

O₂/SF₆, O₂/N₂와 O₂/CH₄ 플라즈마를 이용한 폴리카보네이트 건식 식각

주영우 · 박연현 · 노호섭 · 김재권 · 이성현 · 조관식 · 송한정 · 전민현 · 이제원*

인제대학교 나노공학부/나노기술연구소, 김해 621-749

(2008년 1월 10일 받음)

O₂/SF₆, O₂/N₂ 그리고 O₂/CH₄의 혼합 가스를 이용하여 폴리카보네이트의 플라즈마 식각을 연구하였다. 플라즈마 식각 장비는 축전 결합형 플라즈마 시스템을 사용하였다. 폴리카보네이트 식각은 감광제 도포 후에 UV 조사의 포토리소그래피 방법으로 마스크를 제작하여 실험하였다. 본 식각 실험에서는 O₂와 다른 기체와의 혼합비와 RIE 척 파워 증가에 따른 폴리카보네이트의 식각 특성 연구를 중심으로 하였다. 특히 건식 식각 시에 사용한 공정 압력은 100 mTorr로 유지하였으며 공정 압력은 기계적 펌프만을 사용하여 유지하였다. 식각 실험 후에 표면 단차 측정기, 원자력간 현미경 그리고 전자 현미경 등을 이용하여 식각한 샘플을 분석하였다. 실험 결과에 의하면 폴리카보네이트 식각에서 O₂/SF₆의 혼합 가스를 사용하면 순수한 O₂나 SF₆를 사용한 것보다 각각 약 140 % 와 280 % 정도의 높은 식각 속도를 얻을 수 있었다. 즉, 100 W RIE 척 파워와 100 mTorr 공정 압력을 유지하면서 20 sccm O₂의 플라즈마 식각에서는 약 0.4 μm/min, 20 sccm의 SF₆를 사용하였을 때에는 약 0.2 μm/min의 식각 속도를 얻었다. 그러나 60 %의 O₂와 40 %의 SF₆로 혼합된 플라즈마 분위기에서는 20 sccm의 순수한 O₂에 비해 상대적으로 낮은 -DC 바이어스가 인가되었음에도 식각 속도가 약 0.56 μm/min으로 증가하였다. 그러나 SF₆ 양의 추가적인 증가는 폴리카보네이트의 식각 속도를 감소시켰다. O₂/N₂와 O₂/CH₄의 플라즈마 식각에서는 N₂와 CH₄의 양이 각각 증가함에 따라 식각 속도가 감소하였다. 즉, O₂에 N₂와 CH₄의 혼합은 폴리카보네이트의 식각 속도를 저하시켰다. 식각된 폴리카보네이트의 표면 거칠기 절대값은 식각 전에 비해 2 ~ 3 배정도 증가하였지만 전자현미경으로 표면을 관찰 하였을 때에는 식각 실험 후의 폴리카보네이트의 표면이 깨끗한 것을 확인할 수 있었다. RIE 척 파워의 증가는 -DC 바이어스와 폴리카보네이트의 식각 속도를 거의 선형적으로 증가시켰으며 이 때 폴리카보네이트의 감광제에 대한 식각 선택비는 약 1:1 정도였다. 본 연구의 의미는 기계적 펌핑 시스템만을 사용한 간단한 플라즈마 식각 시스템으로도 O₂/SF₆의 혼합 가스를 사용하면 폴리카보네이트의 미세 구조를 만드는데 사용이 가능하며 O₂/N₂ 와 O₂/CH₄의 결과에 비해 상대적으로 우수한 식각 조건을 얻을 수 있었다는 것이다. 이 결과는 다른 폴리머 소재 미세 가공에도 응용이 가능하여 앞으로 많이 사용될 수 있을 것으로 예상된다.

주제어 : 폴리카보네이트, 미세 가공, 플라즈마 식각, 건식 식각, 기계적 펌핑

I. 서 론

폴리카보네이트는 투명하며 우수한 광학적 특성을 가지고 있어 광학 렌즈와 광디스크 소재로 많이 사용되고 있다. 폴리카보네이트는 또한 열적 특성이 다른 종류의 폴리머에 비하여 상대적으로 우수하며 가격이 저렴하여 향후 바이오 멤스 (Bio MEMS), 바이오 칩, 바이오센서 기관 소재로 널리 사용될 것으로 예상된다.[1-4]

