평판 표시 장치의 기초소재인 투명박막제조, 유전체 코팅공정 기술 등 2000년대 첨단 고부가가치 산업의 기반기술을 확보함으로써 국가 경쟁력 제고에 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

## 제5장 연구개발 결과의 활용계획

### 제1절 활용계획

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.

미국의 경우 PDP개발과 함께 기초기반 기술에 속하는 공정장비의 상품화에도 활발한 연구를 진행시키고 있다. 이는 반도체 산업에서 한국과 대만, 중국, 싱가포르 등 기초기반 기술 개발 없이 생산기술에 치중한 국가에 막대한 생산 설비를 판매하며 건국 이후 최대의 호황을 누렸던 경험에 비추어 2000년대에 이동통신 분야와 함께 최대의 시장으로 부상될 평판 디스플레이 사업에서도 생산 공정 설비를 상품화하여 막대한 부가가치를 창출하고자 하는 전략으로 받아들일 수 있다.

일본은 세계 평판 디스플레이 시장의 약 70%이상을 점유하고 있다. LCD 시장의 경우 샤프, 호시덴, 도시바, NEC등이 세계시장을 주도하고 있으며, PDP의 경우 NHK, 마스시다, Dai Nippon, 후지쓰 등에서 상품화 가능 시제품을 선보이며 가장 앞선 기술을 보유하고 있는 것으로 평가받고 있다. 미국은 민간 수요보다는 군사용이나 항공 우주용의 평판 디스플레이 사업에 치중하고 있으나 거대 시장이 형성될 시기인 2005년에는 일본의 기술을 충분히 추월할 수 있는 기초기반 기술을 확보하고 있으며 평판 디스플레이 생산을 위한 제조장치의 상품화등 고부가가치 산업에 많은 Know-how를 보유하고 있다.

국내의 경우 삼성SDI, LG전자, 오리온 등 3대기업 모두 평판 디스플레이 사업에 경쟁적으로 참여하고 있으며 최근 70인치급 PDP 모니터를 시제품화하는 등 활발한 연구개발을 하고있으나 기반기술 개발은 미비한 상태이다. 따라서 향후 거대시장에서 일본, 미국 등 기술 선진국에 대해 충분한 경쟁력을 확보하기 위해서는 플라즈마 응용 코팅기술 및 장치개발 등과 같은 기초기반 기술부터 개발되어야 할 것으로 판단된다.

현재 국가 차원에서 지원되고 있는 과제들을 살펴보면 모두 Manufacturing

기술에 집중되어 있는 것을 알 수 있다. 이는 당장의 성과를 보기 위한 과제로 인식되고 있다. PDP기술의 최종 목표는 앞서서도 언급하였듯이 70인치급 고화질 텔레비전에의 적용이다. 이를 위해서는 1인치당 100불이하의 생산단가를 맞추어야 한다는 것이 대체적인 시각이다. 따라서 혹독한 생산단가 저하와 제품의 품질 개선이 이루어져야 경쟁력이 있을 것으로 예상된다. 따라서 가정용 TV보급이 실현될 것으로 예상되는 2006년까지 대면적 코팅장치를 국산화하고 효율적인 공정 연구를 수행할 경우 경쟁력있는 PDP를 생산하는데 일조할 수 있을 것으로 예상된다. 또한 이러한 대면적 코팅기술 및 장치는 LCD의 ITO코팅, Cr 및 Cr 산화물 Black Matrix층 제조, 금속 박막제조, 산화 실리콘 막 제조등에 크게 활용될 수 있으며, 장치제조 및 공정기술 축적 후에는 반도체용 박막제조에도 널리 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

## 제2절 기업화 추진 방향

### 1. 대면적 코팅장치 개발 동향 분석

대면적 유리기판을 코팅할 수 있는 대형 스퍼터링 장치의 개발은 PDP산업에 필수적으로 실현되어야 할 분야이다. 현재 상기 업체들은 반도체 산업용 Cluster 개념의 대면적 코팅 장치와 디스플레이 산업에 필요한 대면적 코팅 장비를 구분하여 개발하고 있다. Cluster 개념의 장치의 경우 300mm급 Wafer를 처리할 수 있는 규모로 개발 완료하였으며 6개의 Cluster로 구성된 장치를 기본으로 하고 있다. 챔버 재질은 Al 합금을 주로 사용하고 있었으며 생산성을 높이기 위한 Self-etching 시스템을 채용하여 진공 파괴 없이 Plasma를 이용하여 챔버에 부착되어있는 코팅물질을 제거할 수 있는 장치를 개발하였다. 디스플레이용 대면적 코팅장치의 경우 PDP용 장치는 60인치급 Glass를 코팅할 수 있는 규모까지 개발되었으며 반도체용 장치와는 달리 In-line형 시스템으로 구성되어 있다. 현재 개발된 최신 장치의 특징을 살펴보면 다음과 같다.

- ① 고 Power, 대면적 대응의 이상 방전 제어 전원 개발  
(20kW 이상급 파형변형 전원 장치 개발)
- ② 플라즈마 균일성을 증대시킬 수 있는 Cathode 주변의 Hard-ware와 자기

