



디자인소재·표면처리기술개발사업  
최종보고서

Half mirror window 소재의 color 다양화 및  
내구성 향상 기술 개발

2005년 08월 31일

주 관 기 업 : 엠 시 디(주)

산 업 자 원 부  
한국디자인진흥원

## 제 출 문

### 한국디자인진흥원장 귀하

본 보고서를 “Half mirror window 소재의 color 다양화 및 내구성 향상 기술 개발에 관한 디자인소재·표면처리기술개발사업”(개발기간 : 2004. 07. ~ 2005. 06.) 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2005년 08월

주관기업 : 엠시디(주)

대표자 : 김 관 술 (인)

총괄책임자 : 김 동식  
연 구 원 : 김 관 술  
" : 이 중 후  
" : 최 정 규  
" : 이 경 화  
" : 장 병 육  
" : 정 동 호

## 요 약 서 (초 록)

과 제 명	Half mirror window 소재의 color 다양화 및 내구성 향상 기술 개발				
주 관 기 업	엠시디(주)	총괄책임자	김 동 식		
개 발 기 간	2004 . 07 . ~ 2005 . 06 . ( 12 월)				
총개발사업비 (천원)	정부출연금 : 38,400 천원	계	76,920 천원		
	주관기관 : 38,520 천원				
	참여기관 : - 천원				
참 여 기 관					
주요기술용어 (6~10개)	E-beam evaporation, sputtering, Ion source, 증착, PMMA, 하프 미러				

### 1. 기술개발목표

- 3 color 이상의 다양한 색변화를 가지는 멀티 칼라 광학박막 코팅기술의 구현
- 기존의 Al, Ni을 대체할 수 있는 신물질을 이용한 Half mirror 기술 구현

### 2. 기술개발의 목적 및 중요성

- 하프 미러의 증착 막은 대부분 금속막이여서 회색을 띠게 되는데 최근 추세는 다양한 컬러를 원하고 있다. 일부 단색의 제품들은 제품화되고 있다. 이것은 하프 미러처럼 거울 효과 및 조명 효과를 내면서 다양한 컬러를 구현 할 수 있다. 단색 컬러 하프 미러는 반사색이 금속컬러가 아닌 단색(blue, green, yellow 등)이기 때문에 색이 단조롭고 디자인의 화려함이 떨어진다. 본 과제에서의 3컬러 하프 미러는 반사색이 하나인 컬러 하프 미러를 보완하여 반사색을 보는 각도에 따라 두개의 컬러로 보이게 하였고 투과색을 보이게 하여 3컬러를 내도록 하였다.
- 하프 미러에 적용되는 기존의 Al, Ni은 내구성이 우수하지 못하고 염수분무나 항온항습 등 신뢰성 평가에 취약하다. 이러한 단점을 보완하기 위해 내구성이 우수한 SUS 계열의 물질을 하프 미러에 적용함으로써 하프 미러의 내구성 문제를 해결할 수 있게 되었다.

### 3. 기술개발의 내용 및 범위

- 3색 Multi Color Half Mirror Coating 기술 개발
  - Mecleod를 이용한 Multi Color Half Mirror 광학 박막의 설계
  - E-Beam evaporator를 이용한 증착 및 Spectrophotometer를 이용한 투과율 및 반사율 분석
  - 광학 박막의 신뢰성(항온 항습, 염수)측정 후 막 밀착력 개선 작업 및 막질 분석
  - 단색 Color Half Mirror 개발
  - 3색 Multi Color Half Mirror 개발
- 신물질(SUS 계열)을 이용한 Half Mirror Coating 기술 개발
  - SUS 계열 Target을 이용한 Sputtering 기술 개발
  - 아크릴 상에 SUS 계열 박막 증착 기술 개발
  - 아크릴 상에 SUS 계열 박막의 막질 개선 기술 개발
  - SUS 계열 박막의 Loss율 저감 기술 개발

### 4. 기술개발 결과

- 3 컬러 하프 미러의 컬러의 다양화 구현 완료 (시제품 제작 : Sample 제작)
- 신물질(SUS 계열)을 이용한 내구성이 향상된 Half mirror 기술개발 완료 (시제품 제작 : Sample 제작)
  - 표면 경도 평가 : 6H 이상 (spec. in)
  - 항온항습 신뢰성 평가 : PASS (spe c. in)
  - 염수분무 신뢰성 평가 : PASS (spec. in)
  - 막 밀착력 평가 : PASS (spec. in)
- 기술개발에 따른 지적재산권 획득현황
  - 전자제품의 하프 미러 증착 막 형성방법 (출원번호 : 10-2003-0095929)

### 5. 사업화 계획

- 시장형성전 : 올해 본 과제를 진행하며 광학박막의 막 밀착성 및 막의 강도 향상을 최우선 목표로 정하고 있다. 이와 병행하여 휴대폰 조립업체 및 전자제품 디스플레이 3색 멀티 컬러 하프 미러 윈도우를 제공함으로써 휴대폰 업계와 전자제품 디스플레이 업계에서 지속적인 Feedback을 통해 당사에서 개발한 컬러 하프 미러 및 하프 미러의 문제점을 보완해 나아갈 계획이다.

- 시장진입기 : 휴대폰 및 전자제품의 윈도우 디스플레이 업계에 3색 멀티 컬러 하프 미러와 하프 미러를 지속적으로 공급함으로써 시장을 확대해 나아갈 것이며, 해외 수출 판로를 모색해 나아갈 것이다.
- 시장성숙기 : 휴대폰 및 전자제품의 윈도우 디스플레이 업계에서 3색 컬러 하프 미러 및 하프 미러의 비중이 점차 높아지는 2006년부터는 내수 및 해외 수출에 비중을 높일 계획이다.

## 6. 기대효과

- E-beam evaporation 증착을 이용한 3 컬러 하프 미러의 증착 기술 개발의 기준의 단색이나 2 색의 컬러 하프 미러 기술을 한층 발전시킨 기술로서 3색의 멀티 컬러 증착으로 기존 제품 보다 부가가치를 높일 수 있는 기술로 인정받을 것으로 기대된다.
- PMMA 소재에 광학 박막의 성막 부문에 있어서 In-line sputtering을 이용한 대면적 하프 미러 증착 시 증착되는 물질의 특성에 대한 많은 애로사항(부식, 막 결합력 약화 등)을 제기 되고 있다. 이로 인해 제품의 개발이 지연되고 있는 상황에서 본 사업을 통해 기존 물질인 Al, Ni을 대체할 수 있는 SUS 계열을 이용한 기술을 개발하여 부식성 및 강도가 높고 원가도 절감 될 수 있다.

# 목 차

	page
제 1 장 서 론	(1)
제 2 장 개발기술의 기본개념	(2)
제 1 절 박막의 형성	(2)
제 2 절 PVD 증착	(4)
제 3 절 E-beam evaporation 증착 (H/M의 컬러 다양화)	(5)
제 4 절 DC / RF sputter 증착 (H/M의 내구성 향상)	(14)
제 3 장 국내·외 관련기술의 현황	(16)
제 1 절 Color half mirror	(16)
제 2 절 내구성이 향상된 신물질 half mirror	(17)
제 4 장 개발 과제의 수행 내용 및 결과	(18)
제 1 절 Color half mirror 내용 및 결과	(18)
제 2 절 내구성이 향상된 신물질 half mirror 내용 및 결과	(33)
제 5 장 물성 평가	(38)
제 1 절 투과, 반사율 측정	(38)
제 2 절 표면 경도 측정	(40)
제 3 절 항온항습 신뢰성 평가	(42)
제 4 절 염수분무 신뢰성 평가	(44)
제 5 절 막 밀착력 평가 (Cross tape test)	(47)
제 6 장 개발 효과 (기대 효과)	(48)
제 1 절 Color half mirror	(48)
제 2 절 내구성이 향상된 신물질 half mirror	(48)
별첨 1. 특허 출원 내용	(49)

# 제 1 장 서 론

Half Mirror (이하 H/M, 하프 미러)는 아크릴이나 유리 기판에 알루미늄이나 Al, Ni, Cr 등을 증착시켜 마치 거울처럼 보이게 하는 신소재이다. 국내에서는 최근 아이티엠, 엠시디, 휴먼&사이언스, 모젬, 태양기전 등 중소 전문 업체들이 이 소재를 생산하고 있다. 하프 미러는 거울 같은 반사효과 외에도 반투명의 투시감까지 제공해 1997년 일본 소니가 워크맨에 도입한 이후 국내에서도 휴대폰과 오디오 제품에 주로 채택되어왔고, 반투명 재질이기 때문에 전원을 켰을 때는 거울처럼 반사되며, 켰을 때는 조명효과를 낼 수 있어 고급스런 디자인 효과를 낼 수 있다. 가격은 일반 아크릴(PMMA) 소재의 3배 정도로 비싸지만 고급스런 분위기를 연출하기 때문에 휴대폰 window 및 각종 디지털 제품의 외장에 사용되어지고 있다.

일반적으로 금속을 투명한 기판(Glass, 아크릴 등)에 마이크로 이상의 두께로 증착시키면 투과는 1% 이내로 되고 반사가 대부분 되어 거울효과 밖에 되지 않으나 증착 막두께를 100~300Å하면 투과와 반사가 되어 하프 미러를 만들 수 있다. 그러기 위해서는 증착으로 수Å 단위의 두께를 컨트롤 할 수 있는 기술이 필요하다. 하프 미러가 디자인 소재로 적용되기 전에는 스크린 인쇄 즉, 잉크로 가전제품이나 휴대폰에 적용되어 왔다. 인쇄를 이용하면 거울효과 및 백라이트 조명효과를 낼 수 없어서 고급스러운 디자인을 내는데 어려움이 있다. 증착은 기본적으로 진공 중에서 막을 형성시키고자 하는 소스를 여러 가지 형태로 에너지를 가해 박막을 형성시키는 것이며 Color Half Mirror(이하 C/H/M) 및 하프 미러에서의 가장 핵심이 되는 기술이다.

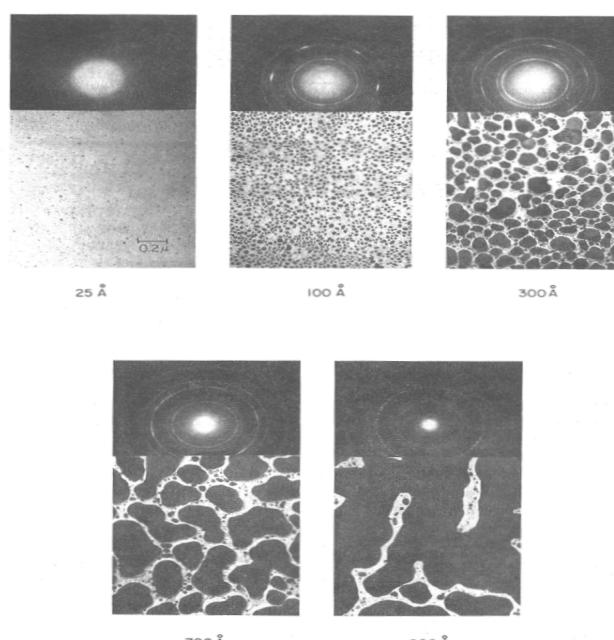
당사는 금번 디자인소재·표면처리기술개발 사업을 통해 휴대폰 window cover에 기존에 사용되어지고 있는 단색 컬러인 금속 증착이 아닌 2가지 컬러나 3가지 컬러를 낼 수 있는 기술과 가전제품에 사용되어지고 있는 니켈, 알루미늄 금속보다 내구성이 우수한 SUS을 증착시켜 기존 제품과 차별화 시킬 수 있게 되었다. 향후로도 이 기술개발성과를 디자인의 다양화 및 증착막의 내구성 향상에 접목시켜 제품양산에 활용하고자 한다.

## 제 2 장 개발기술의 기본개념

### 제 1 절 박막의 형성

#### 1. 박막의 형성 순서

- 가. 기판이 증기 상에 노출됨으로써 작지만 이동도가 매우 높은 cluster와 island를 형성.
  - 나. island가 합쳐짐(coalescence).  
island의 밀도는 감소하여 국부적으로 증착물이 없는 영역이 형성되고 여기에는 또 다른 핵이 생성된다. 그리고 coalescence는 비어있는 channel들이 연결된 network를 이를 때까지 계속된다.
  - 다. 비어있는 channel이 채워지고 고립된 void를 남김.
  - 라. 결국 void도 채워지고 증착막은 연속성을 갖는다.
- 이러한 일련의 과정들은 증착의 초기 수백 Å 정도에서 일어난다. 박막의 형성은 크게 nucleation과 growth 과정으로 나누어진다.



**Figure** Nucleation, growth and coalescence of Ag films on (111) NaCl substrates. Corresponding diffraction patterns are shown. (Courtesy of R. W. Vook. Reprinted with permission from the Metals Society, from R. W. Vook, *Int. Metals Rev.* 27, 209(1982).

< 그림 1 >. 박막의 형성과정

## 2. 박막성장에는 3가지의 기본적인 이론

### 가. Island 성장

가장 작은 안정한 cluster가 기판 위에서 핵 생성을 하여 3차원으로 성장하여 island를 형성한다. 이것은 증착하고자 하는 원자나 분자들 간 결합력이 기판과의 결합력보다 클 때 나타난다.

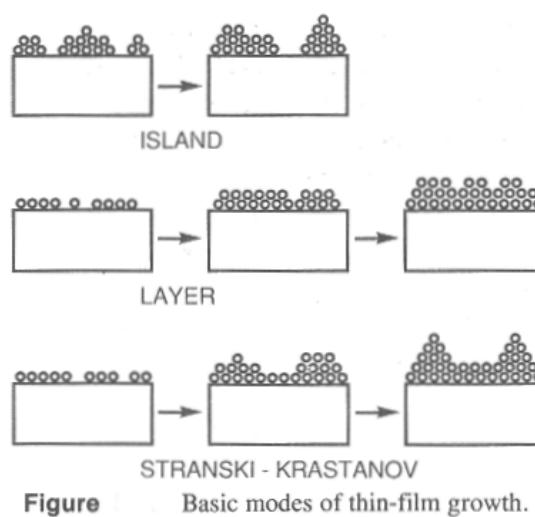
<절연체, 알칼리 할로겐 화합물, 흑연 기판 위에 금속의 증착>

### 나. Layer 성장

안정한 cluster가 2차원으로 펴져나가면서 연결되어 planar sheet를 형성. 원자들 의 결합력보다 기판과의 결합력이 더 강한 경우가 layer 성장에 해당된다. 그리고 기판과 film 원자 간의 격자일치성이 좋아야 한다. 첫번째 단원자 층은 보다 약한 결합을 하는 두번째 원자 층에 의해서 덮여진다. <single crystal epitaxial growth>

### 다. Stranski-Krastanov 성장 (layer+ island)

한 두 층의 단원자 층이 형성되고 그 이후의 성장은 island 성장을 따른다. 계속해서 layer 성장을 하지 못하는 이유는 여러 가지가 있으나, 그 중에 기판과 film 사이의 격자상수의 불일치로 인한 변형에너지의 축적 때문이며 축적된 에너지가 방출되면서 중간 layer의 계면에서 island 형성. 을 유발할 것이다. <금속과 금속, 금속과 반도체로 이루어진 계>



< 그림 2 >. 박막성장 3가지 이론

## 제 2 절 PVD 증착

### 1. 박막을 형성시키는 방법

PVD(physical vapor deposition)와 CVD(chemical vapor deposition)로 나누어진다. 이것은 < 표 1 >에 간략하게 요약해 놓았다.

Vapor 구분	Source 구분	제작방법
PVD	Thermal	Thermal evaporation
		Electron beam evaporation
	Sputter	DC/RF sputtering
		Ion beam sputtering
	Assist	IAD, PAD, IAS
CVD	Thermal	Thermal CVD
		LP-CVD, MO-CVD
	Plasma	PE-CVD, RP-CVD

< 표 1 >. 증착막 제작 방법

PVD 방법은 증착 대상물의 화학적 구조의 변화가 없이 물리적인 상태(phase)가 변하여 기판에 증착되는 것을 말한다. 여기서 기판은 아크릴 즉 원자재를 말하는 것이다. CVD 방법은 인가된 증착원과 결과적으로 증착되는 물질이 화학적으로 다른 구조를 가지게 되어 형성되는 방법이다. H/M 및 C/H/M의 증착은 PVD 방법이 사용되어진다.