소재를 패터닝하는 방법의 하나인 식각은 크게 습식 식각과 건식 식각이 있다. 폴리카보네이트의 습식 식각은 금속이나 반도체 등의 다른 박막 소재와는 달리, 쉽지 않으며 몇 가지 문제점을 가지고 있다. 첫 번째 문제는 폴리카보네이트의 습식 식각시 흔히 마스크로 사용하는 감광제를 사용할 수 없

다는 것이다. 즉, 아직까지 감광제와 폴리카보네이트를 구별하여 습식 식각할 수 있는 선택적 식각 용액이 개발되지 않았다고 할 수 있다. 또한 폴리카보네이트를 솔벤트로 식각하는 경우에는 표면의 균일도를 유지할 수 없을 정도로 굴곡이 심하게 된다. 따라서 폴리카보네이트를 소재로 이용하여 미세한 소자를 만들고자 할 경우에는 플라즈마를 이용한 건식 식각이 가장 보편적으로 사용될 것으로 추측한다.

현재 폴리카보네이트를 비롯한 폴리머의 미세 패터닝제를 위한 건식 식각 연구는 초기 단계이다.[5-6] 진공로에서 플라즈마를 발생시켜 식각을 하는 건식 식각 반응은 반응기 내부에 형성되어 있는 전기장을 따라 이동하는 이온의 수직 충돌에 의해 가속된다. 즉, 건식 식각은 식각 반응시에 음극의 전자들이 모여 있는 샘플지지대위의 샘플에 전기장에 가

* [전자우편] jwlee@inje.ac.kr

속되어 충돌하는 양이온 에너지의 도움을 받을 수 있다. 이 때 사용하는 플라즈마의 발생 파워나 진공 압력, 가스 유량 등을 조절하면 적합한 식각 조건을 만들 수 있으며 소재의 비등방성 식각이 가능하여 미세한 패턴을 제작할 수 있다. 이런 건식 식각에는 플라즈마를 발생시킬 때 축전 결합형 플라즈마(capacitively coupled plasma : CCP)를 이용하는 반응성 건식 식각 (reactive ion etching : RIE)과 기타 유도 결합형(inductively coupled plasma : ICP) 등을 이용하는 고밀도 플라즈마가 있다.[7-12] 본 실험에서는 공정 장비의 단가가 저렴하고 대량 생산이 용이하여 특히 산업적으로 접근하기 쉬운 축전식 건식 식각 방법을 사용하여 폴리카보네이트의 플라즈마 식각 기술을 연구하였다. 또한 축전식 플라즈마의 발생에 있어서도 식각 중에 반응성 가스 및 식각 부산물의 배기 시에 고가인 터보 분자펌프를 사용하지 않고 기계적 펌프만을 사용하였다. 그에 따라 공정 압력을 100 mTorr로 유지하며 실험을 진행하였다.

본 실험에서는 특히 폴리카보네이트를 식각하는 가스로 기존에 알려진 O₂를 기반으로 하면서 다른 가스를 함께 섞은 혼합 가스 플라즈마를 발생시켜 실시하였다. 이 때 사용한 이성분계 혼합 가스는 SF₆, N₂ 그리고 CH₄였다. 가스를 혼합하여 사용한 주된 이유는 폴리카보네이트의 식각 속도 등을 제어 할 수 있는 방법을 이해하기 위해서였다.

II. 실험 방법

본 실험은 1 mm 두께의 폴리카보네이트 (polycarbonate; PC)를 샘플 기판으로 사용하였다. 먼저 폴리카보네이트를 3.5 cm x 3.5 cm의 크기로 자른 후, 포토 리소그래피 공정을 통하여 마스크를 제작하였다. 포토 리소그래피 공정은 다음의 순서로 하였다. 첫째, 준비한 폴리카보네이트 기판 위에 AZ GXR 601 (점도 46 poise) 감광제를 도포한 후 스핀 코터 (spin coater)를 3000 rpm의 속도에서 15초 동안 회전시켰다. 둘째, 감광제가 도포된 폴리카보네이트를 70℃의 온도에서 90초 동안 소프트 베이킹(soft baking)을 실시하였다. 셋째, 컨택얼라이너(contact aligner)를 이용하여 150 W 파워에서 20 초 동안 자외선을 조사한 후 20 초 동안 현상액을 통해 현상을 하였다. 패턴이 끝난 폴리카보네이트 샘플들을 다시 4 등분하여 플라즈마 식각 실험에 사용하였다.

