

Low-Angle Forward Reflected Neutral Beam Etching을 이용한 Aspect-Ratio-Dependent Etching 현상의 제거

민경석¹ · 박병재¹ · 염근영^{1*} · 김성진² · 이재구²

¹성균관대학교 공과대학 신소재공학과, 수원 440-746

²포항공과대학교 전기공학과, 포항 790-784

(2006년 1월 13일 받음)

본 연구에서는 반응성 이온빔을 low-angle forward reflection으로 생성시킨 중성빔을 이용하여 Aspect Ratio Dependent Etching (ARDE) 현상이 제거되는 효과에 대하여 연구하였다. SF6 가스를 사용하여 Inductively Coupled Plasma system 과 이온빔으로 각각 poly-Si을 식각한 결과 ARDE 현상을 관찰할 수 있었으며, Si 기판 위에 증착된 Poly-Si을 식각하는 것 보다 SiO2 기판 위에 증착된 Poly-Si을 식각하는 것이 ARDE 현상이 더 많이 나타난다는 것을 관찰할 수 있었다. 반면에 같은 공정 조건에서 중성빔으로 poly-Si을 식각한 결과 이러한 ARDE 현상이 효과적으로 제거되었음을 관찰할 수 있었다. 중성빔을 이용하여 ARDE 현상이 제거되는 원리는 2차원의 XOOPIE code 와 TRIM code를 사용하여 여러가지 나노스케일의 형상을 컴퓨터 시뮬레이션하여 증명하였다.

주제어 : 중성빔 식각, Low-angle surface reflection , ARDE, RIE-lag

1. 서 론

반도체 소자의 크기와 Critical Dimension 이 감소함에 따라 고밀도 플라즈마인 RIE (Reactive Ion Etching)으로 생성시킨 이온으로 식각하였을 경우 발생하는 문제점들이 소자 공정에 하나의 장벽이 되고 있다. 이러한 문제점들을 해결하기 위한 방법들 중에 한가지로 중성빔을 생성시키고 식각하는 방법이 연구되고 있다. [1-9]

예를 들어, 물리적 손상으로서, 이러한 이온들과 충돌되는 결정성의 기판이나 특정 물질층의 표면이 비정질층으로 전환되기도 하며, 입사되는 이온들의 일부가 흡착되거나 충돌되는 물질층의 일부 성분만이 선택적으로 탈착되어 식각되는 표면층의 화학적 조성이 변화되기도 하며, 표면층의 원자 결합이 충돌에 의해 파손되어 땀글링 결합(Dangling Bond)으로 되기도 한다. 이러한 땀글링 결합은 재료의 물리적 손상뿐만 아니라 전기적 손상의 발생원인이 되기도 하며, 그 밖에 게이트 절연막의 차지업(Charge up) 손상이나 포토레지스트의 차지(Charging)에 기인한 폴리실리콘의 노칭(Notching)등에 의한 전기적 손상을

야기시킨다. 또한, 이러한 물리적, 전기적 손상이외에도 챔버 물질에 의한 오염이나 CF계 반응가스를 사용하는 경우 C-F 폴리머의 발생등 반응가스에 의한 표면의 오염이 발생되기도 한다.

따라서, 나노미터급 반도체소자에 있어서 이러한 이온에 의한 물리적, 전기적 손상등은 소자의 신뢰성을 저하시키고 나아가 생산성을 감소시키는 요인이 되기 때문에 향후 반도체소자의 고집적화와 그에 따른 디자인룰의 감소 추세에 대응하여 적용될 수 있는 새로운 개념의 반도체 식각장치 및 식각방법에 대한 개발이 요구되어진다.

이와 같은 차세대에 사용되어질 장비 및 공정기술은 선진국의 경우 1990년대 초반부터 연구가 진행되어 왔으며 일부의 경우에는 8 inch wafer system에 제한적이기는 하나 적용을 시도하고 있는 실정이다. 그 중 가능한 방법이 중성빔을 이용한 식각이며, 중성빔을 이용한 식각 방법으로 hyperthermal neutral beam, ion-neutral charge exchange collision, ion-electron neutralization (surface charge exchange collision), layer-by-layer etching 등이 활발히 연구되고 있다. [4-26]

