

## Electroforming을 이용한 PDP용 EMI 메시 개발

권혁홍\*, 범민욱<sup>+</sup>, 임성룡<sup>+</sup>, 황춘섭<sup>++</sup>, 박동식<sup>++</sup>, 이태환<sup>++</sup>

(논문접수일 2010. 10. 6, 심사완료일 2010. 11. 11)

### EMI Mesh Development for the PDP using Electroforming

H. H. Kwon\*, M. W. Beom<sup>+</sup>, S. Y. Lim<sup>+</sup>, C. S. Hwang<sup>++</sup>, D. S. Park<sup>++</sup>, T. W. Lee<sup>++</sup>

#### Abstract

There are a lot of PDP TV for a plasma discharge pulse voltage generated by the use of electromagnetic waves. EMI mesh film is near Infrared ray caused by malfunction of the remote control intended to prevent this phenomenon.

In this study, the formation of fine pattern by making the mold is imprinted on the film sheet. EMI mesh film has been granted by filling in the conductive material region imprinted with electroforming in the manufacture of resistance. The fine patterns fabricated with electroforming facility thickness of homogenization process technology were established to optimize the working conditions.

**Key Words :** Near Infrared Ray(근적외선), Electroforming(전기주조), Electro Magnetic Interference Mesh(EMI 메시), Photolithography(감광기술), Mold(금형), Fine Pattern(미세 패턴), Photomask(포토마스크)

## 1. 서론

최근 디스플레이 시장에서 전력소비량이 많고 열이 많이 나는 단점 때문에 LCD TV에 밀려 퇴출될 것으로 보였던 PDP TV가 3차원 디스플레이 붐에 힘입어 점차 예전의 판매량을 되찾고 있다. 하지만, PDP는 플라즈마 방전을 위하여 펄스 전압을 사용하기 때문에 타 디스플레이(LCD, OLED 등) TV에 비하여 많은 전자파가 발생되어 인체에 유해한 영향을 끼친다. 또한 자외선 영역과 적외선 영역 밖의 근적외선(Near Infrared Ray) 발생은 동일한 파장영역을 사용하는 리모컨의 적동에 기능장애를 초래할 수 있는데 이를 효과적으로 차폐할 수 있는 것이 EMI(Electro Magnetic Interference) 메시(mesh)이다.

따라서, 본 연구에서는 Electroforming 기법을 이용하여 극 미세패턴을 구현할 수 있는 금형을 제작하고 이를 이용하여 필름 상에 각인한 후 전도성 물질을 도포하고 다시 도금하여 내식성과 전기저항성이 부여된 EMI 메시 필름을 개발하는 연구를 시도하였다.

## 2. 실험

### 2.1. 미세금형

미세패턴을 형성하는데 구현기술은 최근 전기소자, 우주항공, 의학분야 등 다양한 분야에 적용하고 점차 그 응용범위를 넓혀가고 있는 MEMS(Micro Electro Mechanical System)

\* 대전대학교 컴퓨터응용기계설계공학과 (hkkwon@daejin.ac.kr)  
주소: 487-711 경기도 포천시 선단동 산11-1 대전대학교 컴퓨터응용기계설계공학과  
+ 대전대학교 대학원 기계설계공학과  
++ (주)NNP

즉, 마이크로 단위의 크기에 전기적 힘을 가해 기계적 구동을 할 수 있는 장치를 의미하는 기술과 감광기술(photolithography)을 응용하여 미세패턴을 각인할 수 있는 금형(mold)을 제작하는 것이다<sup>(1,2)</sup>. 각인기술은 단단한 금형을 기판위에 열과 압력을 동시에 가하며 1:1로 원판의 패턴을 복제할 수 있다. 다음은 미세금형 제작 공정에 대한 개략도이다.

Fig. 1의 개략도와 같이 미세 금형제작을 위한 가공 공정을 열거하면, ① 메시 도면 설계 → ② 포토마스크 제작 → ③ 기판준비(SUS) → ④ PR(photo resist) 코팅 → ⑤ 노광 → ⑥ 현상 → ⑦ 1차 전주도금 → ⑧ 이형처리 → ⑨ 2차 전주도금 → ⑩ 후처리 → ⑪ 검사 순으로 진행이 된다.