플라즈마 건식 식각은 본 연구진이 실험실에서 자체 제작

한 축전 결합형 반응성 플라즈마 시스템을 이용하여 실험에 사용되었다. 실험에 사용한 시스템의 개략도를 Fig. 1에 나타내었다. 특히 본 실험에서는 터보 분자 펌프를 배제하고 기계적 펌프만을 사용하였다. RIE 척에는 13.56 MHz 의 600 W RF 전원을 매칭 (matching) 네트워크를 통하여 연결하였다. 챔버의 베이스 압력과 공정 압력은 baratron 게이지로 측정하였다. 실험에 사용한 공정 압력은 100 mTorr로 하였다.

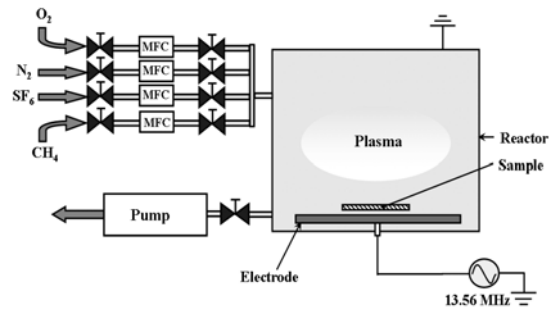


Fig. 1. Schematic of capacitively coupled plasma etching system

본 실험에서는 O₂가스와 SF₆, N₂ 그리고 CH₄ 가스를 각각 혼합시켜 이성분계 플라즈마를 만들었으며 이 때 가스의 비율을 달리하여 각각의 조건에서의 식각 결과를 비교하였다. O₂/SF₆와 O₂/N₂의 이성분계 혼합 가스인 경우 반응기로 들어가는 가스의 총량은 20 sccm으로 고정시켰다. 그러나 CH₄를 포함하는 O₂/CH₄의 경우에는 100 mTorr의 진공도를 유지하기 위하여 10 sccm으로 가스의 총량을 낮추어서 고정시켰다. 또한 플라즈마를 발생시키고 유지하는데 사용하는 RIE 척 파워의 비교 실험에서는 O₂ 와 N₂ 그리고 O₂ 와 SF₆ 의 가스 유량을 12 sccm과 8 sccm (6:4의 비율)로 고정시키고 RIE 척 파워를 25 W에서 200 W까지 변화시켜 실험을 하였다. 공정 시간은 3 ~ 5 분으로 하였다.

식각이 끝난 폴리카보네이트는 표면 단차 측정기, 전자현미경, 원자력간 현미경 등을 이용하여 그 결과를 분석하였다.

III. 결과 및 고찰

Fig. 2는 RIE 척 파워를 100 W로 고정시킨 후, O₂ 와 각 가스들의 주입량 비율에 대하여 폴리카보네이트의 식각률을 나타냈다. 그림의 X 축 설명에서 A는 O₂와 혼합하는 이

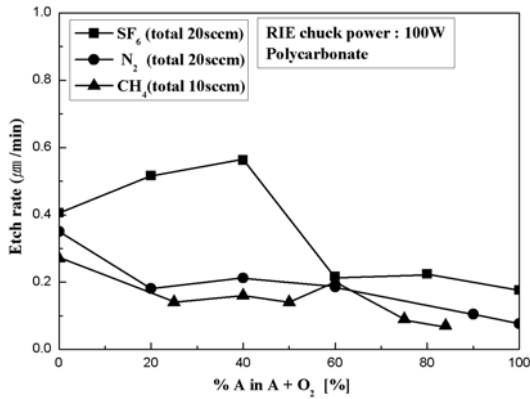


Fig. 2. Etch rate of polycarbonate as a function of gas composition at 100 W of RIE chuck power.

성분계의 혼합 가스 즉, SF₆, N₂, CH₄를 각각 의미한다. 그림에서 먼저 SF₆/O₂의 식각 속도의 경향성은 N₂/O₂와 CH₄/O₂의 그것과는 크게 구별되는 것을 볼 수 있었다. 즉, O₂에 SF₆가 적당량 (즉, SF₆ 주입량 또는 부피 비율 기준 20-40 %) 이 포함되면 폴리카보네이트의 건식 식각 속도는 순수한 100 % O₂나 순수한 100 % SF₆로 했을 때보다 증가하는 것을 볼 수 있었다. 즉, 폴리카보네이트는 100% O₂에서는 0.4 μm/min의 식각 속도를 보였으나 SF₆를 O₂에 20 % 혼합한 경우, 즉 16 sccm O₂ / 4 sccm SF₆에서는 그 속도가 0.52 μm/min이었다.