* [전자우편] gyyeom@skku.edu

일반적으로 사용되고 있는 이온빔 식각과 비교하여 중성빔 식각의 경우 이온이 아닌 중성빔에 의한 식각이 이루어지게 되므로 PR(Photoresist)의 차징에 의한 폴리실리콘의 노칭이나 게이트 절연막의 차지업등의 전기적인 손상이 제거 될 수 있다. 하지만 이온빔으로 식각을 할 경우 결과적으로 Aspect Ratio Dependent Etching (ARDE)와 같은 현상이 발생할 수 있다. 즉, 넓고 좁은 간격 패턴을 가지는 형상에서 aspect ratio (식각할 형상의 깊이 / 식각 할 형상의 폭)에 따른 식각깊이의 차이로 관찰된다. High aspect ratio의 형상이 low aspect ratio의 형상보다 식각율이 감소한다. ARDE와 같은 현상이 발생할 수 있는 원인은 여러 가지가 있을 수 있지만 주된 원인은 식각시 입사되는 이온에 의한 차징으로 인하여 발생된 것이다. [27-30] 플라즈마로부터 생성된 이온으로 PR패턴 물질을 식각하였을 경우 이온은 높은 에너지로 열린 부분에 입사하게 되어, 식각물질의 바닥면 부분에 + 차징을 일으킨다. 반면에 전자는 닫힌 부분에 입사하여 식각물질의 윗면 부분에 - 차징을 일으킨다. 그 결과 식각물질의 내부에 전기장을 형성하게 되어 입사하는 식각에 관여하는 양이온이 윗면의 음전하와 바닥면의 양전하로 형성된 전기장을 따라 diversion 현상에 의해 식각물질의 바닥부분에 도달하지 못하여 식각율을 감소시킨다. [31-33] 일반적으로 이 ARDE 효과는 식각가스의 혼합과 혼합비 조절 그리고 공정압력 조절 등과 같은 최적화된 공정 변수로 최소화 시키거나 제거할 수 있다. 하지만 반도체 소자의 고집적화에 따라 반도체 집적회로 설계에서 디자인룰이 감소하여 임계치수(Critical Dimension)이 50nm 이하로 감소될 경우 ARDE 효과는 더욱 커질 수 있고 일반적으로 사용하는 이온빔 식각장비로 최적화된 공정변수로 ARDE 효과를 최소화시키거나 제거하는 것이 어려울 것이다. 그러므로 본 연구에서는 이온빔과 중성빔 식각 장비를 서로 비교하여 다른 간격 패턴을 가지는 형상에서 식각물질의 바닥면에 도달하는 이온 플럭스와 중성빔 플럭스를 예상한 후 실제로 식각후 그 결과를 서로 비교 분석하였다.

II. 실험장치 및 실험 방법

먼저 본 연구에 사용된 중성빔 식각 장치인 low angle forward reflected neutral beam etching 장치는 크게 이온건(ion gun)과 반사판(reflector)으

로 구성 되어 있으며, 개략적인 모양은 Fig. 1과 같다. Fig. 1 이온건은 약 4 inch 크기의 quartz cup 윗 부분에 자석을 배열하고 quartz cup 외부에 동선을 감는 유도결합형 플라즈마 소스를 사용하였으며, 13.56MHz의 주파수를 가지는 rf power를 인가하였다. 또 이온건은 플라즈마 소스로부터 이온을 추출하기 위하여 2개의 그리드(grid)를 사용하였으며, 재질은 graphite를 사용하고, 구멍의 크기는 직경이 2 mm이고 두께는 2 mm이다. 그리고 첫 번째 그리드와 두 번째 그리드사이의 거리는 2 mm이며, 첫 번째 그리드와 두 번째 그리드사이에는 세라믹으로 절연하였다. 첫 번째의 그리드는 (+)전압을 인가하고, 두 번째의 그리드는 ground 시켰다. 반사판의 재질은 polishing된 스테인리스로 제작된 플레이트이며, 그 림과 같이 평행하게 배열하였다. 그리고 반사판을 이온건의 그리드구멍과 1:1 match가 되도록 이온건의 앞단에 배치하였으며, 5도 기울여 장착하여 이온건으로부터 추출된 이온들이 반사판과 5도의 각도를 가지고 반사하도록 설치하였다. 또한 이온건으로부터 추출된 이온들이 반사판과 반사 없이 통과하지 못하도록 반사판의 길이를 30mm로 하였다. 그리고 이온건의 그리드로부터 추출된 이온이 반사판에서 반사 후 중성화된 비율은 대략 99%가 되었다. [34-36] 그리고 실험조건으로는 중성빔 식각을 위해 중성빔 소스의 이온건내에 SF₆가스를 주입하여 챔버내의 압력은 0.3mTorr를 유지시켰고 inductive power로 400W를 인가하였고 그리드에 voltage로 400V를 인가하였다. 그리고 중성빔 식각과 비교하기 위하여 SF₆ 이온빔을 사용한 식각시 반사판을 제거하여 사용하였으며 또한