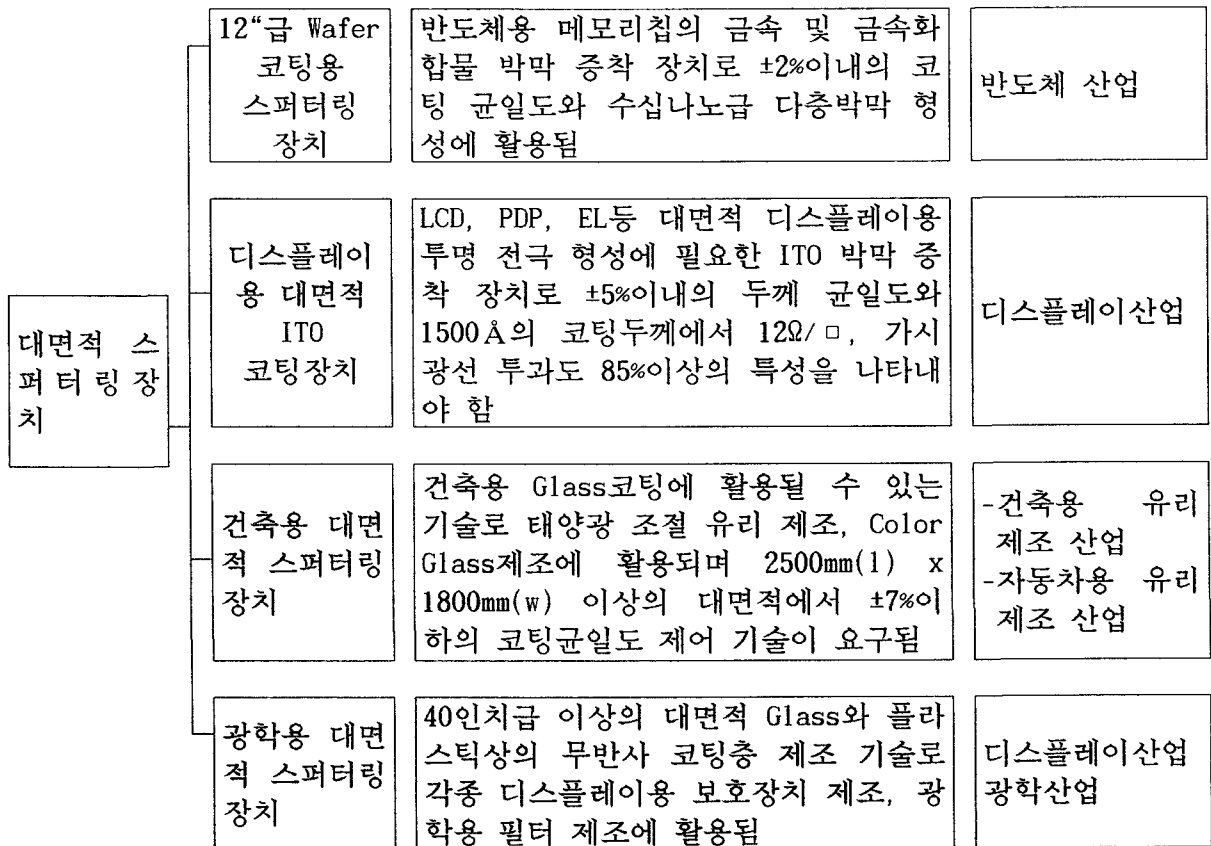


회로

설계

- ③ 막두께 제어성이 우수한 공정 개발
- ④ 기관가열 냉각의 효율화
- ⑤ 각종 박막코팅 종류에 따른 고유 타겟 설계 및 제작기술 적용
- ⑥ 장치 Maintenance 주기의 연장 및 Maintenance 시간단축
- ⑦ particle 제어 공정 확립

아울러 조사/분석된 대면적 스퍼터링 장치의 산업별 분류를 살펴보면 [Fig.51] 과 같이 반도체, 디스플레이, 건축, 광학, 기계 분야에 널리 활용되고 있다.



[Fig.51] 스퍼터링 장치의 산업별 활용도 분류

## 제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

### 제1절 대면적 코팅 장치의 세계 시장동향 및 기술 Trend

#### 1. 세계시장 동향

- PDP/LCD는 전체 FPD시장의 약 67%를 차지하고 있으며, 기술향상과 가격절감, 신규수요창출로 연평균 25%의 증가율을 가지고 있음 (Display search근거)
- 관련 sputtering장치도 신규라인 설치 규모에 따라 약간의 차이는 있지만 연평균 20%이상의 시장규모가 증가하고 있음.
- 태양광 조절용 스퍼터링 장치의 경우 초대면적(3m x 2m 이상) 코팅을 실행할 수 있는 시스템 개발이 이루어지고 있으며 전공정 자동화에 의한 생산비 절감 장치의 개발이 실현되고 있음.

#### 2. 세계 선도기업

- LCD제조용 Sputtering장치는 세계시장의 50%이상을 일본의 Anelva, Ulvac사가 차지하고 있음. 그외 독일의 Heraeus, Balzers, 미국의 AFL, Varian 등이 관련 장치를 생산하고 있음.

#### 3. 기술개발 Trend

구 분	~ 1990	1990 ~ 2000	2000 ~ 현재
장치구성	In-Line system, or Multi-process Module with Cluster	Multi-process Module or Single process with Cluster	Single Process Module with Cluster
용 도	디스플레이용 전도체 박막제조용, 태양광 조절 박막 제조용		
설계기술	PDP/LCD제조용 장치기술은 기관이 점점 대형화에 따른 장치구성의 대형화 따른 설계, 생산기술이 추가되며, 관련 핵심 기반기술은 크게 요구되지 않음.		
생산기술			
주요기술			

#### 4. 국내 외 기술수준

기술분야	수준 및 전망		기술수준	부족기술 (한 국)
	선진국	한 국		
Magnetron 설계	100 %	100 %		
High Vacuum기술	100 %	90 %		
Fast Heating & Cooling 기술	100 %	90 %		
Tact Time 구현기술	100 %	85 %		기판 loading기술
Particle 억제기술	100 %	70 %		기판이송 기술

#### 5. 경쟁력 확보 대책

순 번	극복기술명	요구기술수준
1	Magnetron Design (Modelling)	Full face Target Erosion - Target Utilization : >45%
2	Fast Heating	Heating Rate - > 25sec/sub
3	Increasing Coating Uniformity	Coating Thickness Uniformity : ±5%이하 (2m x 1m Area 기준)
4	핵심 요소기술 개발	가열장치, 균일코팅기술, Particle억제기술 개 발 등 스퍼터링 핵심 기술 개발을 통한 국내 코팅 장치 산업의 선진화 달성
5	신뢰성 확보대책, pilot plant, 표준화·공용화 등	신뢰성 제고 기술 개발 및 인증 제도 확립

## 제7장 참고문헌

1. 이건환, 이구현, 권식철, 진공 코팅 기술과 New Glass, 기계와 재료, 제8권, 4호, pp. 101 - 107, 1996.
2. 이건환, 이구현, 이상로, PDP용 생산장비 개발 현황, 기계와 재료, 제12권, 4호, pp. 35 - 45, 2000.
3. S.K.lee, J.H.Lee, and K.W.Whang, Measurement of Secondary Electron Emission Coefficient of MgO Films by Pulsed Ion Beam Method, IMID 01 DIEGEST, pp. 141 - 144, 2001.
4. S.G.Kim, J.H.Lee, and C.H.Park, Characterization of Mg<sub>1-x</sub>Ti<sub>x</sub>O Protective Layers by Electrostatic Spray Deposition Method for AC-Plasma Display Panel, IMID 01 DIEGEST, pp. 145 - 148, 2001.
5. Flat Panel Display 2001, 제조 장치의 현황과 장래전망, 日經BP社, pp. 166 - 170, 2001.
6. PDP 제조업 육성 타당성 조사연구 보고서, 산업연구원, pp. 46 - 85, 1999.
7. 최신 LCD 장비 기술, 박선우 편집, 차세대 평판표시장치 장비거점 연구단,
8. 2000년을 향한 산업기술 개발 수요(평판 디스플레이 분야), 산업기술 정책연구소, 1996
9. International FED Benchmarking Forum, SEMI, 1997
10. JPCA Show '98,, 사단법인 일본 회로공업회, 1998
11. 실용신소재 기술편람, 통산자료조사회, 1998
12. Thin Film for Integrated Optics Applications, Edited by "B.W.Wessels" MRS, 1995
13. The Principles of Plasmas, Edited by "H.Siegerman", MRC, 1995
14. Epitaxial Oxide Thin Films, Edited by "J.S.Speck", MRS, 1995
15. 최은하, 조광섭, 'PDP플라스마', 물리학회지 제 7권, 9호 (1998)
16. 이충훈, 'Display 산업(3)', 물리학회지 제 8권, 9호 (1999)
17. 이윤희, 정인재, 오명환, '고화질 평판 표시 장치기술', 전기학회지, 38권 10호 (1989)
18. 박원택 최기섭, 'PDP 개발 동향', 전기학회지, 38권 10호 (1989)

