

고균일 Al 박막 증착을 위한 magnetron sputtering system 개발

이재희^{1*} · 황도원²

¹경일대학교 반도체물리전공, 경산 712-701

²(주)알파 플러스, 포항 790-834

(2008년 3월 17일 받음)

반도체 소자공정에서 균일한 두께의 금속박막을 증착하는 것은 매우 중요하다. 기존의 기관고정식 sputtering 장비로 증착한 indium tin oxide(ITO)박막의 두께 균일도가 $\pm 4\% \sim \pm 5\%$ 정도로 중앙부분이 더 두껍다. 방전전극 구조물을 설계하고 제작하여 sputtering되는 물질의 방향을 조절하였다. 개량된 sputtering gun을 사용하여 기관고정식 sputtering 장비에서 4" wafer 내에서 $\pm 0.8 \sim 1.3\%$ 정도로 두께 균일도를 증가시켰다. wafer to wafer에서는 $\pm 5.3\%$ 에서 $\pm 1.5\%$ 로 두께 균일도가 향상되었다. Al박막의 경우 $\pm 1.0\%$ 이내의 두께 균일도를 얻을 수 있었다.

주제어: magnetron sputtering system, 방전전극 구조물, sputtering gun, 두께 균일도

I. 서 론

반도체, 도체 및 부도체박막의 제조방법으로는 CVD, evaporation, sputtering 등의 다양한 방법이 있다. CVD 방법의 경우 증착막이 균일하지 못하고 특성 재현에 어려움이 많은 단점이 있고 또한 박막 제조시 고온이 요구되므로 많은 에너지가 요구된다. evaporation 방법은 높은 증착율의 장점은 있으나, 증착된 박막의 밀도나 밀착력이 떨어지는 단점이 있다. 반면 sputtering 방법의 경우, 증착조건을 조절하기 쉽고, 특히 대형 기관을 사용하여 제조할 경우 박막의 두께 등 박막 특성의 균일화를 기하는데 용이한 장점을 가지고 있다[1, 2]. 그래서 현재 반도체분야나 전기전자 및 디스플레이분야에서 널리 애용하는 진공박막제조법이 sputtering 방법이다. 그러나, 기관이 대형화될수록 증착되는 박막의 두께에서 균일성이 떨어지고 있다. 기관 고정식 sputtering 장비에서는 6" sputtering gun을 사용했을 때 4" 기관에서 박막의 균일도가 $\pm 5\% \sim \pm 10\%$ 정도이며, 회전식에서 $\pm 3\% \sim \pm 5\%$ 정도 나오므로 고 균일도가 요구될 때는 8" gun을 사용한다든지, 더 큰 sputtering gun을 사용해야만 되었다. 두께가 일정한 박막제조가 가능해지면 향후 OLED, LED, OTFT, TFT-LCD, 태양전지용 ITO 및 Mo, SiO₂ 박막 제조장비에 적용될 수 있다. 본 논문에서는 sputtering 장비에서 방전용 전극구조물을 설치하여 ITO 및 Al 박막 제조시 두께의 균일도를 개선하고자 한다.

문에서는 sputtering 장비에서 방전용 전극구조물을 설치하여 ITO 및 Al 박막 제조시 두께의 균일도를 개선하고자 한다.

II. 실험방법

일반적인 sputtering gun에 의한 박막제조 과정은 Fig. 1과 같다. sputtering gun은 영구자석으로 그림과 같이 타겟의 표면에 자기장을 형성시키고, 불활성기체인 아르곤을 주입시키고, 타겟에 DC 또는 RF음전압을 인가 시켜 주면,

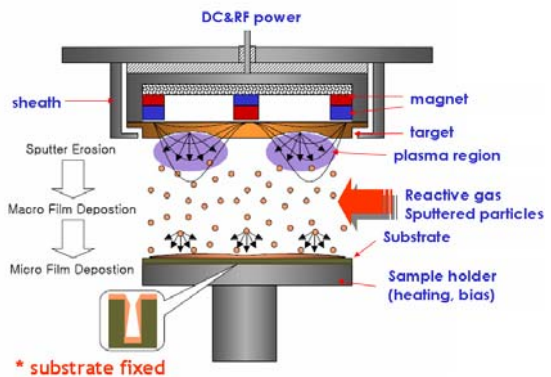


Fig. 1. Diagram of film decomposition by general magnetron sputtering gun.

