

실리콘고무형과 전자기파에 의한 PDP격벽의 성형에 관한 연구

정해도*(부산대 기계공학부), 손재혁(부산대 정밀기계공학과)
 조인호(부산대 정밀기계공학과)

A Study on Plasma Display Panel Barrier Rib Fabrication by Silicone Rubber Tooling and Electromagnetic Wave

H. D. Jeong(Mech. Eng. Dept., PNU), J. H. Son(Mech. Eng. Dept., PNU)
 I. H. Cho(Mech. Eng. Dept., PNU)

ABSTRACT

Plasma Display Panel(PDP) is a type of flat panel display utilizing the light emission produced by gas discharge. Barrier Ribs of PDP separating each sub-pixel prevents optical and electrical crosstalks from adjacent sub-pixels. The mold for forming the barrier ribs has been newly researched to overcome the disadvantages of conventional manufacturing processes such as screen printing, sand-blasting and photosensitive glass methods. The mold for PDP barrier ribs have stripes of micro grooves transferring glass-material wall. In this paper, Stripes of grooves of which width $48\mu\text{m}$, depth $124\mu\text{m}$, pitch $274\mu\text{m}$ was acquired by machining of single crystal silicon with dicing saw blade. Maximum roughness of the bottom of the grooves was 59.6 nm Ra in grooving Si Barrier ribs were formed with silicone rubber mold, which is transferred from grooved Si forming hard mold. Silicone rubber mold has the elasticity, which enable to accommodate the waveness of lower glass plate of PDP. The methods assisted by the microwave and UV was adopted for reducing the forming time of glass paste

Key Words Plasma display panel (플라즈마 디스플레이 패널), Barrier rib (격벽), UV transmissible silicone rubber (자외선투과용 실리콘 고무), Microwave (마이크로파), UV (자외선)

1. 서론

플라즈마 디스플레이 패널(Plasma Display Panel)은 40 인치 이상의 대형화가 가능하며 160° 이상의 시야각과 500 cd/m^2 이상의 고휘도를 가지는 장점을 지니지만 현재 PDP 가격이 고가이므로 기존의 공정수를 줄이고 단위공정에 소요되는 시간을 줄이려는 연구가 진행 중이다. Fig. 1에 도시한 PDP 격벽은 가스 방전공간을 분리시켜 인접 픽셀과의 전기

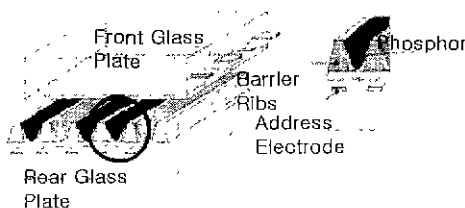


Fig 1 Schematic Structure of AC PDP

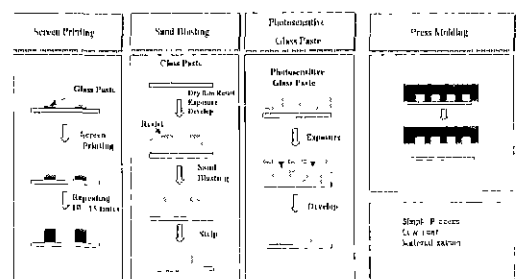


Fig. 2 Conventional methods for barrier ribs and suggestion of new method

적 및 광학적 상호혼신 (Crosstalk)을 방지한다^[1]
 현재 격벽을 생성하기 위한 공정으로는 Fig. 2처럼 샌드블라스팅, 스크린 프린팅등이 적용되고 있으나 이러한 기존 공정들은 불필요한 재료소모와 공정의 복잡성, 균일하지 못한 격벽 높이, 격벽 에지(edge)의 불완전한 형성, 고해상도에 따르지 못하는 공정결함과 격벽 형성 공정에 걸리는 시간 및

비용 측면에서 불리하다. 이러한 기존 방법들의 단점의 보완을 위해 최근 홈 가공된 몰드를 이용하여 유리 페이스트를 가압 성형하여 제작하는 방법도 시도되고 있다²¹. 이에 본 연구에서는 반도체 공정에서 사용하는 다이싱 블레이드(Dicing Blade)를 이용하여 홈 가공을 수행하고 가공된 몰드의 표면과 형상정도를 Rapid Tooling 기술 중 Silicone RTV(Room Temperature Vulcanizing) Rubber로 전사시켜 이 실리콘 리버 몰드에 전자기파인 Microwave와 UV를 이용해 격벽 성형 공정을 실현하였다

2. 몰드 제작

2.1 하드몰드

연질금속은 소성변형으로 인한 버(burr) 형성과 열적 안정성 및 화학적 안정성이 부적합하다고 판단하고 본 실험에서는 연삭성이 양호한 실리콘단결정 웨이퍼에 홈가공을 수행하였다.