증착 막은 chamber 온도가 높을수록 부착력과 경도가 우수한 막을 형성시킬 수 있다. 그래서 예전에는 chamber 온도를 올릴 수 있게 기판을 유리로 사용하여 막을 형성시켰지만 앞에서 말했듯이 유리는 하프 미러의 윈도우에 사용될 경우 무거운 중량 문제와 깨어지기 쉬운 특성 때문에 아크릴 기판을 사용한다. 그러나 아크릴은 온도가 약 100°C 이상이 되면 열 변형 및 상전이가 일어나기 때문에 chamber 온도를 저온으로 해야 한다. 그래서 증착 장비의 발전이 이루어지고 나서야 하프 미러 시장이 형성될 수 있었다.

## 제 3 절 E-beam evaporation 증착 (H/M의 컬러 다양화)

### 1. Evaporation의 이론적 배경

진공 증착법은 1857년에 Faraday가 처음으로 행한 방법으로 이 방법은 박막제조법 중에서 널리 보급된 방법이라 할 수 있다. 원리는 간단하고, 진공 중에서 금속, 화합물, 또는 합금을 가열하여 용융상태로부터 증발시켜 evaporated 입자들을 기판 표면에 증착시키는 방법이다. 증발과정이 열교환 과정을 이용한다.

#### 진공증착 박막방법의 장점

- 가. 장치전체의 구성이 비교적 간단하다.
- 나. 매우 많은 물질에 쉽게 적용할 수 있다.
- 다. 박막이 될 수 있는 메카니즘이 비교적 단순하기 때문에 박막형성에 있어서 핵생성이나 성장이론과의 대응을 하기 쉽다.
- 라. 박막을 만들 때 열적, 전기적 번잡함이 작기 때문에 박막형성시의 막의 물성연구에 적합하다.

Evaporation은 상천이를 통하여 이루어지기 때문에 이를 이해하려면 열역학적 고찰이 먼저 요구되며, 물질의 이동이 기체 상태에서 이루어지기 때문에 기체 동역학 이론도 요구된다.

Evaporation 다음과 같은 3가지 단계를 거쳐 이루어진다.

- 가. 고상 또는 액상의 증발원(evaporant)가 기상(evapor phase)으로의 천이(transition)
- 나. Source로부터 기판으로 기상의 이동
- 다. 기판에서 기상의 응축(condensation)

## 2. Evaporation의 증발 이론

기체 동역학 이론을 사용하여 증발현상을 설명하기 위한 시도가 Hertz, Knudsen 그리고 Langmuir에 의해 이루어졌다.

### 가. 증발 속도

#### (1) Hertz-Knudsen 방정식

진공에서 증발 속도를 처음으로 체계적으로 연구한 사람은 1882년에 Hertz였다. 그는 일련의 실험을 통하여 증발 속도가 평형 증기압  $P^*$ 와 정수압  $P$ 의 차이에 비례한다는 것과 액체가 증발될 때 증발 속도가 어떤 최대 값을 넘지 못한다는 사실을 알아내었다  $dt$  시간 동안 면적  $A_\theta$ 에서 증발하는 분자수  $dN_\theta$ 는 식 ①에서 압력  $P$ 가  $P^* - P$ 로 바꾸어 표현한 것이다.

$$\frac{dN_e}{A_e dt} = (2\pi mkT)^{-1/2} (P^* - P) \quad ①$$

Hertz는 실험을 통하여 식 ①에 의한 이론적인 최대 증발 속도의 10% 밖에 얻지 못했다. 1915년에 Knudsen은 evaporant의 표면에 충돌하는 분자들이 액체에 합쳐지기보다는 반사되어질 것이라 생각했다. 그는 증발계수  $\alpha_v$ 을 도입하여 수정을 가하였다.

$$\frac{dN_e}{A_e dt} = \alpha_v (2\pi mkT)^{-1/2} (P^* - P) \quad ②$$

이 식은 Hertz-Knudsen equation으로 알려져 있으며,  $\alpha_v$ 는 보통 1보다 작은 값을 가지며 evaporant의 표면 성질(오염 등)에 크게 의존한다. 실험적으로 얻을 수 있는 최대 증발속도는 식 ③으로 주어진다.

$$\frac{dN_e}{A_e dt} = (2\pi mkT)^{-1/2} P^* \quad ③$$

## 나. 자유 증발 및 유출

1913년 Langmuir는 Hertz-Knudsen Equation 고체의 증발에도 적용될 수 있다는 것을 보였다. 그는 식 ③의 molecular evaporation rate에다가 분자량을 곱하여 mass evaporation rate  $\Gamma$ 를 유도하였다.

$$\Gamma = m \frac{dN_e}{A_e dt} = \left( \frac{m}{2\pi mkT} \right)^{-1/2} P^* \quad ④$$

$\Gamma$ 는 전체 증발된 물질의 양  $M_\Theta$ 과 관련되어 있다.  $M_\Theta$ 는  $\Gamma$ 를 면적과 시간에 대하여 적분하면 얻어진다.

$$M_e = \int_t \int_{A_e} \Gamma dA_e dt \quad ⑤$$

## 3. Evaporation의 기본개념

### 가. 전자빔 evaporation

전자빔(E-beam) evaporation의 개략적인 설명은 다음과 같다. 전자빔



< 그림 3 >. 전자빔 evaporator의 장치사진

evaporation은 chamber 내를 먼저 진공상태로 만든 후 증착하고자하는 증발원을 전자빔으로 가열해서 기판위에 증발원을 증착시키는 방법이다.

증발에너지는 전자빔을 사용하고 표면개질을 위한 표면에너지를 제공하기 위해서 Ion source가 필요하다. 그림의 상단부에 있는 것은 기판을 장착시킬 수 있는 Dome이고 왼쪽 하단부에 있는 것은 Ion source이고 오른쪽 하단부에 있는 것은 전자빔이다.

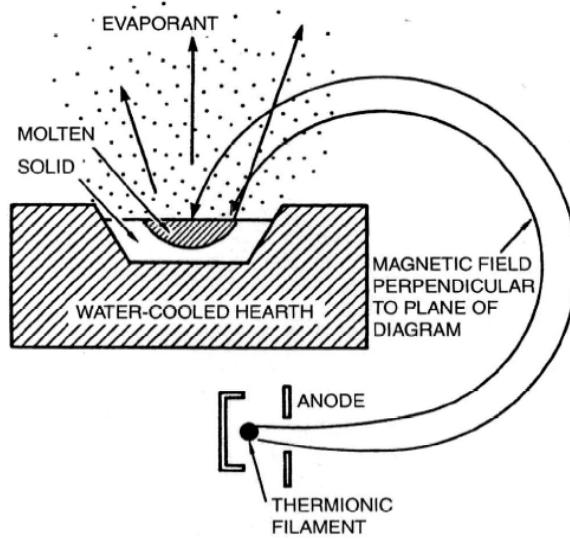


< 그림 4 >. 전자빔 evaporator의 장치 내부

#### 나. Evaporation source

Evaporation source의 대표적인 것은 저항가열식 source와 전자빔 source이다. 먼저 저항가열식 source에서 재료를 증발시키려면 증발원과 충분한 증기압이 발생되도록 증발원를 가열해 줄 수 있는 장치가 필요하다. 증기를 발생시켜주는 장치를 evaporation source라 한다. Evaporation은 보통  $10^{-2}$  torr 정도의 증기압이 요구되며 이를 얻기 위해서는 1,000 ~ 2,000°C의 온도가 필요하다.

증발원과 직접 맞닿아 있으면서 증발원을 지지해 주는 재료를 support 재료라 하는데, support 재료로 사용되기 위해서는 몇 가지 전제 조건이 있다. 첫째, 증발원과 반응을 하지 말아야 한다. 둘째, 가열되었을 때의 자체 증기압이 낮아야 한다. 셋째, 분해가스(산소, 질소 등)가 나오지 않아야 한다. 이러한 조건을 만족시키지 않고 증발원과 support 재료가 화학 반응을 일으키거나 합금을 형성하면 오염 물질을 방출하고 녹는점을 떨어뜨린다. 또한, 증발원과 반응이 없더라도 support 재료 자체의 증기압이 높거나 분해가 쉽게 일어난다면 역시 오염물질을 방출하게 된다.



< 그림 5 >. 전자빔으로 증발 원을 증발

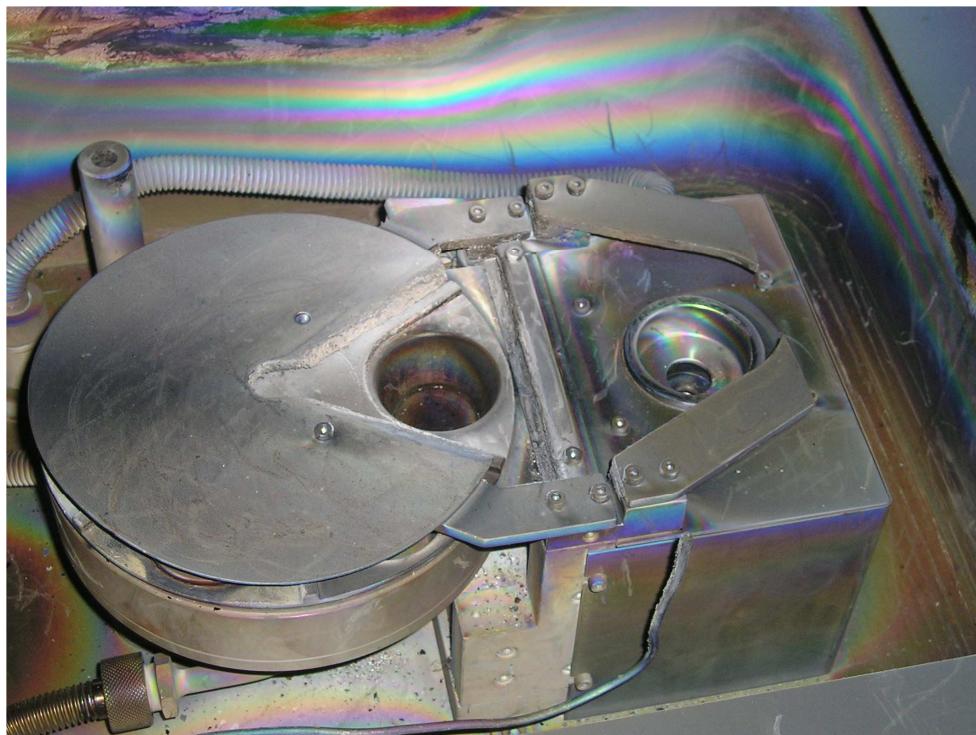
저항가열식 source는 support 재료에 의한 오염의 가능성과 증발원을 가열 할 수 있는 온도가 Joule 열에 의해 도달 가능한 온도로 제한된다는 단점이 있다. 이러한 단점은 저항 또는 induction heating 대신에 전자빔(electron beam)을 이용하여 증기를 발생시킴으로써 극복될 수 있다. 전자는 보통 5~10kV로 가속되며, 가속된 전자는 증발원의 표면에 집중되어 전자의 운동 에너지가 열에너지로 전환되면서 증발원은 가열된다. 전자가 충돌하는 증발원의 표면 부분만 높은 온도로 올라가며 증발원의 다른 나머지 부분은 낮은 온도를 유지한다. 따라서 증발원과 support 재료와의 반응이 억제된다는 장점이 있다. 가열 온도는 3,000°C 이상도 가능하다.

전자들을 가속시키는 장치를 electron gun이라 하며, 전자가 가속되는

mode 또는 증발원을 지지하는 방법에 따라 여러 가지로 구분된다.

전자 source는 텅스텐 필라멘트로 구성된 hot cathode가 주로 이용되는데, 그 이유는 텅스텐은 높은 온도에서도 강도가 감소하지 않아 원래의 모양을 그대로 유지하여 효과적인 전자의 방출이 가능하기 때문이다. 필라멘트의 수명은 자체 evaporation과 증발원 증기와의 반응성 그리고 높은 에너지를 가진 양이온에 의하여 결정된다. 필라멘트는 소모품이므로 쉽게 교체될 수 있도록 설계되어야 한다.

전자의 에너지는 잔류 가스와 증발원 증기 입자를 이온화시킬 수 있으며, 전자들이 이러한 입자들과 충돌되어 산란되면 focus가 흐려지기 때문에 chamber의 진공도는 반드시  $10^{-4}$  torr이하가 되어야 한다. 또한 work로부터 X-ray가 발생됨으로 이를 shielding해 주는 것이 필요하다.



< 그림 6 >. 전자빔의 실제 사진

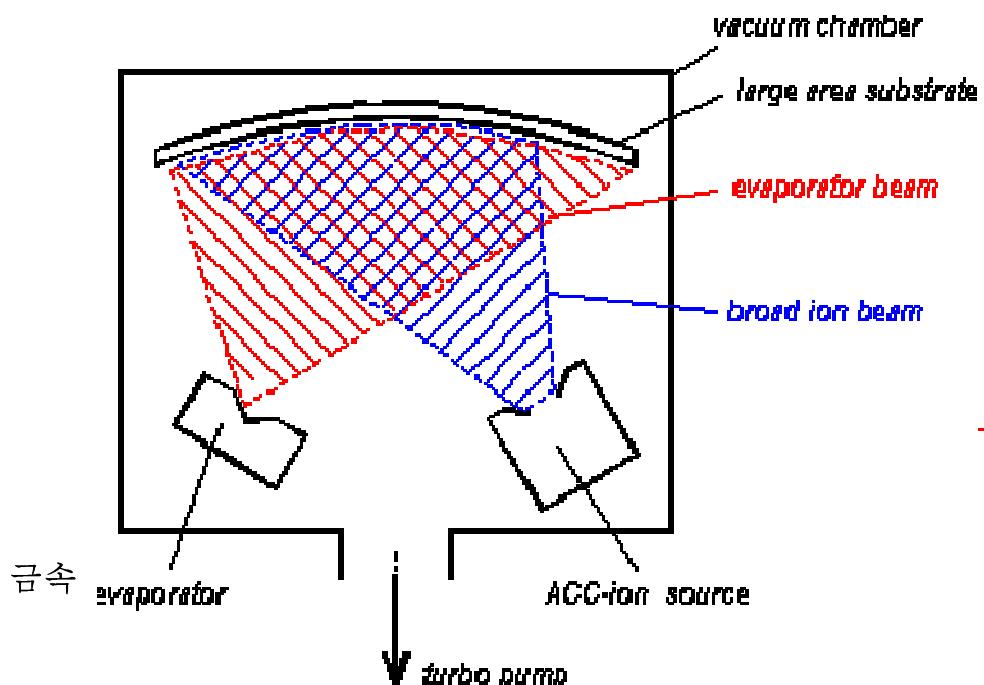
< 그림 5 >은 전자빔이 증발원인 소스를 녹여 증발시키는 그림이다. 전자빔 evaporation은 높은 증착율이 가능하고 장비가 단순해서 다른 증착 장비에 비해 저가이고 장치가 견고한 특징을 가지고 있다.

균일한 증착막의 두께를 위해 기판과 소스 사이의 길이가 길어야 하고 두께

조정을 위한 센서가 필요하다. 그러나 batch type이라 한 공정이 끝나면 진공을 파기시키고 다시 진공을 뽑아야 하는 점 때문에 양산성이 떨어진다. 그리고 원소 조성비가 완전한 화합 증착 막 형성이 불가능하고 증착 공정의 안정화에 많은 시간이 소요되며 증착 방향은 상향으로만 가능한 단점을 가지고 있다.

#### 다. IBAD (Ion beam assisted deposition)

IBAD에서는 전자증발기(evaporator)로부터 발생된 빔과 이온소스에서 만들어진 이온이 아래 그림처럼 기판에 동시에 직접적으로 비추지게 된다.