또한 O₂에 대한 SF₆의 비율이 40 % 인 경우, 즉 12 sccm O₂ / 8 sccm SF₆인 경우 폴리카보네이트의 식각속도는 0.56 μm/min으로 순수한 O₂로 한 식각속도 0.4 μm/min 보다도 약 40 % 정도 식각 속도가 향상되는 것을 알 수 있었다. 즉, O₂와 SF₆의 혼합은 식각 속도를 향상시키는 시너지효과를 가져왔다. 이 O₂/SF₆ 가스의 혼합에 의한 시너지 효과는 O₂/N₂와 O₂/CH₄의 혼합에 의한 이성분계 플라즈마의 폴리 카보네이트의 식각 속도 결과와는 구별된다고 할 수 있었다.

O₂/N₂와 O₂/CH₄의 플라즈마에서는 N₂와 CH₄의 양이 증가할수록 식각 속도가 점차 감소하는 것을 볼 수 있었다. 즉 N₂와 CH₄는 O₂ 플라즈마에 첨가되었을 때 식각 속도를 증가시키지 않고, 반응기내부의 O₂ 분압을 낮추는 불활성 가스로서, 또는 식각을 방해하는 가스로서의 역할만을 했다는 것을 알 수 있었다. 그러나 O₂/SF₆의 경우에는 플라즈마에 의한 폴리카보네이트의 식각률 증가가 뚜렷했다. 즉, 반응기 내에서 O₂에 SF₆를 일정량 섞음으로서 O₂ 또는 SF₆의 반

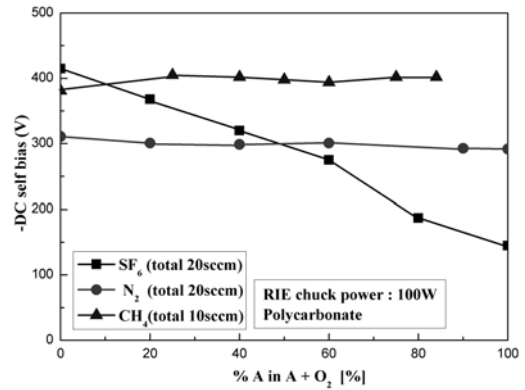


Fig. 3. Negatively DC self bias as a function of gas composition at 100 W of RIE chuck power.

응성을 향상시켜 폴리카보네이트의 식각 속도를 증가시켰다고 이해할 수 있었다. 그러나 이 시너지 현상에는 한계가 있어서 O₂와 SF₆의 혼합에서 기체 부피비로 SF₆가 40% 이상이 되면 시너지 현상이 사라졌다.

Fig. 3은 폴리카보네이트가 올려져 있는 샘플 척에 나타난 플라즈마의 -DC 바이어스 값을 O₂와 각 가스들의 혼합 비율의 그래프로 나타냈다. 이 때 RIE 척 파워는 100 W로 고정 시켰다. 여기서 강조하고 싶은 사실은 Fig. 2의 결과와 함께 보았을 때 SF₆/O₂의 경우에는 O₂의 분압이 0 에서 100 %로 증가할 때 -DC 바이어스가 꾸준히 감소함에도 불구하고 실제로 폴리카보네이트의 식각 속도는 O₂의 분압이 40 %일 때 최대가 되었다는 것이다. 즉, 플라즈마를 유지하는 전기장의 간섭을 받는 이온들의 양에 의한 증가보다는 전기장의 영향에서 상대적으로 자유로운 반응성이 강한 중성 입자나 라디칼의 증가에 의해 SF₆/O₂ 분압의 일정 구간에서 폴리카보네이트의 식각 속도가 증가했다고 추측할 수 있다. Fig. 3의 데이터를 자세히 살펴보면 O₂에 CH₄를 첨가했을 때에는 -DC 바이어스는 381 ~ 405 V 정도를 유지했다. 또한 O₂에 N₂를 첨가했을 때도 역시 292 ~ 311 V로 거의 일정한 -DC 바이어스 값을 보였다. 그러나 O₂에 SF₆를 첨가했을 때는 SF₆가 0 %에서는 415 V였으나 SF₆가 100 %가 되면 145 V로 -DC 바이어스 값이 일차 함수처럼 지속적으로 감소했다는 것을 볼 수 있다.

