

The Effect of Slurry and Wafer Morphology on the SiC Wafer Surface Quality in CMP Process

Jong-Hwi Park, Woo-Sung Yang, Jung-Young Jung, Sang-Il Lee, Mi-Seon Park, Won-Jae Lee[†],
Jae-Yuk Kim*, Sang-Don Lee*, and Ji-Hye Kim*

Electronic Ceramics Center (ECC), Department of Materials and Components Engineering, Dong-Eui University, Busan 614-714, Korea
*R&D Center for Advanced Materials, SsangYong Materials Corp, Daegu 704-832, Korea
(Received April 25, 2011; Resived May 16, 2011; May 30, 2011; Accepted May 31, 2011)

CMP 공정에서 슬러리와 웨이퍼 형상이 SiC 웨이퍼 표면품질에 미치는 영향

박종휘 · 양우성 · 정정영 · 이상일 · 박미선 · 이원재[†] · 김재육* · 이상돈* · 김지혜*

동의대학교 융합부품공학과
*쌍용멀티리얼 (주)

(2011년 4월 25일 접수 ; 2011년 5월 16일 수정, 5월 30일 수정 ; 2011년 5월 31일 승인)

ABSTRACT

The effect of slurry composition and wafer flatness on a material removal rate (MRR) and resulting surface roughness which are evaluation parameters to determine the CMP characteristics of the on-axis 6H-SiC substrate were systematically investigated. 2-inch SiC wafers were fabricated from the ingot grown by a conventional physical vapor transport (PVT) method were used for this study. The SiC substrate after the CMP process using slurry added oxidizers into slurry consisted of KOH-based colloidal silica and nano-size diamond particle exhibited the significant MRR value and a fine surface without any surface damages. SiC wafers with high bow value after the CMP process exhibited large variation in surface roughness value compared to wafer with low bow value. The CMP-processed SiC wafer having a low bow value of 1 μ m was observed to result in the Root-mean-square height (RMS) value of 2.747 Å and the mean height (Ra) value of 2.147 Å.

Key words : CMP, 6H-SiC, PVT, KOH-based colloidal silica

1. 서 론

탄화 규소는(SiC)는 높은 전력, 높은 주파수와 낮은 손실 디바이스 물질로써 많은 장점 때문에 응용 프로그램에서 많은 주목을 받고 있다. SiC 기판을 사용하는 상업적인 디바이스는 원래 SiC 웨이퍼의 완벽한 평탄화를 요구하기 때문에, 화학적 기계적 연마(CMP) 공정은 SiC wafering 과정에서 핵심적인 역할을 할 것으로 간주된다.^{1,2)} 이 연구는 CMP 공정 시 KOH 기반 콜로이달 실리카 슬러리에 다이아몬드 연마제 및 산화제를 첨가하여 다이아몬드 연마제의 양에 따른 SiC 기판에 하위 표면의 손상부위(sub-surface damage) 제거 정도와 SiC 기판의 평탄도에 따른 표면 개선 효과에 초점을 두었다. 이것을 알아보기 위하여 CMP 공정 후 SiC 웨이퍼를 광학현미경 Nomarski 모드로 관찰하였고, AFM으로 표면 거칠기 변화를 분석하였다. 재료 제거 속도는 CMP 후 SiC 웨이퍼의 무게 변화를 계산하여 두께 변화를 측정하였다.

