

고온 회전 척을 구비한 포토레지스트 Spray Coating 방법 및 장치

박 태 규, 김 준 태, 김 국 진\*, 석 창 길  
(주) 울텍, \* 한국표준과학연구원

The Method and Apparatus for Photoresist Spray Coating  
with High Temperature Rotational Chuck

Tae Gyu Park, Jun Tae Kim, Kook Jin Kim\*, Chang Gil Suk  
Ultech.Co.,Ltd, \* Korea Research Institute of Standards and Science

**Abstract** - The paper presents the method and apparatus for conformal photoresist spray coating on the 3D structured substrate. The system consists of a high-temperature-rotational chuck, ultrasonic spray nozzle module, angle control module and nozzle moving module.

The coating uniformity is acquired by controlling the moving speed of the ultrasonic spray nozzle across the substrate which is rotated constantly. To coat the photoresist conformally the spray angle of the nozzle and the temperature of the substrate are controlled during spray coating. The rotational chuck can be heated up by hot air or N<sub>2</sub>. The photoresist (AZ1512) has been coated on the 3D structured wafer by spray coating system and the characteristics have been evaluated.

1. 서 론

최근 마이크로머시닝 기술의 발달과 함께 기존의 센서 및 기계소자의 소형화 및 대량 생산이 가능해지면서 이러한 제작 기술이 RF 소자나 Bio 소자에 활발히 적용되고 있다. 그 중에서 RF IC 제품이나 Biochip 제품은 3D Lithography에 의한 3D Integrated Packaging이 필수적으로 사용되는 분야이다.

3D Microsystem 제작을 위한 System Integration을 위해서는 3차원 구조물의 형성과 전자회로 형성 기술을 통합할 수 있는 3D Lithography 기술이 필수적으로 요구된다. 3D Lithography 기술은 기존 제품의 개량 개발 시 설계 및 공정의 자유도를 증가시킴으로써 제작 공정수를 절감할 수 있다. 또한 3D Lithography 기술은 3차원 구조물상에 Drive Electrode, Capacitance electrode 등의 전자기적 기능을 손쉽게 부여함으로써 고기능, 고집적화의 3D Microsystem을 제작할 수 있는 공정 기술을 제공한다. 따라서, 3D Lithography 공정을 위한 Conformal Spray coating의 적용 가능성에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[1-8]. 3D Lithography의 핵심 기술인 Conformal Spray coating 기술은 앞으로 3D Microsystem의 개발에 있어서 많은 기술 혁신적인 제품군을 형성할 수 있는 기반기술로 부각될 것으로 판단된다.

본 논문에서는 3D Lithography를 위한 고온 회전 척을 구비한 포토레지스트 Spray Coating 방법을 제안하고, 장치의 제작 및 성능 평가를 수행한다. 본 논문의 Spray Coating 장치는 spray nozzle의 분무각도 조절, spray nozzle과 기판의 상대 속도 조절 및 고온 회전척을 이용한 포토레지스트(AZ1512)의 휘발성 및 유동성을 제어함으로써 균일한 Conformal Coating 특성을 확보하고자 한다.