19. 신동기, 'PDP 기술동향', 전자공학회지 제 22권, 제3호 (1995)
20. 박명호, 'Plasma Display Panel(PDP)', 전자공학회지 제 24권, 12호(1997)
21. 일본 특허 공개 평8-165138(1995)
22. 김기동, 황종희, 'PDP기판유리:특성 및 생산기술'

## 특정연구개발사업 연구결과 활용계획서

사업명	중사업명	중점국가연구개발사업		
	세부사업명	첨단기계류 부품 사업		
과제명		대면적 코팅 장치의 실용화 기술 개발		
연구기관	아이티엠(주)	연구책임자	서용운	
총연구기간		2001. 10. 1. ~ 2003. 9. 30. ( 24개월)		
총 연구비 (단위 : 천원)	정부출연금		민간부담금	합계
	692,000		315,000	1,007,000
기술분야		표시장치(151)		
참여기업		아이티엠(주)		
공동연구기관				
위탁연구기관		에스이플라즈마(주)		
연구결과활용 (해당항목에(√) 표시)	1. 기업화 ( √ )	2. 기술이전( )	3. 후속연구추진( )	4. 타사업에 활용(√)
	5. 선행 및 기초연구( )	6. 기타목적활용(교육연구)( )	7. 활용중단(미활용)( )	8. 기타( )

특정연구개발사업 처리규정 제 31조(연구개발결과의 보고) 제 2항에 의거 연구결과 활용계획서를 제출합니다.

첨부 : 1. 연구결과 활용계획서 1부.  
2. 기술요약서 1부

2003년 10월 1일

연구책임자 : 서 용 운 (인)

연구기관장 : 서 용 운 (직인)

과학기술부장관 귀하

[첨부1]

## 연구결과 활용계획서

1. 연구목표 및 내용

본 연구에서는 70"급 대면적 글라스코팅 양산기술 개발을 위해 1차년도에 상압플라즈마에 의한 유기물 세정을 위한 환경친화적 세정기술을 확립하였으며, 진공중 세정에 의한 박막 밀착력 향상시켰으며, 증착속도 ITO박막 기준 500 Å/min 이상, 박막 막후 균일도 ±5% 이하의 특성을 갖는 고성능박막증착용 캐소드를 개발하였으며, 2단계 연구 수행 종료시점인 현재에는 인라인 공정에서의 각 단계별 전용 시스템 구축 및 공정 최적화하여, 각 박막별 최적공정조건 및 여타 공정변수에 따른 박막 성능에 대한 데이터 베이스를 구축하였고 이에 의해 단위공정속도 1장/5분으로 양품을 95%이상, 가동율 90% 이상의 양산기술을 확립하였음

2. 연구수행결과 현황(연구종료시점까지)

가. 특허(실용신안) 등 자료목록

발명명칭	특허공고번호 출원(등록)번호	공고일자 출원(등록)일자	발명자 (출원인)	출원국	비고
동기화된 이온 빔 소스와 듀얼 마그네트론 스퍼터를 가지는 박막 형성 장치	10-2002-0039953	2002. 7. 10	ITM	한국	
투명도전성 복합박막 구조물 및 그 형성 방법	10-2003-0027454	2003. 4. 10	ITM	한국	
다이아몬드상 카본막을버퍼층 사용하는 복합 투명 도전 박막	10-2003-0031470	2003. 5. 19	ITM	한국	
스퍼터링을 이용한 투명 도전성 복합 박막 구조물 및 그 형성 방법	10-2003-0031471	2003. 5. 19	ITM	한국	
이온소스를 이용한 박막물성 향상 방법	작성중				

나. 프로그램 등록목록

프로그램 명칭	등록번호	등록일자	개발자	비고

다. 노하우 내역

- 코팅 공정 조절을 통한 고품위 투명 전도성 박막 제조 및 표면 조도 제어 방법 및 밀착력 증대 방법

라. 발생품 및 시작품 내역

- 이온빔 발생 장치
- 인라인 스퍼터링 장치



마. 논문게재 및 발표 실적

○ 논문게재 실적(필요시 별지사용)

학술지 명칭	제목	게재연 월일	호	발행기관	국명	SCI게재 여부
한국재료학회지	In-line 마그네트론 스퍼터 장치를 사용하여 산소 분위기에서 제작한 Ag 박막의 특성	2002.8	Vol.12, No.8 (2002)	한국재료학회	한국	X
Surface & Coatings Technology	The Effect of Pulsed Magnetron Sputtering on the properties of Indium Tin Oxide Thin Films	2002. 7	Vol. 171/1-3, pp 29-33, 2003	Elsevier	미국	○
J Vac. Sci. & Technol.	Properties of Co-deposited ITO and ZnO Films Using a Bi-polar Pulse Power Supply and a Dual Magnetron Sputter Source	2002. 11	A21(4) Jul/Aug 2003	AVS	미국	○
J. Vac Sci. & Technol.	Characteristics of Room Temperature Indium Tin Oxide Films Using Dual Magnetron Sputtering	2002.11	A21(4) Jul/Aug 2003	AVS	미국	○
Thin Solid Film	Effect of precursor-pulse ratio on the properties of ZnO:Al films grown by atomic layer deposition	2002.3		Elsevier	미국	○
계: 5건						

