반도체디스플레이기술학회지 제13권 제1호(2014년 3월)
Journal of the Semiconductor & Display Technology, Vol. 13, No. 1. March 2014.

실리콘 웨이퍼 연마헤드의 강제구동 방식이 웨이퍼 연마 평탄도에 미치는 영향 연구

김경진* · 박중윤†
*금오공과대학교 기계시스템공학과
†금오공과대학교 기전공학과

Effects of Forced Self Driving Function in Silicon Wafer Polishing Head on the Planarization of Polished Wafer Surfaces

Kyoungjin Kim* and Joong-Youn Park†
*Department of Mechanical System Engineering, Kumoh National Institute of Technology
†Department of Mechatronics, Kumoh National Institute of Technology

Abstract

Since the semiconductor manufacturing requires the silicon wafers with extraordinary degree of surface flatness, the surface polishing of wafers from ingot cutting is an important process for deciding surface quality of wafers. The present study introduces the development of wafer polishing equipment and, especially, the wafer polishing head that employs the forced self-driving of installed silicon wafer as well as the wax wafer mounting technique. A series of wafer polishing tests have been carried out to investigate the effects of self-driving function in wafer polishing head. The test results for wafer planarization showed that the LLS counts and SBIR of polished wafer surfaces were generally improved by adopting the self-driven polishing head in wafer polishing stations.

Key Words : Silicon wafer, Wafer surface polishing, Wafer polishing head, Wafer planarization

1. 서 론

각종 반도체소자 제조에 광범위하게 사용되는 실리콘 웨이퍼의 생산은 여러 복잡한 초정밀 제조공정을 거치는데, 실리콘 잉곳에서 균일한 두께로 절단된 웨이퍼 표면의 연마공정(wafer polishing)은 전체 웨이퍼 제조공정의 핵심이라 할 수 있다. 연마공정은 앞서 여러 세부공정을 거치며 거칠어진 웨이퍼의 표면을 평탄하게 만드는 공정으로 고도의 평탄도를 확보하며 웨이퍼 표면의 국부적 결점을 제거하여 향후 반도체소자 제조에서 고수율을 올릴 수 있도록 한다[1,2].

반도체 산업의 기술 고도화가 점점 빨라지며 실리콘 웨이퍼의 수요처의 웨이퍼 품질에 대한 요구도 점점 높아가고 있으며, 반도체 소자의 극미세화와 고집적화 등이 급격히 진행되면서 요구되는 고도의 평탄도나 표면의 무결점성 등과 같은 실리콘 웨이퍼의 품질에 대한 산업기준 역시 까다로워지고 있다. 그리고 현재 웨이퍼 생산현장에서는 웨이퍼 연마공정이 전체 웨이퍼 생산공정의 보틀넥으로 작용하고 있어 생산성 향상을 위해서는 연마공정 시간의 단축이 필요하다.

본 연구에서는 실리콘 웨이퍼의 대량 생산공정에서 요구하는 고도의 웨이퍼 평탄도 등의 공정조건을 만족시키고 현 공정시간을 단축할 수 있는 연마헤드와 그에 맞는 공정 운용조건 개발을 목표로 한다.

2. 웨이퍼 연마공정 장치

연마공정이 실현되는 실리콘 웨이퍼 연마 스테이션은 Fig. 1과 같이 연마 준비장치와 연마장치로 나눌 수 있다. 연마 준비장치에서는 공급되는 웨이퍼를 연마헤

†E-mail : jypark@kumoh.ac.kr

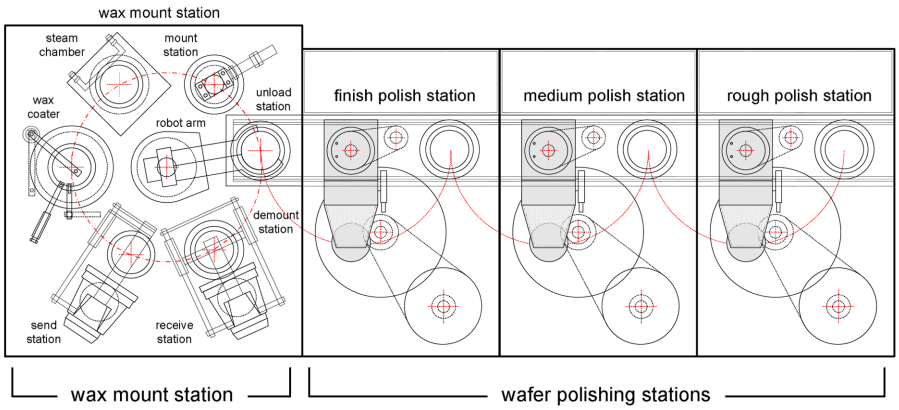

Fig. 1. Schematic of wafer mounting and polishing stations.