본 연구의 목표인 선폭 30 $\mu$ m, 피치 300 $\mu$ m를 구현하기 위해서는 PR 코팅의 간격을 유지시킬 필요가 있다. PR은 화상형성용 포토에칭(photoeching)에 사용되는 감광성 고분자로 마이크로( $\mu$ m)이나 그 이하의 미세형상을 구현시 요구되는 재료로 빛 에너지에 의해 분해 또는 가교현상이 일어나 용해 특성이 변화하는 물질로 빛을 선택적으로 투과시킬 수 있는 포토마스크(photomask)에 노광하면 특정 부위만 화학적으로 변화, 즉 빛의 조사 여부에 따라 달리 감응함으로써 미세 회로패턴을 형성할 수 있도록 하는 감광재료라 할 수 있다. 이때의 공정에서 회로 패턴부는 포토마스크의 빛 조사 방법에 따라 Positive 또는 Negative 등 2가지 방법을 생각할 수 있다.

Positive 방법은 PR이 노광에 의해 분해, 분자쇄 절단(chain scission) 등이 일어나 용해성이 증가되는 종류로 전주도금 공정 후 Fig. 2와 같은 형상을 가지게 된다. Fig. 2-②는 포토마스크에 의해 형성된 PR부이며, Fig. 2-①은 기판이 되는 SUS를 나타내게 되는데 이 경우 도금층은 Fig. 2-①의 오픈영역에서

도금이 올라가며, 1차 전주도금이 완료되면 모양은 다음과 같다.

Fig. 3의 Negative 방법은 노광에 의해 가교, 광이량화<sup>1)</sup> 등의 반응으로 분자량이 크게 증가하면서 용해성이 떨어지고 열적특성, 내화학성이 좋아지기 때문에 널리 사용되고 있다. Positive 방법과 마찬가지로 Fig. 3-②는 PR부이며, Fig. 3-①은 기판이며 1차 전주가 완료시 모양은 다음과 같다.

Positive 방식으로 필름 선폭 30 $\mu$ m 및 피치 300 $\mu$ m에 따른 금형의 모습을 3차원 측정기를 이용하여 촬영한 사진은 Fig. 4와 같다.

Positive 방식으로는 현재까지의 금형 높이는 당초 기대했던 수준보다 70%정도 높이(약 7 $\mu$ m)로 측정되고 있으며 메시 금형의 높이는 Fig. 5와 같은 높이로 측정되었다.

Negative 방식으로 필름 선폭 30 $\mu$ m 및 피치 300 $\mu$ m에 대한 금형의 높이는 Fig. 6과 같이 Positive보다 좀 더 높은 계획대비 약 77%정도의 높이를 나타내고 있다.

