

3차원 마이크로 구조를 위한 포토레지스트 스프레이 코팅

김도욱[†] · 은덕수 · 배영호* · 유인식** · 석창길*** · 정종현 · 조찬섭**** · 이종현

Photoresist spray coating for three-dimensional micro structure

Do-Wook Kim[†], Duk-Su Eun, Young-Ho Bae*, In-Sik Yu**, Chang-gil Suk***,
Jong-Hyun Jeong, Chan-seop Cho****, and Jong-Hyun Lee

Abstract

This paper presents the method for three-dimensional micro structure with photoresist spray coating system. The system consists of a high temperature rotational chuck, ultrasonic spray nozzle module, angle control module and nozzle moving module. Spray coating system is effected by several parameters such as the solid contents, the dispensed volume, the scanning speed of the spray nozzle and the wafer of dimension. The photoresist (AZ 1512) has been coated on the three-dimensional micro structure by spray coating system and the characteristics have been evaluated.

Key Words : photolithography, three-dimensional micro structure, photoresist spray coating

1. 서 론

최근 반도체 MEMS 기술의 발달과 함께 각종 물리센서, 화학센서 및 기계소자, Bio MEMS, RF MEMS 소자의 소형화가 가능해지면서 3차원 마이크로 구조물에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히, Bio MEMS 소자 제작을 위한 3차원 사진식각 공정 기술이 필수적으로 요구되어지고 실리콘 벌크 마이크로 머시닝 위한 다양한 포토레지스트 코팅 방식이 사용되어 왔다^[1-3]. 일반적으로 스핀 코팅 시 기판에 공급되는 포토레지스터의 약 2~5%만이 코팅 층을 형성시키는데 사용된다. 기판의 크기가 커짐에 따라 기판을 고속으로 회전시키는 것이 어렵게 되고 불필요하게 소모 되는 포토레지스터의 양도 증가하게 된다. 이러한 기판의 기하학적인 모양에 따른 균일한 코팅공정과 포토레지스터의 소모를 줄이기 위해 본 논문에서는 (주)울텍 에서 제작한 포토

레지스터 스프레이 코팅 시스템을 사용하여 스핀 코팅 방식에 비해 포토레지스터의 소모량을 70% 이상 감소 시키고 기판의 기하학적인 모양에 상관없이 균일한 포토레지스터의 코팅 특성을 가능토록 하였다.

2. 본 론

2.1. 스프레이 코팅 시스템의 구성

포토레지스트를 코팅하기 위한 스프레이 코팅 시스템은 초음파 분사 노즐부, 노즐 이동부, 노즐각도 조절부, 포토레지스트 공급부 등으로 구성된다. 일정하게 회전하는 기판상에 포토레지스트를 분무하는 동시에 초음파 분사 노즐의 이동속도를 변화시킴으로써 포토레지스트를 균일하게 코팅할 수 있다^[4]. 그림 1에서 스프레이 코팅 시스템의 개략도를 보여준다.

2.2. 스프레이 코팅 이론

스프레이 코팅 시스템은 형성되는 포토레지스트 층의 uniformity와 quality, thickness에 영향을 끼치는 몇 개의 조절 가능한 중요한 변수들을 가지고 있다^[5]. 먼저 포토레지스트 용액의 고체 양에 따라 노광 하지 않은 기판의 밀도에 영향을 끼친다. 용액 내의 고체양은 solvent의 첨가로서 조절할 수가 있고 본 논문에서는 점도가 20 cst 이하인 포토레지스트를 사용하였다^[6-7].

경북대학교 전자전기컴퓨터학부 (School of Electrical Engineering and Computer Science, Kyungpook National Univ.)

*위덕대학교 전자공학과(Department of Electronics, Uiduk Univ.)

**경동정보대학 모바일 정보통신과(Department of Mobile Information Communication, Kyungdong College of Techno-information)

***쉬울텍(Ultech. Co., Ltd.)

****상주대학교 전자공학과(Department of Electronics, Sangju National Univ.)

[†]Corresponding author: techel17@hanmail.net

(Received : January 2, 2006. Accepted : January 20, 2006)

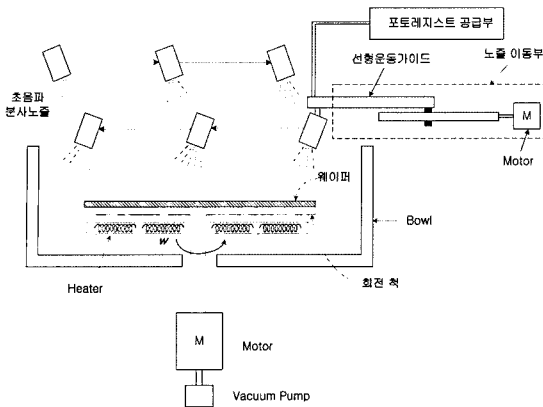


그림 1. 스프레이 코팅 시스템 개략도
Fig. 1. Schematic diagram of spray coating system.