2.1.1 실험방법과 조건

Micro Automation사의 Model 1006 Dicing Saw를 이용하여 홈 가공을 행하였으며 그 실험조건은 Table 1과 같다 Dicing Saw는 다이아몬드 입자가 Ni 전착되어 있는 지름이 약 55.56mm 정도의 다이아몬드 블레이드를 장착하게 되고 에어스핀들로 고속회전하며 X, Y, Z θ 축 제어가 되는 진공척 작업대를 가진다.

Table 1 Experimental Conditions

Material	Kcuf	Depth of cut	Feed rate	Line pitch
Si	220 μ m	100 μ m	20 mm/s	275 μ m

2.1.2 홈가공과 표면

Fig 1에 도시한 격벽(Barrier Rib)과 상부 유리판(front glass plate) 사이에는 약 10 μ m 정도의 간격을 가지게 되며 이때 격벽 상부면의 거칠기는 상,하판 결합이후 베가 공정과 방진가스 주입 공정시간을 지연시키게 된다. 따라서 격벽 형성을 전사하게 될 몰드에서의 바닥면의 거칠기 인자는 중요한 공정 변수가 된다.

단결정 실리콘 웨이퍼상에서의 홈가공은 2-6 μ m 연마입자크기의 다이아몬드 블레이드로 이송속도 1.5~30 mm/s 범위에서 깊이 169 μ m, 폭 202 μ m의 홈가공을 수행한 결과 Fig. 3에 나타난 바와 같이 그 바닥면 거칠기의 최소값은 1.5 mm/s의 이송속도로 가공시 41.3 nm Ra, 최대값은 6mm/s의 이송속도에서 59.6 nm Ra로 나타났다 이송속도에 대한 영향은

이송속도 1.5~4mm/s의 구간에서 선형적인 구간이 존재하나 이로써 이송속도와 거칠기의 선형성을 규정하기는 힘들며 Feed rate 보다는 grit size에 영향을 받는 것으로 판단되며 40-60nm Ra의 거칠기값을 가진다. Fig. 3에 그 측정을 나타낸다. 광학사진 속의 바닥면의 홈폭은 45 μ m이며 측정부분의 크기는 약 90 μ m \times 90 μ m이다.

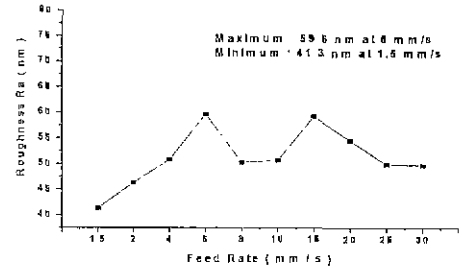


Fig. 3 Bottom Roughness of Grooves in Si

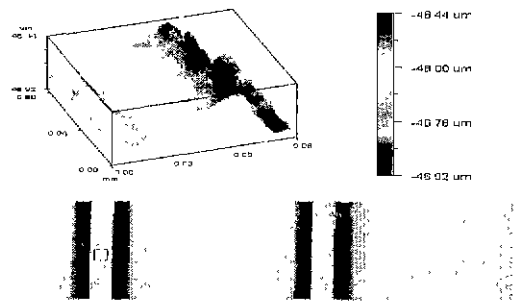


Fig. 4 Roughness of Boxed Area of Bottom Surface (Si-Wafer)

2.1.3 홈의 형상

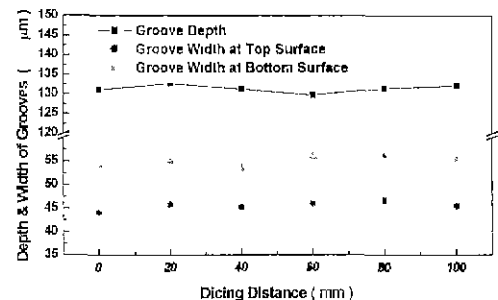


Fig. 5 Variance of groove dimension according to Fig dicing distance(Si-Wafer)

Fig 5와 같이 홈 폭차이는 홈상부면과 홈 바닥면 양쪽에서 측정된 결과 100 mm 가공지점에서 홈 상부면의 홈폭의 변화는 17 μ m, 홈 하부면의 홈폭의 변화는 2.5 μ m이었다.

2.1.4 치핑 특성

실리콘 웨이퍼 재료에 대한 다이싱의 경우 다양한 이송속도 범위(30-60mm/s)에서의 치핑 결과는 일정 블레이드 속도에 대해 이송속도가 증가하면 그 치핑은 증가한다고 보고되었다^[5]. 본 실험에서 실리콘 홈가공시 30 mm/s 이하에서 실험을 수행한 결과 15mm/s에서 이상가공 된 14.5 μ m를 제외하면 그 치핑은 이송 속도에 의존하지 않으며 평균 7.8 μ m의 치핑크기를 나타낸다(Fig. 6).