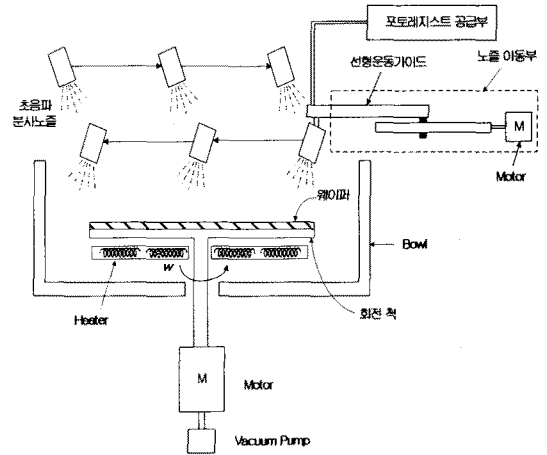


그림 1. Spray Coating 장치 개념도

2. 본 론

2.1 Spray Coating 장치의 구성

그림 1은 본 논문에서 3차원 구조물에 포토레지스트를 Conformal Coating하기 위한 Spray Coating 장치의 개념도를 나타낸다. Spray Coating 장치는 고온 회전 척, 초음파 분사 노즐부, 노즐 이동부, 노즐 각도 조절부, 포토레지스트 공급부 등으로 구성된다. 고온 회전 척은 Spray Coating 시 기판의 온도를 40 ~ 80 ℃로 제어함으로써 포토레지스트의 휘발성 및 유동성을 조절할 수 있다. 초음파 분사 노즐부는 포토레지스트를 분체 상태로 분무시키기 위한 초음파 분사 노즐과 전원공급장치로 구성된다. 노즐 이동부는 이송용 모터, Ball Screw, Ball Bearing, 선형 운동 가이드로 구성되어 초음파 분사 노즐부를 웨이퍼 반경을 따라 속도 조절 구간을 세분화하여 구동되도록 구성되어 있다.

2.2 Ultrasonic Spray Nozzle

본 논문에서는 포토레지스트의 Spray Coating을 하기 위하여 액상의 포토레지스트를 Ultrasonic Spray Nozzle에 의해 분체 상태로 분무시킨다. 초음파 진동자를 내장하고 있는 Ultrasonic Spray Nozzle에 특정 주파수의 전원을 공급하면 액상의 포토레지스트는 미세 입자 크기의 분체 상태로 되어 분무된다. 분무되는 입자의 크기는 Ultrasonic Spray Nozzle 내부에 있는 초음파 진동자의 구동 주파수에 따라 변한다. 구동 주파수의 크기가 높을수록 입자의 크기는 작아진다. 본 논문에서는 구동 주파수가 48 kHz인 Ultrasonic Spray Nozzle을 이용하

여 평균 38 μm인 입자 크기로 포토레지스트를 분무시킨다. EVG 사의 Spray Coater를 이용한 기존 연구 결과에서는 AZ 4562 포토레지스트를 희석시켜서 이용하였다 [1-2]. 기존 연구 결과에서는 점도가 440 cSt인 AZ4562 포토레지스트를 Spray Nozzle을 통하여 분무하기 위하여 Solvent를 이용하여 20 cSt 이하의 점도로 희석시켜서 사용하였다. 본 논문에서는 범용으로 사용하고 있는 AZ 1512 포토레지스트를 희석시키지 않고 분무하였다. 그림 2는 spray Nozzle을 통해서 AZ1512 포토레지스트를 분무하는 사진이다.

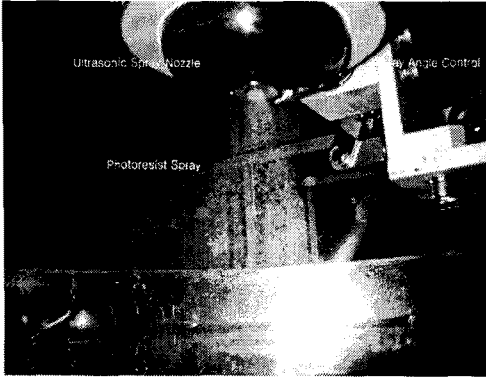


그림 2. SPRAY NOZZLE을 통한 PHOTORESIST 분무 사진

### 2.3 Conformal Spray Coating 방법

#### 2.3.1. 균일한 Spray Coating 방법

본 논문에서는 일정 속력으로 회전하는 기판 상에 포토레지스트를 분무하는 동시에 초음파 분사 노즐의 이동 속도를 변화시킴으로써, 포토레지스트를 균일하게 코팅하는 방법을 제시하고자 한다.