< 그림 7 >. IBAD 개략도

또는 산소 target은 증발기에 위치하고 박막증착(thin film deposition)에 사용된다. 이온빔은 보통의 가스( $\text{Ar}$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$  등)으로부터 발생될 수 있다. 이것은 질화물이나 산화물로 화학량이 비슷한 물질로 대체해서 박막증착에 부가적인 화학 효과를 준다.

IBAD의 원리는 몇 eV에서 1000eV까지 이온에너지가 가해지는 것이다. 그러나 이온에너지가 대략 100eV 적은 부분에서는 격자가 없는 이온소스가 사

용하기 더 좋다. 그리고 넓은 빔 형태의 높은 에너지에서는 두개의 추출기를 가지는 이온소스가 사용되어져야 한다. < 표 2 >은 가해진 소스와 두개의 에너지 범위의 차이를 보여준다. 100eV보다 작은 범위에서 이온에너지를 가지는 과정은 IAD라고 불린다. 왜냐하면 플라즈마로부터 직접적으로 전달된 이온들로 증착(deposition)이 일어나기 때문이다.

전자빔 evaporation으로 형성된 증착막은 기둥구조를 가지고 있어 부착력 및 경도가 약하여 이를 보완하기 위해 이온빔 보조 장치가 사용되어지고 있다.

항 목	내 용
이온에너지 범위	100 ~ 1,000 eV
소스 형태	Broad beam ion source
박막증착 물질	Ions
성장률(증착률)	10 ~ 100 nm/min
Atom/ion ratio	$10 \sim 10^4$
일반적인 용도	Layers with defined compact structure and reduces inner stress

< 표 2 > IBAD의 특징

이온빔 보조 장치는 중착막의 기둥구조로 인한 빈공간을 메워주고 이온빔의 에너지로 중착막에 충격을 가하여 중착물질의 이동도를 증가시켜주어 조밀도의 증가, 굴절율 증가, 부착력 증가되는 효과를 준다. 이온빔은 Kaufman 방식과 End-hall 방식이 있는데 Kaufman 방식은 고에너지, 저전류이면서 평행한 빔이 나오나 End-hall 방식은 반대로 저에너지, 고전류, 발산빔이 나온다. Kaufman 방식에 비해 End-hall 방식은 대면적에 유리하므로 하프 미러 양산에 사용되어지고 있다.



< 그림 8 >. Ion source의 실제 사진

## 제 4 절. DC / RF sputter 증착 (H/M의 내구성 향상)

In-line sputtering은 전자빔 evaporation과는 다른 증착방법이다. 여기서 In-line이라는 말은 연속적이라는 뜻도 되고 일반적으로 장비(챔버)가 일직선으로 구성된다는 뜻이다. In-line sputtering 장치도는 < 그림 9 >에 나타나 있다.

Sputtering을 쉽게 설명한 것은 형광등이다. 형광등에는 아르곤을 수백 파스칼과 수은 증기를 아르곤의 1000분의 1 정도로 채워져 있다. 그리고 유리관 안쪽에 형광체가 칠해져 있다. 수은 증기의 방전에 의하여 복사되는 자외선이 이 형광체를 비침으로써 흰 빛을 내게 된다. 그런데 오래 된 형광등을 보면 관 끝 방향이 검게 변색 되어있다. 이 원인은 플라즈마로부터 음극에 들어가는 이온에 의한 sputtering 현상에 의해 음극 재료인 원자가 퉁겨져 나갔기 때문이다. 그래서 sputtering은 먼저 플라즈마 속으로부터 음극 표면에 이온이 날아오는 것부터 시작된다. 이온은 전하를 가진 상태로는 음극 표면으로 들어갈 수 없다. 표면의 아주 가까이까지 오면 표면에 있던 자유 전자가 이온

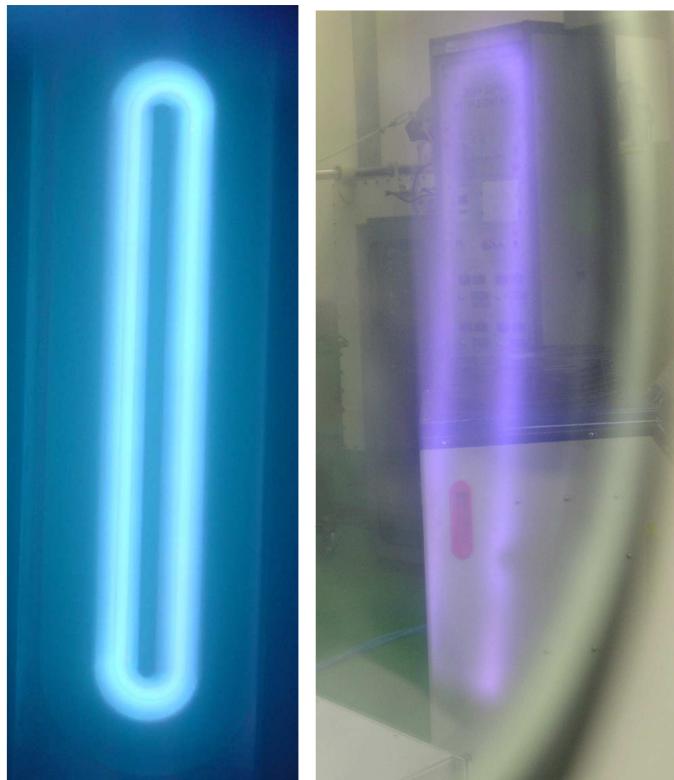


< 그림 9 >. In-line sputtering 장치

으로 옮겨가서 이온을 중화시켜 버리기 때문이다. 그러므로 이온도 고속중성 입자도 그것이 가지고 있는 운동 에너지만이 sputtering에 관계된다.

음극표면 근처에서는 수천 개의 격자 원자가 격렬하게 충돌된다. 그 속에는 치고 들어온 이온 방향과는 반대로 표면으로 향해서 깊은 곳으로부터 에너지가 전달되는 것도 있다. 이 음극 표면 방향으로 전도된 에너지는 표면의 제1층 또는 제2층에 있는 원자의 어떤 것을 격자로부터 뜯어내어 공간을 뿜어나가게 한다. 이것이 sputtering의 기본개념이다.

Target으로부터 플라즈마가 일어나서 sputtering되는 사진은 아래와 같다. 플라즈마을 일어나게 하기 위해선 진공상태에서 Ar이나 다른 gas을 분압에 맞게 chamber에 넣어야 일어난다.



< 그림 10 >. 플라즈마 사진

## 제 3 장 국내·외 관련기술의 현황

### 제 1 절 Color half mirror

국내외 동향은 큰 차이는 없는 것으로 판단되지만, 대략적으로 국내에서는 아크릴 기판 상에 주로 Al, Ni, Cr 등의 금속계열의 증착을 위주로 실시하고 있으며, 현재의 주 시장은 휴대폰의 window cover, 디지털 전자 제품, 케이스 등의 용도로 형성되어 있다.

하프 미러의 증착막은 대부분 금속막이여서 회색을 띠게 되는데 최근 추세는 다양한 컬러를 원하고 있다. 일명 컬러 하프 미러(Color Half Mirror)라 하는데 일부 단색의 제품들은 제품화되고 있다. 이것은 하프 미러처럼 거울 효과 및 조명 효과를 내면서 다양한 컬러를 구현 할 수 있다. 하프 미러와 비슷한 공정을 거치나 증착공정에선 많은 차이가 난다. 하프 미러는 단층(1 layer) 증착이고 금속 증착막 두께를  $100 \sim 300\text{\AA}$  두께로 증착해서 완성되나 컬러 하프 미러는 다층(3 ~ 6 layer)로 증착되고 고굴절율을 가진 산화물과 저굴절율을 가진 산화물을 번갈아 증착하여 만들어진다. 총 두께는  $2,000 \sim 4,000\text{\AA}$  정도이다. 컬러 하프 미러는 하프 미러에 비해 시각적 효과가 우수하나 가격이 높아 고가의 휴대폰이나 DVD에 적용되고 있다. 그러나 컬러 하프 미러는 반사색이 금속컬러가 아닌 단색(blue, green, yellow 등) 이기 때문에 색이 단조롭고 디자인의 화려함이 떨어진다.

본 과제에서의 3 컬러 하프 미러는 반사색이 하나인 컬러 하프 미러를 보완하여 반사색을 보는 각도에 따라 두개의 컬러로 보이게 하였고 투과색을 보이게 하여 3 컬러를 내도록 하였다.

다양한 디자인을 선호도가 높아짐에 따라 휴대폰 디자인 변화에 중요한 역할을 할 수 있게 되리라 본다.

## 제 2 절 내구성이 향상된 신물질 half mirror

일반적으로 하프 미러라 함은 Ni, Al을 아크릴(PMMA)에 코팅하여 휴대폰이나 가전제품의 window cover에 적용되는 것을 말하는데 기존의 Ni, Al은 내구성이 우수하지 못하지만 스크린 인쇄로 하여 잉크를 증착면에 입혀 코팅면을 보호하여 사용되어지고 있다. 하지만 가전제품에 적용되는 window cover 중 LED가 보이는 부분은 하프 미러 코팅 면에 스크린 인쇄가 되면 안되기 때문에 염수분무나 항온항습 등 신뢰성 평가에 취약하다.

이러한 단점을 보완하기 위해 내구성이 우수한 SUS 계열의 물질을 하프 미러에 적용함으로써 하프 미러의 내구성 문제를 해결할 수 있게 되었다. 그리고 SUS 계열의 물질은 sputtering 증착시 uniformity의 재연성이 낮으나 개발 과정을 통해 이 문제를 해결하였다.

기존의 하프 미러와 SUS 계열의 하프 미러의 신뢰성 비교표는 아래와 같으며, 비교표를 보면 SUS 계열의 하프 미러의 우수성을 알 수 있다.

항 목	측정 방법	Ni / Al	SUS 계열
표면 경도	연필 경도계 (H)	4 / 1	6H
내 마모성	Steel wool (cycle)	25 / 5	40
막 밀착성	Cross tape	이상무	이상무
고온 고습	60°C, 95%	96 / 24	120
염수 분무	35°C, 5%	72 / 12	96

< 표 3 >. 기존 하프 미러와 SUS 하프 미러의 비교

## 제 4 장 개발 과제의 수행 내용 및 결과

### 제 1 절 Color half mirror 내용 및 결과

#### 1. Design 설계

3 컬러 하프 미러를 만들기 위해선 우선 광학 design 설계가 필수적이다. 광학 design 프로그램은 여러 가지가 있으나 Essential Macleod가 가장 널리 사용되고 있다. 박막설계 프로그램을 이용하여 아래와 같은 design을 설계하였다.

Layer	Material	Refractive Index	Extinction Coefficient	Physical Thickness
Medium	Mitsubishi 1t	1.5287	0.0000000	
1	T1Mits1T	2.3083	0.0000000	93.891880
2	S1Mits1T	1.4431	0.0000000	150.321900
3	T1Mits1T	2.3083	0.0000000	13.946520
4	S1Mits1T	1.4431	0.0000000	91.868980
5	T1Mits1T	2.3083	0.0000000	112.449700
Substrate	Air	1.0000	0.0000000	

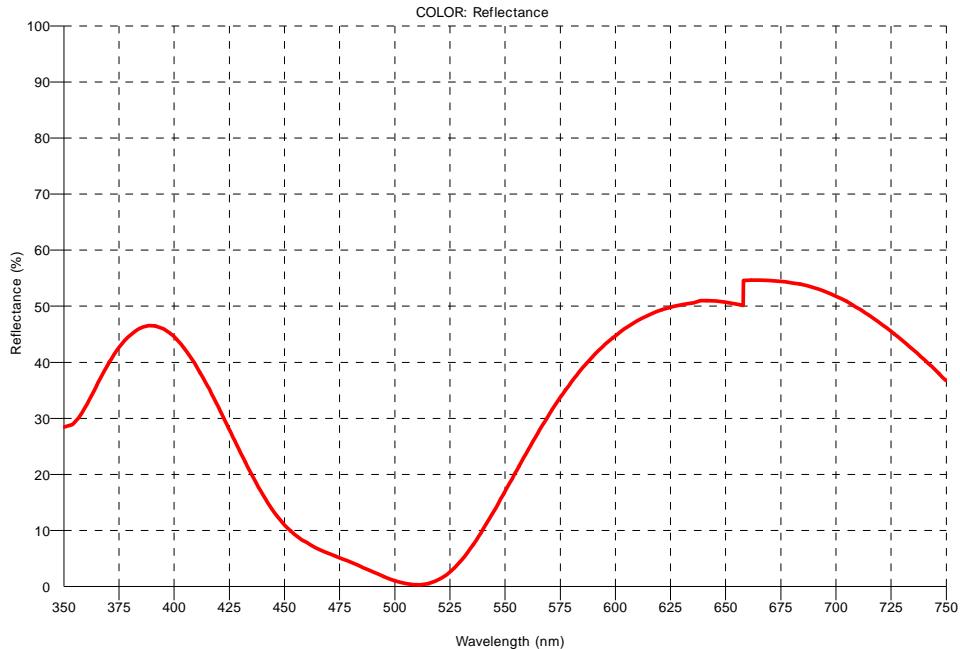
< 그림 11 >. 3 컬러 하프 미러의 디자인의 예

일반적으로 박막의 Layer의 순서는 매질->증착막->기판이다. 여기에서 Medium은 매질을 나타내는데 보통은 Air이나 하프 미러 window cover인 경우는 증착면이 기판 아래에 온다. 이유는 증착면이 위로 갔을 경우 외부로 부터의 스크래치, 오염 등에 노출이 되기 때문이다.

Material의 T1Mits1T와 S1Mits1T는  $TiO_2$ 와  $SiO_2$ 을 나타낸 말이고 Physical Thickness는 광학설계에서 나온 최종의 증착 물질의 두께이다. 단위는 Å이다.  $TiO_2$ 와  $SiO_2$ 는 순도 99.99%(4N) 인 물질을 사용하였다.

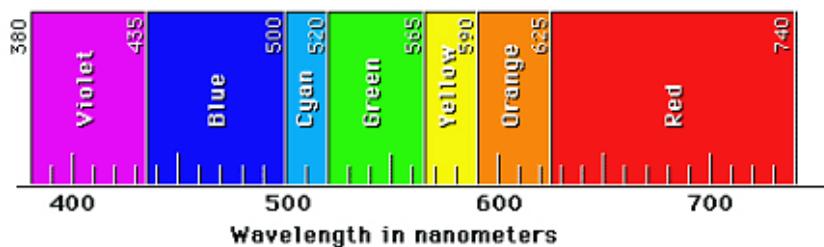
< 그림 12 > 는 디자인 했을 때의 반사 값의 결과물이다. X축은 파장값인데 가시광선영역이다. 즉 350nm ~ 750nm 파장영역이다. 그리고 Y축은 반사

율을 나타내는데 0 ~ 100%이다. 이 그래프에서 알 수 있는 것은 400nm 파장 영역에서와 675nm 파장영역에서의 반사율이 최고치를 나타내는 걸 볼 수 있다. 이는 400nm와 675nm 파장영역의 컬러가 반사가 많이 됨을 알 수 있다.



< 그림 12 >. 3 컬러 하프 미러의 반사율 그래프

파장영역별 컬러의 분포는 아래와 같다. 가시광선의 파장의 범위를 보여준다. 빨간색은 파장이 약 740nm에서 625nm로 가장 길고 차지하는 컬러 띠의 범위도 가장 넓다. 주황색은 625nm에서 590nm, 노란색은 590nm에서 565nm, 파란색 보라색은 각각 500nm에서 435nm, 435nm에서 380nm로 파장이 짧다. 앞에서 말했듯이 인간의 뇌는 파장의 차이를 색의 차이로 인식하게 된다.



< 그림 13 >. 가시광선의 파장 영역

380nm 보다 짧은 부분이 자외선 영역이고, 740nm 밖에 있는 영역이 자외선 영역이다. 눈으로는 볼 수 없는 파장 영역입니다. 전체 태양광 중에서 60% 정도이다.

## 2. 컬러 하프 미러 증착

컬러 하프 미러의 증착은 3절에서 언급했듯이 E-beam evaporation 방법으로 증착하였다. 작업 조건은 아래의 표와 같다.