Fig. 4는 O₂와 N₂ 혼합 플라즈마 식각 전후의 폴리카보네이트의 표면 거칠기를 측정된 원자력간 현미경 데이터이다. 플라즈마 식각 전의 폴리카보네이트 컨트롤 샘플 (a)는 표면 거칠기가 1.73 nm 이었다. 그러나 플라즈마 식각을 하고 나

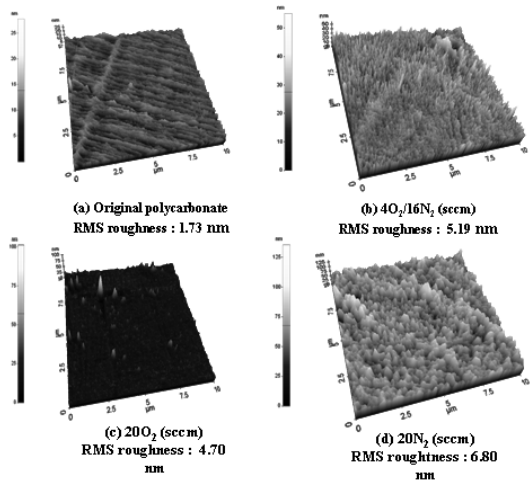


Fig. 4. AFM image of polycarbonate surface (a) before etching, (b) after etching at 4 sccm O₂ / 16 sccm N₂, 100W (c) after etching at 20 sccm O₂, 100W (d) after etching at 20 sccm N₂, 100W

면 폴리카보네이트의 표면 거칠기 값이 증가하는 것을 볼 수 있었다. 즉 4 sccm O₂ / 16 sccm N₂에서 식각된 폴리카보네이트의 표면 거칠기는 약 5.19 nm (b)이었다. 또한 20 sccm의 순수한 O₂ 플라즈마에서 식각된 샘플의 표면 거칠기는 4.70 nm (c) 이었으며 20 sccm N₂ 플라즈마로 식각된 폴리카보네이트의 표면 거칠기는 6.80 nm (d)이었다. SF₆/O₂와 CH₄/O₂ 혼합 가스 플라즈마에 의한 표면 거칠기 변화 연구는 계속 진행하여 전체 식각 조건에 따른 표면 거칠기의 정량적 비교는 추후에 보고할 것이다.

Fig. 5는 SF₆와 CH₄ 비율에 따른 폴리카보네이트의 표면 거칠기 값을 나타낸 그래프이다. N₂를 첨가하였을 때에는 반대로 SF₆와 CH₄를 첨가하였을 때의 경우는 표면 거칠기가 점차적으로 감소하는 것을 볼 수 있었다. 그 중에서 식각률이 가장 높았던 O₂에 대한 SF₆의 비율이 40 % 인 경우, 즉 12 sccm O₂ / 8 sccm SF₆인 경우 3.54 nm의 표면 거칠기를 보여 컨트롤 샘플의 표면 거칠기와 약 2배 정도의 차이를 보였다.

Fig. 6는 8 sccm SF₆ / 12 sccm O₂ 그리고 8 sccm N₂ / 12 sccm O₂ 가스성분비의 플라즈마 식각에서 RIE 척 파워에 따른 폴리카보네이트의 식각률과 -DC 바이어스 값을 함께 나타낸 그래프이다. 일반적으로 RIE 척 파워의 증가는 축전 결합식 플라즈마 내에서 플라즈마의 밀도와 플라즈마 이온의 충돌 세기를 증가시킨다. 8 sccm SF₆ / 12 sccm O₂와 16 sccm N₂ / 4 sccm O₂의 두 플라즈마의 경우 RIE 척 파워

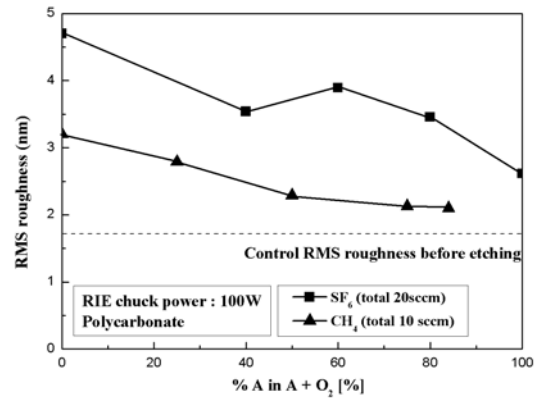


Fig. 5. RMS roughness of polycarbonate as a function of gas composition

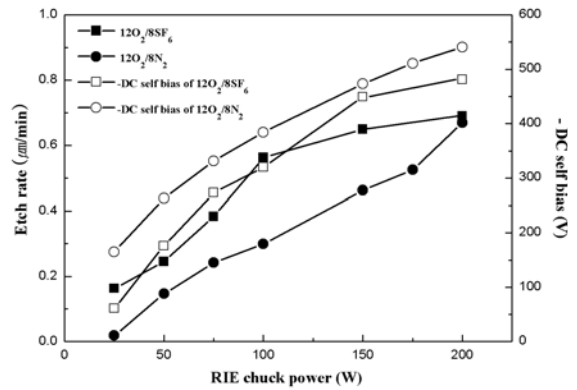


Fig. 6. Etch rate and negative DC self bias of polycarbonate as a function of RIE chuck power at 12 sccm O₂ / 8 sccm SF₆ and 12 sccm O₂ / 8 sccm N₂