초음파 분사 노즐의 이동 속도는 초음파 분사 노즐로부터 분무되는 포토레지스트가 반지름이 r인 기판 위에 Monolayer로 형성되는 데 걸리는 시간을 이용하여 식 (1)과 같이 근사적으로 나타낼 수 있다.

$$V_m = \frac{3.1f}{\pi^2 DR} \frac{1}{r} \quad (1)$$

위 식에서 D는 초음파 분사 노즐로부터 분무되는 입자 크기, R은 초음파 분사 노즐의 반경 그리고 f는 초음파 분사 노즐로 공급되는 포토레지스트의 유량이다.

식 (1)로부터 포토레지스트를 균일하게 코팅하기 위한 웨이퍼 반경을 기준으로 가장자리부터 중심부로 이동하는 분무 노즐의 속도의 계산 결과를 그림 3에 나타내었다. 균일하게 포토레지스트를 코팅하기 위해서는 웨이퍼의 중심부 근처에서 이동 속도가 현저하게 증가시켜야 함을 확인할 수 있다. 그림 3으로부터 직선 이동 경로를 따르는 노즐 이동 속도는 근사적으로 1/r 에 비례하는 함수로 표현할 수 있고, 이 함수를 기판 반경의 영역에 따라 I, II, III, IV의 구간으로 구역화하여 근사적으로 함수값에 접근하도록 이동속도를 조절함으로써, 기판 상에 균일한 두께의 포토레지스트를 코팅하게 된다.

일정 각속도로 회전하는 웨이퍼의 가장자리에서 중심부 초음파 분사 노즐을 등속 직선 운동시킬 경우, 분무 패턴은 그림 4(a)와 같이 Archimedes 나선 궤적을 형성한다. Archimedes 나선 궤적에서의 분무점은 웨이퍼의 반경 방향으로 동일한 거리만큼 위치하고 있지만 웨이퍼의 회전 방향의 분무점은 반경에 관계없이 일정한 각도로 분포된다. 분무점의 분포는 웨이퍼의 중심으로 갈수록 밀집되게 된다.

따라서, 포토레지스트를 균일하게 코팅하기 위해서는

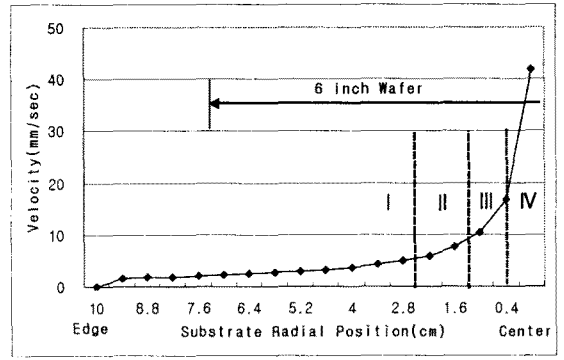


그림 3. Uniform Coating을 위한 노즐 이동 속도

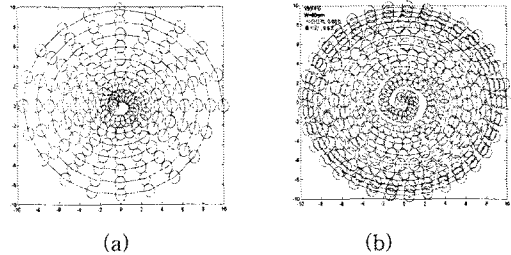


그림 4. Uniform Coating을 위한 분무 패턴

- (a) 등속 직선 운동 (아르키메데스 분무 패턴)
- (b) 구역화된 직선 운동

분무 노즐을 세분화하여 구역에 따라 직선 운동시켜야 한다. 그림 4(b)는 일정 각속도로 회전하는 웨이퍼의 가장자리에서 중심부까지 초음파 분사 노즐을 구역화하여 이동시킨 경우의 분무 패턴을 나타낸다. 실제 균일한 Coating 결과는 웨이퍼의 반경 방향을 따라 가장자리에서 중심부를 지나서 반대편 가장자리까지 초음파 분사 노즐을 구역화하여 이동시킴으로써 얻게 된다.