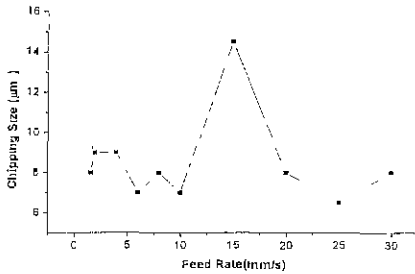


Fig. 6 Chipping in silicon grooving

2.2 실리콘 고무형

금속이나 금속산화물과 세라믹은 통상 500mJ/m² 이상으로 높은 표면에너지로 분류할 수 있다. 이러한 높은 표면에너지는 계면에서 강한 힘으로 나타나게 되어 부착일을 증가시키게 되고 표면의 오염이 심하게 된다.

낮은 표면에너지를 갖는 재료로는 플라스틱, 고무와 섬유 등으로 그 표면 자유에너지는 통상 50mJ/m² 이하이다^[4]. 그리고 상기 홈가공된 Si 몰드의 표면과 형상특성을 전사시키고 PDP의 하부 유리기판의 웨이브니스(waviness)를 추종하며 PDP격벽은 이형시 미소한 흔들림에도 격벽의 갈라짐을 일으킬 수 있으므로 몰드는 연성이 있어야 하고 격벽을 경화시키는 열원으로 UV를 사용하기 위해 통상 시작품의 몰드재료 사용되고 있는 실리콘 러버중 UV투과용 실리콘 러버로 선정하였다. 실리콘 러버는 경화후 수축율이 통상 0.1%로써 미세홈의 형상을 전사시키는 데 적합하며 일정시간 300℃ 정도의 열 공정에도 안정한 것으로 알려져 있다

2.2.1 UV투과용 실리콘 고무

UV투과용 Silicone Rubber는 일반적인 RTV 실리콘 특성과 대동소이하지만 UV가 투과해야하므로 투명한 특성이 있다 많은 종류의 RTV실리콘이 존재하지만 본 연구에서 사용한 실리콘은 Shinetsu(Japan)사의 KE-1606로써 기본적인 물성치는 Table 2와 같다. 우선 실리콘 러버 몰드를 제작하기 위해 경질재

료의 몰드(Hard Mold)의 홈가공을 하게 된다. 격벽의 간격 폭에 해당하는 홈가공(Fig. 7(a))을 수행하고 이렇게 제작된 마스터 모델을 이용하여 실리콘 고무형(Fig 7(b))을 제작한다. 실리콘 고무형 제작은 액상의 실리콘 고무에 경화제를 골고루 섞어, 진공 주형기를 사용하여 76cmHg의 진공압력 하에서 5~10 분간 예비 탈포하고, Hard 몰드위에 주입후, 10~30분 정도 본 탈포를 한 후, 열풍 건조로 내에서 일정한 온도로 24시간 정도 경화를 시킨다 경화된 실리콘 고무형을 탈형 시키면 마스터 모델이 음각형상으로 전사된 형을 얻을 수 있다

Table 2 Property of UV transmissible Silicone Rubber

	주재(Base)	경화제(Catalyst)
색상	투명	투명
집도(25℃,mm)	500	-
배합비	10	1
작업가능시간(25℃ mm)	120	
표준경화시간	25℃/24시간, 60℃/2시간	

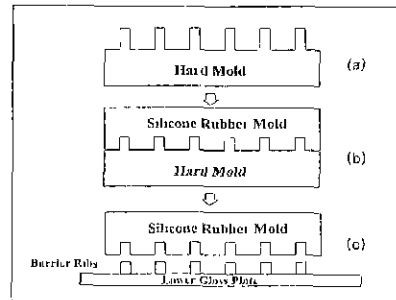


Fig. 7 Forming of Barrier Ribs by Silicone Rubber Mold

2.2.2 실리콘 고무의 형상전사성 평가

형상의 전사성에 대해서는 실리콘의 일정단면에서 동일단면의 실리콘 러버로의 단면 형상을 비교함으로써 그 단면의 전사성을 측정하였다 초점에 의한 치수 측정 오차를 피하기 위해 3개의 홈 형상에 대하여 Optical Dimensional Metrology Center로 실리콘 단면을 측정하였다. Fig. 8에 나타난 바와 같이 평균 높이 치수 오차는 +0.66 μ m, 평균 간격 오차는 -3.36 μ m, 평균 폭 오차는 +0.3 μ m, 평균 경사각 오차-0.27° 이다. 오차 수치 앞의 (+)부호는 격벽의 수치가 실리콘에 비하여 증가하는 것이며 (-)부호는 그 수치가 감소하는 것을 나타낸다.