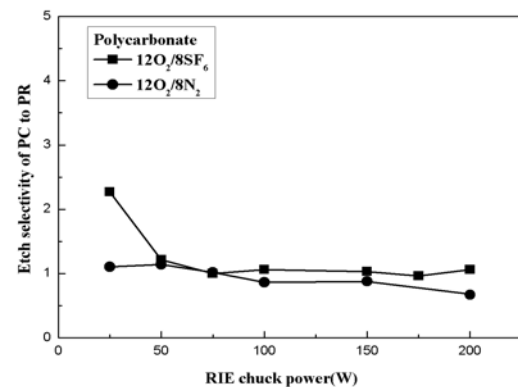


Fig. 7. Etch selectivity of polycarbonate to photoresist as a function of RIE chuck power at 12 sccm O₂ / 8 sccm SF₆ and 12 sccm O₂ / 8 sccm N₂

가 증가할 경우 예상한 것처럼 -DC 바이어스 값도 비례하여 증가하였다. 또한 샘플 척 위의 -DC 바이어스의 증가에 따라 폴리카보네이트의 식각률도 거의 비례하게 증가하였음을 알 수 있었다. RIE 척에 인가하는 RIE 척 파워가 25 W였을 때는 두 조건에서 모두 폴리카보네이트가 0.2 $\mu\text{m}/\text{min}$ 보다 낮은 식각 속도를 가졌다. 특히 12 sccm O_2 / 8 sccm N_2 의 플라즈마 식각 조건에서는 폴리카보네이트는 거의 식각되지 않았다는 것을 알 수 있었다.

그러나 인가된 RIE 척 파워가 150 W가 되었을 때 폴리카보네이트의 식각 속도는 현저하게 증가되는 것을 볼 수 있다. 이 경우에 12 sccm O_2 / 8 sccm N_2 는 약 0.5 $\mu\text{m}/\text{min}$ 의 식각 속도를 보였다. 또한 12 sccm O_2 / 8 sccm SF_6 는 0.65 $\mu\text{m}/\text{min}$ 정도의 식각 속도를 보여 주었다. 그리고 샘플 척에 인가된 RIE 척 파워가 200 W가 되었을 때 12 sccm O_2 / 8 sccm N_2 는 약 0.67 $\mu\text{m}/\text{min}$, 12 sccm O_2 / 8 sccm SF_6 는 0.69 $\mu\text{m}/\text{min}$ 정도의 식각 속도를 보여 주었다. 이 결과는 우리가 일반적으로 예상할 수 있듯이 축전 결합형 플라즈마에서는 -DC 바이어스가 증가 할수록 그 영향을 강하게 받는 식각률도 또한 증가함을 알려 주었다. 여기서 중요한 것은 식각률 증가가 거의 선형적이고 그 크기가 커서 실제 응용에도 적합할 수 있다는 것이다.

RIE 척 파워의 증가는 식각률을 증가시킬 수 있다. 그러나 그것은 또한 건식 식각에서 마스크로 사용하는 감광제에 대한 폴리카보네이트의 식각률 선택비에도 영향을 줄 수 있다. 예를 들어 감광제가 폴리카보네이트에 비해 주어진 플라즈마 조건에서 지나치게 빨리 먼저 식각되면 실제 공정에서 여러 가지 문제가 생길 수 있으며 원하는 식각 패턴을 얻지 못하게 될 수 있다. Fig. 7은 8 sccm SF_6 / 12 sccm O_2 그리고 8 sccm N_2 / 12 sccm O_2 플라즈마에서 RIE 척 파워에 따른 폴리카보네이트의 감광제에 대한 플라즈마 식각률 선택비를 나타낸 것이다. 식각률 선택비의 경우 12 sccm O_2 / 8 sccm SF_6 의 조건에서 25 W의 RIE 척 파워인 경우에는 약 2.3:1 이었다. 그러나 200 W의 RIE 척 파워인 경우에는 0.67:1 이었다. 이 경우에는 너무 많은 RIE 척 파워가 인가되어 마스크로 쓰인 감광제가 폴리카보네이트 보다 많이 식각이 되었다는 것을 알 수 있다. 비록 Fig. 6에서와 같이 200 W에서 가장 높은 식각률을 보이고 있으나 낮은 선택비로 인하여 비효율적이라고 생각이 된다. 결국 낮은 RIE 척 파워 조건을 제외한 나머지의 경우에는 폴리카보네이트와 감광제는 대부분의 RIE 척 파워 조건에서 약 1:1의 식각률 선택