Process Condition	Value (단위)
Base Pressure	$2.5 \times 10^{-5}$ (torr)
Work Pressure	$1.0 \times 10^{-4}$ (torr)
Gas species	O <sub>2</sub>
Gas flux	60 (sccm)
Heat Temp.	55 (°C)
Deposition rate : TiO <sub>2</sub>	3 (Å/sec)
Deposition rate : SiO <sub>2</sub>	10 (Å/sec)

< 표 4 >. 컬러 하프 미러 process condition

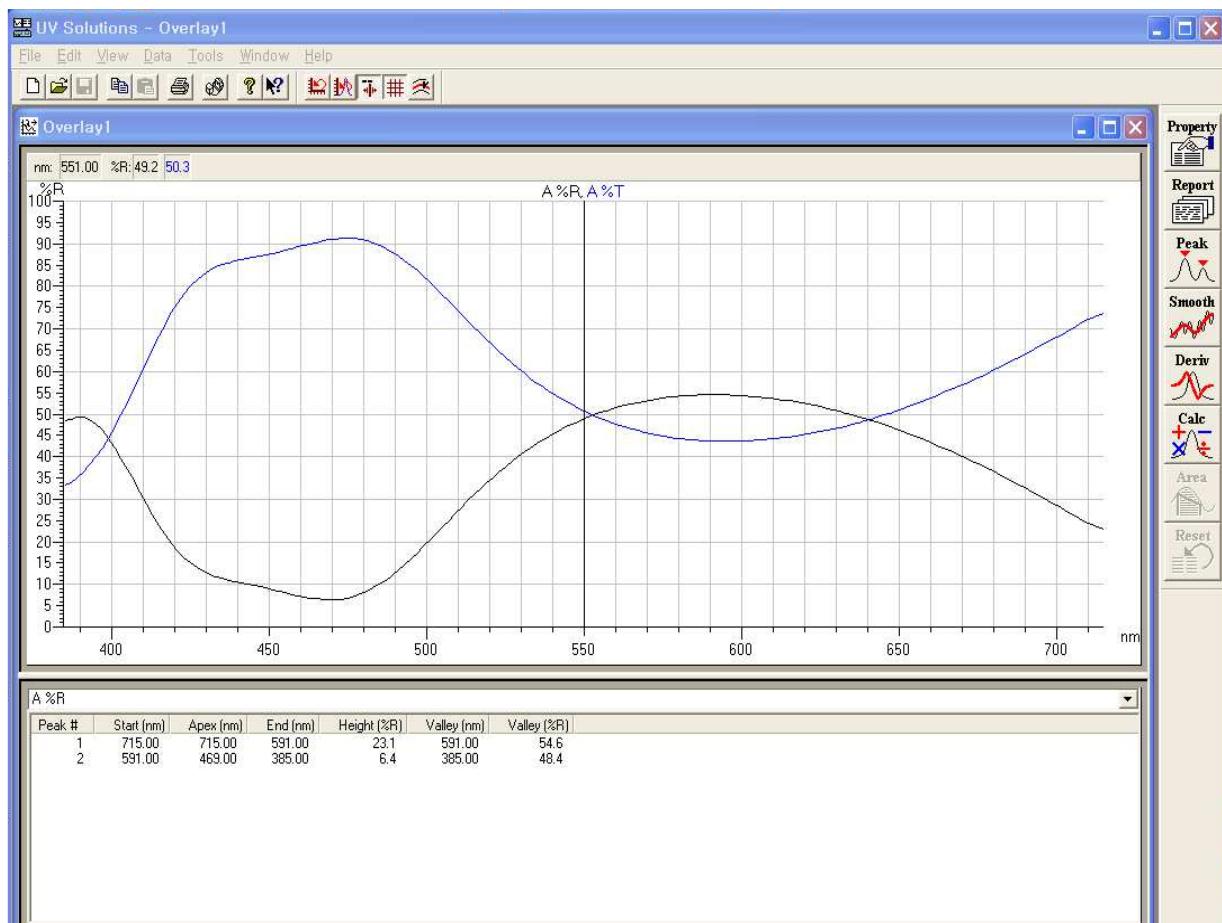
작업 공정 중 기판과 증착막간의 부착력이 매우 중요하다. 기판의 표면개질이 일어나지 않으면 부착력은 매우 약해져서 후공정(스크린인쇄, 건조, CNC 가공) 동안 탈막현상이 일어난다. 또한 여러 공정변수에 따라 탈막이 일어날 수 있다. 표면 개질은 그중 무엇보다 중요하다. 탈막을 막기 위해 Ion source로 기판 표면에 에너지를 주어 표면개질을 시켜야 한다. 다른 여러 변수들을 간략하게 나열하면 기판이 고분자이기 때문에 수분 흡착이 잘 일어나서 건조 또는 진공을 확실하게 뽑아 기판의 수분제거도 중요하다. 또한 Dome의 회전속도, 증착물질의 depo. rate, chamber의 온도도 변수 중 일부이다. 이러한 최적을 공정을 set-up하기 위해 여러 가지 실험을 진행하였다.

### 3. 컬러 하프 미러의 결과 그래프

#### 가. 3 컬러 하프 미러 A type

A type은 앞 design에서 설계된 것을 증착을 한 것이다. 증착된 투과율과 반사율 그래프는 아래와 같다. 투과율, 반사율 그래프는 직접 제작한 sample을 Spectro-photometer로 분석한 것이다.

검은색 선은 반사율 그래프이고, 파랑색 선은 투과율 그래프이다. 흡수율이 없을 때 투과율과 반사율을 더하면 100%가 된다. 물론 이 그래프를 보면 앞에서 언급했듯이 반사율 그래프에서처럼 파장 390nm와 600nm에서 최고의 반사값이 나온다. 그래서 2개의 반사 컬러를 낼 수 있다. 반사색은 증착에서 2가지 컬러를 내지만 나머지 하나의 컬러는 투과색으로 내는 것이다.



< 그림 14 >. 3 컬러 하프 미러 A type 투과, 반사율 그래프

### 나. 3 컬러 하프 미러 B type

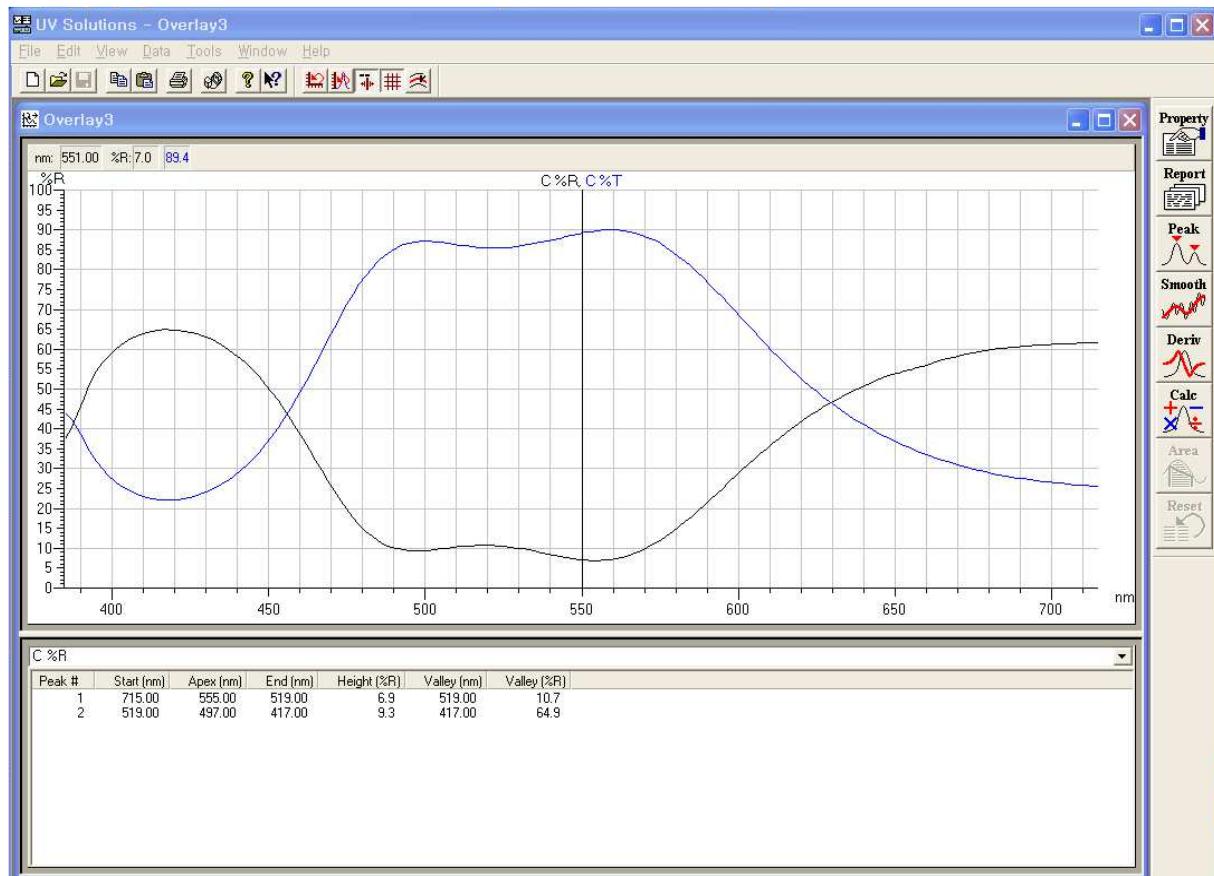
B type은 A type과 비슷하지만 반사율의 peak 파장영역을 20nm 장파장 쪽으로 이동시켜 컬러의 변화를 주었다. 물론 컬러의 변화는 그리 뚜렷하지 않지만 선명도에선 차이를 보인다. A type의 peak 파장은 390nm, 600nm이나 B type의 peak 파장은 410nm, 650nm이다.



< 그림 15 >. 3 컬러 하프 미러 B type 투과, 반사율 그래프

### 다. 3 컬러 하프 미러 C type

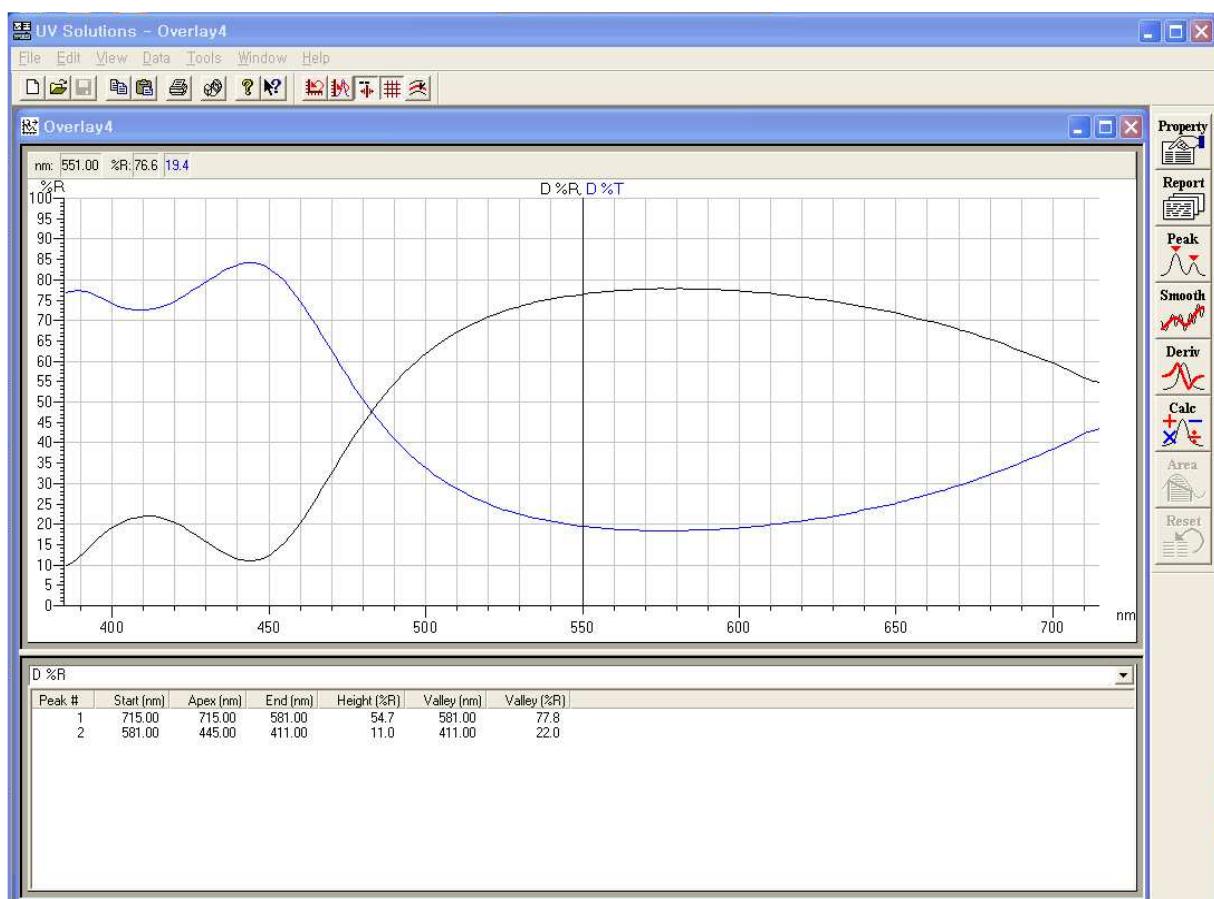
C type은 A, B type과 design 방법을 달리해 design 설계하여 제작하였다. 제작된 sample의 투과, 반사율 결과그래프를 보면 알 수 있듯이 결과그래프에서 차이를 보이지는 않으나 design 기법을 달리하여 제작하였다. 파장영역이 장파장 쪽으로 A type 보다 20nm 더 오른쪽으로 이동한 것도 볼 수 있다.



< 그림 16 >. 3 컬러 하프 미러 C type 투과, 반사율 그래프

## 라. 2 컬러 하프 미러 (Green)

2컬러 하프 미러는 반사색이 하나인 컬러를 이용하여 만든 것이다. 반사색이 하나인 컬러는 이미 일부 고급 모델에 제품화가 이루어지고 있으나 기술적인 문제가 있어 소폭 적용되고 있다. 이 과제에서는 반사색이 하나이지만 투과색과 합쳐서 2 컬러를 재현해 보았고 대표적인 하나의 green 컬러만 sample화 시켰다. 다른 컬러는 test만 진행하였다. 아래의 그림은 green의 투과 반사율 그래프이다. Green 컬러의 peak 파장은 590nm 정도이고 blue 컬러의 peak 파장은 420nm 정도이다.