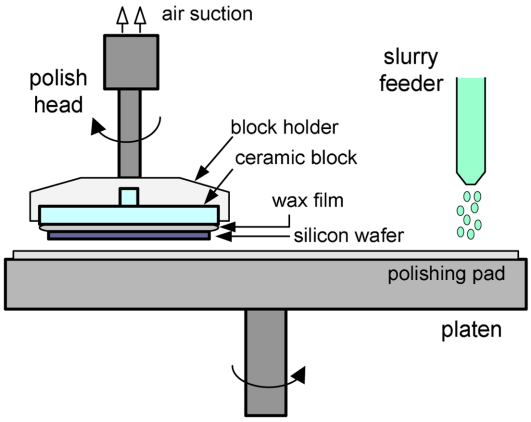

Fig. 2. An illustration of silicon wafer polishing on polishing pad.

드에 장착하며, 이를 연마장치부인 폴리싱 스테이션으로 넘겨 정밀 연마공정을 거치게 된다. 폴리싱 스테이션에서는 각각의 다른 연마도에 따른 세 단계의 연마공정(rough, medium, finish polishing)을 거쳐 고도의 웨이퍼 평탄도를 확보한다. 연마 준비장치에서 웨이퍼를 연마헤드에 장착하는 데는 여러 방식이 있으나[3], Fig. 1과 같은 왁스 마운터를 이용하는 것이 일반적이다[4]. 먼저 세라믹 블록에 액상의 왁스를 스핀코팅 방식[5,6]으로 균일하게 도포한 후 그 표면에 웨이퍼를 부착시키고 열처리를 한다.

웨이퍼 연마공정이 진행되는 연마장치부는 Fig. 2에서 보는 바와 같이 웨이퍼가 부착된 세라믹 블록을 장착하는 연마헤드(polishing head), 회전정반(platen)과 그에 부착되는 연마패드(polishing pad), 회전구동부, 슬러리 공급장치 등으로 구성되어 있다. 이 장치에서 연마헤드와 회전정반의 상대운동을 이용하여 연마헤드에 부착되어 이송된 웨이퍼를 회전정반 위의 연마패드에 접촉연마시켜 웨이퍼의 표면을 평탄화한다. 또한, 웨이퍼의 연마 시 연마제가 섞인 슬러리를 연마패드에 공급하여 슬러리 내의 연마입자의 크기 및 함유량에 따라 각 연마단계가 요구하는 연마도에 맞는 연마과정을 돕는다.

본 연구에서 중점 개발하는 장치는 앞서 언급된 연마장비의 핵심장치인 연마헤드 장치로 그 개략도가 Fig. 3(a)에 나타나 있다. 이 장치의 기능은 왁스 마운트 스테이션에서 받은 웨이퍼가 장착된 블록을 헤드에 부착하여 연마 스테이션으로 이동한 후 회전하는 연마패드와 접촉하며 웨이퍼를 연마하는 과정을 수행하는 것이다.

기존의 실리콘 웨이퍼 생산용 연마장비와 차별하여 개발된 연마헤드의 주요장치와 기능은 다음과 같다. 먼저 압축공기 가압장치는 웨이퍼의 연마 시 각 연마단계에서 지정된 목표 평탄도에 따라 연마헤드에 장착된 웨이퍼를 압축공기의 공압을 이용하여 연마패드에 접촉시키는 연마압력을 조정한다. 이 때 웨이퍼 전체에 압력이 일정하게 분포할 수 있도록 한다. 다음으로 진공흡착장치는 웨이퍼가 부착된 세라믹 블록을 진공펌프 시스템을 이용하여 연마헤드에 흡착시키며 각 연마단계 후에는 탈착시킨다. 웨이퍼의 흡착 또는 탈착 시 웨이퍼의 굽힘 현상(bending)이 일어나지 않도록 설계가 되었다.