○ 학술회의 발표 실적

학술회의 명칭	제목	게재연월일	호	발행기관	국명
IMID	Properties of ITO (Indium Tin Oxide) Thin Films Prepared by Magnetron Sputtering Using DC and Pulse Modes	2002. 8		SEMI	한국
APCP	The Effect Of Pulse Magnetron Sputtering On The Properties Of ITO (Indium Tin Oxide) Thin Films	2002. 7		APCP	한국
AVS	Low Temperature Indium Tin Oxide Films Using Dual Magnetron Sputtering	2002. 11		AVS	미국
AVS	Properties of Co-deposited ITO and ZnO Films Using a Bi-polar Pulse Power Supply and a Dual Magnetron Sputter Source	2002. 11		AVS	미국
IMID	The Precursor Ratio Effects on the Electrical and Optical Properties of the ZnO:Al Transparent Conducting Oxide Grown by ALD Method	2003. 7		SEMI	한국
AVS	Deposition of ITO film using DLC buffer layer between plastic substrate and ITO layer (발표예정)	2003. 11		AVS	미국
AVS	Deposition of ZnO:Al Gradient Composite Films Using Dual Magnetron Sputter (발표예정)	2003. 11		AVS	미국
계: 7건					

3. 연구성과

- 실용화 추진중

4. 기술이전 및 연구결과 활용계획

가. 당해연도 활용계획

70"급 대면적 글라스코팅 양산기술을 통해 PDP용 박막 제조 비용과 품질 향상을 이룰 수 있어서 국내 PDP 산업의 경쟁력 제고에 크게 기여할 수 있으며, 차세대 평판 디스플레이 산업의 핵심 장치·공정 기술의 독자 기술 확보로 선진국의 기술 예측 탈피와 무역 역조 개선에 기여할 수 있으며, 스퍼터링을 이용한 반도체 및 타 부

품산업의 경쟁력 확보에 기여 가능할 것으로 판단됨.

평판표시 소자용 Glass코팅장치의 경우 40인치기준 15000대/월 생산규모의 장치도  
입비용이 약 70억원을 상회하고 있으며 국내의 생산 규모로 보아 연간 약 10대이상  
이 필요한 상태임. 따라서 본장치의 국산화가 이룩되면 평판표시소자 Maker에서 적  
극적으로 활용될 수 있으며 현재에도 개발상황에 큰 관심을 보이고 있음. 또한 기능  
성 거울, 광학 부품 제조에도 널리 활용될 수 있을 것으로 기대됨.

#### 나. 활용방법

본 연구에서 개발된 70"급 대면적 글라스코팅 양산기술은 PDP 등과 같은 평판표시  
소자용 코팅이외에도 타 산업분야에 있어서 요구되는 박막 코팅용 양산기술로 적용  
가능하여 고품위 고효율 박막합성공정기술을 구현할 수 있을 것으로 기대됨.

#### 다. 차년도이후 활용계획

본 결과는 평판디스플레이 분야의 기초 소자인 투명 전도성 코팅층 제조에  
필요한 것으로 대면적 평판 표시소자 뿐만 아니라 초정밀 표면 조도를 요하  
는 EL용 전극, 차세대 디스플레이 소자인 플라스틱 디스플레이의 투명 전극  
으로 활용될 예정에 있으므로 본 과제 종료 후에도 국제공동연구사업, 기관  
고유사업 등과 같은 연구사업을 지속적으로 추진하여 코팅층의 특성 제고를  
이루고자 함.

### 5. 기대효과

#### ■기술적 기대효과

- 대면적 증착기술의 실용화를 통한 국내 코팅기술의 비약적인 기술 수준 향상
- 차세대 평판 디스플레이 핵심 코팅기술 국산화
- 고품위 보호막 제조기술을 통한 PDP의 수명연장에 대한 독자기술 확보
- PDP, LCD용 대면적 투명코팅기술 국산화
- 국내 플라즈마 응용 코팅기술 선진화 진입

#### ■경제적 기대효과

- 수입대체효과 : 108억원 (40"기준 30,000대/월 x 12월 x 30,000원/대)
- 수출증대효과 : 180억원 (40"기준 50,000대/월 x 12월 x 3'0,000원/대)

- 선진국의 기술 예측 탈피
- 고부가가치 제품 생산 중소기업 육성 및 고용 창출 효과

## 6. 문제점 및 건의사항

[첨부2]

## 기술 요약서

■ 기술의 명칭

대면적 고품위 투명 전도성 코팅층 제조 장치 및 표면 코팅층 제어 기술

■ 기술을 도출한 과제현황

과제관리번호	M!-0140-03-002			
과제명	대면적 코팅 장치의 실용화 기술 개발			
사업명	중점국가연구개발사업			
세부사업명	첨단기계류부품개발사업			
연구기관	아이티엠(주)	기관유형	중소기업	
참여기관(기업)	아이티엠(주)			
총연구기간	2001. 10. 1 - 2003. 9. 30			
총연구비	정부(692,000)천원    민간(315,000)천원    합계(1,007,000)천원			
연구책임자 1	성명	서용운	주민번호	590202-1106312
	근무기관 부서	아이티엠(주) 대표이사	E-mail	ywseo@itminc.co.kr
	직위/직급	대표이사	전화번호	031-421-6114
연구책임자 2	성명		주민번호	
	근무기관 부서		E-mail	
	직위/직급		전화번호	
실무연락책임자	성명	최시영	소속/부서	아이티엠(주)/ 기술개발부
	직위/직급	과장	E-mail	sichoi@itminc.co.kr
	전화번호	031-421-5117	FAX	031-422-6118
	주소	경기도 안양시 동안구 관양동 880-3		

## ■ 기술의 주요내용

### [기술의 개요]

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.

따라서 스퍼터링기술은 대면적 균일 코팅에 유리하고 60인치급 이상의 유리코팅에 대한 유일한 방법으로 대두되며 새로운 전극 형성 기술로 개발되고 있다. 스퍼터링기술은 장치비가 진공증착법에 비해 1.5배에서 2배까지 고가이므로 사용을 자제하는 추세였으나 In-line화를 통한 생산속도 조절이 용이하며 앞에서 언급하였듯이 대형 유리코팅에 유일한 방법으로 제시되고 있으므로 급속히 활용빈도가 높아지고 있다.

### <기술적 특징>

- (1) 70인치 이상의 대면적 균일 코팅에 적합한 기술임.
- (2) 투명 전도성 코팅 기술은 첨단 디스플레이 소자의 핵심 부품인 투명전극을 제조하는데 필수적으로 사용되는 요소기술임.
- (3) 투명 전도성 박막 제조기술은 차세대 디스플레이로 평가되는 EL 소자, 플라스틱 디스플레이 소자의 전극 제조에 활용될 것으로 예상되므로 지속적인 연구개발이 이루어 질 것으로 판단됨.
- (4) 대면적 투명 전도성 코팅 기술은 반도체, 광학, 항공 우주 분야에서도 널리 활용될 수 있는 기반 기술임.