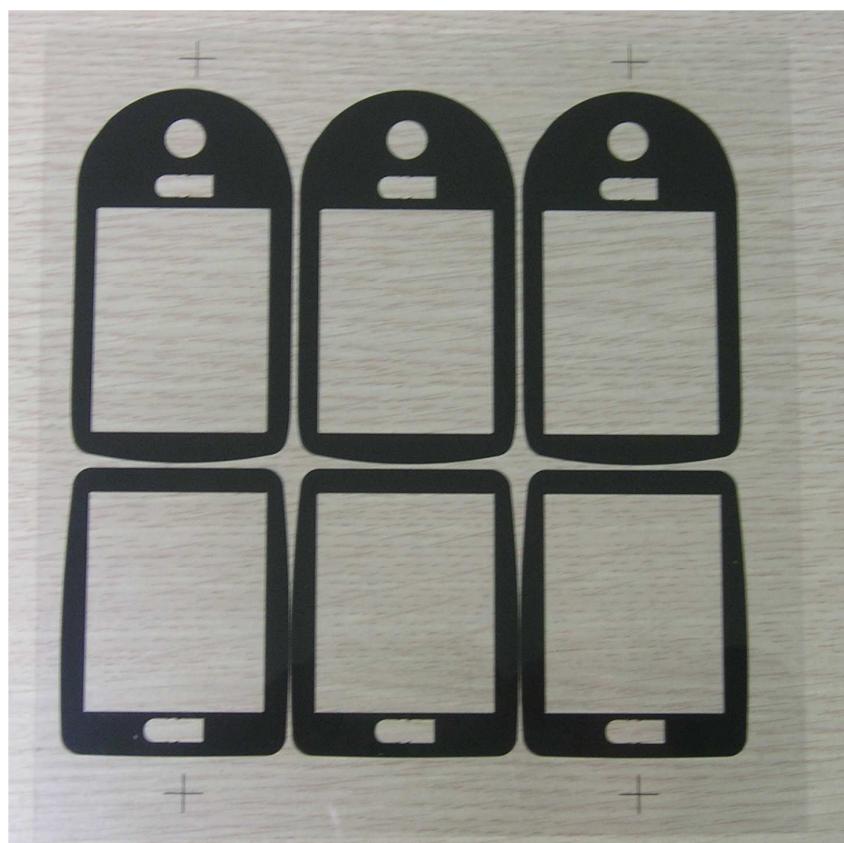


< 그림 17 >. 2 컬러 하프 미러 (green)투과, 반사율 그래프

#### 4. Window cover design 및 film 작업

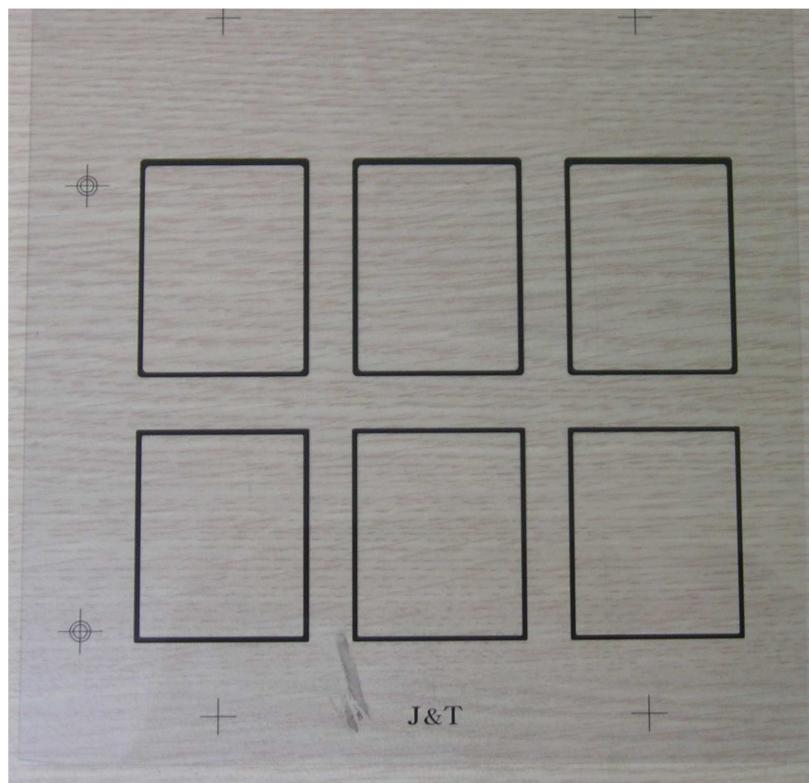
필름작업은 OHP 필름 위에 레이저 프린터로 출력하는 것과 비슷하다. 디자인은 한 개에 대한 상세도이나 필름은 인쇄나 CNC 가공을 효율적으로 작업하기 위해 한 개의 모양을 원판의 크기에 맞게 여러 개를 패턴 무늬처럼 배열하여 필름 작업이 이루어진다. 보통 원판에 10~20개 정도 배열된다.

제작된 필름으로 재판 작업을 하는데 재판 작업은 스크린 인쇄를 위해 필름의 모양 그대로를 재판에 옮기는 작업이다. 그래서 일단 판 위에 빛에 반응하는 감광 물질을 전체적으로 도포한 후 판 위에 필름을 두어 빛을 쪘어준 다음 물로 세척하면 빛에 쪋어진 부분은 남아있고 쪋여지지 않은 부분은 물에 씻어져 필름의 디자인이 판 위에 그대로 옮겨진다. 판은 mesh 형태로 되어있고 미세하게 구멍이 나있다.



< 그림 18 >. Window cover film design

이번 과제의 window cover design 설계도를 바탕으로 작업된 필름의 그림은 < 그림 18, 19 >와 같다. 인쇄를 하기 위한 필름은 인쇄 횟수에 따라 필름의 개수가 정해진다. < 그림 18, 19 >에서의 design은 2가지 모델을 적용시켰다. 그리고 아래 부분엔 엠시디(주)의 로고를 넣어 제작하였다. 위 모델 3개, 아래 모델 각각 3개이다. < 그림 19 >는 window의 line 인쇄를 위한 필름이다. 필름의 사진은 줄무늬가 있는 테이블 위에서 찍어서 아래의 줄무늬가 나타나 있으며 필름은 OHP 필름이므로 투명하다.



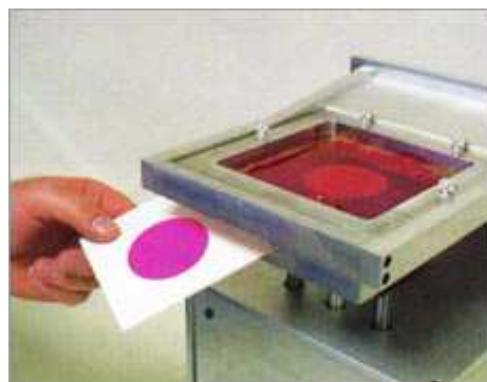
< 그림 19 >. Window cover line film

아래의 J&T의 표시는 외주가공의 업체 명이고, 십자가 마크와 십자가 마크에 두개의 원이 있는 것은 인쇄 후 CNC 가공 시 CNC 기기와 인쇄된 곳과 일치시키기 위한 마크이다.

## 5. 스크린 인쇄 작업

### 가. 스크린 인쇄의 기본 개념

나일론(Nylon), 데트론(Polyester) 또는 스테인레스, 스틸등으로 짜여진 스크린 망사를 나무나 알루미늄 등의 틀에 고정시켜 그 위에 수공적 또는 광학적 방법으로 판막을 만들어 필요한 화상이외의 부분을 막고 그 안에 인쇄 잉크를 부어 스퀴지(Squeegee)라 불리는 주걱으로 스크린 내면을 가압하면서 움직이면 잉크는 판막이 없는 부분의 망사를 통과하여 판 밑에 놓여 있는 종이나 기타 피인쇄체에 찍혀 나와서 인쇄가 된다. 아래 그림은 인쇄기의 핵심 부분을 확대 해놓은 것과 같다.



< 그림 20 >. 인쇄 작업의 예

이러한 인쇄방식을 스크린 인쇄라고 하는데 평면의 피인쇄 소재 뿐 아니라 병이나 컵 등의 원통, 원뿔체 등의 곡면에도 인쇄가 가능하다. 스크린인쇄와 같은 종류에는 등사판 인쇄와 나염 또는 잔무늬 붙이기에 이용되는 형지나염이 있고, 이것들은 모두 인쇄분류상으로 공판인쇄에 속한다.

### 나. 스크린 인쇄의 특징

- (1) **凸판이나 평판 인쇄물의 잉크층 두께는 불과 수 마이크론이고, 凹판인쇄라 해도 12 ~ 15 미크론인데 비해 스크린인쇄는 30 ~ 100 미크론의 두께가 가능하다.** 그러므로 잉크의 은폐력이 매우 커서 검은색이나 짙은색 위에 흰색 인쇄를 할 수 있다.

- (2) 스크린 인쇄에서는 수성, 유성은 물론 여러 종류의 기능성 잉크를 사용 할 수 있으므로 모든 재질에 대해, 또 여러 가지 조건에 대해서도 그 목적을 만족시키는 인쇄를 행할 수 있다. 잉크의 건조형식에도 증발건조형, 2액 반응형, 자외선 경화형 등 여러 가지 형식이 있다.
- (3) 스크린 인쇄의 판면은 탄력이 있으므로 종이나 형겼처럼 유연한 소재 뿐 아니라, 유리, 금속, 경질플라스틱을 비롯하여 딱딱한 나무나 성형물의 면에 대해서도 인쇄가 가능하다.
- (4) 특이한 형상의 성형물(병, 컵, 공업용 부품 등) 또는 포스터, 현수막, 각종 전시물이나, LCD, HIC, EL 등 전자부품의 초고정밀도의 인쇄까지 가능하다.

#### 다. 스크린 인쇄 컬러 (투과색)

두가지 컬러는 중착 막으로 낼 수 있고 나머지 한가지 컬러는 투과색으로 낼 수 있다. 투과색은 인쇄 컬러로 내었다. 컬러의 종류는 6가지로 내었다. 6 가지 종류는 black, white, yellow, blue, green, red 이다. 중착 막의 종류는 4 가지(3 컬러 A, B, C type, 2 컬러)로 내었다.

사용한 잉크는 세이코 어드밴스의 "HAC210"이고 경화제는 10% 첨가하여 작업하였다. Black, white를 제외하고는 white 잉크를 섞어 넣어 색을 연하게 만들어 작업하였다. 실제 작업한 인쇄기의 그림은 아래와 같다.



< 그림 21 >. 스크린 인쇄기

## 6. 마무리 작업 (최종 공정)

인쇄가 끝나고 난 뒤 마무리 작업에 대해 간략하게 설명하자면 에칭 작업이 있다. 제품에 따라 차이는 있으나 휴대폰에 적용되는 하프 미러는 LCD가 보이는 윈도우 부분은 금속 증착막이 투과율을 낮추어 LCD가 잘 보이지 않게 되므로 에칭 작업이 이루어진다. 에칭액은 Al, Cr인 경우 NaOH, Ni인 경우는 제2염화철, 산화물인 경우엔 BOE이 주로 사용되어지고 에칭 작업 시 중요한 점은 최단시간에 깨끗하게 에칭 되어져야 한다는 것이다. 에칭 작업이 길어지면 에칭 액에 의한 인쇄나 증착 막에 손상이 가해지고 원판에도 악영향을 줄 수 있다. 오버 에칭이 되는 경우는 증착막과 인쇄 사이를 에칭액이 파고들어 라인부분이 깨끗하게 에칭 되지 않는다. 반대로 에칭이 다 되지 않으면 얼룩이 남아 에칭 작업은 주의해야 할 공정 중 하나이다. 에칭이 끝나면 물로 깨끗이 세정해야 한다. 세정이 제대로 되지 않으면 에칭 액이 잔존해 있어 서서히 부식되기 때문이다.



(a) 중착막 위의 black 인쇄



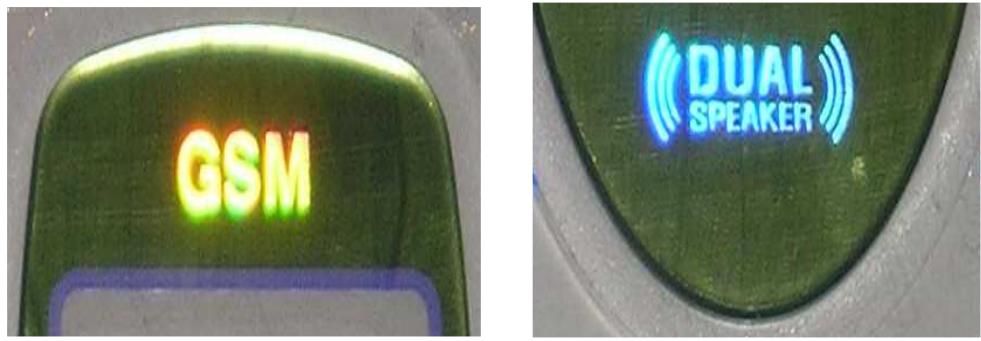
(b) 인쇄면 반대편 사진

< 그림 22 >. 에칭 후 window

에칭 후 핫스태핑으로 홀로그램을 이용하여 로고부분을 입히고 마지막으로 CNC 가공이 이루어진다. 그러면 최종 window cover가 완성이 되는 것이다.

홀로그램은 로고부분을 시작적으로 돋보이게 하기위해 작업이 되어진다.

< 그림 23 >.은 로고 부분에 홀로그램이 되어있는 sample 사진이다. 본 과제에서는 엠시디 로고에 홀로그램을 작업하였다.



< 그림 23 >. 홀로그램 로고의 예

CNC 가공은 필름작업에서 design된 제품 모양으로 따내는 작업을 하게 되는데 이 공정을 CNC 가공이라 한다. 이 공정에서는 CAD에서 디자인된 모양 그대로를 따내야 하므로 CNC 기기의 프로그램을 디자인과 동일하게 맞춰 작업해야 한다. < 그림 24 >는 CNC 가공기 장치도이다.

CNC 기기는 CAM(compuer aided manufacturing) 프로그램으로 작동되는데 CAD 디자인의 기준점과 CAM 프로그램의 기준점을 일치시켜 작업을 해



< 그림 24 >. CNC 가공기

야한다. CNC 가공 전에는 CNC 기기의 진동에 의한 원판이 움직일 수 있으므로 이 움직임을 줄이기 위해 CNC 가공 tape를 붙여 가공을 한다. CNC 가

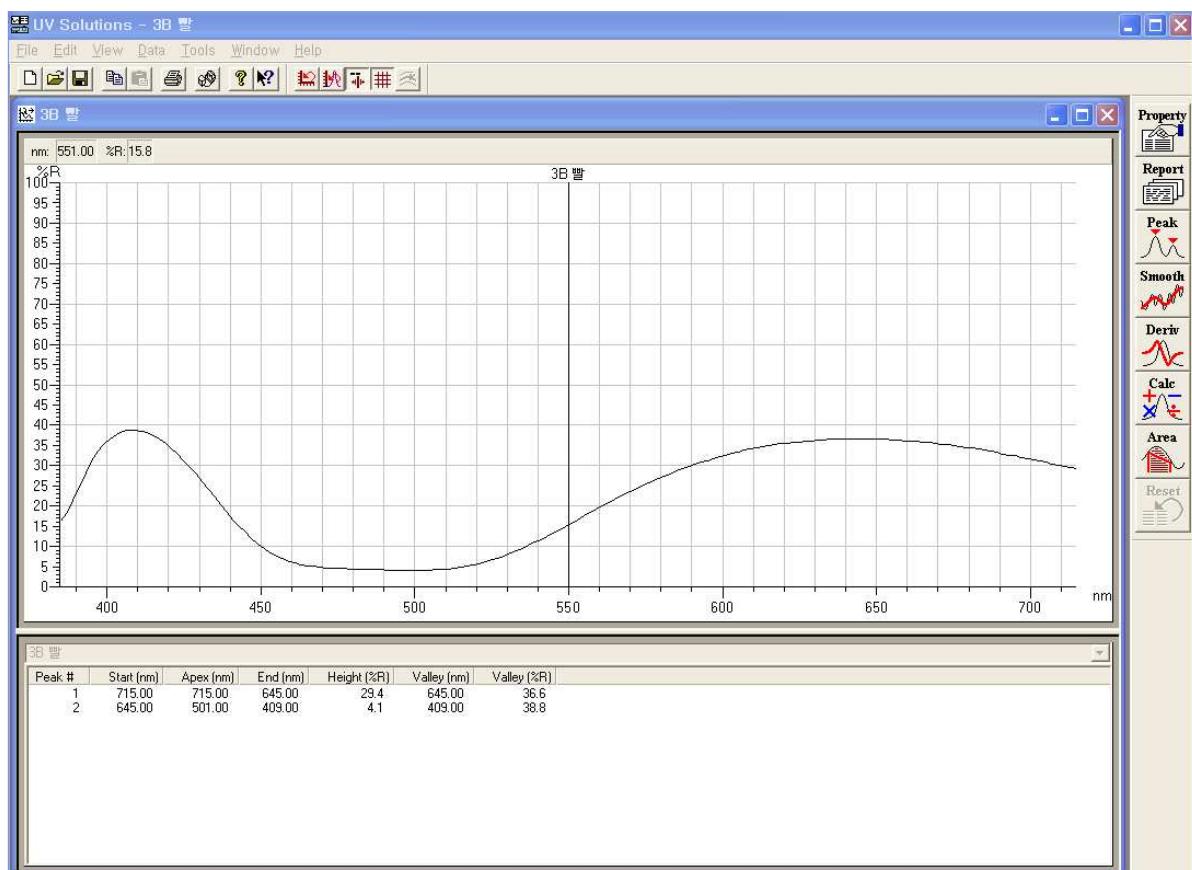
공 tape은 또한 하프 미러의 보호를 위해 붙이기도 한다.