* [전자우편] jaehlee@kiu.ac.kr

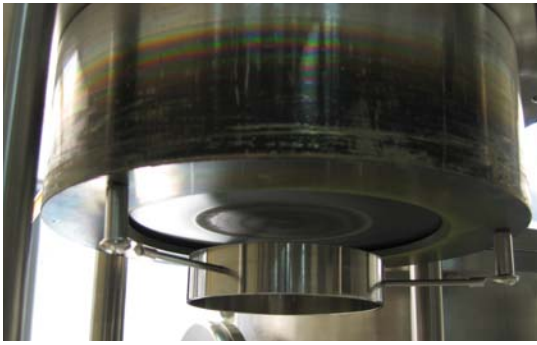


Fig. 2. Cylindrical shell type positive discharge electrode

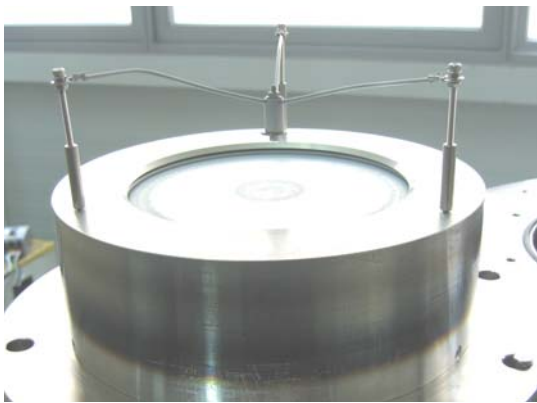


Fig. 3. Cylinder type positive discharge electrode

타겟 주변에 플라즈마가 형성이 되고, 양이온화 된 아르곤 기체가 타겟에 고속으로 충돌하면 타겟 물질이 전방으로 sputtering되어 날아가게 된다. 그러면 날아간 물질이 sample holder 위의 기판에 증착된다. 증착된 박막은 중앙 부분이 더 두껍다. sputtering 플라즈마 발생 영역에 Fig. 2와 Fig. 3과 같은 모양의 양전극을 설치하여 타겟 물질이 sputtering되는 방향을 조절하여 박막의 두께 균일도를 향상시키고자 하였다. ITO 박막과 Al박막을 증착하였으며 두께측정은 reflectometer를 사용하였다.

III. 결과 및 고찰

Fig. 4는 방전전극 구조물이 설치된 상태에서 sputtering gun이 작동될 때의 모습이다. 새롭게 설치된 양전극에 의하여 방전되는 방향이 조정되어 sputtering되는 물질의 방향을 중심에서 바깥방향으로 바꾸어주는 효과가 있다. T.I. Lee 등은 RF magnetron sputtering 법으로 BST를 증착

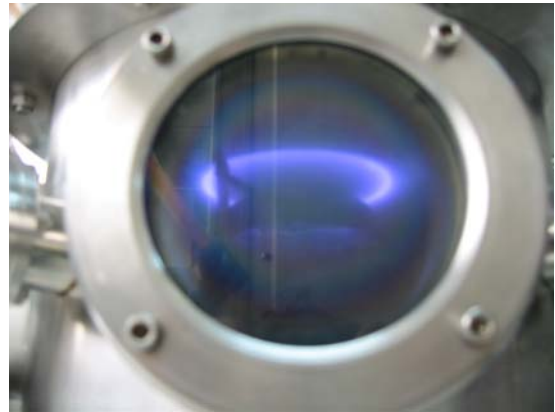


Fig. 4. Picture of sputtering plasma operated with discharge electrode structure.

하는데 3" 타겟을 사용하였으며 증착되는 BST 두께의 균일성에는 큰 관심을 두지 않았다.[3] J.S. Kim 등은 분말로 된 형광물질을 2"크기의 타겟으로 제작한 후 RF magnetron sputtering 법으로 사이즈 15mm×15mm인 형광체 박막을 제작하였다.[4] H.C. Choi 등은 dc magnetron sputtering 법으로 Au 박막을 30nm 두께로 증착하였으나 Au 박막두께의 균일성에는 신경을 쓰지 않았다.[5] J.S. Lee 등은 태양 전지용 투명 전도막으로 Ga를 도핑한 ZnO박막을 상온에서 RF magnetron sputtering 법으로 증착한 후 열처리를 하였다. 2" 타겟을 사용하여 200nm의 두께를 성장시켰으나 시료의 사이즈는 매우 작을 것으로 예상된다.[6] G.C. Kim 등은 같은 방법으로 시료의 균일성을 위하여 sample holder를 회전시키며 약 500nm의 ZnO박막을 성장시켰으나 역시 시료의 사이즈는 매우 작을 것으로 예상된다.[7]

Fig. 5는 ITO박막이나 Al박막이 증착된 웨이퍼의 두께 분포도를 측정하기위한 위치를 나타내고 있다.