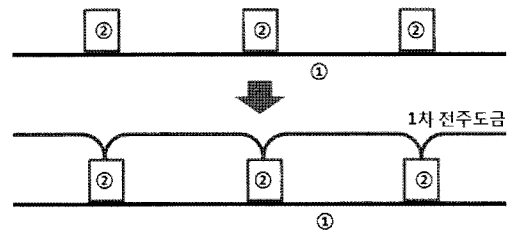


Fig. 2 The shape of 1st electroforming by positive method

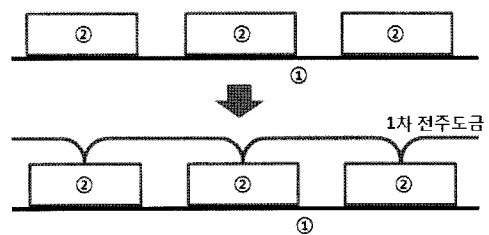


Fig. 3 The shape of 1st electroforming by negative method

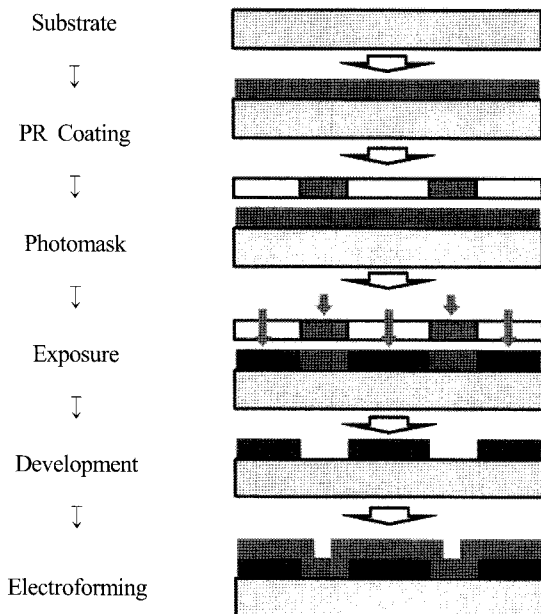


Fig. 1 Manufacturing process of fine mold

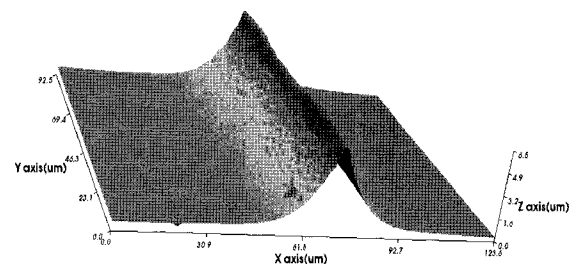


Fig. 4 Measurement contour of three dimensional mold

1) 광이량화 : 탄소-탄소 이중결합이 광에 의해 이량화 하여 시클로 부탄(cyclobutane) 고리를 생성하는 반응.

Fig. 7과 같이 1차 마스터 금형을 제작할 때 도금의 성장면의 전류밀도가 다를 경우, 각각의 위치에서 서로 다른 속도로 도금층이 성장하게 된다. 이것은 전기도금에서는 필연적인 현상으로 이를 극복하기 위해서는 2.2장과 같은 공정조건 설정이 필요하게 된다.