CNC의 날은 초경합금을 사용하는데 날의 교체시기를 놓치지 않도록 주의해야한다. 그리고 CNC 가공 속도에 따라 가공 시 아크릴의 깨짐 현상이 발생되므로 속도 조절이 무엇보다 중요하다. 아크릴 두께가 0.8mm 인 경우에는 한 번의 가공으로 공정이 끝이 나지만 두께가 3.0mm 인 경우는 같은 가공 부위를 2~3회 반복 가공을 해야 한다.

## 7. 최종 sample

### 가. 최종 sample 투과, 반사율 그래프

최종 sample의 대표적인 투과, 반사율 그래프는 아래 그림과 같다. 투과율 그래프는 스크린 인쇄가 덮혀져 있기 때문에 투과가 일어나지 않고 반사율 그래프는 증착막에서의 그래프와 거의 흡사하다.



< 그림 25 >. 3 컬러 하프 미러 B type 반사율 그래프

#### 나. 최종 sample 사진

최종 sample 사진은 3 컬러 하프 미러의 A type의 투과색을 6가지로 한 사진이다. 반사색은 2가지이지만 보는 각도에 따라 달라지므로 사진에서는 나타내지 못한다. 그리고 사진으로는 투과색은 잘 보이나 반사색은 뚜렷하게 나타나지 않음을 볼 수 있다.



< 그림 26 >. 3 컬러 하프 미러 최종 sample 사진

상부 왼쪽부터 투과색(사용 잉크 컬러)은 black, white, yellow이고 하부 왼쪽부터는 blue, green, red 순으로 배열되어 있다.

## 제 2 절 내구성이 향상된 신물질 half mirror 내용 및 결과

### 1. 신물질 half mirror 증착

신물질은 기존 하프 미러에 사용되어 오던 Al, Ni이 아닌 내구성이 향상시킬 수 있는 SUS 계열을 사용하여 하프 미러에 적용시켰다. Al이나 Ni 등의 금속막은 내구성이 약하여 수분이나 산화 및 부식에 의하여 아크릴(PMMA) 시트의 다수 곳에서 탈막되며 윈도우에 미러 효과를 발생시키지 못한다.

그리고, 심미감을 현저히 떨어뜨려 소비자의 욕구를 충족시키지 못하는 취약한 문제점과 윈도우 제조 공정 중 증착 막에 인쇄를 한 후 인쇄물을 건조시키는 과정에서 금속막과 아크릴 시트의 인장력이 달라서 탈막되어 불량품이 매우 다량 배출되어 제조에 따른 재료의 낭비와 제조단가의 상승을 유발시키는 한편, 제품의 경쟁율을 떨어뜨리는 문제점이 있었으나 이를 극복하기 위한 기술은 제공되지 못하고 있는 실정이다.

이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 기술적 과제는 종래와 같이 아크릴 시트에 금속재질을 표현할 수 있어 소비자의 심미감을 충족시키고 열전도율이 낮아 고온이나 저온에서도 윈도우에 의한 제품의 내부 오작동을 줄일 수 있을 뿐만 아니라 수분이나 산화 및 부식에 강하여 아크릴 시트에서 쉽게 탈막되지 않으며, 특히 인쇄 후 건조공정에서도 증착력이 강하고 내구성이 우수한 증착막을 형성하는데 있다.

금속합금을 sputtering를 이용하여 미세한 분말상태로 만들어 금속합금의 구성 성분비에 변화를 가하지 않도록 하여 금속합금을 증착시키는 것을 특징이다. E-beam evaporation 증착은 증착하고자 하는 물질을 기화시켜 증착 막을 형성하는 방식이므로 합금인 경우 녹는점과 deposition rate가 각기 다르기 때문에 물질마다 조성비가 틀리게 막이 형성될 수밖에 없다. 이러한 단점을 보완하기 위해 본 과제에서는 sputter 방식으로 SUS 계열의 합금을 조성비를 동일하게 하여 하프 미러 막을 형성시켰다.

증착 공정조건은 < 표 5 > 같다. 증착온도는 상온에서 작업하였고, Power 값과 carrier speed을 조절하여 증착막을 컨트롤하고 투과율을 조절하였다. 기본적으로 가전제품에 많이 사용되어지는 투과율은 21%정도이므로 거기에 맞게 제작하였다.

Process Condition	Value (단위)
Base Pressure	$1.0 \times 10^{-5}$ (torr)
Work Pressure	$3.0 \times 10^{-3}$ (torr)
Gas species	Ar
Gas flux	200 (sccm)
Heat Temp.	30 (°C)
Power	2.5 (kW)
Current	5.6 (A)
Voltage	400 (V)
Carrier Speed	1.5 (m/min)

< 표 5 >. 하프 미러 process condition

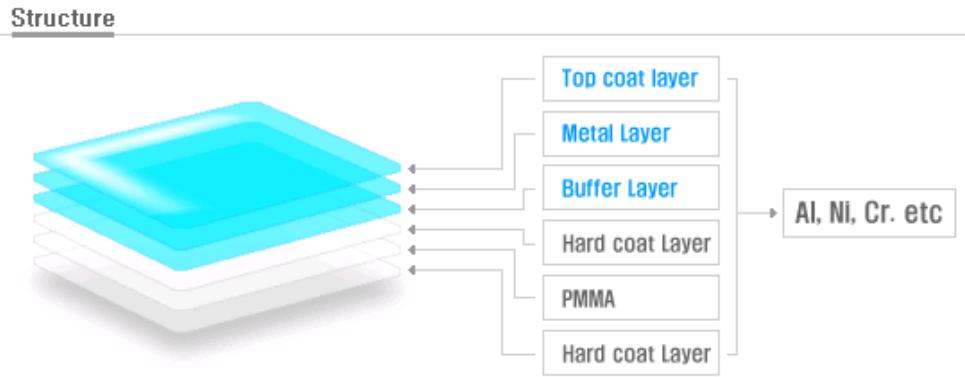
증착된 원단사진은 아래와 같다. 투과율은 23%이고, 원단 size는 440mm에 280mm이다. 가전제품에 사용되어지는 원단의 두께는 2mm 혹은 3mm을 사용하는 것이 보통이다.



< 그림 27 >. 증착된 하프 미러 원단 사진

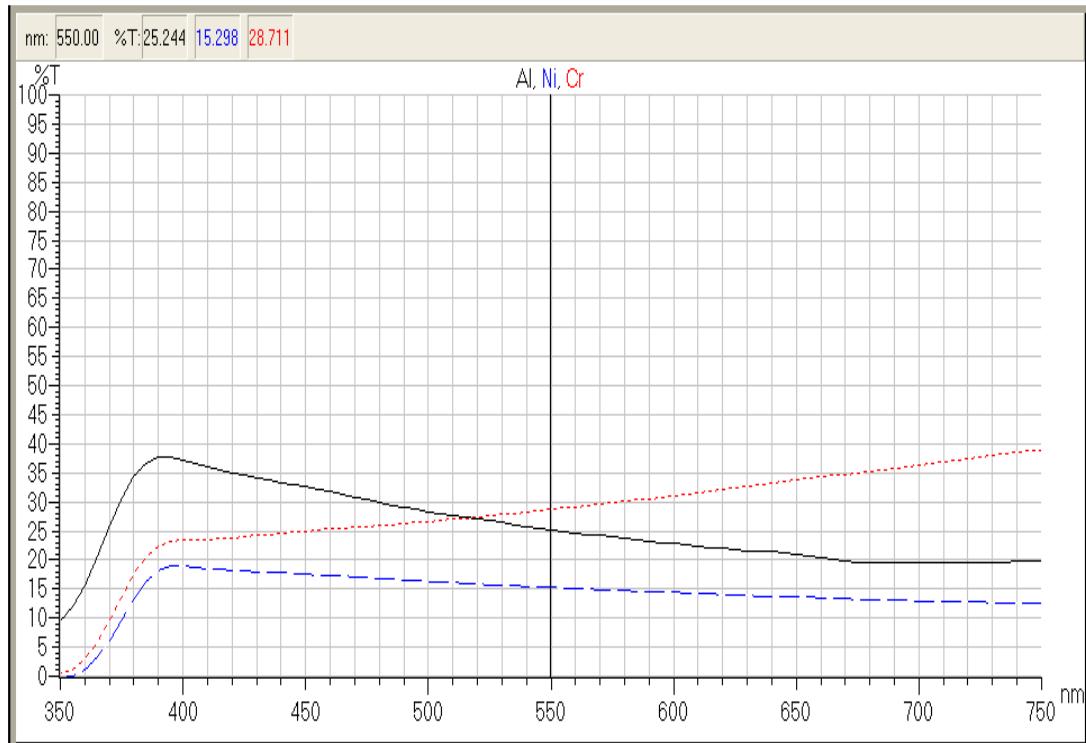
일반적인 하프 미러의 막구조를 3차원으로 나타낸 그림은 < 그림 28 >이다. 보통 PMMA 기판은 양면에 hard coating이라는 고분자 물질이 입혀진 상태이다. 이는 기판의 경도를 높이기 위해 사용되어진다. 그리고 buffer layer

는 Metal layer와 기판과의 부착력을 높이기 위해 증착 되어지는 막이다. 그리고 top coating은 부식방지 및 경도향상을 위해 사용되어 지는데 제품에



< 그림 28 >. 하프 미러의 증착 막 구조

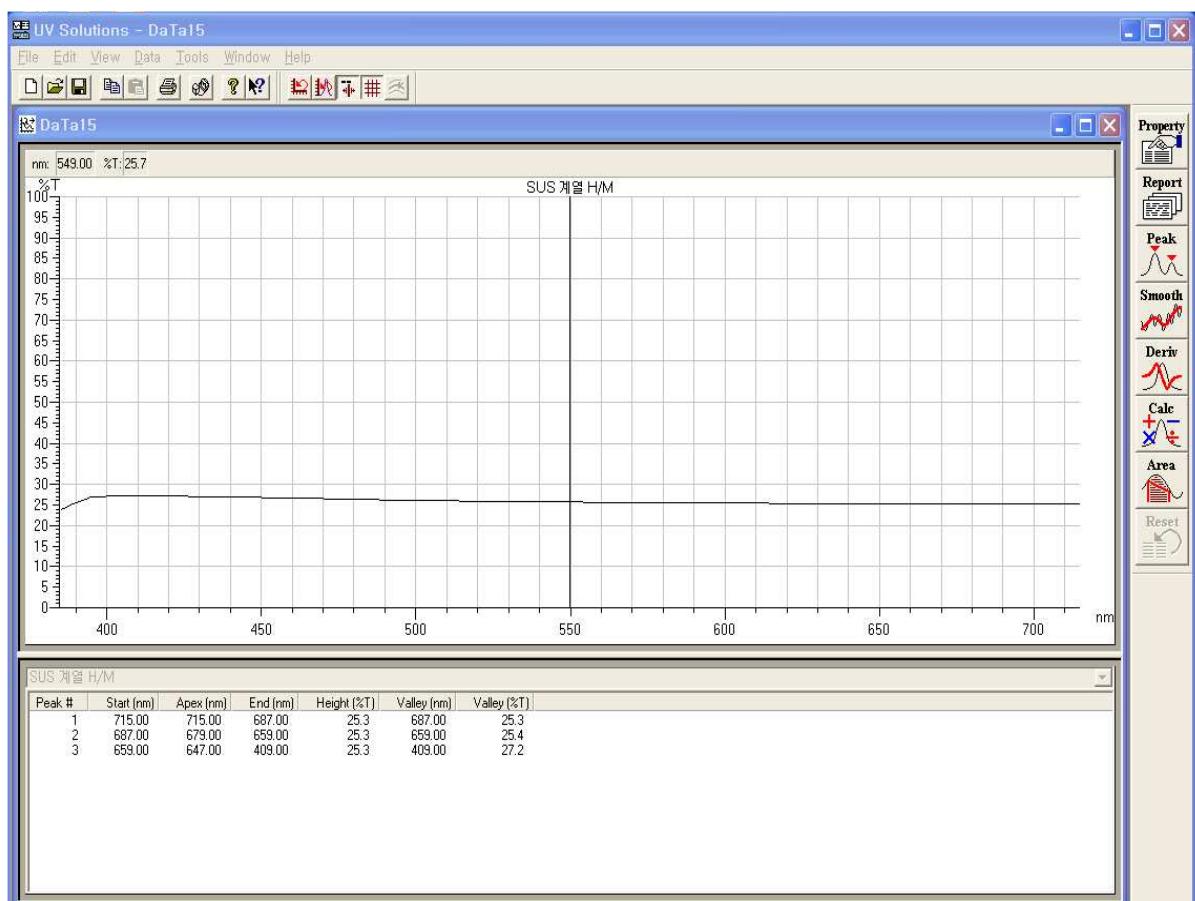
따라 선택사항이다. SUS 계열인 경우 top coating 하지 않아도 부식, 경도를 향상시킬 수 있어 원가절감에 큰 도움을 준다.



< 그림 29 >. Al, Ni, Cr의 투과율 그래프

< 그림 29>.은 대표적인 하프 미러의 투과율 그래프를 나타낸 것이다. 증착물질에 따라 투과율 곡선이 다름을 알 수 있다.

SUS 계열의 하프 미러의 그래프는 아래와 같다. Al 인 경우 단파장에서 투과율이 높게 나와 blue 컬러를 띤다. 반대로 Cr 인 경우 장파장에서 투과율이 높게 나와서 brown 또는 red 컬러를 띤다. 그러나 SUS 계열인 경우 전파장영역에서 투과율이 일정하여 특정 컬러를 내지 않아 black 계통의 색을 띠게 되어 중후한 느낌을 준다.



< 그림 30 >. SUS 계열의 하프 미러 투과율 그래프

## 2. 신물질 half mirror 최종 sample 사진

최종 sample 사진은 CNC 작업이 끝난 상태의 사진과 1개의 완성된 sample 사진이다. 사진에서 보이는 것처럼 LED가 보이게 되는 window에서 인쇄가 되어있지 않고 나머지 부분은 인쇄가 되어있다. 인쇄는 보통 black 잉크를 사용하고 있다.



< 그림 31 >. SUS 계열의 하프 미러 sample



< 그림 32 >. SUS 계열의 하프 미러 CNC 작업후 sample

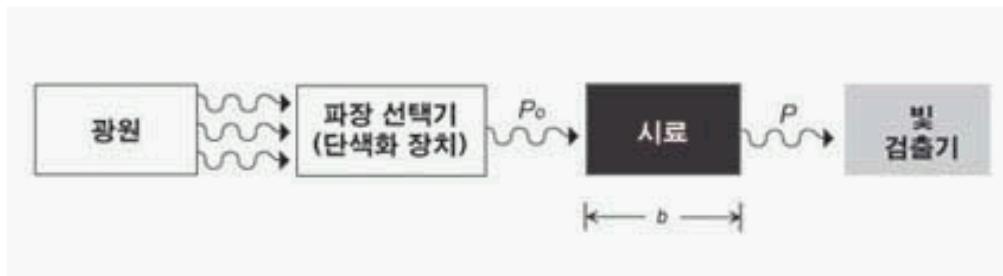
## 제 5 장 물성 평가

### 제 1 절 투과, 반사율 측정

투과, 반사율 측정은 가장 기본이 되는 평가 항목이고 sample이 만들어 지면 바로 측정하여 값을 분석하고 다시 측정이 이루어져야 한다. 투과, 반사율 data는 앞에서 많이 언급하였고 data 그래프도 이미 첨부되어 있다. 투과, 반사율 측정은 spectrophotometer로 측정하는데 이것은 분광광도계라고도 한다.

분광광도계(spectrophotometer)"는 빛의 양을 전기적 에너지로 바꾸어서, 샘플을 통과한 광선의 세기를 측정하여 sample의 농도나 특성을 알아내는 화학기기 장치를 말한다. 이러한 분광광도계의 종류에는 근자외선, 가시광선, 근적외선 영역의 스펙트럼을 측정하는 것들이 있다.