비를 가지는 것을 알 수 있었다. 즉, 1 μm 의 폴리카보네이트의 식각을 위해서는 최소 1 μm 두께의 감광제를 도포해야 한다는 것을 알 수 있었다. 본 실험은 200 W 이하의 RIE 척 파워 사용으로 한정하였다. 그러나 200 W 이상의 RIE 척 파워를 사용한 경우 식각률과 식각 선택비 결과도 중요한 것으로 생각한다. 본 실험 결과를 바탕으로 추후에는 200 W 이상의 비교적 높은 RIE 척 파워를 사용한 폴리 카보네이트의 식각 실험을 진행할 것이며 관련 내용을 계속해서 보고할 것이다.

Fig. 8은 폴리카보네이트의 식각된 패턴을 3,000 배로 확대한 전자현미경 분석 사진이다. 폴리카보네이트 자체의 표면 거칠기 절대 값의 경우 원자력간 현미경을 이용한 분석에서는 식각 전과 후의 값이 약 2~3 배 증가하였다. 그러나 전자 현미경을 사용한 정성적인 분석에서는 실제 식각된 표면의 거칠기는 감광제의 표면거칠기와 비교하여 큰 차이가 없음을 함께 알 수 있었다. 식각 조건은 12 sccm O_2 / 8 sccm SF_6 , 100W RF 파워이었다.

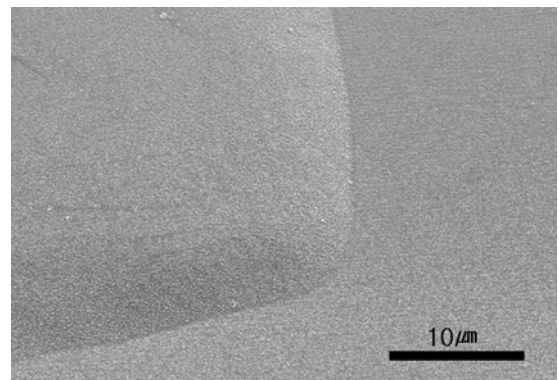


Fig. 8. SEM image of polycarbonate surface after etching at 12 sccm O_2 / 8 sccm SF_6

IV. 결 론

본 논문에서는 O_2 를 기반으로 하여 SF_6 , N_2 그리고 CH_4 와 의 혼합 가스 플라즈마를 이용하여 폴리카보네이트의 식각 특성을 연구하였다. O_2/SF_6 플라즈마에서 폴리카보네이트의 식각률은 O_2 에 SF_6 를 20~40 % 혼합했을 경우에 순수한 O_2 나 SF_6 에 의한 식각률 보다 높았다. 특히 반응기 내에서 O_2 에 대한 SF_6 의 혼합비가 40 %가 되었을 때 폴리카보네이트의 식각률은 0.56 최대가 되어 식각률 향상이라는 측면에서 가스 혼합의 시너지 효과를 최대화 할 수 있었다. 그러나

SF₆의 가스 부피비가 40 %를 초과하면 폴리카보네이트의 식각률은 감소했다.

O₂에 N₂와 CH₄를 각각 혼합한 이성분계 플라즈마의 경우 N₂와 CH₄ 가스의 함유량이 증가함에 따라 식각률이 감소했다. RIE 척 파워의 증가는 폴리카보네이트의 식각률 증가와 직접적인 관계가 있음을 알 수 있었다. 그러나 폴리카보네이트의 감광제에 대한 식각률 선택비는 RIE 척 파워가 25 W 인 경우와 200 W인 경우를 제외하고는 거의 1:1 정도다. 식각된 폴리카보네이트의 표면 거칠기는 원자현미경과 전자현미경으로 관찰한 결과 식각 전의 샘플보다 2 ~ 3 배정도 증가하였다.

결론적으로 기계적 펌핑 시스템만을 사용한 간단한 플라즈마 식각 시스템으로도 O₂/SF₆의 혼합 가스를 사용하면 폴리카보네이트의 미세 구조를 만드는데 사용이 가능한 우수한 식각 조건을 얻을 수 있었다. 이 결과를 향후 다양한 폴리머 소재의 미세 가공에 응용하면 더욱 실용적으로 사용될 수 있을 것으로 예상된다.