### [용도 · 이용분야]

- (1) LCD, PDP 등 대면적 디스플레이의 투명 전극 제조
- (2) EL, 플라스틱 디스플레이 등 차세대 디스플레이의 투명 전극 제조
- (3) 터치 패널, PDA 등 전자 감응 인식 시스템의 전도체







**[기술발전 과정상의 기술수준]** (1개씩 선택(√호 표시)하여 주십시오)

	① 외국기술의 모방단계 : 이미 외국에서 개발된 기술의 복제, reverse Eng.
	② 외국기술의 소화·흡수단계 : 국내시장구조나 특성에 적합하게 적용시킴
√	③ 외국기술의 개선·개량단계 : 성능이나 기능을 개선시킴
	④ 신기술의 혁신·발명단계 : 국내 최초로 개발

■ 본 기술과 관련하여 추가로 확보되었거나 개발중인 기술

[ 기술개요 ]

기술명	투명전도성 코팅 기술 (자체 개발)
개발단계	<input type="checkbox"/> 연구개발 계획 <input checked="" type="checkbox"/> 연구개발 중 <input type="checkbox"/> 연구개발 완료
기술개요	EL용 투명 전극의 표면 조도는 10Å 이하로 조절되어야 하는 바 기존의 방법으로서는 이루기 어려워 코팅 후 연마를 통해 표면조도를 조절하고 있음. 이를 극복하기 위한 코팅 공정 인자를 연구하고 10Å 이하의 표면 조도를 갖는 투명 전극 형성 기술을 개발할 예정임.

[ 기술을 도출한 과제현황 ]

과제관리번호			
과제명			
사업명			
세부사업명			
연구기관		기관유형	
참여기관(기업)			
총연구기간			
총연구비	합계 : ( )백만원 - 정부 : ( )백만원    민간 : ( )백만원		
연구책임자	소속		성명
	전화번호		E-mail
연구개발 주요내용			

부록

평판디스플레이 관련 장비업체 현황

회사명	대표자 성명	주소	전화번호	Fax	소유기술내용
경일 초음파공업 (주)	최경섭	경기도 시흥시 정왕동 1277 (시화 공단 3나 701호)	(031) 499-2971	(031) 499-2975	각종세정시스템
경일전자	지종환	대구광역시 북구 팔달동 138	(053) 311-7900	(053) 311-7901	PANEL AGING-용 POWER SUPPLY
경한기공	김옥주	경기도 군포시 당정동 512-8	(031) 57-7543	(031) 57-7545	정밀부품 가공기술 LCD 장비설계 및 PLC 제어기술
(주) 고진공산업	이준세	충남 천안시 수신면 장산리 709	(041) 64-0771	(041) 64-0777	연속 진공 스퍼터링 증착장비, 디스플레이 이용 대면적 투명전 도성 ITO Glass, AR/ AS & NIR FILM 제조 용 ROL COATER장비, 태양전지용 투명전도 성 기판 제조 CVD 시 스템
국제일렉트릭 코리아(주)	이길재	충남 천안시 차암동 4-2	(041) 559-1705	(041) 554-3279	Vertical Diffusion Furance, LPCVD System
극동뉴메릭 (주)	김한기	경기도 안양시 안양7동 200-10	(031) 445-8141	(031) 445-8140	각종 tester, Burn in board, MBT
극동씨씨(주)	김태영	경기도 성남시 분당구 야탑동 151 APT형 공장 마동 307호	(031) 709-0141~ 3	(0312) 709-0143	화상인식장치 반도체 (BONDING-용) 및 기타 HARDWARE개발, 제작
금강산업	정성배	경기도 화성군 태안읍 반원리 718-2	(031) 37-2501	(031) 37-7025	각종 Quartz제품 및 UV Lamp

회사명	대표자 성명	주소	전화번호	Fax	소유기술내용
나노하이텍 (주)	김대운	경기도 이천시 부발읍 가산1리 309	(031) 637-5551	(031) 637-5444	각종 Board 및 test system
넥스트 인스트루먼트			(031) 718-5162 ~6	(031) 718-5168	
뉴영소재	장정훈	인천시 부평구 십정동 119	(032) 578-0770	(032) 577-9254	LCD관련 정밀부품 가공기술 ALUMINUM 후처리 기술
다산 C&I(주)	오희범	서울시 강남구 대치동 891-43 삼거빌딩 5층	561-4697	561-4696	Scrubber, Leak Detecto, Sensor
대경 엔지니어링	김건수	경기도 용인시 기흥읍 영덕리 273	(031) 217-7346	(031) 217-7347	정밀부품 가공기술 LCD 관련장비 PLC제어기술
대동기계	이점발	대구광역시 달서구 파호동 62-1블록 14롯데	(053) 582-3375	(053) 582-8179	LOADING/UNLOADING장 치, PANEL 분리장 (소성공정), PANEL 이송용 CONVERYOR
대영정밀	이영우	경북 구미시 비산동 362	(054) 463-7771	(054) 461-4340	PANEL 적재용 CASSETTE PASTE FILTERING 장치
동양반도체 장비(주)	김영건	경기도 안산시 원시동 776-3	(031) 493-1221	(031) 493-2525	Making M/C 전문
동양청정 소재(주)	조윤제	서울시 강남구 일원동 624-3 청정빌딩	445-3440	445-3443	Antistatic & Dust Free Garments Cleanroom Wipers
동화 아드 반테스트(주)	디시다 키시	서울시 강남구 대치동 942-1	(02) 0452-715 7	3452-037 0	각종 test system
(주)디아이	권구빈 소장	충남 천안시 업성동 623-6	(041) 554-6305	(041) 554-6006	BURN IN SYSTEM, BURN IN BOARD
(주)마스타	장원봉	충남 함안군 칠원면 용정리 288-2	(041) 87-8880	(041) 87-7388	MODULE 평가용 장치
(주)메닉스	손승철	서울시 서초구 방배동 925-4 영신빌딩 3층	583-4750	583-4852	Sheet Resistance 측정기
미래산업(주)	정문술	충남 천안시 차암동 9-2	(041) 554-5070 ~5	(041) 554-5090	CELL 검사 관련 기술 TEST용 SOFTWARE 설계