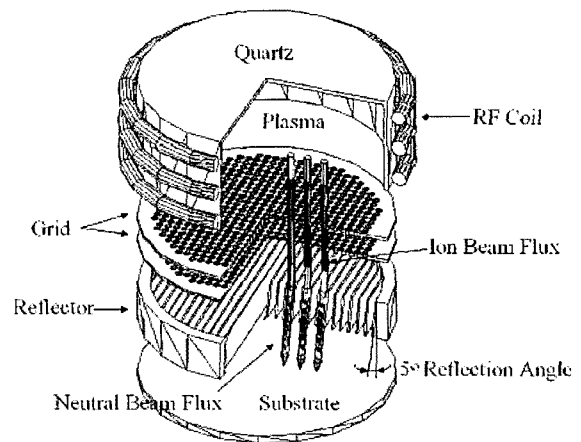


Fig. 1. Schematic diagram of the low-angle forward reflected neutral-beam system used in the experiment.

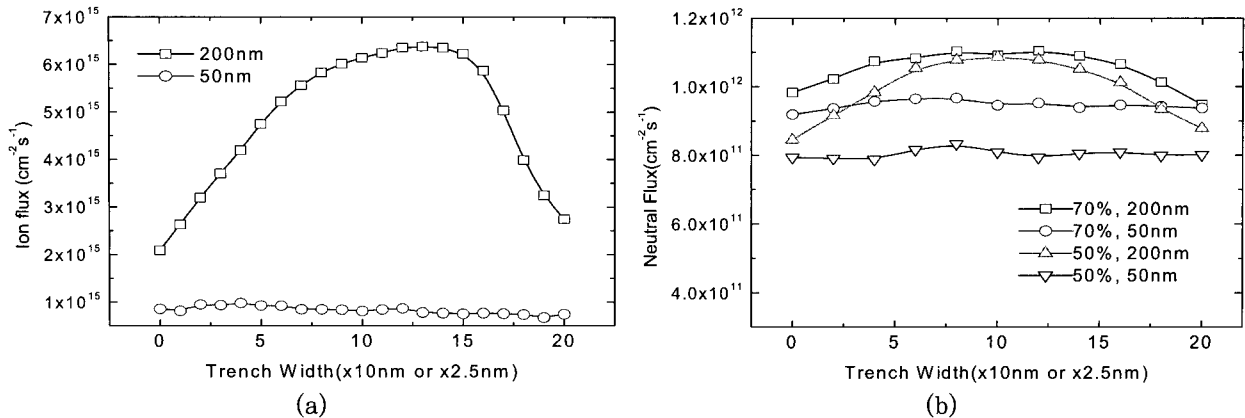


Fig. 2. (a) Variation of ion flux for RIE arriving at the bottom of the trench features having the line widths of 200 nm (trench width value x 10nm) and 50 nm (trench width value x 10nm) and the initial aspect ratio of four, (b) Variation of neutral flux for neutral beam arriving at the bottom of the trench features having the line widths of 200 nm (trench width value x 10nm) and 50 nm (trench width value x 10nm) and the initial aspect ratio of four. For neutral beam, 50% and 70% of the directional angle ratio ([zero angle forward flux / total flux] x 100%) were used for the neutral beam angle distribution arriving at the feature.

기존의 식각장치와 비교하기 위하여 inductively coupled plasma(ICP) RIE 식각장비를 사용하였다. 이때 SF₆ 가스를 주입하고 챔버내의 압력은 5mTorr로 유지시키고 inductive power와 bias voltage를 각각 700W와 75V 인가하였다. 또한 modified XOOPIc code와 Laplace equation을 이용하여 이온을 이용하는 RIE 및 이온빔 식각후 관찰된 식각형상과 중성빔 식각후 관찰된 식각형상에 대한 차이를 이해하기 위하여 simulation하였다.