분무기의 이동속도는 분무되는 포토레지스트의 두께에 가장 큰 작용을 한다. 일반적으로 증착되는 포토레지스트의 두께는 스프레이 코팅의 경우와 동일하게 속도가 빠를수록 얇아진다. 초음파 스프레이 노즐에 의해 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 얇아지게 된다. 기판의 온도를 조절함으로써 중력에 의하여 벽면에 코팅된 액상의 포토레지스트의 흘러내림을 억제시켜 균일한 코팅 특성을 얻을 수 있다. 초음파 스프레이 노즐에 의해 분무되는 포토레지스트를 기판에 균일하게 도포하기 위해서는 기판과 스프레이 노즐의 상대적인 이동 속도를 적절히 조절하여야 한다^[8].

일정 속력으로 회전하는 기판 상에 포토레지스트를 분무하는 동시에 초음파 스프레이 노즐의 이동 속도를 변화시킴으로써 포토레지스트를 균일하게 코팅한다. 그림 2는 균일한 코팅을 위하여 일정 각속도로 회전하는 기판의 가장 자리에서 중심부까지 초음파 스프레이 노즐을 이동시킨 경우의 분무 패턴을 나타낸다.

일정한 속도로 회전하는 기판의 가장 자리에서 중심부로 분무 노즐이 등속 직선 운동을 하면 분무 패턴은 아르키메데스 나선 궤적을 형성한다. 분무 점은 기판의 반경 방향으로서는 동일한 거리만큼 위치하고 있지만, 기판의 회전방향의 분무 점은 반경에 관계없이 각도 θ 를 가지고 분포한다. 따라서 분무 점의 분포는 기판의 중심부로 갈수록 밀집된다. 즉 포토레지스트의 두께는 기판의 중심부로 갈수록 두꺼워진다. 구역에서의 포토레지스트의 코팅 두께를 동일하게 하기 위해서는 기판

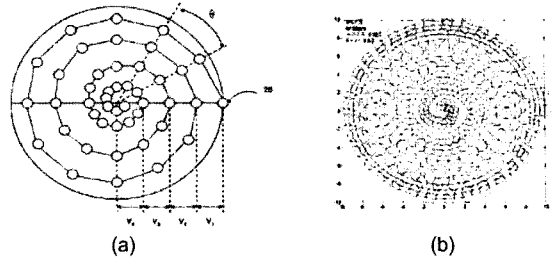


그림 2. 균일한 코팅을 위한 분무패턴: (a) 등속 원운동 + 직선운동, (b) 등속 원운동 + 국부적인 직선운동
Fig. 2. Spray pattern for uniform coating: (a) Uniform velocity + rectilinear motion, (b) Uniform velocity + local rectilinear motion.

의 반경을 분무 노즐의 도포 면적에 비례하는 길이로 세분화하여 분무 노즐이 각각의 구역에 머무르는 분무 시간을 달리하여야 한다.

2.3. 실험

액상의 포토레지스트는 스프레이 노즐을 통해서 분체 상태로 분무된다. 포토레지스트를 분체 상태로 만들기 위하여 스프레이 노즐은 내부에 초음파 진동자를 사용한다. 초음파 스프레이 노즐에 특정 주파수의 전원을 공급하면 액상의 포토레지스트는 미세 입자 크기의 분체 상태로 분무된다. 이때 분무되는 입자의 크기는 초음파 스프레이 노즐 내부에 있는 초음파 진동자의 구동 주파수에 따라 변한다. 초음파 스프레이 노즐의 구동주파수는 48 KHz이고 이때 분무된 포토레지스트 입자의 크기는 38 μm 이다. 본 논문에서는 Si_3N_4 를 마스크 층으로 사용한 4인치 실리콘 기판 45 wt% KOH 식각 공정을 이용하여 식각 시간에 따라 20 μm , 80 μm , 150 μm , 200 μm , 300 μm 의 cavity를 제작하였다. 그림 3에서 식각된 80 μm 의 실리콘 단면을 보여준다.