회사명	대표자 성명	주소	전화번호	Fax	소유기술내용
미래 엔지니어링	김종인	경기도 화성군 동탄면 목리 54-2	(031) 376-9900	(031) 376-9591	ROBOT 제어 및 software LCD관련 장비설계 및 가공기술
바텍시스템	임성훈	경기도 군포시 당정동32 3-1군포 제1공단 304호	(031) 57-1769	(031) 29-2252	Functional Tester, Test Fixture
반도체 엔지니어링	안동철	경북 구미시 시미동 167-1 제3공단	(054) 472-0022	(054) 472-0030	세정기 제작 관련기술
(주)범한정수	윤종수	서울시 영등포구 여의도동 53-1	780-5156 ~8	785-3484	Ultra-Pure Water Treatment System
삼성전관(주) 생산기술센터	최대옥 센터장	경기도 수원시 팔달구 신동 575	(031) 210-7900	(031) 210-7966	LCD(액정디스플레이 ) , Vacuum Fluorescent Display Light Emitting Diode
삼성전기(주)	이형도	경기도 수원시 팔달구 매탄3동 314	(031) 210-5114	(031) 210-5087	편향코일, 고압변성기, 전자식 튜너, 다층회로기판
삼성전자(주) 생산기술센터	김성권 센터장	경기도 수원시 팔달구 매탄3동 416	(031) 200-2200	(031) 200-2252	TFT-LCD, TRH, GaAs등 반도체 관련제품
삼성코닝(주)	안기훈	서울시 강남구 대치동 946-1	3457-963 8	3457-951 1	AM-LCD용 기판유리, ITO 유리
삼성항공산업 (주)	이대원	서울시 강남구 삼성동 141 성원빌딩	3467-711 4	3467-700 7	정밀기기, 항공기 엔진, 산업용 로봇
(주)삼우내외 산업	정규수	서울시 종로구 인의동 28-2 삼우빌딩	763-8131	741-1520	Panel for Industrial Clean Room, Panel for Bi Clean Room
(주)삼화 에이스	김학근	인천시 남동구 고잔동 664-8 남동공단 97블럭 9롯데	(032) 811-2242	(032) 811-3403	C/R 향온 향습기 제조 외
(주)삼훈	박세훈	경기도 평택시 고덕면 당축리 418-3	(031) 63-8940	(031) 63-2228	LCD panel assembly package

회사명	대표자 성명	주소	전화번호	Fax	소유기술내용
서진 엔지니어링	김준호	경기도 고양시 일산구 식사동 1194	(031) 968-0567	(031) 968-0569	Module Aging용 Chamber 열충격 시험용 항온항습기
(주)선익 시스템	손명호	경기도 군포시 금정동 692-12 금정빌딩 3층	(031) 58-3226	(031) 52-2813	PECVD, Helicon Etching System
성도 엔지니어링 (주)	서인수	서울시 강남구 역삼동 822-5 대건빌딩 8층	555-5231	553-6912	Semiconductor Grade Central Chemical Supply System
성원에드워드 (주)	김중조	충남 천안시 업성동 625-7	(041) 554-7070	(041) 554-7300	각종 Pumping system
성진기계	유미자	경남 양산시 북정동 291-3	(055) 388-8871	(055) 388-8875	Module Ass'y설비, Cog Bonding설비, End-Seal M/C, ACF 부착기, TAB부착기
세종반도체 기술	명은식	경기도 용인시 수지읍 풍덕천리 691	(031) 261-3243	(031) 261-3221	PDP 신호 발생기
스피드 엔지니어링( 주)	유재식	경기도 양평군 서종면 문호리 54-1	(031) 71-0147	(031) 72-7708	Chiller, Heat-Exchanger 등
신도기연	박용기	경기도 부천시 소사구 소사본동 65-23	(032) 342-9481	(032) 345-1781	액정주입기, End Seal M/C
신성 기술연구소 (주)	임채환	대전광역시 유성구 화암동 59-4	(042) 861-1540	(042) 861-1544	공기정화기/정수기/ 산업용탈취장치
신성이엔지	이완근	서울시 영등포구 당산동 6가 327 신성이엔지빌딩 7층	675-2519	678-6865	크린룸, 항온항습기
신아시스템	이궁화	인천광역시 남동구 논현동 434-15 (남동공단 44B 14L)	(032) 818-5911	(032) 818-4566	Clean Room에 사용하는 부대설비 제작
신한기연(주)	석병열	경기도 평택시 팽성읍 남산리 55-1	(031) 691-0100	(031) 691-0322	Anti-Dust Panel for Clean Room

회사명	대표자 성명	주소	전화번호	Fax	소유기술내용
씨엔에스 테크놀러지 (주)	서승모	서울시 강남구 논현동 175-4 해주빌딩 6층	515-4468 (200)	515-4469	Designing and Assembling of Chip
(주) 씨.티.아이	박찬덕	경북 칠곡군 석적면 중동493 구미공단17 B/L	(054) 971-0073		Display 화상인식 기술, LCD Test 기술
아시안 마케팅리서치	류길주	서울시 송파구 가락동 98-2	408-9841		F.P.D Semi-conductor 관련제품 수출
아주시스템 (주)	박주천	수원시 팔달구 원천동 332-2 팩토리월드 505	(031) 213-9955	(031) 213-9954	Test Handler
아토(주)	오순봉	경기도 시흥시 정왕동 시화공단 3다 209호	(031) 499-4321	(031) 499-3596	Gas Supply System, VMB
아펙스(주)	김상호	충북 청원군 남이면 척북리 128	(043) 60-2000	(043) 260-2500	System Design & R&D 장비
알카텔 진공코리아 (주)	장행익	서울시 송파구 가락동 10-5 성현B/D 5F	409-6277	409-6279	각종 진공 Pump
어플라이드 머티리얼즈 코리아(주)	이영일	충남 천안시 업성동 623-7	(041) 559-5959	(041) 559-6815	Etch, CVD, PVD, RTP Centura 등
에섹한국(주)	박원호	서울시 강남구 논현동 58-6 DI B/D 3F	512-2327	512-0869	Die, wire bonder
에이스 하이텍(주)	장정수	경기도 광주군 초월면 늑현리 39-17	(031) 63-6240	(031) 63-6241	Chamber, Heater, Furnace, UV Tape
(주)에이하이	우경필	서울시 강남구 역삼동 636-1 석범빌딩 3F	(02) 558-3109	554-1949	Tape & Reel system, Carrier 등
연금사	이길호	서울시 영등포구 양평동 3가 69	676-1854	677-4745	E/P, 금형, 도금, 표면처리