## 2.2 공정조건 설정<sup>(3~9)</sup>

Fig. 8과 같은 고속 전기주조가공용 탱크(high speed electro-

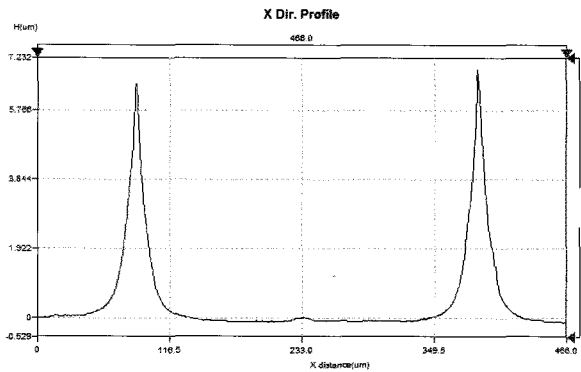


Fig. 5 Height measurement of positive method

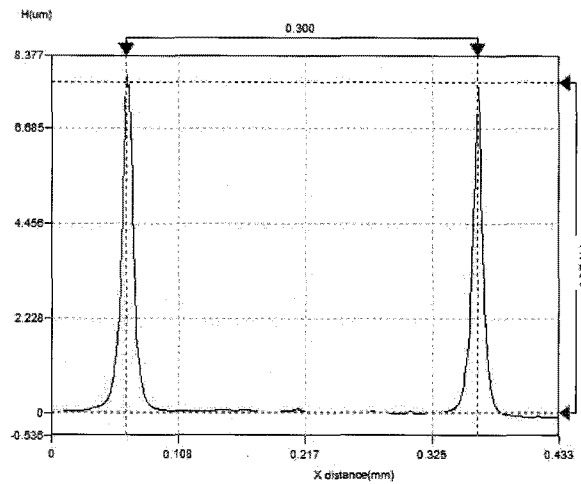


Fig. 6 Height measurement of negative method

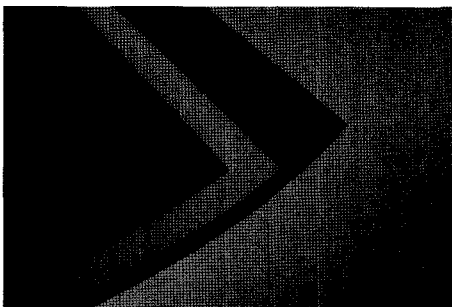


Fig. 7 Fine pattern formed mold

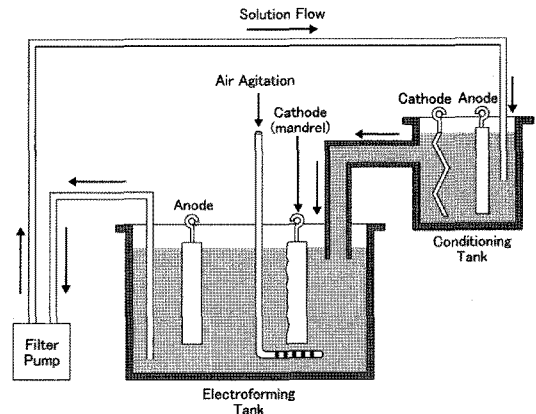
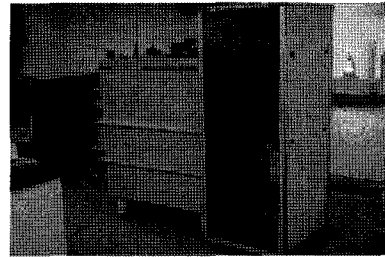
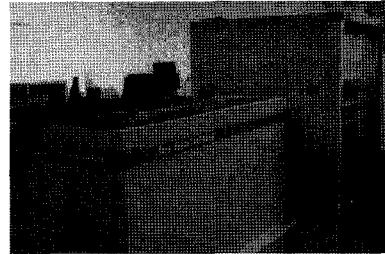


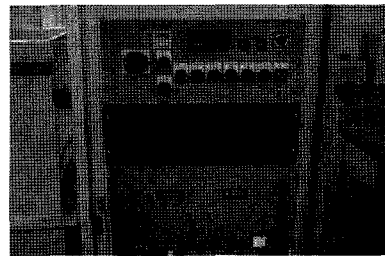
Fig. 8 High-speed electroforming tank



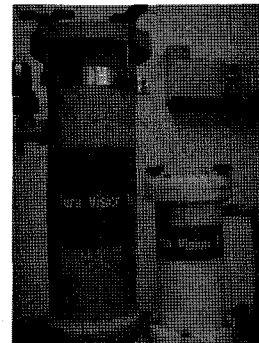
(a) Equipment of the electroforming system



(b) Electroforming tank



(c) Control box panel for the electroforming process



(d) Filtering system for the electroforming process

Fig. 9 Full equipment and parts of the electroforming system

forming tank)를 본 학과내 응용역학연구실에는 Fig. 9와 같이 Conditioning tank와 Electroforming tank를 분리하여 작업 전에 탱크 내부의 상태를 검사한 후 작업을 할 수 있도록 하였으며, 두 탱크간의 연결부에서 Surductor nozzle을 장착하여 난류교반이 이루어지며, Air nozzle을 이용하여 공기교반이 되게 하여 액 농도와 온도 균일도를 최적의 조건이 되도록 하였다. 또한, Electroforming tank는 Filter pump의 Micro filter와 Carbon filter를 통하여 오염 물질을 제거함으로써 항상 깨끗한 액 관리가 되도록 설계되어 공정조건 설정을 가능하도록 하였다.

### 2.3 미세금형을 이용한 각인방식 연구

Fig. 10과 같이 선폭 20 $\mu$ m 및 피치 300 $\mu$ m의 성형된 미세회로를 구현하기 위한 금형은 메시를 제조하기 위해 기판이 될 수 있는 플라스틱 필름(PET 등)에 유리전이 온도(Tg: glass transition temperature)이상의 열을 가하여 일정 압력 이상으로 압력을 가해주면, 금형의 패턴모양으로 기판에 나타내게 된다. 이때, 가해지는 압력은 40 Psy 정도이다.

### 2.4 전도성 물질 도포

PET 필름 등 기판 상부에 각인하여 패턴부를 형성한 후, 전도성 물질(Ag paste)을 삽입하여 도전성을 부여하였는데 Fig.