III. 결과 및 고찰

Fig. 2는 modified XOOPIc code와 Laplace equation을 이용하여 계산한 기판의 pattern내 trench의 폭에 따른 trench 바닥에서의 이온빔과 중성빔의 플럭스 변화를 나타낸 것이다.[37] 이온빔과 중성빔의 motion을 XOOPIc code를 이용하여 예상하고 electric field calculation을 Laplace equation을 이용하여 수행하였다. 이때 X 축을 trench 바닥의 한 모서리로부터 다른 모서리까지의 거리로 하고 Y 축을 플럭스로 나타내어 trench 내에서 위치에 따른 플럭스를 관찰하였다.

Fig. 2(a)는 기판 pattern 내 trench의 폭에 따른 trench 바닥에서의 이온의 플럭스를 나타내며, 그림에서 보는 바와 같이 이온이 기판에 입사되는 경우 pattern 간격이 200nm인 경우와 50 nm인 경우 바

다에 도달하는 이온의 플럭스에 큰 차이가 나는 것을 관찰할 수 있으며, 200 nm의 pattern에서 이온의 플럭스가 pattern의 center쪽으로 집중되는 것을 관찰할 수 있다. 그리고 이온빔은 중성빔와는 다르게 식각시 패턴에 따라 차징이 되고 그 정도 또한 다르기 때문에 식각에 관여하는 이온 플럭스가 center를 기준으로 좌우로 대칭인것보다 비대칭의 경우가 많다

반면 Fig. 2(b)에서 보는 바와 같이 중성빔의 플럭스는 200 nm pattern과 50 nm pattern에서 플럭스에 큰 차이를 나타내지 않았다. 이때 중성빔의 경우에는 중성빔의 방향성을 제어하는 것이 이온빔에 비하여 어렵기 때문에 중성빔의 방향성이 70%인 경우와 50%인 경우에 대하여 simulation 하였으며, 그 결과 중성빔의 방향성이 좋을수록 trench 부분의 플럭스가 유사한 것을 관찰할 수 있었다. simulation 결과를 통하여 pattern 간격이 넓어짐에 따라 이온의 경우 플럭스가 크게 변하는 것을 확인하였으며, 이를 통하여 플라즈마 식각에서 ARDE 효과가 발생하는 주요 원인이 이온에 의한 차징에 있음을 확인할 수 있다. 즉, parallel한 중성빔을 사용하여 식각을 수행하는 경우 ARDE를 보다 효과적으로 제거할 것이라고 예상한다.

Fig. 3(a), (b)는 각각 ICP 식각장치를 이용하여 식각한 poly-Si과 poly-Si/SiO₂의 형상이다. 식각 가스로는 SF₆ 가스를 사용하였으며, 플라즈마를 발생시키기 위한 rf-power는 700 W, bias voltage는 -75 V