감사의 글

이 논문은 2004년도 인제대학교 학술 연구 지원 사업에 의해 수행하였음.

참고문헌

[1] D. Llie, C. Mullan, G. M. O'Connor, T. Flaherty,

T. J. Glynn, *Appl. Surf. Sci.* **254**, 845 (2007).
 [2] G. Carotenuto, A. Longo, P. Repetto, P. Perlo, L. Ambrosio, *Sens. Actuators B.* **125**, 202 (2007).
 [3] M. Alexy, M. Hanko, S. Rentmeister and J. Heinze, *Sens. Actuators B* **114**, 916 (2006).
 [4] H. Nanto, Y. Yokoi, T. Mukai, J. Fujioka, E. Kusano, A. Kinbara, Y. Douguchi, *Mat. Sci. Eng. C* **12**, 43 (2000).
 [5] G. S. Reeder, W. R. Heineman, *Sens. Actuators B* **52**, 15 (1998).
 [6] P. Verdonck, P. B. Caliope, E. D. M. Hernandez, A. N. R. Silver, *Thin Solid Films* **515**, 831 (2006).
 [7] R. Ogawa, H. Ogawa, A. Oki, S. Hashioka, Y. Horiike, *Thin Solid Films* **515**, 5167 (2007).
 [8] E. Sillero, d. Lopez-Romero, F. Calle, M. Eickhoff, J. F. Carlin, N. Grandjean, M. Llegems, *Microelectron. Eng.* **84**, 1152 (2007).
 [9] M. A. Libermann, A. J. Lichtenberg, *Principles of Plasma Discharges and Materials Processing*, (John Wiley & Sons, New Jersey, USA, 2005).
 [10] M. Sugawara, *Plasma Etching*, Oxford University Press, NY, USA, (1998).
 [11] R. J. Shul, S. J. Pearton, *Handbook of Advanced Plasma Processing Techniques*, (Springer, NY, USA, 2000).
 [12] O. A. Popov, *High Density Plasma Sources*, (Noyes Publications, NJ, USA, 1995).

Dry etching of polycarbonate using O_2/SF_6 , O_2/N_2 and O_2/CH_4 plasmas

Y.W. Joo, Y. H. Park, H.S. Noh, J. K. Kim, S.H. Lee, G. S. Cho, H. J. Song
M. H. Jeon and J. W. Lee*

School of nano Engineering/Center for Nano Technology, Inje University, Gimhae 621-749

(Received January 1 2008)

We studied plasma etching of polycarbonate in O_2/SF_6 , O_2/N_2 and O_2/CH_4 . A capacitively coupled plasma system was employed for the research. For patterning, we used a photolithography method with UV exposure after coating a photoresist on the polycarbonate. Main variables in the experiment were the mixing ratio of O_2 and other gases, and RF chuck power. Especially, we used only a mechanical pump for in order to operate the system. The chamber pressure was fixed at 100 mTorr. All of surface profilometry, atomic force microscopy and scanning electron microscopy were used for characterization of the etched polycarbonate samples. According to the results, O_2/SF_6 plasmas gave the higher etch rate of the polycarbonate than pure O_2 and SF_6 plasmas. For example, with maintaining 100W RF chuck power and 100 mTorr chamber pressure, 20 sccm O_2 plasma provided about 0.4 $\mu\text{m}/\text{min}$ of polycarbonate etch rate and 20 sccm SF_6 produced only 0.2 $\mu\text{m}/\text{min}$. However, the mixed plasma of 60 % O_2 and 40 % SF_6 gas flow rate generated about 0.56 μm with even low -DC bias induced compared to that of O_2 . More addition of SF_6 to the mixture reduced etch of polycarbonate. The surface roughness of etched polycarbonate was roughed about 3 times worse measured by atomic force microscopy. However examination with scanning electron microscopy indicated that the surface was comparable to that of photoresist. Increase of RF chuck power raised -DC bias on the chuck and etch rate of polycarbonate almost linearly. The etch selectivity of polycarbonate to photoresist was about 1:1. The meaning of these results was that the simple capacitively coupled plasma system can be used to make a microstructure on polymer with O_2/SF_6 plasmas. This result can be applied to plasma processing of other polymers.

Key words : plasma etching, polycarbonate, dry etching, micro structure, mechanical pumping

* [E-mail] : jwlee@inje.ac.kr