11과 같이 블레이드(blade)를 이용하여 스쿼즈 공정 후 각인부 외 공간에 잔존하는 전도성 물질을 2차 블레이드 공정을 통해 기관 표면에 손상없이 제거하였다.

이 때, 기관이 되는 PET 필름에 이형성을 가진 수지나 감광제를 도포하여 전도성 물질을 삽입시 발생되는 스크래치로부터 필름 표면을 보호하게 되는데 금형은 각인시 보호층을 지나

PET 필름부에 직접 각인형상을 만들게 되며, 전도성 물질은 보호층과는 반발력이 작용하여 PET 필름층에만 접촉하게 된다. 이는 곧 소규모 실험실에서 테스트하는 정도의 수준은 가능하나 상업적으로 생산이 가능한 규모를 위해서는 전도성 물질의 낭비를 방지하기 위한 정량토출 장치가 필요하며, 향후 양산 시설 제작 시 설계에 반영할 계획이다.

Fig. 12와 13은 미세패턴을 구현할 수 있는 금형을 이용하여 PDP용 EMI 메시를 제조하였다. 필름부에 미세패턴을 형성한 후 전도성 물질을 도포하고 그 외 부분은 스쿼즈 공정을 통해 깨끗이 제거한 후 전기장 차폐효과가 큰 Cu 및 자기장 차폐효율이 높은 Ni을 도금하여 전기회로를 형성하였다.

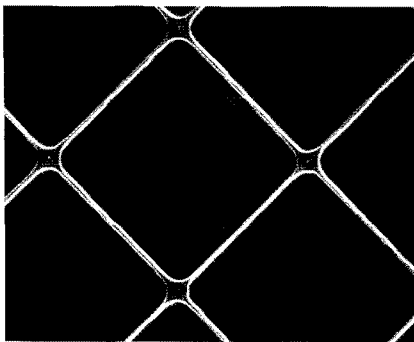


Fig. 10 Fine pattern formed film

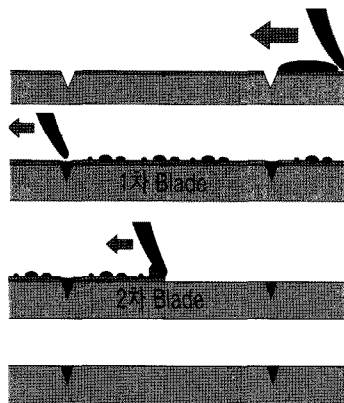


Fig. 11 Manufacturing process of Ag paste fill

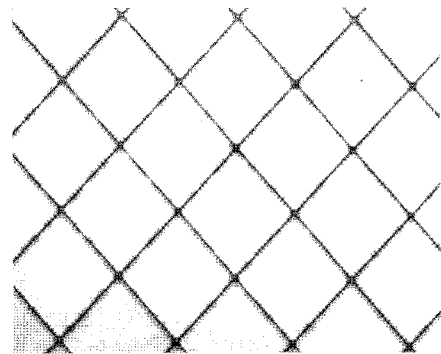


Fig. 12 EMI Mesh pattern(x100)

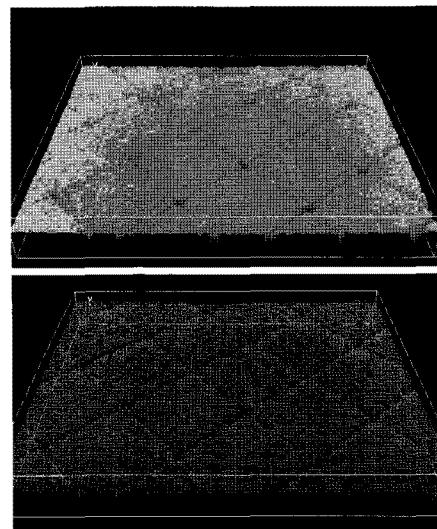


Fig. 13 EMI Mesh form(3D)