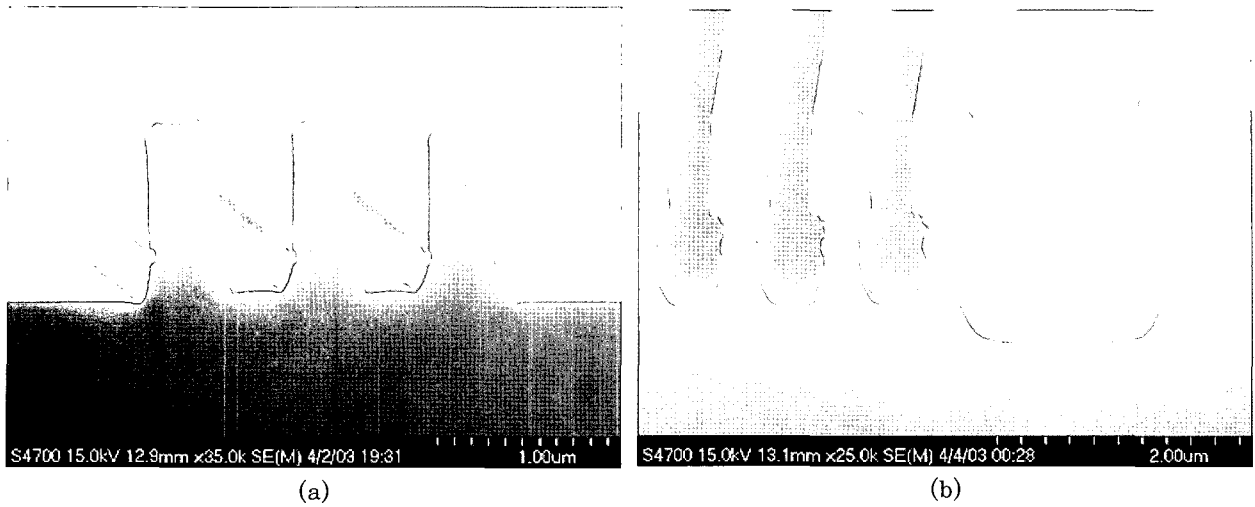


Fig. 3. SEM micrographs of poly-Si (a) and poly-Si/SiO₂ (b) etch profile with SF₆ using ICP plasma. (rf power: 700 W; bias voltage: -75 V)

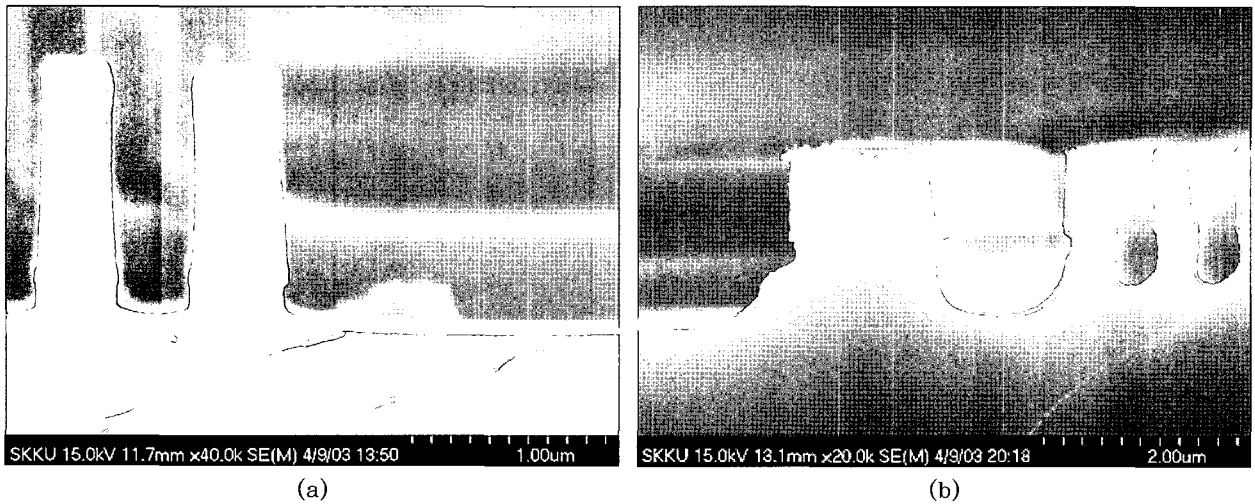


Fig. 4. SEM micrographs of poly-Si (a) and poly-Si/SiO₂ (b) etch profile with SF₆ using ion beam etching. (rf power: 400 W; acceleration voltage: 400 V)

로 하였다. 그림에서 보는 바와 같이 pattern 간격이 좁은 곳과 넓은 곳 사이에 식각율의 차이가 발생하였으며, pattern 간격의 좁은 곳의 sidewall slope이 넓은 곳에 비해서 커지는 것을 확인할 수 있다. 또한 SiO₂ 층이 있는 경우와 없는 경우에 대해서 SiO₂ 층이 있는 경우 이러한 현상이 더욱 심화됨을 확인할 수 있다. 이러한 식각형상의 차이는 앞의 시뮬레이션 결과와 비교하여 볼 때 크게 양이온의 sidewall 차징에 의한 bottom 방향으로의 이온 플럭스 감소와 pattern 간격이 좁은 곳과 넓은 곳 간의 식각에 참여하는 reactive species의 플럭스차이에 의해 식각율에 영향을 준 것으로 설명할 수 있다.