#### 2.3.2. Conformal Spray Coating 방법

액상의 포토레지스트 용액은 초음파 분사 노즐에 의해 20 ~ 50 μm 직경의 분체 상태로 100 mm/sec의 속도로 분무된다. 본 논문에서는 초음파 분사 노즐을 통해 분무되는 액상의 포토레지스트 용액을 일정한 각도로 분무시킴으로써 3차원 구조물의 상부, 하부, Concave Corner 및 Convex Corner 등의 부위에서 Conformal Coating 특성을 얻게 된다.

기판 반경에 따라 구역화하여 구동되는 초음파 분사 노즐은 입사각에 따라 초음파 분사 노즐의 위치를 천이시켜서 속도를 제어함으로써 균일한 Spray coating 특성을 유지할 수 있다.

#### 2.3.3. 포토레지스트 휘발성 및 유동성 제어

기판 표면에 분무되는 포토레지스트 분체는 Solvent를 함유하고 있기 때문에 기판의 형상 및 포토레지스트의 점성에 따른 유동성을 가진다. 즉, 경사진 면에 분무된 포토레지스트는 경사각을 따라 아래로 흘러내리게 된다. 따라서 경사면에는 포토레지스트의 두께가 얇아지는 경향이 있다. 이를 해결하기 위하여 기판 온도를 증가시켜 포토레지스트에 함유된 Solvent를 기화시킨다. 따라서 포토레지스트 분체의 유동성은 감소되고 경사면에서의 포토레지스트의 두께를 일정하게 유지할 수 있다.

## 2.4 Spray Coating 실험 및 결과

본 실험에서는 3차원 형상의 구조물을 지닌 6인치 (100) 실리콘 웨이퍼 상에 포토레지스트를 Spray Coating 한다. 코팅 실험을 하기 위한 실리콘 웨이퍼 기판은 KOH 용액을 이용한 이방성 습식 식각을 통해서 준비되었다.

코팅되는 포토레지스트의 두께는 고체함유량에 따라 달라지게 된다. 본 논문에서의 포토레지스트는 Spin Coating 공정에 범용으로 사용되고 있는 AZ 1512를 사용하였다. 표 1은 AZ1512를 conformal spray coating 하기 위한 공정 조건이다. 이방성 습식 식각된 실리콘 웨이퍼에 표 1과 같은 조건에 따라 AZ 1512를 Spray Coating한 후, 코팅된 포토레지스트의 두께를  $\alpha$ -step을 이용하여 측정하였다.

표 1. Spray Coating Condition

Parameter	Value
Photoresist	AZ1512 (20cSt)
포토레지스트 공급량	4cc/min
Ultrasonic Power	3W
분무각	45°
노즐 이동 속도	~150mm/sec
웨이퍼 회전 속도	200 RPM
Wafer Temperature	50℃

측정된 포토레지스트의 두께와 균일도를 그림 5에 나타내었다. 측정된 포토레지스트의 균일도는 식 (2)와 같이 정의된다[2].

$$1\sigma (\%) = \frac{\sigma}{\text{average}} \quad (2)$$

측정은 6 인치 웨이퍼 안에서 식각되지 않는 면인 상부 Top과 200  $\mu$  식각된 면인 하부 Bottom을 측정하였다. 코팅된 포토레지스트의 평균 두께는 13  $\mu$ m이고, 6 인치 균일도는 상부 Top과 하부 Bottom은 각각 9.3%, 12.0% 이다.