수동형인 분광광도계는 "단광속(single beam)"형으로, sample을 움직여서 광선이 지나가는 위치에 넣고, 파장마다 표준 sample과 시료 sample의 투과 광의 세기를 비교하여, 투과율이나 흡광도를 구하여 sample의 농도 등 여러가지 특성을 알아내게 된다.



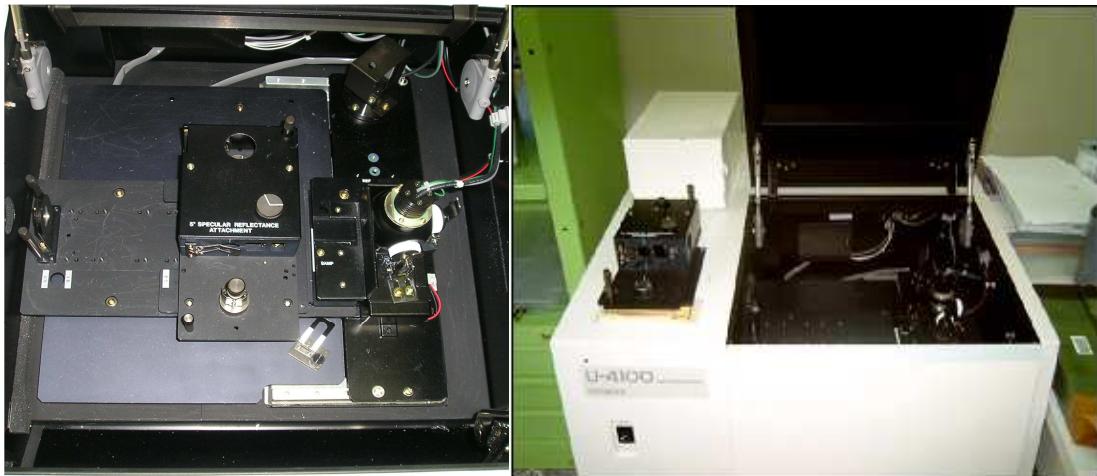
< 그림 33 >. 분광광도계의 원리

자동기록형인 분광광도계에는 "복광속(double beam)" 방식이 쓰이며, 한쪽 광속은 표준 sample을, 다른 쪽은 시료 sample을 지나게 하여 양쪽 투과광의 세기를 전기적인 방법에 의하여 자동적으로 비교해서 흡광도 또는 투과율을 구하게 합니다. 이것은 파장에 대해서 연속적으로 행해지며 자동적으로 기록하여 특성을 분석하게 된다. 이러한 복광속 방식에는 두 가지 형식이 있다.

그 하나는 광원에서 오는 빛을 두 개의 광속으로 나누어, 그것을 각각 표준 sample과 시료 sample로 유도하는 방식이고, 다른 것은 한 가닥의 광속을 시간적으로 바꾸어서 교대로 양쪽 sample에 통과시키는 방식이다.

Spectrophotometer가 갖추어야 할 최소한의 구성요소는 <그림 31>과 같다. 가시선의 광원은 간단한 텅스텐 전구이다. 자외복사선의 경우는 주로 중수소 아크 램프를 사용한다. 이 램프에서는 전기 스파크에 의해서 D2를 해리시키면 200~400nm 범위의 자외선을 방출한다. 글로바(Globar)라고 하는 탄화규소 막대는 적외선의 광원으로 이용된다.

단색화 장치(Monochromator)라고 하는 파장 선택기는 프리즘, 회절발, 또는 필터 등을 들 수 있는데, 이들은 광원에서 나온 빛으로부터 좁은 파장의 빛을 선택한다. 가장 일반적인 반사형 회절발(Grating)은 반사를 잘하는 금속 표면에 조밀하고 규칙적으로 선을 그은 고랑(Groove)으로 이루어져 있다. 서로 다른 파장의 빛이 표면을 두드리면 서로 다른 각도로 반사된다. 그러므로 백색광은 그들의 성분 색깔로 넓게 펴진다.

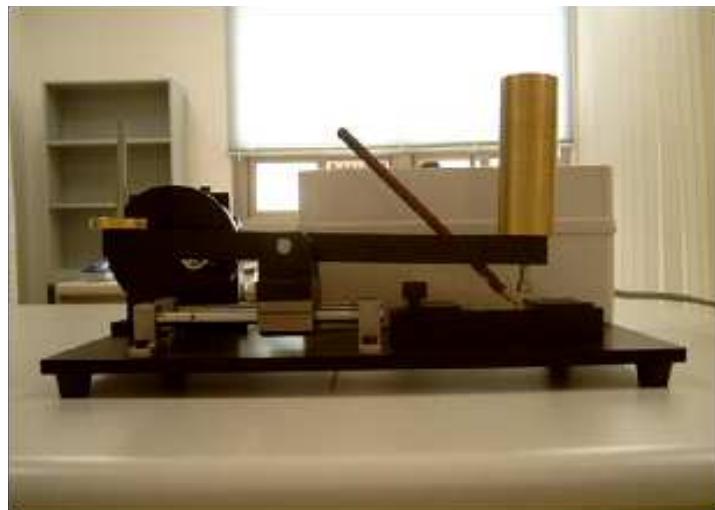


<그림 34>. 분광광도계의 실제 사진

파장 선택기로부터 나온 단색파장의 빛(Monochromatic light)은 큐벳(Cuvet)이라고 하는 흡수용기에 넣은 sample를 통과한다. Cuvet은 편평한 석영 면을 가지고 있다. 석영은 가시선과 자외선을 모두 투과시킨다. 대부분의 유리와 플라스틱은 자외선을 흡수하기 때문에, 이들은 단지 가시선 파장에서 측정할 경우에만 사용할 수 있다. 그리고 적외선 용기는 일반적으로 염화나트륨 또는 브롬화칼륨 결정으로 만든다. 자외선 및 가시선 분광광도계에서 시료용기를 통과한 빛의 복사세기는 광전증배관(Photomultiplier tube)이라고 하는 검출기에 의해서 측정된다. 광전증배관은 광감응성 금속 표면을 두드리는 광자의 수에 비례하는 전류를 발생시키는 진공관이다.

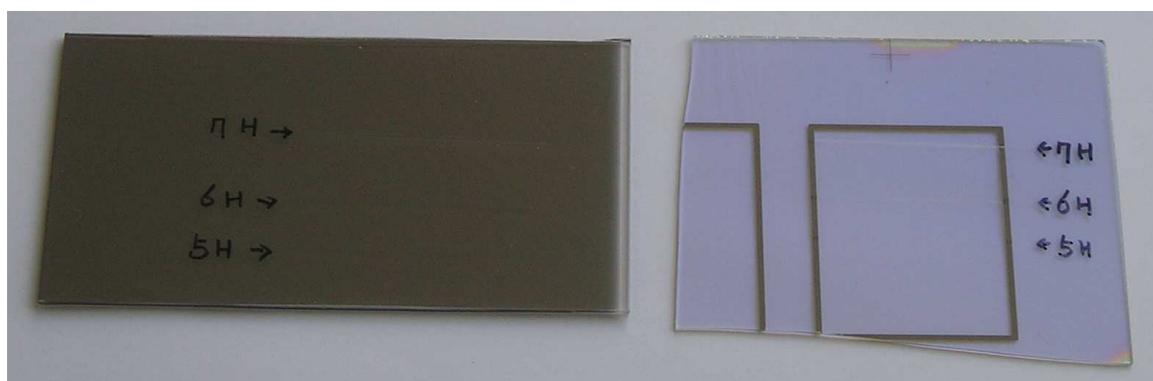
## 제 2 절 표면 경도 측정

측정 방법은 (JIS K 5400, ASTM D-3363 : 연필심 테스트 법) 먼저 경도가 낮은 연필심부터 시작해서 경도를 높여 측정을 시작한다. 준비된 sample에 대해 연필의 각도는  $45^{\circ}$ 로 유지해야 한다. 막의 경도 측정한 후 경도를 판단해야 하는데 판단기준은 막에 스크래치의 일어나는 유무로 판단한다.



< 그림 35 >. 연필 경도계의 실제 사진

3 켤러 하프 미러의 경도는 6H 이상이고, SUS 계열의 하프 미러의 경도도 6H 이상 이였다. 평가결과는 아래 그림에서 알 수 있다. 이 값은 기존의 하프 미러보다 높은 값을 나타내고 보통 spec. in 경우는 4H 이상이면 된다.



< 그림 36 >. 경도 평가 결과 사진

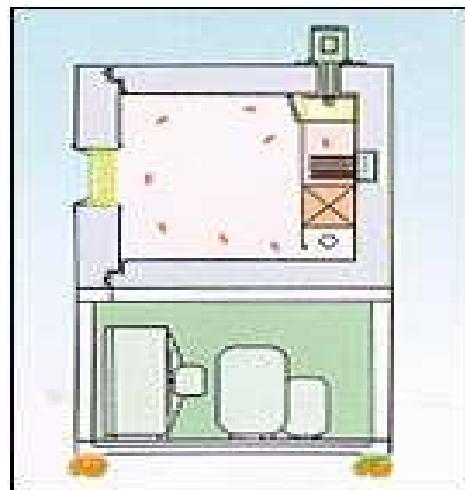
참고로 연필 경도란 연필 흑심의 딱딱한 정도를 말하는데 연필의 진하기는 흑연 입자의 크기와 개수에 의해 결정되며, 점토의 함량이 많을수록 경도가 높아진다. 연필을 경도 순으로 나열하면 다음과 같다.

8H(가장 단단한 것), 7H, 6H, 5H, 4H, 3H, 2H, H, HB, F, B, 2B, 3B, 4B, 5B, 6B, 7B, 8B(가장 연한 것)을 나타내며, H는 hard(단단함을 나타낸다), F는 firm(견고한) 또는 fine(뾰족한), B는 black(짙기를 나타낸다)의 약자이다. H의 숫자가 높을수록 딱딱하고 글씨가 흐리고, B의 숫자가 높을수록 연하고 글씨가 진한 흑심이다.

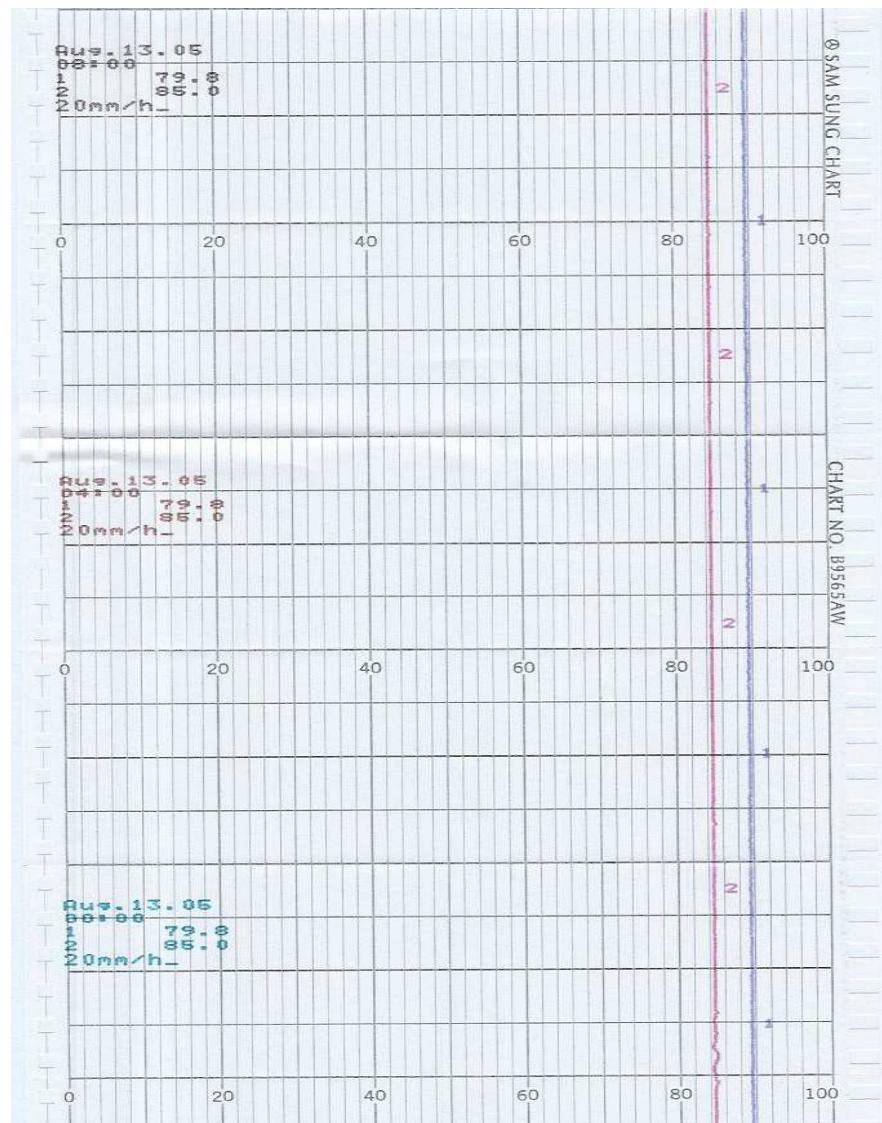
### 제 3 절 항온항습 신뢰성 평가

Window의 신뢰성 평가 항목은 염수분무 평가와 항온항습 평가가 있다. 그 중 항온항습 평가는 항온항습기 chamber에 측정하고자 하는 시편을 넣은 후 온도 80°C, 습도 85%으로 chamber의 분위기를 유지시키면서 72시간 신뢰성을 평가하는 항목이다. 그래서 처음에 넣은 sample과 72시간 후 sample의 증착막의 부식 유무를 육안판단해서 평가한다.

평가 결과 3 켤레 하프 미러 sample과 SUS 계열 하프 미러의 sample 모두 이상이 없었다. 신뢰성 평가를 증명하기 위해 보통 레코드기를 항온항습기 에 부착되어 있다. < 그림 38 >는 레코드기에 기록된 결과의 일부를 스캔한 것이다.



< 그림 37 >. 항온항습기 사진과 간략도



### 〈 그림 38 〉. 항온항습 레코드된 그래프

## 제 4 절 염수분무 신뢰성 평가

염수 분무 시험은 기본적으로는 sample의 일광, 비, 서리, 바람, 눈에 대한 내후성 시험의 인공 축진 폭로 방식과 같은 시험이지만 종래 일반적으로는 금속의 녹방지나 부식 예방의 수단으로서의 보호도막의 균일성 내지는 핀홀(pin-hole)의 검출 등에 이용하고 있다. 오늘날에는 플라스틱의 면에서 그 염수 분무시험의 이용은 적다. 실제 이용을 시작하는 것은 인쇄배선을 조합한 전기 전자기기의 일부의 해상기상 지역에 따른 특수한 응용 예이다. 그러나 미국에서는 플라스틱의 염수 침출 시험을 전시간 해수 침출법이나 바닷물 간만에 합한 사이클 침출법을 실시하고 있다.



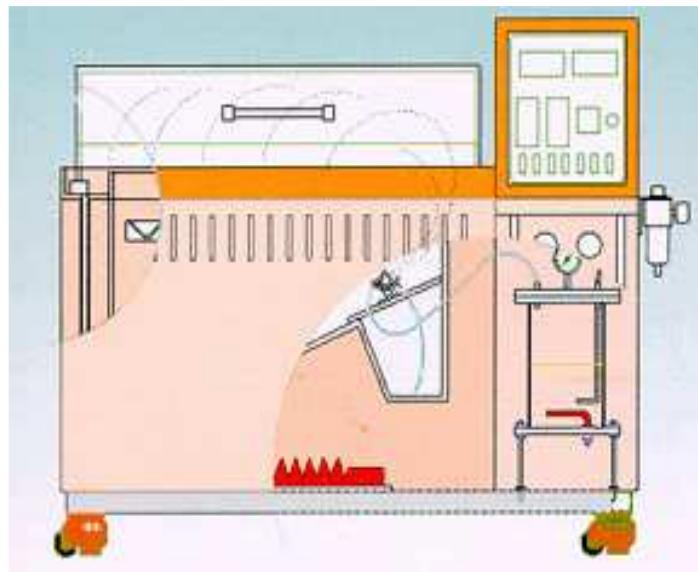
< 그림 39 >. 염수분무 시험기 사진

현재 염수 분무 시험법으로서 주목하고 있는 것은 일본 공업규격과 미국 연방규격의 2종류이다. 그러나 그 시험의 원리는 세계적으로 공통화되어 있기 때문에 여기에는 그것을 합한 시험방법의 개요를 다음과 같이 요약한다.