Fig. 6은 6" wafer의 가장자리에서 중심방향으로 ITO

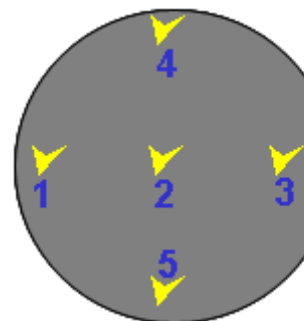


Fig. 5. The mark of the positions for distribution of thickness of the films.

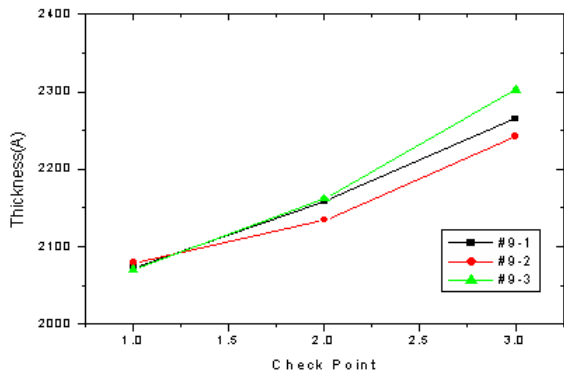


Fig. 6. Measured thickness of ITO films from the edge to the center of the wafer.

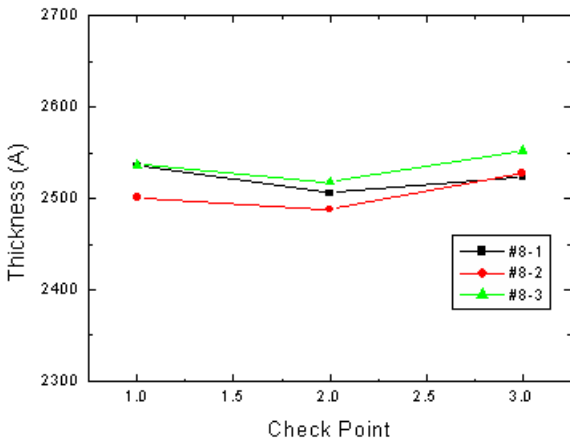


Fig. 7. Measured thickness of ITO films from the edge to the center of the wafer using the new sputtering gun.

박막 두께 측정값을 나타내고 있는데, 중심부분이 제일 두껍고 가장자리로 갈수록 얇아짐을 알 수 있다. Table 1은 ITO박막이 증착된 시료 3가지(#9-1, #9-2, #9-3)에 대하여 위치에 따른 두께를 측정하고, 두께의 평균값 및 균일도를 계산한 결과이다. 결과적으로 기존의 sputtering gun에 의한 제조된 ITO 박막들은 시료에 따라 약간의 차이는 있으나, wafer내에서는 $\pm 4\sim 5\%$ 정도의 두께 균일도를 유

Table 1. Thickness and thickness uniformity of ITO films in various positions by standard sputtering gun.

Sample	1	2	3	4	5	Ta	Uniformity
#9-1	2073	2158	2265	2163	2259	2183.6	4.39641
#9-2	2079	2134	2242	2185	2233	2174.6	3.74782
#9-3	2071	2162	2302	2171	2276	2196.4	5.2586
						2184.87	
					w to w	5.2864	

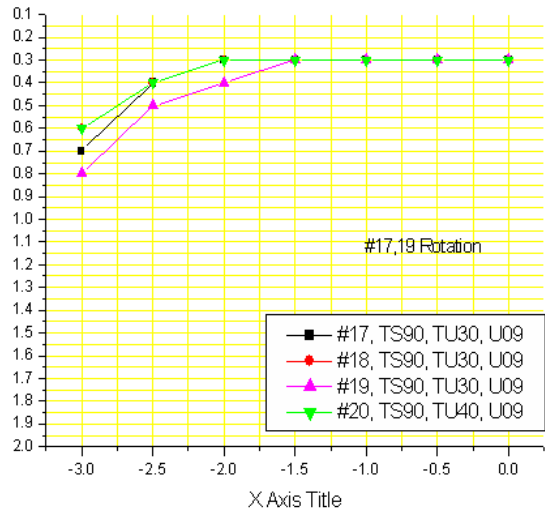


Fig. 8. Measured thickness of Al films from the edge to the center of the wafer using the new sputtering gun.

지하며, wafer to wafer에서는 $\pm 5.3\%$ 정도의 두께 균일도를 나타내고 있다.