[†]Corresponding author : Won-Jae LEE

E-mail : leewj@deu.ac.kr

Tel : +82-51-890-2524 Fax : +82-51-890-2113

2. 실험

SiC 기판은 일반적인 PVT 방법을 사용하여 SiC 잉곳을 성장 시킨 뒤 멀티와이어 절단 장비를 이용하여 2인치 웨이퍼의 형태로 만들었다. 그런 다음 SiC 기판의 표면 가공을 위하여 래핑 공정에서 보론 카바이드 9 μ m 슬러리와 폴리싱 공정에서 다이아몬드 1 μ m, 1/10 μ m 슬러리를 사용하여 자승 표면거칠기 (RMS : root-mean-square height)가 5 Å 값을 가지는 기판을 만들었다. 이렇게 가공된 기판을 사용하여 CMP 공정을 진행하였다. Rohm and haas Electronic Inc사의 SUBA800 패드를 사용하였고, 정반 스피드는 100 rpm 그리고 압력은 800 g/cm²으로 동일하게 실험을 하였다. 슬러리를 KOH 기반의 콜로이달 실리카 슬러리(120 nm)에 다이아몬드 연마제(100 nm)와 H₂O₂를 첨가하여 실험을 하였다. 여기서 쓰이는 KOH 기반의 콜로이달 실리카 슬러리는 SiC에 산화층을 형성시키는 역할을 하고,³⁾ H₂O₂는 전기화학전위가 높아 산화 강도를 크게 하기 위한 물질로 사용하였다.⁴⁾ 변수로는 첨가되는 다이아몬드 연마제의 양을 달리하여 Table 1에서 보는 바와 같이 실험(1)을 진행하였다.

그리고 동일 조건 상태에서 형상이 다른 웨이퍼를 사용하여 CMP 공정을 Table 2와 같이 실험(2)를 실시하였다. CMP 공정을 한 웨이퍼 가공량을 알아보기 위하여 무게를 측정하고 변화량으로 계산을 하여 가공된 두께를 예측하였다. 그리고 표면의 상태를 보기 위하여 광학현미경(OM) 관찰과 평탄도와 거칠기를 알아보기 위하여 AFM 분석을 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 다이아몬드 슬러리 양에 따른 표면 평탄도

정반 스피드와 압력은 동일하고, KOH 기반의 콜로이드알 실리카 슬러리(3L)에 산화제인 H₂O₂를 5 vol%로 일정하게 첨가하고 다이아몬드 연마제의 양을 달리하는 실험(1)을 한 결과, MRR(Material Removal Rate)값이 다이아몬드 슬러리 첨가 양을 증가 시킬수록 평균적으로 가공량이 늘어나는 것을 Table 3에서 볼 수 있다.

다이아몬드 슬러리가 증가하면 가공량이 증가할 것이라는 예상과 같은 결과가 나왔다. 이는 연마에 참여하는 다이아몬드 슬러리의 양이 증가되면서 표면의 기계적 연마의 양이 늘어나는 것으로 해석된다.⁵⁾

표면 평탄도를 측정해 본 결과 Table 4에서 보는 바와

Table 1. Recipe of CMP Process (1)

	Test 1-1	Test 1-2	Test 1-3
KOH-based colloidal silica (120 nm, 3L) & H ₂ O ₂ (5 vol%)			
Slurry	Dia slurry (100 nm, 30 ml)	Dia slurry (100 nm, 60 ml)	Dia slurry (100 nm, 120 ml)
Wafer	2" SiC wafer		
Pad	SUBA 800		
Slurry flow rate [ml/min]	150		
Platen/head speed [rpm]	100 / 80		
Pressure [g/cm ²]	800		
Working time	1 h		

Table 2. Recipe of CMP Process (2)

	Test 2-1	Test 2-2	Test 2-3
KOH-based colloidal silica (120 nm, 3 L) & H ₂ O ₂ (5 vol%) & Diamond slurry(100 nm, 30 ml)			
Slurry			
Wafer	2" SiC wafer		
Pad	SUBA 800		
Flatness value (BOW/GBIR) [μm]	-0.31/12.12	-8.33/16.33	-15.04/23.28
Slurry flow rate [ml/min]	150		
Platen / head speed [rpm]	100 / 80		
Pressure [g/cm ²]	800		
Working time	1 h		

같이 Ra 값과 RMS 값은 각각 3~5 Å에서 2~3 Å으로 개선이 되는 것을 볼 수 있다.