Fig. 4(a), (b)는 각각 SF₆ 이온빔을 이용하여 식

각한 poly-Si과 poly-Si/SiO₂의 식각 형상이다. 이때 플라즈마를 발생시키기 위한 rf-power는 400W를 인가하였으며, 이온을 가속시키는 가속 전압은 400 V로 하였다. 그림에서 보는 바와 같이 ICP 식각의 경우와 동일하게 ARDE 효과가 발생하였다.

Fig. 5는 Fig. 4와 동일한 조건에서 나오는 이온빔을 surface reflection 방법을 이용하여 중성화시킨 중성빔으로 식각한 poly-Si/SiO₂의 식각 형상이다. 이온이 반사판에서 5도 정도의 낮은 angle로 reflection 되는 경우 약 20 V 정도의 에너지를 잃는 것으로 사료되기 때문에 이온빔을 사용하였을 경우와 중성빔을 사용하였을 경우의 식각율이 차이가 발생한다. 하지만 Fig. 5에서 보는 바와 같이 pattern 간격

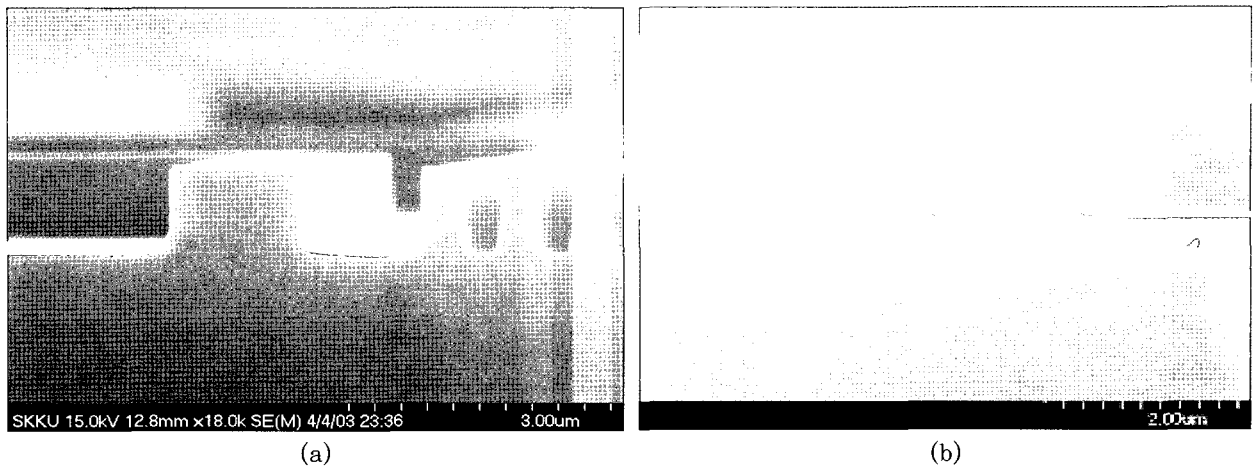


Fig. 5. SEM micrographs of poly-Si (a) and poly-Si/SiO₂ etch profile with SF₆ using neutral beam etching. (rf power: 400 W; acceleration voltage: 400 V)