Table 2는 개량된 sputtering gun에 의한 제조된 ITO 박막 시료 3가지(#8-1, #8-2, #8-3)에 대하여 위치별 두께를 측정하고, 두께의 평균값 및 균일도를 나타내고 있다. Fig. 7은 가장자리에서 중심방향으로 두께 측정값을 나타내고 있다. 중심부분과 가장자리부분이 큰 차이가 없는 것으로 나타나고 있다. 결과적으로 개량된 sputtering gun에 의한 제조된 ITO 박막들은 시료에 따라 약간의 차이는 있으나, wafer내에서는 $\pm 0.8\sim 1.3\%$ 정도의 두께 균일도를 유지하며, wafer to wafer에서는 $\pm 1.5\%$ 정도의 아주 우수한 두께 균일도를 나타내고 있다. Fig. 8은 sputtering gun의 중심아래의 기관 중심으로부터 위치에 따른 Al 박막 두께의 변화를 나타내고 있다. 반경 2"(직경 4")이내에서 박막의 두께 균일도가 $\pm 1.0\%$ 이내이다. Al 박막 증착에서도 개량된 sputtering gun을 사용하여 두께가 균일한 박막을 만들 수 있었다.

Table 2. Thickness and thickness uniformity of ITO films in various positions by new sputtering gun with positive electrode.

Sample	1	2	3	4	5	Ta	Uniformity
#8-1	2536	2506	2523	2478	2524	2513.4	1.15382
#8-2	2501	2488	2527	2496	2506	2503.6	0.77888
#8-3	2537	2518	2552	2488	2535	2526	1.26683
						2514.33	
					w to w	1.4716	

IV. 결 론

기존의 기판고정식 sputtering 장비에서는 6" sputtering gun을 사용했을 때 4" 기판의 영역에서는 ITO박막의 균일도가 $\pm 4\% \sim \pm 5\%$ 정도이다. 방전전극 구조물을 설치한 개량된 sputtering gun을 사용하여 기판고정식 sputtering 장비에서 4"기판 내에서 $\pm 0.8 \sim 1.3\%$ 정도로 두께 균일도가 증가하였다. Al박막의 경우 $\pm 1.0\%$ 이내의 두께 균일도를 얻을 수 있었다. 앞으로 각종 금속박막 및 산화물박막 제조용 sputtering 시스템에 적용시켜서 박막의 균일도를 2배 이상 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 2006년도 산학연공동기술개발 컨소시엄사업비와 일부 2007학년도 경일대학교 교내연구비 지원으로 진행되었음.

참고문헌

- [1] John L. Vossen & Werner Kern, *THIN FILM PROCESSES* (ACADEMIC PRESS, New York, 1978), pp.75-113.
- [2] Brian Chapman, *Glow Discharge Processes SPUTTERING AND PLASMA ETCHING* (JOHN WILEY & SONS, New York, 1980), PP. 177-296.
- [3] T.I. Lee, I.C. Park, and H.B. Kim, *J. Kor. Vac. Soc.* **11**, 1 (2002).
- [4] J.S. Kim, S.H. Lee, J.H. Park, H.W. Park J.C. Choi, and H.L. Park, *J. Kor. Vac. Soc.* **15**, 404 (2006).
- [5] H.C. Choi and C.Y. You, *J. Kor. Vac. Soc.* **16**, 433 (2007).
- [6] J.S. Lee, G.C. Kim, H.H. Jeon, S.J. Hwangboe, D.H. Kim, C.M. Seong, and M.H. Jeon, *J. Kor. Vac. Soc.* **17**, 23 (2008).
- [7] G.C. Kim, S.K. Lee, J.S. Lee, D.H. Kim, S.H. Lee, J.H. Moon, and M.H. Jeon, *J. Kor. Vac. Soc.* **17**, 40 (2008).

Development of magnetron sputtering system for Al thin film decomposition with high uniformity

J. H. Lee^{1*} and D. W. Hwang²

¹*Semiconductor Physics, Kyungil University, Kyungsan 712-701*

²*Alpha Plus Ltd., Pohang 790-834*

(Received March 17 2008)

It is very important to decompose uniformly the metal film in semiconductor devices process. The thickness uniformity of the ITO film by standard magnetron sputtering system are about $\pm 4\% \sim \pm 5\%$ and the center of the wafer is more thick than the edge of the wafer. We designed and made the discharge electrode structure and controlled the direction of sputtering materials in magnetron sputtering system. The thickness uniformity are increased to $\pm 0.8 \sim 1.3\%$ in 4" wafer using the new sputtering gun in magnetron sputtering system. In wafer to wafer thickness uniformity, $\pm 5.3\%$ are increased to $\pm 1.5\%$ using the new sputtering gun. The thickness uniformity of the Al film are about $\pm 1.0\%$ using the new sputtering gun in magnetron sputtering system.

Keywords: magnetron sputtering system, discharge electrode structure, sputtering gun, thickness uniformity

* [E-mail] jaehlee@kiu.ac.kr