실리콘 웨이퍼 생산용 연마장치는 전통적으로 웨이퍼의 회전 없이 연마패드가 장착된 정반의 회전만으로 연마공정이 진행되었다. 하지만 본 연구에서는 연마헤드에 구동부를 장착하여 웨이퍼 장착부분이 강제적 회전운동을 하도록 되었다. 또한 웨이퍼 장착부분에 가이드 링이 설치되어 연마헤드와 연마패드 사이에 유입되

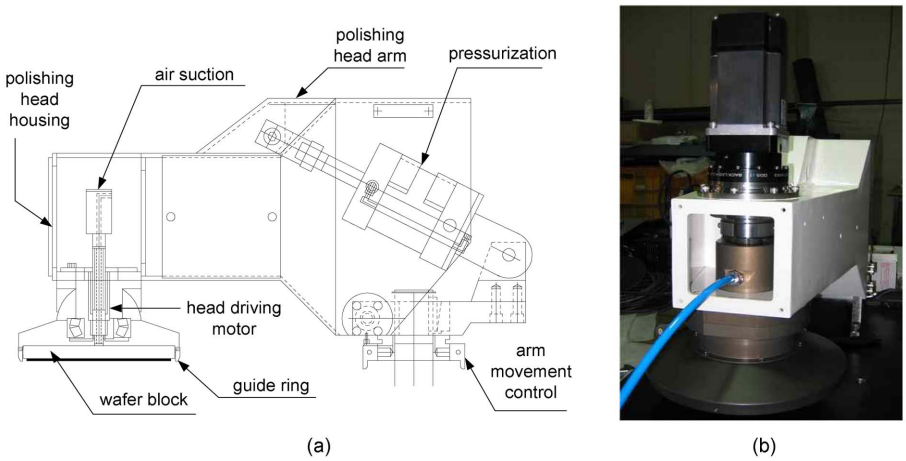

Fig. 3. Schematic diagram (a) and photograph (b) of wafer polishing head.

는 슬러리의 양을 조절하여 적당량의 슬러리가 머물도록 한다. 그 외 기타 장치로 연마헤드암 및 이동제어장치 등이 있으며, 개발된 연마헤드는 Fig. 3(b)에 나타나 있다.

3. 결과 및 토의

본 연구에서 개발된 연마헤드는 웨이퍼 양산산업체의 협조를 얻어 웨이퍼 연마장비에 장착한 후 전체 연마공정에서 얻어진 8인치 웨이퍼의 품질을 측정하였다. 앞서 언급된 세 단계의 연마공정 중에서 최종 웨이퍼 연마품질에 가장 큰 영향을 미치는 마지막 미세 가공과정(finish polishing)에 사용되었으며, 이 단계의 연마공정에 적용된 운전조건이 Table 1에 나와 있다.

연마공정에는 초순수(DIW)와 혼합되어 공급되는 연마제의 연마입자 크기가 다른 두 가지 종류의 슬러리가 쓰였다. 연마입자는 나노 실리카로서 평균 입자 크기는 각각 50 nm 와 10 nm 정도로 먼저 50 nm 입자 슬러리를 공급하여 연마를 수행한 후에 10 nm 입자 슬러리가 공급되었다. 또한 효과적인 연마를 위하여 고순도 KOH 용액이 식각용액으로 공급되었다. 연마패드가 장착된 회전정반의 회전속도는 315 rpm이며 연마헤드의 웨이퍼 장착부의 회전속도는 300 rpm으로 강제구동을 적용하여 연마헤드의 구동이 적용되지 않은 경우와 비교하였다. 연마 시 가압은 57초간 19 psi로 일정하게 적용하였으며 미세가공의 총 연마공정 시간은 250초간 지속이 되었다.

동일 운전조건으로 연마된 다수 개의 웨이퍼 품질은 현재 웨이퍼 생산현장에서 널리 쓰이는 웨이퍼 표면

Table 1. An illustration of silicon wafer polishing on polishing pad.

step	1	2	3	4	5	6	7
time (s)	5	20	27	165	8	20	5
pressure (psi)	0	19	19	19	0	0	0
DIW (ml/min)	600	400	400	400	700	700	0
surfactant (ml/min)	0	0	0	0	120	250	500
KOH (ml/min)	0	0	20	0	0	0	0
slurry 1 (ml/min)	110	110	110	0	0	0	0
slurry 2 (ml/min)	0	0	0	40	0	0	0

품질의 지표인 LLS count와 SBIR로 측정되었다[7]. LLS (laser light scattering) count는 연마된 웨이퍼의 표면 거칠기를 나타내는 지표로서 웨이퍼 표면 영역 내에 정해진 조도를 기준으로 하여 그 보다 높은 조도를 가지는 점의 개수를 나타낸다. 따라서 LLS count가 작을수록 표면 결점이 적은 웨이퍼라 할 수 있다.