Fig. 1에서 표면 형상을 보게되면 Test 1-1과 1-2에선 표면 평탄도 값이 개선되었고, 미세스크레치가 관찰되지 않았지만, Test 1-3의 경우에는 표면 평탄도 값은 개선이 되었으나 미세한 스크레치가 남아있는 것을 볼 수 있다. 이는 CMP 가공시 표면 가공에 참여하는 다이아몬드 입자의 비율이 많아져 화학적 연마의 비율과 기계적 연마의 비율에서 기계적 연마의 비율이 증가하여 표면에 스크레치가 남아 있는 것으로 생각된다.

Fig. 2의 경우 CMP 공정 후에 하위표면 손상부위가 제거가 되었는지 확인하기 위하여 KOH 를 470°C 용융시킨 용액에 8분간 에칭을 하고 광학현미경으로 관찰한 사진이다. 기계적 연마를 한 후 에칭을 한 사진과 비교해 보았을 때 기계적 연마 후 에칭 사진에는 스크레치가 관찰이 되는 반면 CMP 공정 후 기관의 표면에는 스크레치가 광학현미경으로는 관찰되지 않는 것을 볼 수 있다.

Table 3. MRR after CMP Process(1)

	Test 1-1	Test 1-2	Test 1-3
MRR - Weight [g/h]	0.0006	0.0007	0.0008
Thickness [nm/h]	92	107	122

Table 4. Surface Roughness(1) by AFM

	Test 1-1		Test 1-2		Test 1-3	
Measuring points	Center	Edge	Center	Edge	Center	Edge
Ra[Å]	3.558	3.799	3.895	3.171	3.939	3.822
RMS[Å]	4.578	5.011	5.043	4.070	5.133	5.089

After CMP	Test 1-1		Test 1-2		Test 1-3	
Measuring points	Center	Edge	Center	Edge	Center	Edge
Ra[Å]	2.409	2.478	2.152	2.187	2.550	2.654
RMS[Å]	3.045	3.187	2.712	2.767	3.273	3.365

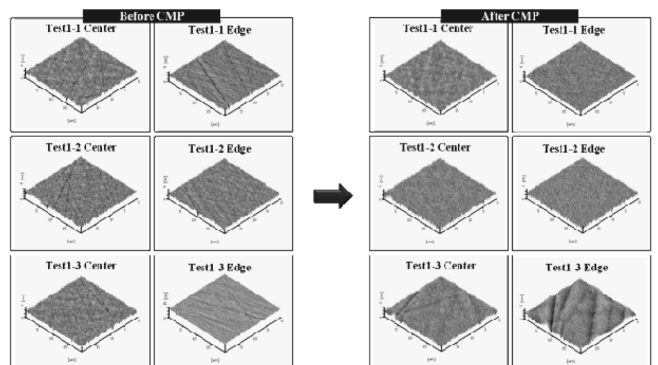


Fig. 1. Surface morphology (1).

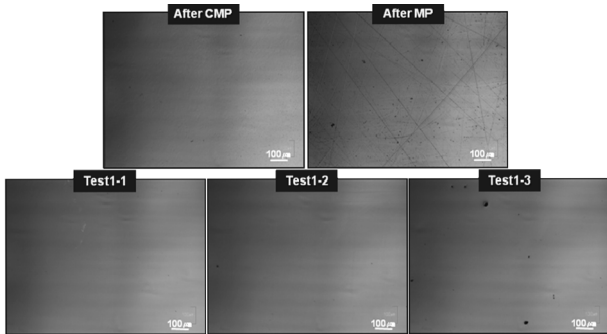


Fig. 2. OM analysis after molten KOH etching.