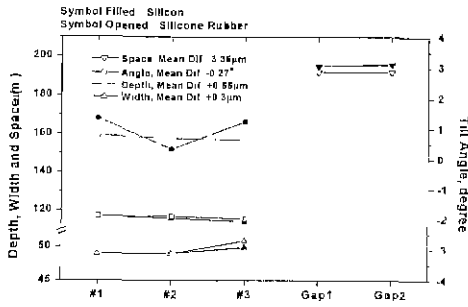


Fig 8 Form transferability from silicon to silicone rubber

3. 전자기파를 이용한 격벽성형

본 논문에서는 마이크로파와 UV(Ultra-Violet)로 실험하였다. 우선 마이크로파는 파장이 센티미터 단위로 불리우는 전자파의 총칭이며, 일반적으로 1,000MHz(파장 약 30cm)에서 30,000MHz(파장: 약 1cm)까지의 전자파를 가리킨다. 그리고 UV는 약 397~10nm에 이르는 파장으로 된 넓은 범위의 전자기파의 총칭으로서, 극단적으로 파장이 짧은 자외선은 X선과 거의 구별이 되지 않는다^[5].

3.1 실험장치 및 조건

Microwave는 삼성전자(주)의 Model RE-S51M을

Table 3 Experimental Conditions

Microwave	파장: 11.5cm, 출력: 500W, 주파수 2465MHz
UV	수은램프, Lamp Power: 2KW



Fig 9 SEM Image of Barrier Ribs

이용하였고 UV는 (주)새명빅트론사의 Lamp Power 2Kw의 수은 램프를 이용하여 격벽성형실험을 행하였다 그 실험조건은 Table 3와 같다

Fig 9의 제작된 격벽은 UV투과용 몰드에 마이크로웨이브를 5분간 조사후 성형한 것으로 49 μ m의 폭과 118 μ m의 높이를 가지며 실리콘 고무형과의 높이 오차 최대 4 μ m의 오차가 발생하는 것으로 나타난다

3.2 격벽성형시간평가

기존공정인 샌드블라스팅법이나 스크린프린팅법의 격벽 성형시간은 6~8시간정도 걸린다. 그렇지만 전자기파인 Microwave나 UV를 사용했을 경우는 5~10분 정도로 소요시간이 대폭 단축됨을 Fig 10에서 확인할 수 있다

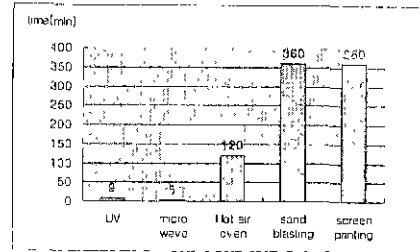


Fig. 10 Comparison of Barrier ribs Fabrication Time

4. 결론

본 연구는 PDP 격벽성형용 몰드제작을 목적으로 미세홀 가공에 대해 다이싱(dicing) 공정을 도입하였다. Si에 대하여 PDP 격벽의 폭과 격벽 간격에 해당하는 홈을 가공하고 이를 실리콘 고무형으로 전사시키고 이 실리콘 고무형에 전자기파인 Microwave와 UV를 이용해 PDP의 격벽을 성형하는 새로운 공정을 시도하였다. 가공된 거칠기 측면에서는 Si의 경우 바닥면은 59.6nm Ra로 양호한 결과를 얻었다. 상가 가공된 홈의 고품위면과 형상정도를 전사하기 위하여 연질의 탄성을 갖는 Silicone Rubber를 적용시킴으로써 격벽 성형시 이형성 및 하부기판의 웨이브니스 추종성을 부여하도록 하였다 본 연구에서 제안된 새로운 공정으로 성형될 격벽 상면의 거칠기 감소로 인한 배기와 방전가스주입공정의 공정시간 단축, 격벽 성형공정의 단순화 그리고 전자기파를 이용해 글래스 페이스트의 건조시간을 단축함으로써 공정시간을 대폭 감소 시킬수 있었다

참고문헌

- 1 이준신, "Display 기술 Roadmap 과 신기술동향," 한국정보디스플레이학회지, vol. 1, NO. 1, 2000
- 2 류제화, "PDP Cell 구조와 격벽형성기술," 평판 디스플레이 기술 심포지엄
- 3 TMIWA, "Blade wear and wafer chipping in dicing process," ICPE, pp. 401, 1997
4. A J Kinloch, "Adhesion and Adhesives science and technology" Chapman and Hall, 1987
- 5 대한전자공학회, "전파공학," pp. 283-297, 1998