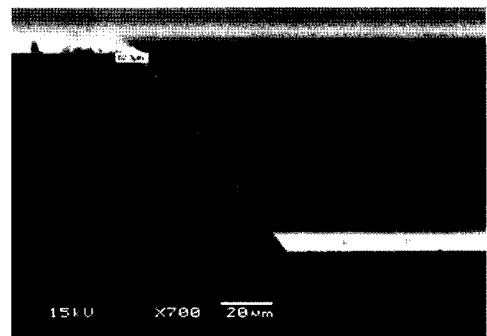


그림 3. KOH 공정 후 Si 시료(80 μm)
Fig. 3. Si sample after KOH process(80 μm).

AZ 1512 포토레지스트를 사용한 스프레이 코팅 시스템의 분무 조건은 표 1과 같고 그림 4에서 스프레이 코팅 시스템의 척 회전속도에 따른 포토레지스트의 코팅 두께를 실리콘 기판의 위치에 따라 측정하였다.

표 1. Spray coating system 조건
Table 1. Condition of spray coating system

Parameter	Value
Photoresist	AZ1512 (20 cSt)
포토레지스트 공급량	4 cc/min
Ultrasonic Power	3 W
분무각	45°
노즐 이동 속도	~150 mm/sec
웨이퍼 회전 속도	~500 RPM
Wafer Temperature	50 °C

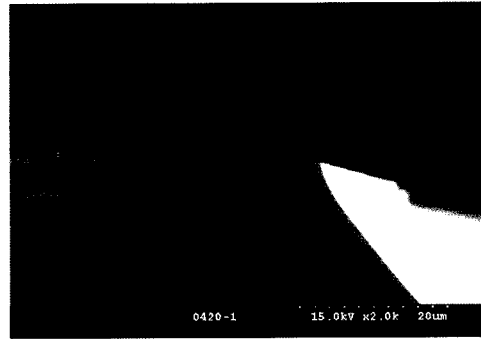
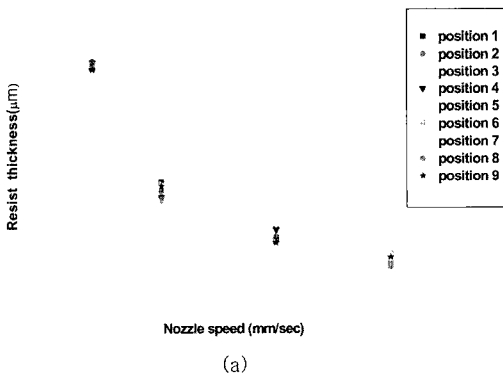
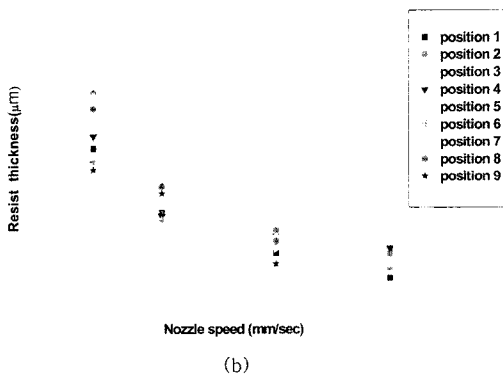


그림 5. 스프레이코팅 한 Si 시료 SEM 사진
Fig. 5. Si sample SEM by spray coating.

코팅 공정을 하기 위해 실리콘 기판을 척에 놓고 진공 펌프를 통해 척 위의 실리콘 기판은 고정되고 척은 100~5000 rpm의 일정한 각속도로 회전한다. 정확한 속도 제어를 위해 AC Servo motor를 사용하였고 포토레지스트의 휘발성 및 유동성을 조절하기 위하여 포토레지스트의 스프레이 코팅 시 기판의 온도를 60~80 °C로 제어할 수 있도록 제작되었다. 이때, 척을 통한 열 방출을 최소화시키고, 기판에 열을 효과적으로 제어하기 위하여 척 재질은 PEEK를 이용하여 제작되었다. 기판의 기열은 3차원 형상을 가지는 구조상에 포토레지스트를 균일하게 코팅하기 위하여 적용된다. 그림 5는 100 μm의 실리콘 cavity를 가지는 실리콘 기판에 스프레이 방식으로 포토레지스트를 코팅한 시료의 SEM 사진이다.