3.2. 웨이퍼 형상에 따른 표면 평탄

실험(2)는 웨이퍼 형상에 대한 CMP 공정의 가공물과 표면 평탄도에 미치는 영향을 실험하였다. 웨이퍼의 표면 형상을 측정하는 방법에서 Bow와 GBIR(Global Back Ideal Range), 다른 말로는 TTV(Total Thickness Variation)를 사용하며 나타내는데, Bow란 비흡착으로 웨이퍼 중심 측정치에 대해, 중심 이외의 측정치에서 중심 측정치와 절대치의 최대의 것을 절대치 수를 잡아 중심 측정치의 부호를 교부한 값이다. 이때 기준면은 최소 이송 평면이다. GBIR은 웨이퍼 후면이 흡착면으로 흡착면을 기준으로 측정데이터의 최대치와 최소치의 차이를 나타낸다.

Fig. 3은 가공전 웨이퍼들의 형상을 측정한 데이터이다. 이러한 표면 형상측정을 이용하여 동일한 CMP 슬러리 조건에서 웨이퍼의 형상에 따른 제거율을 측정하여 본 결과, Table 5에서 보는바와 같이 세장의 웨이퍼 모두 제거율의 차이는 크게 나타나지 않았다.

그리고 Table 6를 보면 CMP 공정 후에 웨이퍼의 Bow 값들이 커져서 휨정도가 더욱 증가한 것을 알 수 있는데, 이는 가공중 물리적 힘에 의한 스트레스를 받아 웨이퍼의 형상이 휘는 것이다. GBIR 값들이 작아지는 것은 가장자리 부위가 가공이 많이 되어 웨이퍼의 전체적인 평탄도는 조금 개선이 되는 것으로 볼 수 있다. 그리고 Table 7의 값과 Fig. 4의 표면 형상에서 보면 오목한 웨이퍼 형상에서 가장자리 부위가 중앙부위에 비해 표면 형상과 표면 거

Table 5. MRR after CMP Process (2)

		Test 2-1	Test 2-2	Test 2-3
MRR	Weight [g/h]	0.0006	0.0006	0.0007
	Thickness [nm/h]	92	92	107

Table 6. Flatness Values after CMP Process (2)

		Test 2-1		Test 2-2		Test 2-3	
Flatness value [µm]		BOW	GBIR	BOW	GBIR	BOW	GBIR
Before		-0.31	12.12	-8.33	16.33	-15.04	23.28
After		-0.49	11.78	-8.72	15.52	-15.76	23.24

칠기 값이 더 많이 개선된 것으로 보아, 이는 가공시 가장 자리의 부위가 높고, 중앙부위가 낮으므로 가장자리의 부위가 하중을 많이 받는 것으로 생각되어 값이 다르게 개선이 되는 것으로 사료된다.

4. 결 론

2인치 6H-SiC 잉곳을 잘라 기계적가공인 래핑과 폴리싱과정을 거친 웨이퍼를 CMP 공정에 사용하여 실험을 하였다. 실험의 초점은 KOH 기반 콜로이드알 실리카 슬러리

Table 7. Surface Roughness(2) by AFM

Before CMP	Test 2-1		Test 2-2		Test 2-3	
Measuring points	Center	Edge	Center	Edge	Center	Edge
Ra[Å]	3.878	4.125	4.140	4.009	3.808	3.535
RMS[Å]	5.342	5.423	5.763	5.254	5.763	4.491
After CMP	Test 2-1		Test 2-2		Test 2-3	
Measuring points	Center	Edge	Center	Edge	Center	Edge
Ra[Å]	2.193	2.174	2.679	2.204	3.225	2.561
RMS[Å]	2.790	2.747	3.385	2.828	4.200	3.317

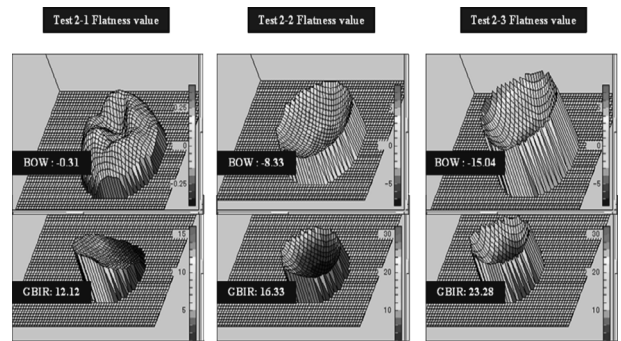


Fig. 3. Flatness images of polished SiC wafer.