회사명	대표자 성명	주소	전화번호	Fax	소유기술내용
(주)연우	장세정	경기도 성남시 분당구 수내동 6-7	(031) 717-3237	(031) 714-237	Proximity aligner Glass Particle cuounter, Color Filter 검사기, TAB Mounting Machine
연우 엔지니어링 (주)	이건환	경기도 용인군 구성면 증리 425	(031) 284-1556	(031) 284-1558	Memory Handler, Tester
영신 엔지니어링 (주)	서영철	서울시 송파구 풍납동 252-3	475-0049	477-6361	각종 RF관련장비
연신쿼츠(주)	이상용	충북 진천군 만승면 회죽리 149	(043) 535-0080	(043) 535-0054	각종 Quartz 제품
영화 O.T.S제조 (주)	안민혁	서울시 구로구 구로3동 1130-24	856-1928	868-6709	PCB용 자동 Laminator, PCB용 노광기
오리온전기 (주)	엄길용	경북 구미시 공단동 129	(054) 469-5000	(054) 461-4412	LCD: Notebook PC용, 흑백 및 칼라 브라운관
(주)옵텔	김종찬	경기도 안양시 동안구 평촌동 41-27	(031) 25-2625	(031) 25-2624	Vision System, Glass 가공 및 연마, Optical System 설계 및 제작
우경테크	문덕윤	인천 남동구 고잔동 670 남동공단 91블럭 1롯데	(032) 814-6343	(032) 814-2889	LCD 장비설계 및 제어기술, LCD 정밀부품 가공기술
우성오토마 (주)	서원채	서울 양천구 목동 657-16	644-1150 ~1	642-3098	전자식 주사현미경(SEM), 직결식 진공 PUMP
(주) 우신세미텍	이한주	경남 양산시 유산동39-5	(055) 83-1301~ 6		Fluorocarbon Resin Products, Sealing Products
우영(주)	박기점	서울시 강남구 삼성동 109-18 경희빌딩	538-1188	567-9723	정밀금형 LCD 도광판

회사명	대표자 성명	주소	전화번호	Fax	소유기술내용
우전정밀공업 (주)	박종만	충북 괴산군 사리면 사담리 870-40	(043) 820-2000	(043) 820-2191	Metal Parts : TV 브라운관용
원신코포레슨 (주)	조한홍	경기도 시흥시 청왕동 1277-2	(031) 499-02030		In-line sputtering system, 초고속 대면적 증착용 magnetron source, 대형 gate valve 류
원익석영(주)	이용한	서울시 강남구 역삼동 837-12 서우빌딩 10층	555-4939	569-3072	각종 Quartz 제품
유니온산업 (주)	김경균	경기도 오산시 외사미동 278-3	(031) 72-9421	(031) 72-9427	Dry Gas Scrubber 외 반도체 관련 장비
유진 종합기계	이강수	경기도 부천시 원미구 춘의동 150-9	(032) 611-5995	(032) 656-6572	POL부착기, 세정기 설비 반송장치
윤호실업			(032) 671-8100	(032) 671-0259	
이튼(주)	장석진	서울시 강남구 역삼동 832-2 우덕 B/D 7F	557-0595	557-1634	Ion implanter
인우하이테크	조진제	서울시 서초구 잠원동 25-13 삼양빌딩	549-5475	514-8597	VISION관련 공학 응용기술
일성산업	주석현	서울시 용산구 한남동 271-4	790-8165	749-0355	제전 및 제진 설비
장정산업	박장환	경북 대구시 북구 침산동 788	(053) 352-8704	(053) 352-8705	exposure, developer, laser 용접기
재림 엔지니어링 (주)	강원규	서울시 강남구 대치동 943-11 하림 B/D 6F	3453-6091		각종 Vacuum Unit
(주)젯텍	정재송	경기도 부천시 오정구 오정동 609-5	(032) 684-6644	(032) 678-3741	각종 Deflasher
주성 엔지니어링 (주)	황철주	경기도 수원시 팔달구 원천동 332-1	(031) 216-1511		System Design, R&D 장비제조



회사명	대표자 성명	주소	전화번호	Fax	소유기술내용
준 Tech	유홍준	경기도 부천시 오정구 삼정동 60-32	(032) 679-4268	(032) 679-4269	Sorter Maker
진일특수	이희용	경기도 안산시 원시동 769	(031) 491-0601	(031) 491-0684	반도체 장비용 고순도 GAS 공급장치 부품
(주)청구기계	이성하	대구시 서구 비산7동 2027-5	(053) 357-6134	(053) 354-6543	LCD용 유리연마기
청송시스템 (주)	서성기	경기도 평택시 자제동 33	(031) 667-5171	(031) 655-7115	식각, 증착장비, CVD
케이씨텍(주)	고석택	서울시 강남구 대치동 891-43 삼거빌딩	553-4131	553-2690	PDP용 Line 세정장비, Etcher, Dry Vacuum Pump, Gas Scrubber
(주)코리아 후지팩킹	이종태	서우시 강북구 미아3동 162-7	982-9656	982-9490	반도체용 계수, 기타 P.T.F.E 제품
(주)코삼	김범용	경기도 수원시 팔달구 신동 358-1	(031) 205-5300	(031) 205-5305	Brine Chiller, 항온항습기장치, Heat Exchanger
크린 크리에티브			551-3881	551-3634	
(주)탑 엔지니어링	김원남	경북 구미시 고아면 오로리 60-3	(054) 482-0342 ~5	(054) 482-0346	Die Bondder, Wafer Prober
(주)태산 엔지니어링	최태현	경기도 성남시 분당구 야탑동 145 성남 APT형 공장 다-303	(031) 707-7900	(031) 703-1110	LCD용 Back-light, MFC외 각종부품
태석기계(주)	최춘길	경북 구미시 공단1동 149	(054) 461-7491 ~2	(054) 461-7493	bonder(IC, TR용), 기타설비
태양기업	권희경	인천광역시 남동구 고잔동 721-8 (남동2단지 150B-9L)	(032) 816-9051 /4	(032) 816-9055	도장설비 : Paint Coating, 건조설비 : Dryer System