Fig. 4에는 65 nm를 기준으로 8인치 웨이퍼 한 장당 조도가 기준보다 높은 점의 개수가 연마헤드 비구동 경우와 구동 경우 간의 비교를 보여준다. 비구동 경우에 연마된 42장의 웨이퍼에서 평균 LLS count가 6.85인데 비하여 연마헤드를 구동하여 연마된 72장의 웨이퍼의 평균 LLS count가 4.76으로 상대적으로 우수하며,

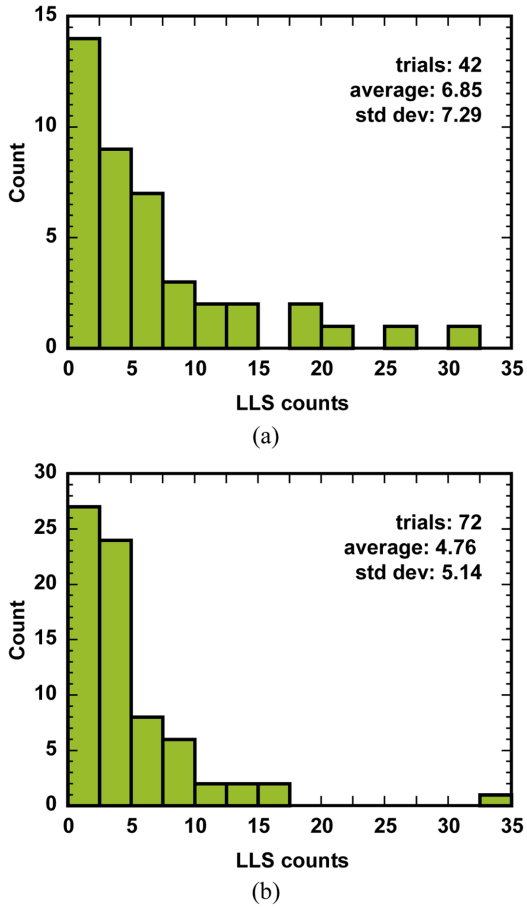

Fig. 4. LLS counts of polished wafers: (a) without and (b) with driving of polishing head.

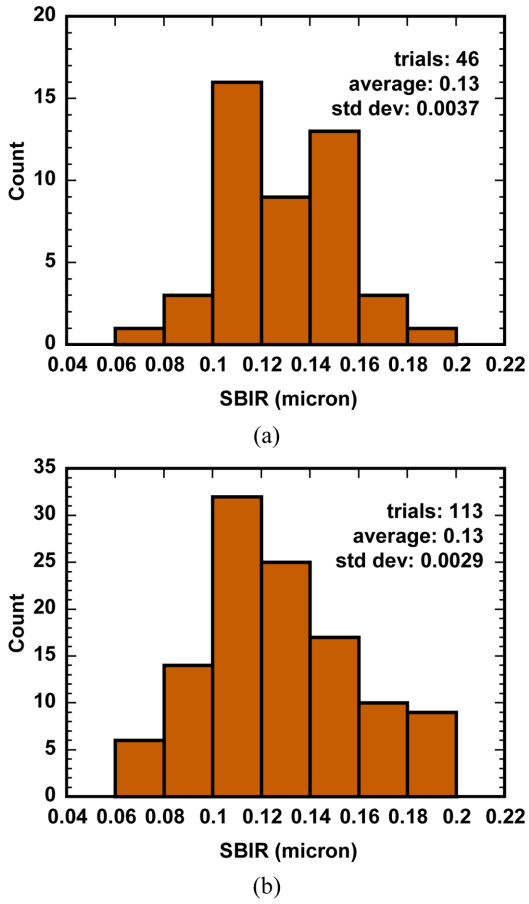

Fig. 5. SBIR of polished wafers: (a) without and (b) with driving of polishing head.

공정품질의 균일성을 나타내는 표준오차 역시 작게 나왔다.

Fig. 5는 연마헤드 비구동으로 가공된 46장의 웨이퍼와 연마헤드 구동을 적용하여 가공된 113장의 웨이퍼에서 측정된 SBIR의 비교를 보여준다. SBIR (Site Backside Ideal Focal Plane Range)은 연마된 웨이퍼의 국부영역에서의 최대 높이와 최소 높이의 차로 정의된다. 하나의 웨이퍼에서 다수의 반도체 소자를 만들어 내기 때문에 SBIR은 웨이퍼의 평탄도를 나타내는 중요지표로서 역할을 한다. 두 경우 모두 측정된 SBIR이 별 차이 없이 0.13 micron 이라는 웨이퍼 양산에 적합한 평탄도를 내는 성능을 보여줌을 알 수 있다.