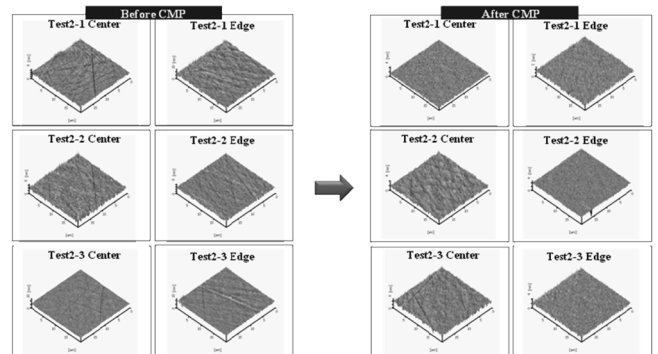


Fig. 4. Surface morphology (2).

에 산화제인 H_2O_2 를 첨가하고 다이아몬드슬러리 양을 조절하면서 CMP 공정을 진행하여 하위표면 손상 부위의 제거 정도와 표면거칠기의 개선을 알아보았고, 웨이퍼형상에 따른 부위별 표면거칠기 개선 정도를 알아보았다. 다이아몬드 슬러리양을 조절하는 실험에서 다이아몬드슬러리의 양이 증가할수록 미세스크레치의 형상이 남아있는 것을 볼 수 있었다. 이는 기계적연마의 성향이 강해져 하위표면 손상을 모두 다 제거하지 못하였을 것이라 예상하였다. 이 실험에서는 혼합슬러리를 사용하여 연마율속도 1 mg/h 와 자승평균표면거칠기(RMS) 2.712 \AA 의 값을 얻었다. 그리고 웨이퍼 휨 정도에 따라 CMP 가공에 미치는 영향을 알아본 결과, Bow 값과 GBIR 값이 작은 형상을 가지는 웨이퍼가 가장자리와 중앙 부위의 가공이 표면거칠기 값이 개선이 되는 것을 보였으며, Bow 값이 $-0.31\mu\text{m}$ 을 가지는 웨이퍼의 경우 연마율 속도 0.6 mg/h 와 자승평균표면거칠기(RMS) 2.747 \AA 의 값을 얻었다. 웨이퍼의 형상이 오목한 경우 가장자리 부위가 중앙자리 부위에 비해 표면거칠기가 더 많이 개선되는 것을 알 수 있다.

REFERENCES

1. C. L. Neslen, W. C. Mitchel, and R. L. Hengehold "Effects of Process Parameter Variations on the Removal Rate in Chemical Mechanical Polishing of 4H-SiC," *J. Electron. Mater.*, **30** [10] 1271-75 (2001).
2. L. Zhou, V. Audurier, P. Pirouz, and J. A. Powell "Chemo-mechanical Polishing of Silicon Carbide," *J. Electrochem. Soc.*, **144** [6] L161-L163 (1997).
3. H. J. Lee, B. Y. Park, H. S. Lee, S. H. Jeong, and H. D. Jeong, "The Effect of Mixed Abrasive Slurry on CMP of SiC Substrate," *Material Science Forum.*, **569** 133-36 (2008).
4. V. D. Heydemann, W. J. Everson, R. D. Gamble, D. W. Snyder, and M. Skowronski, "Chemi-Mechanical Polishing of On-Axis Semi-Insulating SiC Substrates," *Mater. Sci. Forum.*, **457** 805-8 (2004).
5. Y. S. Jeong, H. J. Kim, J. Y. Choi, and H. D. Jeong, "The Effect of Slurry Rate and Temperature on CMP Characteristic," *J. Kor. Soc. Pre. Eng.*, **21** 46-52 (2004)