### 3. 측정

#### 3.1 차폐율

본 연구에서는 전도성 물질이 삽입된 각인부에 저항 및 내식성을 부여하기 위해 금속물질을 도금하여 최종적으로 메시 패턴을 형성하였고, 최종 금속물질은 전기장 차폐 효과가 큰 구리 및 자기장의 차폐효율이 높은 니켈을 선택하였다. 본 차폐 시험은 ASTM D 4935-99와 KS C 0304:1998의 시험규격에 의거하여 원역장(far field) 내에서 평면파가 메시 필름에 수직으로 입사되는 조건에서 평면의 차폐효과 측정에 적용하는 것으로, 필름에 의한 반사 및 흡수로 인해 발생하는 차폐효과를 Table 1과 같이 측정하였다. 전자파 차폐효과(shielding effectiveness, SE)는 동일 입사 전력에 대해서 차폐 재료가 존재할 때와 존재하지 않을 때의 수신 전력비로

$$SE=10\log \frac{P_1}{P_2} \text{ (decibels, dB)} \quad (1)$$

여기에서

$P_1$  = 차폐 재료가 존재할 때의 수신 전력( $10\log P_1$  ; Load)

$P_2$  = 차폐 재료가 존재하지 않을 때의 수신전력( $10\log P_2$  ; Ref)

$$SE=20\log \frac{V_1}{V_2} \text{ (decibels, dB)} \quad (2)$$

**Table 1 The measurement data of shielding effectiveness**

Freq.(MHz)	Load	Ref.	SE(dB)
30	67.3	2.1	65.2
104	65.3	0.3	65.0
206	63.1	0.1	63.0
302	63.5	0.1	63.4
405	63.4	0.1	63.3
500	62.1	0.1	62.0
603	62.8	0.1	62.7
700	62.4	0.2	62.2
802	62.0	0.1	61.9
905	63.0	0.1	62.9
1,000	62.3	0.1	62.2
1,103	61.4	0.1	61.3
1,206	61.0	0.2	60.8
1,302	61.1	0.2	60.9
1,404	60.2	0.2	60.0
1,500	60.7	0.2	60.5

여기에서

$V_1$  = 차폐 재료가 존재할 때의 수신 전압

$V_2$  = 차폐 재료가 존재하지 않을 때의 수신 전압

#### 3.2 저항측정

본 측정은 대상 필름을 비도전성 물체(유리판) 위에 올려놓고 측정용 지그를 사용하여 각각 다른 지점의 표면저항을 저항계로 측정하였고, 저항은 다음 식으로 계산하였다.

$$\text{Volume Resistivity}[\text{Oh-cm}] = \frac{R[\text{Ohms}] \times A[\text{cm}^2]}{L[\text{cm}]} \quad (3)$$

$R[\text{Ohm}]$  = Surface Resistance[Ohm/sq]

= Volume Resistivity / Thickness

$A$  = Smallest cross section area of part or sample between probe electrodes[cm<sup>2</sup>]

$L$  = Distance between the two electrodes

$L$ [전극간격] : 2.54cm

또한 자체적으로 저항측정을 위하여 ASTM0257-99 기준에 준하는 측정기를 제작하여 메시 샘플들을 측정하였다.

이 때 각인부에 채워진 Ag paste 위에는 다양한 금속 물질을 도금하거나 투명전극물질인 ITO(Indumn Tin Oxide)를 스퍼터링하는 방법으로 그 저항값을 측정하였다. Table 2와 같이

**Table 2 Resistance data**

line width	material	point	unit	result	ave.	ref.	
2 $\mu$ m	Plating (Cu+Ni)	1	$\Omega$ /sq	4.38	6.48	ASTM 0257-99	
		2		3.28			
		3		13.6			
		4		5.13			
		5		4.14			
		6		8.35			
	ITO sputtering	ITO sputtering	1	$\Omega$ /sq	55.8	53.36	ASTM 0257-99
			2		58.6		
			3		57.3		
			4		52.7		
			5		42.4		
	6 $\mu$ m	Plating (Cu+Ni)	1	$\Omega$ /sq	0.630	0.583	ASTM 0257-99
2			0.640				
3			0.604				
4			0.602				
5			0.439				

Table 3 Transmittance measurement

Sample	Haze(%)	Parallel transmittance (%)	Diffuse transmittance (%)	Total transmittance (%)
2 $\mu$ m	5.94	86.60	5.47	92.07
	6.06	86.07	5.55	91.62
	6.25	86.27	5.75	92.02
6 $\mu$ m	4.31	82.58	3.72	86.30
	4.21	82.85	3.64	86.49
	4.45	83.49	3.89	87.38

선폭 2, 6 $\mu$ m의 회로부에 구리(Cu)와 니켈(Ni)을 도금하였을 때 다음과 같은 저항값을 측정하였다.