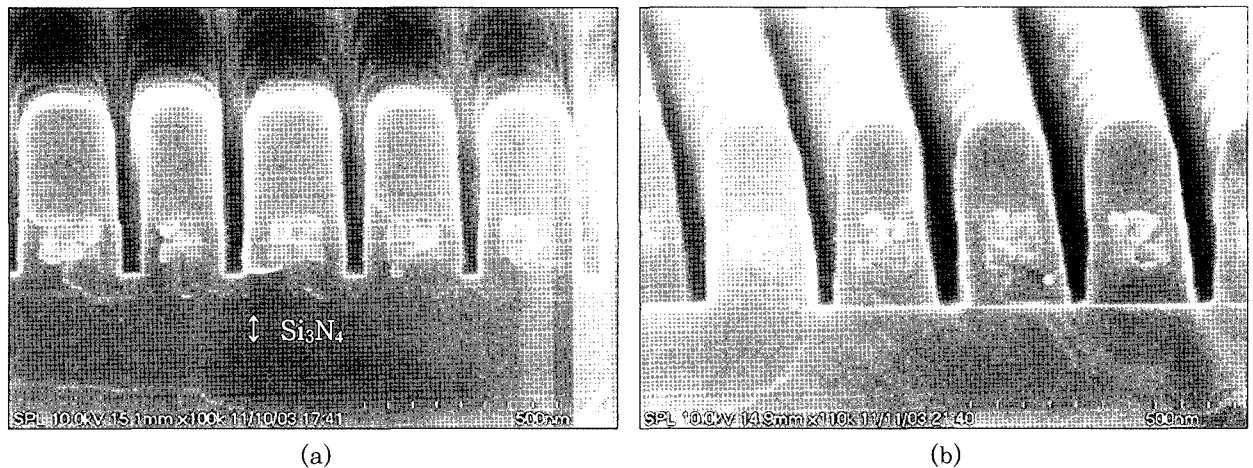


Fig. 6. No ARDE effect during the Si₃N₄ spacer etching using a SF₆ neutral beam, (a) before spacer etching and (b) after spacer etching.

이 좁은 곳과 넓은 곳 사이에서 식각 속도의 차이가 거의 발생하지 않음을 확인 할 수 있다. 이때 Fig. 5의 조건과 Fig. 4의 조건에서 인가 전압, 공정압력, 그리고 가속 전압등 모든 실험 조건이 동일하기 때문에 이때 ARDE 효과가 사라진 이유는 중성빔 식각에 의하여 시편의 충전효과가 없어졌기 때문으로 예상할 수 있다. 재 ARDE 효과가 문제시 되고 있는 메모리 소자 제작 공정중 하나인 spacer 식각에 실제로 중성빔 식각을 시도하여 보았으며 그 결과를 Fig. 6에 나타내었다. Fig. 6 실험에 쓰여진 시편은 Si/WSi pattern에 Si₃N₄ spacer가 증착된 시편으로서 현재 기존의 식각장비를 이용하여 식각하는 경우 top 부분과 bottom 부분에서 약 50%의 식각깊이의 차이를 나타내고 있으며, 이로 인하여 bottom 부분 etch stop 공정 중 top 부분에서 과도한 over etching이 발생

하고 있다. 반면 Fig. 6에서 보는 바와 같이 중성빔으로 식각하는 경우 바닥면의 Si₃N₄를 모두 식각하고 gate oxide에서 etch stop이 이루어진 경우 top 부분에서도 바닥부분의 높이와 같은 높이가 식각된 것을 관찰할 수 있다. 이를 통하여 ARDE 효과를 일으키는 조건중의 하나로 이온 충전(charging)이 중요한 역할을 한다는 것을 확인할 수 있었으며, 실제 pattern 간격이 감소되어짐에 따라 발생하는 ARDE 효과를 중성빔 식각을 이용하여 효과적으로 제거할 수 있음을 확인하였다.

IV. 결론

본 연구에서는 이온빔과 중성빔을 사용하여 식각시 발생하는 trench 폭의 변화에 의한 ARDE 효과의 생

성과 원인을 연구한 후 실제적으로 이온빔, RIE, 그리고 중성빔의 실험결과를 서로 비교하여 보았다. 우선 이온을 이용하는 식각 장치를 사용하는 경우 SF₆ 가스로 poly-Si 식각시 trench 폭에 따른 식각율의 변화가 관찰되었다. 그러나 중성빔 식각 장치를 사용하여 식각을 진행한 결과 trench의 폭 크기에 따른 식각율의 차이가 없었으며 이는 ARDE 효과가 나타나지 않았음을 의미한다. 즉, 중성빔으로 식각한 경우 ARDE 효과를 제거할 수 있다는 사실을 알 수 있었다. 최근 반도체 소자가 고집적화 됨에 따라 Trench 형태의 크기가 나노스케일로 감소되고 전기적인 손상인 차징에 의한 ARDE 효과는 더욱 심각해질 수 있고 현재 사용하는 이온빔 식각장비에서는 피할 수 없는 문제이다. 그러나 방향성 있는 중성빔을 사용하게 되면 ARDE 효과는 효과적으로 제거될 수 있고 나아가 나노스케일을 형태의 패턴에서도 가능할 것이라 사료된다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부주관의 21세기프론티어개발의 사업의 테라급 나노소자 개발사업단의 지원으로 수행되었음.