기존 연마장비에서는 연마헤드의 회전운동이 자체적인 구동 없이 회전정반의 회전운동에 의존하여 구동되며 이로 인하여 웨이퍼와 연마패드 사이에 미끄러짐

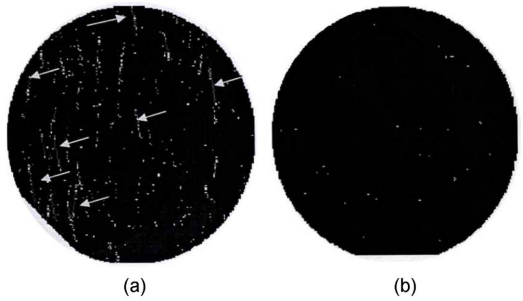

Fig. 6. Surface defects on polished wafers: (a) without and (b) with driving of polishing head.

현상이 자주 일어나 Fig. 6(a)와 같은 웨이퍼 표면의 줄모양의 표면 긁힘이 발생하는 경우가 많다. 연마헤드에 독립적인 모터를 장착하여 강제구동을 웨이퍼 장착부에 줌으로서 이를 개선하여 표면 긁힘 현상이 상당

히 방지됨을 Fig. 6(a)와 같이 볼 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 실리콘 웨이퍼 생산의 연마공정을 수행하는 연마장치 및 연마헤드 개발을 소개하였다. 기존 연마장치와 차별되도록 연마헤드의 강제구동을 도입하여 높은 평탄도를 가지는 고품질 웨이퍼 생산에 적합하도록 하였다. 다량의 웨이퍼 연마 테스트를 통하여 연마헤드의 강제구동 효과를 비구동 방식과 웨이퍼 표면 품질로 비교하여, 표면조도를 나타내는 LLS count와 국부평탄도를 나타내는 SBIR 등의 검사치가 향상됨을 보였다. 또한 연마 시 연마패드와 웨이퍼 표면간의 미끄러짐으로 인한 표면 긁힘 현상 역시 연마헤드의 강제구동으로 방지가 가능하였다.

감사의 글

본 연구는 금오공과대학교 학술연구비에 의하여 지원된 논문이다.

참고문헌

1. Pei, Z. J., Fisher, G. R., and Liu, J., “Grinding of Silicon Wafers: A View from Historical Perspectives,” International Journal of Machine Tools and Manufacture, Vol. 48, pp. 1297-1307, 2008.
2. Sun, W., Pei, Z. J., Fisher, and G. R., “Fine Grinding of Silicon Wafers: Effects of Chuck Shape on Grinding Marks,” International Journal of Machine Tools and Manufacture, Vol. 45, pp. 673-686, 2005.
3. Kim, K., Kwak, H. S., and Park, K. S., “An Experimental Study on Wafer Demounting by Water Jet in a Waxless Silicon Wafer Mounting System,” Journal of the Semiconductor & Display Equipment Technology, Vol. 8, pp. 31-35, 2009.
4. Kim, K., Kim, D., and Park, J.-Y., “CFD Analysis on the Internal Air Flow Control in a Wax Spin Coater of Silicon Wafer Polishing Station,” Journal of the Semiconductor & Display Technology, Vol. 10, pp. 1-6, 2010.
5. Larson, R. G. and Rehg, T. J., “Spin Coating,” Liquid Film Coating, edited by Kistler, S. F. and Schweizer, P. M., Chapman & Hill, London, pp. 709-734, 1997.
6. Noh, Y. M., Im, I. T., and Kim, K. S., “A Numerical Study on Combined Solution and Evaporation during Spin Coating,” Journal of The Korean Society of Semiconductor & Display Equipment Technology, Vol. 2, pp. 25-29, 2003.
7. Shih, S., Au, C., Yang, Z., Messina, T., Goodall, R. K., and Huff, H. R., “Characterization of 300 mm Silicon-Polished and EPI Wafers,” Microelectronic Engineering, Vol. 45, pp. 169-182, 1999.

접수일: 2014년 1월 3일, 심사일: 2014년 2월 4일,
게재확정일: 2014년 2월 28일