### 3.3 투과율 측정

투과율 측정을 위해서 선폭 2 $\mu$ m, 6 $\mu$ m로 형성된 메시 필름을 ASTM D 1003 규격에 규격에 준하여 확산 특성 분석시스템(Hazemeter)으로 Table 3과 같이 투과율이 측정되었다.

## 4. 결론 및 토의

본 연구를 위해 자체적으로 설계 제작한 고속 전기주조가공용 장비를 이용하여 미세패턴을 구현할 수 있는 금형을 개발하였다. 이 금형을 이용하여 PDP용 EMI 메시를 제조하였다.

필름부에 미세패턴을 형성한 후 전도성 물질을 도포하고 그 외 부분은 스퀴즈 공정을 통해 깨끗이 제거한 후 전기장 차폐 효과가 큰 Cu 및 자기장 차폐효율이 높은 Ni을 도금하여 전극 회로를 형성하였다.

또한 평판형태의 금형을 위한 Electroforming시 필연적으로 끝부분에 생기는 전위차를 극복하고, 균일한 패턴의 금형을 얻기 위해서 양극과의 거리를 일정하게 할 수 있는 설비를 고안하였다.

이와 같이 제작된 Electroforming 설비는 미세 패턴층의 두께 균질화 공정기술을 연구하여 작업조건을 최적화할 수 있는 바탕을 마련하였다.

향후 다양한 선폭으로 메시 형태를 구현할 수 있는 미세금형은 원하는 목표치의 저항, 차폐율, 투과율을 얻을 수 있도록 제작가능하게 되었다.

## 후 기

본 연구는 2009년도 중소기업청 기술혁신개발사업의 지원을 받아 이루어졌습니다.

## 참 고 문 헌

- (1) Tony H., Alec W., 1999, *Electroforming, Metal Finishing*, Vol. 97 Issue 1, pp. 388~399.
- (2) Metal surface treatment manual committee, 1990, *Metal surface treatment manual*, Sehwa, Korea.
- (3) Watson S. A., 1990, *Compendium on Nickel Electroplating and Electroforming*, Nickel Development Institute, Canada.
- (4) Baudrand. D., 1996, *Nickel Sulfamate Plating, Its Mystique and Practicality*, Metal Finishing, Vol. 94, Issue 7, pp. 15~18.
- (5) Parkinson R., 1999, "Electroforming- a Unique Metal Fabrication Process," *Proceedings of the Nickel Cobalt International Symposium* Vol. 9, No. 3, pp. 140~142.
- (6) McGeough J.A., Leu M.C., Rajurkar K.P., and Liu Q., 2001, "Electroforming Process and Application to Micro/Macro Manufacturing," *CIRP Annals*, Vol. 50, Issue 2, pp. 499~514.
- (7) Oh. J. G., Kim. J. S., Kang. J. J., Kim. J. D., Yoon. K. H., and Hwang, C. J., 2010, "A Study on the Fabricaton of Nano-Pattern Mold using Anodic Aluminum Oxide Membrane," *Transactions of Materials Processing*, Vol. 19, No. 2, pp. 73~78.
- (8) Kim. N. W., Lee. E. S., Lee. D. W., Kim. N. K., and Kim. D. H., 2003, "Evaluation of Machining Characteristics of the Micro Grooving for the Mold of PDP Barrier Rib," *Journal of the Korea Society of Machine Tool Engineers*, Vol. 12 No. 4, pp. 23~28.
- (9) Jeon. T. J., Ko. J. B., and Lee. D. J., 2009, "A Study on Working Condition of the Pb Free Plating Process using the Plating Solution of Sn/Cu," *Journal of the Korea Society of Machine Tool Engineers*, Vol. 18 No. 2, pp. 234~240.