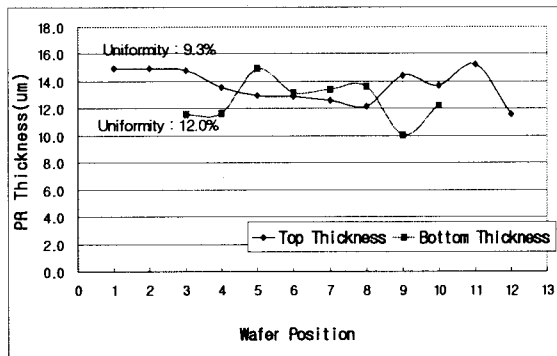


그림 5. Spray Coating 두께 및 균일도

그림 6은 spray coating된 포토레지스트를 사진 식각 공정을 통해서 패터닝한 SEM 사진이다. 식각되지 않는 면인 Top, 식각된 면인 Bottom, sidewall, Concave Corner 및 Convex corner 의 3차원 형상의 모든 면이 코팅된 것을 확인할 수 있다.

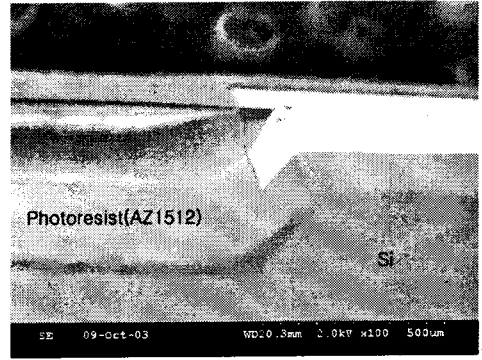


그림 6. Spray Coating된 결과 (SEM 사진)

## 3. 결 론

본 논문에서는 3D Lithography를 위한 고온 회전 척을 구비한 포토레지스트 Spray Coating 방법을 제안하고 장치 제작 및 성능 평가를 수행하였다. Spray Coating에 의한 균일하고 Conformal한 코팅 특성을 확보하기 위하여 Spray nozzle의 분무 각도 조절, 기판의 상대 속도 조절, 그리고 고온 회전척을 통한 AZ 1512 포토레지스트의 휘발성 및 유동성을 제어함으로써 coating 특성을 개선하였다. 앞으로 spray Nozzle의 분무 특성을 개선하여 포토레지스트의 두께 및 균일도를 향상시킬 예정이다.

### [참 고 문 헌]

- [1] Nga P.Pham, Pasqualina M. Sarro, Joachim N. Burghartz, "Spray Coating of AZ 4562 Photoresist for MEMS applications", *SAFE 2000*, pp 154-158, 2002
- [2] Nga P.Pham, Tom.L.M.Scholotes, Ruud Klerks, E.Boellaard, "Direct Spray Coating of photoresist-a new method for patterning 3-D Structures", *EUROSENSORS XVI The 16th European Conference on Solid-State Transducers*, pp 182-185, 2002
- [3] Arief Suriadi, Vineet Sharma, Thomas Luxbacher, "Photolithography on Micromachined 3-D Surfaces using Spray Coating Technology of Photoresist", *International MEMS Workshop 2001*, 2001
- [4] V.G. Kutshoukov, J.R. Mollinger, A. Bossche, "New photoresist coating method for 3D-structured wafers", *Sensors and Actuators*, Vol. 85, pp 377-383, 2000
- [5] Wen J. Li, John D. Mai, CHih-Ming Ho, "A MEMS Fabrication technique for Non-planar substrates", *IEEE MEMS*, pp 268-273, 1998
- [6] Chang Liu, "Through-Wafer Electrical Interconnects by Sidewall Photolithographic Patterning", *IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference*, 1998
- [7] Nga P.Pham, E.Boellaard, Pasqualina M. Sarro, Joachim N. Burghartz, "Spin, Spray coating and Electrodeposition of photoresist for MEMS structures- A Comparison", *SAFE 2001*, 2001
- [8] E.Boellaard, N.P. Pham, van den Brekel, J.N. Burghartz, "RF-Devices Realised in MEMS by Using Electrodepositible Photoresist", *SAFE 2001*, 2001