(a)



(b)

그림 4. 포토레지스트의 분포 특성: (a) 척 회전속도(30 rpm), (b) 척 회전속도(60 rpm)
Fig. 4. Distribution characteristic of photoresist: (a) Rotation speed of chuck(30 rpm), (b) Rotation speed of chuck(60 rpm).

3. 결 론

본 논문에서는 3차원 마이크로 구조를 위한 포토레지스터 코팅 방식으로 20 cst의 점도를 가지는 AZ 1512를 스프레이 코팅 분무하여 사용하였다. 스프레이 노즐의 이동속도, 척의 회전 속도, 초음파 노즐의 구동 주파수 조절을 통해 균일한 코팅 두께를 얻을 수가 있었고 포토레지스트의 휘발성 및 유동성 제어를 위해 60~80 °C의 고온 회전 척을 통해 분무 특성을 개선하였다. 포토레지스트 두께는 스프레이 노즐로부터 분무되는 분무체적과 포토레지스트에 함유된 고체 양에 따라 비례하고 스프레이 노즐의 이동 속도와 코팅되는 면적에 반비례한다. 스프레이 코팅 시스템은 기존의 스�핀 코팅에서 해결하기 힘들었던 구조적 문제와 상대적으로 훨씬 적은 포토레지스트를 소비하는 큰 장점으로 향후 3차원 사진식각공정을 위한 포토레지스트 코팅에 많은 이용이 기대된다.

참고 문헌

- [1] N. P. Pham, J. N. Burghartz, and P. M. Sarro, "A model for film thickness using direct spray coating", *Electronics Packaging Technology Conference*, pp. 773-776, 2003.
- [2] V. K. Singh, M. Sasaki, K. Hane, Y. Watanabe, M. Kawakita, and H. Hayashi, "Photolithography on three-dimensional structures using spray coated negative and positive photoresists", *Transducers'05*, pp. 1445-1448, Seoul, Korea, 2005.
- [3] V. K. Singh, M. Sasaki, J. H. Song, and K. Hane, "Spray coated photoresist over anisotropically etched deep Si cavities", *Microprocesses and Nanotechnology Conference*, pp. 188-189, 2002.
- [4] N. P. Pham, E. Boellaard, J. N. Burghartz, and P. M. Sarro, "Photoresist coating methods for the integration of novel 3-D RF microstructures", *Journal of Microelectromechanical Systems*, vol. 13, no. 3, pp. 491-499, 2004.
- [5] K. Fischer and R. Süß, "Spray coating - a solution for resist film deposition across severe topography", *IEEE/SEMI Int'l Electronics Manufacturing Technology Symposium*, 2004.
- [6] V. K. Singh, M. Sasaki, J. H. Song, and K. Hane, "Technique for preparing defect-free spray coated resist film", *The 12th international Conference on Solid State Sensor, Actuators and Microsystems*, pp. 817-820, Boston, 2003.
- [7] M. Ichiki, L. Zhang, Z. Yang, T. Ikehara, and R. Maeda, "Spray coating fabrication : thin film formation on non-planar surface", *The 12th international Conference on Solid State Sensor, Actuators and Microsystems*, pp. 825-828, Boston, 2003.
- [8] G. Percin and B. T. Khuri-Yakub, "Photoresist deposition without spinning", *IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing*, vol. 16, no. 3, pp. 452-459, 2003.



김도욱

- 2004년 위덕대학교 전자공학과(공학사)
- 2004년~현재 경북대학교 전자공학과 석사과정



은덕수

- 2001년 계명대학교 물리학과(이학사)
- 2003년 경북대학교 센서 및 디스플레이 공학과(공학석사)
- 2003년~현재 경북대학교 전자공학과 박사과정



배영호

- 현재 위덕대학교 전자공학과 교수



유인식

- 현재 경동정보대학 모바일 정보통신과 교수

석창길

- 현재 올텍(주) 대표이사

정종현

- 2005년 경북대학교 전자공학과(공학사)
- 2005년~현재 경북대학교 전자공학과 석사과정



조 찬 섭

- 현재 상주대학교 전자공학과 교수



이 종 현

- 1972년 경북대학교 전자공학과(공학사)
- 1976년 경북대학교 전자공학과(공학석사)
- 1981년 *Institute National Polytechnique de Grenoble*(공학박사)
- 현재 경북대학교 전기전자공학부 교수