회사명	대표자 성명	주소	전화번호	Fax	소유기술내용
평창하이테크 산업(주)	이역기	서울시 금천구 독산동 1006-49	895-4618 (105)	891-7675	Prober Card, LCD패널검사용 Prober 및 Contactor
P. A. K. Tech	박경수	경기도 평택시 모곡동 430-3	(031) 665-4521	(031) 665-4520	(LCD공정장비)a-Si, Metal EtCHER, PR Stripper
(주)피케이	정수홍	경기도 성남시 분당구 금곡동 155 우방코아 5F	(031) 717-3811	(031) 717-3819	Dry Etcher(clean plasma 6000), ALe, Wet etcher(CFM), Exposure equipment(Tamarack) , Clean room automation system, Robot Control system, Vision inspection
(주)한국기계	김창섭	부산광역시 하사구 신평동 493	(51) 204-5001	(051) 202-5514	
(주)한빛 진공산업 개발	박상규	서울시 강서구 등촌동 647-26 서울창업보육 센터 A동 209호	677-1294	677-1296	라즈마(고밀도, 대면적) 에칭, 스파러, CVD장비
한국 캠브리지 필터(주)	서은태	서울시 강남구 신사동 634-10 윤당빌딩 3층	512-0291	512-0290	반도체용 Filter 제조
한국 EBARA 정밀기계	시부야 마사루	경기도 평택시 모곡동 446-4	(031) 665-0001 ~2	(031) 665-0003	Pump, Cleaning System, Filter
한국디엔에스 (주)	김광교	충남 천안시 차암동 4-1	(041) 550-8001	(041) 550-8008	TFT-LCD, Color Filter, TN,STN-LCD, PDP의 세정기, Coater 현상기, Etcher Stripper 제작기술

회사명	대표자 성명	주소	전화번호	Fax	소유기술내용
한국램리서치 (주)	김동성	충남 천안시 차암동 4-3	(041) 559-7114	(041) 559-7011	Etcher, Aliance, CVD
한국베리안 (주)	곽상길	경기도 송탄시 모곡동 433-1	(031) 665-5171	(031) 665-0115	Implanter, Sputter, CVD
(주) 한국브이네스	이형곤	서울시 관악구 봉천본동 949-18 봉천빌딩 311호	882-4558	887-6201	각종 진공 system
한국씨마스타 (주)	김운호	경기도 김포시 감정동 600	(031) 83-0591	(031) 82-2307	Welded Metal Bellows 설계제작, silicon Carbide(SIC) 설계제작, Mechanical Seal & Sealing System 설계 제작
한국알박(주)	강석웅	서울 서초구 서초동 1357-20	3473-2920 ~3	3473-0885	진공기기, 진공장치 및 부속부품
한국전광	채진석	경기도 부천시 오정구 삼정동 226 (421-150)	(032) 673-6114	(032) 673-4010	레이저 반사경 코팅
한국전자(주)	곽정소	서울시 서초구 양재동 275-7 KFC빌딩	589-5009	589-5400	LCD, Transistor, I. C, LED
한국정보통신 (주)	정지택	서울시 영등포구 여의도동 27-1	3680-700	718-7467	T/VAN 서비스
한국진공	우형철	서울시 마포구 마포동 223	715-6320	715-8149	Sputter PECVD
한국크린 테크놀로지 (주)	아와지 토시오	수원시 팔달구 원천동 332-2 팩토리월드 506호	(031) 214-0575	(031) 214-0582	Dry Type Scrubber
한국TOWA (주)	최재준	충남 천안시 차암동 4-4	(041) 559-5010	(041) 559-5005	Mold system, Die
한맥전자(주)	최종배	서울시 강남구 역삼동 668-16 유성빌딩 3층	553-7441	556-6816	전자계측기
(주) 한미	곽노권	인천시 서구 가좌동 532-2	741-3271~ 2	(032) 578-9753	Molding, Frame 관련 제장비

회사명	대표자 성명	주소	전화번호	Fax	소유기술내용
한발 테프론공업 (주)	Wayne Bon Gerd	강원도 원주시 문막읍 반계리 5-17	(033) 731-7481	(033) 731-7481	PTFE(Teflon) Lined Pipe & Fittings
한양 엔지니어링 (주)	김형욱	경기도 화성군 태안읍 반월리 103	(031) 204-0141	(031) 204-0670	Ultra High Purity Piping, Central Chemical Supply System
한양기공(주)	김재욱	경기도 안산시 신길동 1048-5	(031) 491-0296 (100)	(031) 491-1746	Toxic Gas Cylinder Cabinet, Wet station, Tube Cleaner
(주)한연테크	박해권	서울시 강남구 역삼동 736-6 신봉빌딩	557-8496	556-8480	Semiconductory Aactory Automation software, Equipment controller
(주)한일 초음파	김채진	인천광역시 남동구 남촌동 618-4 (남동공단 1단지 4블럭)	(032) 815-9400	(032) 815-9408	LCD용 세척시스템
한주산업(주)	한봉섭	경기도 화성군 태안읍 반월리 775-22	(031) 38-4777	(031) 38-9661	각종 Clean Room 관련장비
(주)한택	한중훈	경기도 화성군 동탄면 중리 372	(031) 3791-200	(031) 3791-209	Panel Aging용 Power Supply 연구용평가 설비, 신뢰성 수명 설비, Aging 설비, 계측제어 System
해태전자	신정철	인천광역시 부평구 청천동 177	(032) 510-4500		IC 외관검사 장비
현대 엘리베이터	배영문	서울시 종로구 동승동 1-83	3670-0842	3672-4114	물류System 관련기술, 반송기 관련기술
현대전자(주)	김영환	경기도 이천시 부발읍 아미리산 136-1	(031) 30-4114	(031) 30-2209	액정봉입검사장비, Seal & Tr
휴글전자	배형우	서울시 송파구 가락동 83-7 대호빌딩 4층	431-7477	449-6295	Cleaner Ioniger

회사명	대표자 성명	주소	전화번호	Fax	소유기술내용
Geo tradig co.	박수천	서울시 서초구 양재동 유화빌딩 3층	3461-3937		Optics
ITM Platron	서용운	서울시 관악구 봉천7동 1627-12	876-8900	876-6150	대면적 플라즈마 증착원 (Sputter Cathode, HCD Ion Plating, Vacuum Arc)
LG 마이크론	이채우	경북 구미시 구포동 624	(054) 469-0452	(054) 464-3739	Shadow Mask, Lead Frame
LG 산전	이종수	서울시 영등포구 여의도동 20	3777-4005	3777-4355	In-Circuit-Tester 각종관련 machine
LG전자 생산기술센터	김영조 센터장	경기도 평택시 진위면 청호리 19-1 (FA설계팀)	740-3363	(031) 610-5046	COG Bonder 및 각종 Module 장비
PROVISION	박정환	서울시 송파구 가락 본동 1-7~8 그린빌리지 102호	3402-0501	3402-0503	VISION SYSTEM INTERGRATION
PSIA	박상일	서울시 서초구 서초동 1600-3 대림빌딩 10층	586-2900	586-2990	AFM, SPM(원자현미경), 정밀계측, 마이크로머시닝
S.J 엔지니어링 (주)	이강현	경기도 하남시 망월동 780-9	(031) 793-7772~ 3	(031) 793-7707	Trim, Form machine, Die