염수 분무 시험은 sample을 스프레이식의 염수 분무에 일정한 온도에서 소정의 시간 연속적으로 폭로한 후 그 외관 변화로 관찰하며 혹은 특정 성능의 변화를 측정 시험하는 것이다.

즉 sample은 노즐 유지 선반은 분무실 염수 Tank, 압축공기 공급이 부착

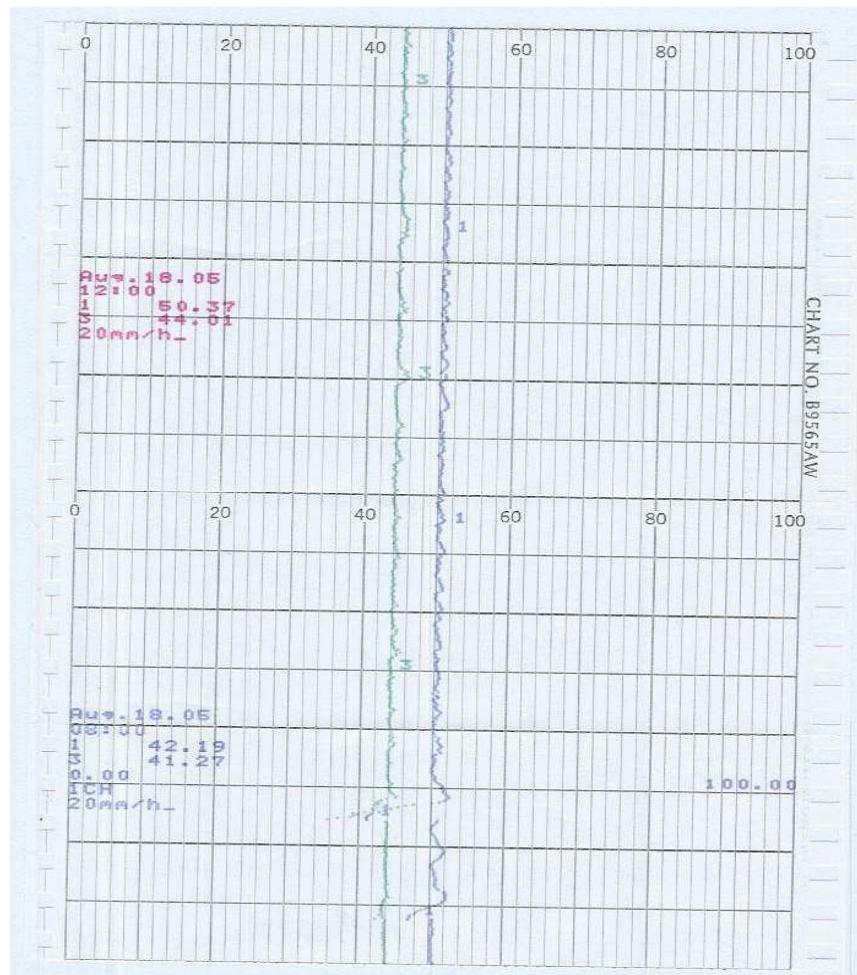
염수 분무 장치(노즐) 실내 상온에 온도 조절 설비 등에서 구성된다. 2장치 전체는 완전하게 녹의 발생을 방지하지 않으면 안되기 때문에 강재는 모두 캠 또는 플라스틱 라이닝한 것을 사용한다. 이를테면 시험체의 지지구에도 금속을 사용하는 것은 유의할 필요가 있다.



< 그림 40 >. 염수분무 시험기 개략도

염수 분무실은 실내온도  $35\pm2^{\circ}\text{C}$ 로 유지하며 조작하기 때문에 염수온도로  $35^{\circ}\text{C}$ 로 유지할 필요가 있다. 그 염수 조성은 일본 공업 규격에서는 염화나트륨의 농도  $5\pm1\%$ 의 것으로  $35^{\circ}\text{C}$ 에 pH가  $6.5\sim7.2$ 의 범위에 있는 청정염수로 규정되어 있지만 미국 연방규격에서는  $20\pm2\%$ 의 것을 사용하는 것으로 규정되어 있다.

어느 것이든지 분무량을 시험체에 의한 수평채를 측정하면  $80\text{cm}^2$ (직경 10cm)당  $0.5\sim3.0\text{m/hr}$ 로 연속 16시간 이상 작동해야 한다. 그래서 특히 규정에 없는 범위에서 시험체에 손상의 징후가 나타날 때 까지 염수 분무를 계속 한다. 규정시간 경과 후 혹은 시험체 손상의 징후가 나타날 때까지 염수분무를 계속한다. 규정시간 경과 후 혹은 시험체 손상의 징후가 나타난 후 육안관찰에 의한 외관변화를 조절한다. 필요하면 물론 씻어 마른 수건으로 닦은 후 균열, 변색, 흙, 분리, 연화 등을 관찰한다.



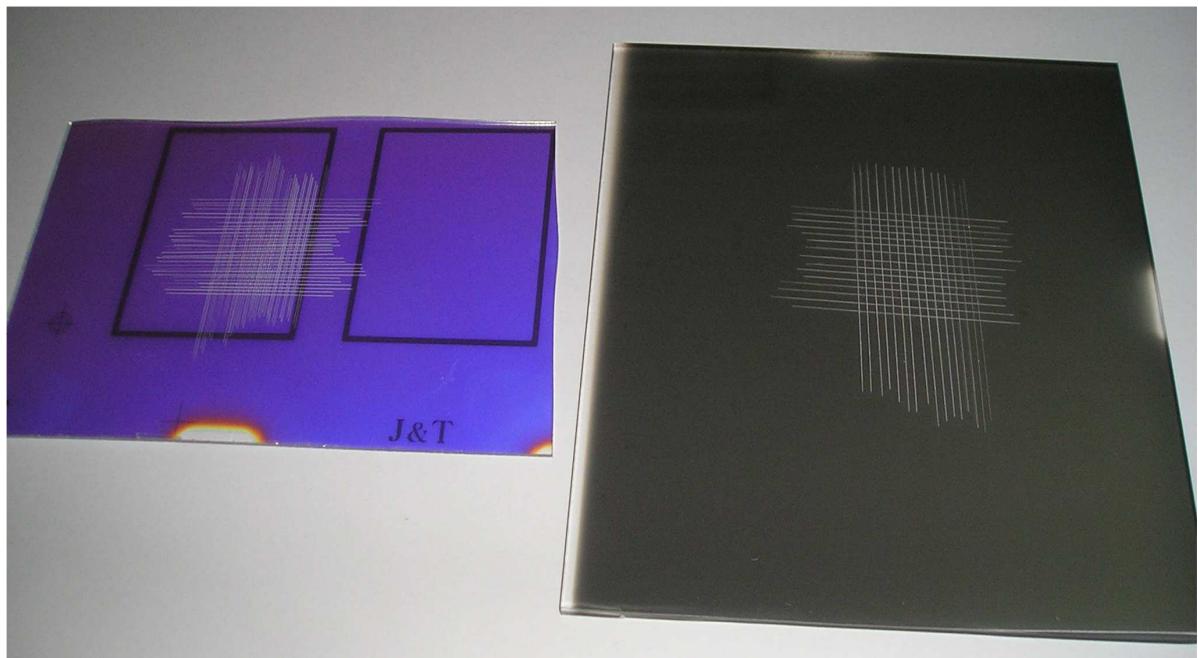
< 그림 41 >. 염수분무 레코드된 그래프

염수분무 시험은 보통 72시간 정도 한다. 72시간 경과 후 염수분무 시험 결과는 3 컬러 하프 미러와 SUS 계열 하프 미러 모두 외형의 변화가 없었다.

< 그림 41 >은 레코드한 결과 그래프의 일부이다.

## 제 5 절 막 밀착력 평가 (Cross tape test)

막 부착력 평가는 cross tape test가 가장 대표적인 test이다. Test 방법은 (ASTM D-3002)에 잘 나와 있다. 우선 평가하고자 하는 sample에 가로, 세로 각각 칼로 11개의 칼자국을 낸다. 물론 일직선으로 칼자국을 낸다. 각 선의 간격은 1mm로 한다.



< 그림 42 >. 막 부착력 평가 결과 사진

테이프를 자른 부위에 붙일 때, 접착이 잘되게 형겼 등으로 세게 문지른다. 붙여진 tape을 몇 분 경고 후 재빨리 떼어낸다. 떼어낸 후 증착막이 tape에 탈막되어 묻어나오는지 확인한다. 이렇게 하여 증착막에 탈막이 없으면 막 밀착력은 양호하다고 판단한다. < 그림 42 >은 test 평가를 완료한 sample의 사진이다.

## 제 6 장 개발 효과 (기대 효과)

### 제 1 절 Color half mirror

E-beam evaporation 증착을 이용한 3 컬러 하프 미러의 증착 기술 개발의 기준의 단색이나 2 색의 컬러 하프 미러 기술을 한층 발전시킨 기술로서 3색의 멀티 컬러 증착으로 기존 제품 보다 부가가치를 높일 수 있는 기술로 인정받으리라 기대된다.

기존의 핸드폰 window 및 휴대기기의 window에 증착된 단색 혹은 2 색의 멀티 하프 미러를 보는 각도에 따라 2가지 반사색을 가지고, 1가지 투과색을 가지는 3 컬러 하프 미러는 컬러의 다양화는 소비자들에게 다양한 디자인을 공급해줄 수 있고, 디자이너에겐 선택을 폭을 넓혀주리라 본다. 또한 컬러 하프 미러는 막밀착력의 문제와 부식에 대한 문제를 내재하고 있으나 본 사업을 통해 막밀착력 향상 기술 개발 및 부식방지를 위한 막형성기술 개발을 완성함으로써 향후 경쟁사보다 높은 기술 우위를 선점하리라 본다.

### 제 2 절 내구성이 향상된 신물질 half mirror

현재 국내의 PMMA 소재에 광학 박막의 성막 부문에 있어서 In-line sputtering을 이용한 대면적 하프 미러 증착 시 증착되는 물질의 특성에 대한 많은 애로사항(부식, 막 결합력 약화 등)을 제기 되고 있다. 이로 인해 제품의 개발이 지연되고 있는 상황에서 본 사업을 통해 기존 물질인 Al, Ni을 대체할 수 있는 SUS 계열을 이용한 기술을 개발하여 부식성 및 강도가 높고 원가도 절감 될 수 있다.

제품에 대한 신뢰성 및 수율 향상을 통해 기존 제품과 비교해 기술적 우위를 점유할 수 있으며 증착 시약의 상대적인 저가격 소요로 인해 제품 가격 경쟁력에서 비교 우위를 차지 할 수 있을 것이다.

## 별첨 1. 특허 출원 내용

공개특허 10-2004-0007375

### (19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>  
C23C 14/34

(11) 공개번호 10-2004-0007375  
(43) 공개일자 2004년01월24일

(21) 출원번호 10-2003-0095929  
(22) 출원일자 2003년12월11일

(71) 출원인 엠시디주식회사  
경상북도 김천시 아포읍 인리 1228번지

(72) 발명자 김관술  
경상북도 구미시 구평동 진평구 획지구 1블록 대우아파트 106동 903호

심사청구 : 있음

(54) 전자제품의 하프미러 증착막 형성방법

#### 요약

본 발명은 휴대전화기나 VTR 그리고 DVD 등의 전자제품의 디스플레이 표시부인 윈도우에 사용되는 전자제품의 하프미러 증착막 형성방법에 관한 것으로 더욱 상세하게는, 외부의 빛을 반사하여 거울의 효과를 가지며 금속재질을 표현할 수 있어 하프미러의 고급화와 심미감을 향상시키고 리모트콘트롤의 작동빔을 투파시킬 수 있는 전자제품의 하프미러 증착막 형성방법에 관한 것이다.

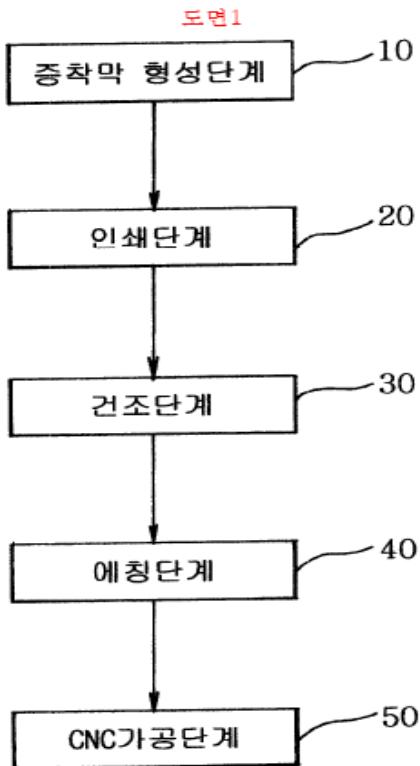
상기와 같은 목적을 달성하기 위하여 본 발명은, 양면에 필름막에 씌워지고 하드코팅된 합성수지계열 시트의 일측 필름막을 제거한 후 필름막이 제거된 면의 합성수지계열 시트에 증착막을 형성하는 증착막 형성단계(10)와, 상기 증착막 형성단계(10)를 거친 합성수지계열 시트의 증착막을 보호하는 인쇄단계(20)와, 상기 인쇄단계(20)를 거친 합성수지계열 시트를 별도의 장소에서 잉크액을 건조시키는 건조단계(30)와, 상기 건조단계(30)를 거친 합성수지계열 시트는 에칭을 통하여 증착막이 필요없는 부위의 증착막을 제거하는 에칭단계(40) 및 상기 에칭단계(40)를 거친 합성수지계열 시트에 N.C가공을 하는 C.N.C가공단계(50)로 이루어지는 전자제품의 하프미러 제조방법에 있어서, 상기 증착막 형성단계(10)는 금속합금을 스퍼터를 이용하여 미세한 분말상태로 만들어 금속합금의 구성 성분비에 변화를 가지 않도록 하여 금속합금을 증착시키는 것을 특징으로 한다.

#### 대표도

도 1

#### 색인어

증착막, 윈도우, 하프미러, 탈막, 스테인레스, 합성수지계열, 시트, 금속합금, 스퍼터, 플라즈마, 아연



#### (57) 청구의 범위

##### 청구항 1.

양면에 필름막에 씌워지고 하드코팅된 합성수지계열 시트의 일측 필름막을 제거한 후 필름막이 제거된 면의 합성수지계열 시트에 증착막을 형성하는 증착막 형성단계(10)와,

상기 증착막 형성단계(10)를 거친 합성수지계열 시트의 증착막을 보호하는 인쇄단계(20)와,

상기 인쇄단계(20)를 거친 합성수지계열 시트는 별도의 장소에서 잉크액을 건조시키는 건조단계(30)와,

상기 건조단계(30)를 거친 합성수지계열 시트는 예칭을 통하여 증착막이 필요없는 부위의 증착막을 제거하는 예칭단계(40) 및 상기 예칭단계(40)를 거친 합성수지계열 시트에 N.C가공을 하는 C.N.C가공단계(50)로 이루어지는 전자제품의 하프미러 제조방법에 있어서,

상기 증착막 형성단계(10)는 금속합금을 스퍼터를 이용하여 미세한 분말상태로 만들어 금속합금의 구성 성분비에 변화를 가지 않도록 하여 금속합금을 증착시키는 것을 특징으로 하는 전자제품의 하프미러 증착막 형성방법.

##### 청구항 2.

제 1항에 있어서, 상기 금속합금은 스테인레스합금계열인 것을 특징으로 하는 전자제품의 하프미러 증착막 형성방법.

##### 청구항 3.

제 1항에 있어서, 상기 금속합금은 아연합금계열인 것을 특징으로 하는 전자제품의 하프미러 증착막 형성방법.