참고 문헌

[1] T. Nozawa and T. Kinoshita, *Jpn. J. Appl. Phys.* **34**, 2107 (1995).
 [2] T. Kinoshita, M. Hane, and J. P. McVitte, *J. Vac. Sci. & Technol. B* **14**, 560 (1996).
 [3] H. Ootera, *Jpn. J. Appl. Phys.* **33**, 6109 (1993).
 [4] K. P. Giapis and T. A. Moore, *J. Vac. Sci. Technol. A* **13**, 959 (1995).
 [5] T. Yunogami, K. Yokogawa, and T. Mizutani, *J. Vac. Sci. Technol. A* **13**, 952 (1995).
 [6] S. D. Athavale and D. J. Economou, *J. Vac. Sci. Technol. A* **13**, 966 (1995).
 [7] C. A. Nichols and D. M. Manos, *J. Appl. Phys.* **80**, 2643 (1996).
 [8] M. J. Goeckner, T. K. Bennett, J.Y. Park,

Z. Wang, and S. A. Cohen, *International Symposium on Plasma Process-Induced Damage*, 175 (1997).
 [9] J. Yamamoto, T. Kawasaki, H. Sakaue, S. Shingubara, and Y. Horiike, *Thin Solid Films* **225**, 124 (1993).
 [10] K. Yokogawa, T. Yunogami, and T. Mizutani, *Jpn. J. Appl. Phys.* **35**, 1901 (1996).
 [11] S. R. Leone, *J. Appl. Phys.* **34**, 2073 (1995).
 [12] A. Szabo and T. Engel, *J. Vac. Sci. Technol. A* **12**, 648 (1994).
 [13] H. Sakaue, K. Asami, T. Ichihara, S. Ishizuka, K. Kawamura, Y. Horiike, Saijo, and H. Hiroshima, *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.* **222**, 195 (1991).
 [14] Y. Horiike, T. Tanaka, M. Nakano, S. Iseda, H. Sakaue, A. Nagata, H. Shindo, S. Miyazaki, and M. Hirose, *J. Vac. Sci. Technol. A* **8**, 1844 (1990).
 [15] K. Yokogawa, Y. Yajima, T. misutani, S. Nishimatsu, and K. Ninomiya, *Jpn. J. Appl. Phys.* **30**, 3199 (1991).
 [16] Y. Jin, T. Tsuchizawa, and S. Matsuo, *Jpn. J. Appl. Phys.* **34**, 465 (1995).
 [17] Lee Chen, A. Sekiguchi, and D. Podlesnik, *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.* **279**, 803 (1993).
 [18] K. Sakamoto, K. Ichiki, and S. Samukawa, *Dry Process International Symp.*, 11 (2001).
 [19] S. Panda and D. J. Economou, *J. Vac. Sci. Technol. A* **19**, 398 (2001).
 [20] S. Samukawa, K. Sakamoto, and K. Ichiki, *J. Vac. Sci. Technol. A* **20**, 1566 (2002).
 [21] D. H. Lee, J. W. Bae, S. D. Park, and G. Y. Yeom, *Thin Solid Films* **398**, 647 (2001).
 [22] M. J. Chung, D. H. Lee, and G. Y. Yeom, *Thin Solid Films* **420**, 579 (2002).
 [23] D. H. Lee, M. J. Chung, H. K. Hwang, and G. Y. Yeom, *Materials Science and*

- Engineering C **23**, 221 (2003).
- [24] D. H. Lee, M. J. Chung, S. D. Park, and G. Y. Yeom, *Jpn. J. Appl. Phys.* **41**, 1412 (2002).
- [25] T. Ono, N. Orimoto, S. Lee, T. Simizu, and M. Esashi, *Jpn. J. Appl. Phys.* **39**, 6976 (2000).
- [26] M. Hatakeyama, I. nagahama, K. Ichiki, M. Nakao, and Y. Hatamura, *Applied Surface Science* **100**, 277 (1996).
- [27] R. A. Gottscho, C. W. jurgensen, and D. J. Vitkavage, *J. Vac. Sci. Technol. B* **10**, 2133 (1992).
- [28] T. Kinoshita, M. Hane, and J. P. Mcvittie, *J. Vac. Sci. Technol. B* **14**, 560 (1996).
- [29] J. Matsui, N. Nakano, Z. L. Petrovic, and T. Makabe, *Appl. Phys. Lett.* **78**, 883 (2001).
- [30] G. S. Hwang and K. P. Giapis, *Appl. Phys. Lett.* **74**, 932 (1999).
- [31] H. S. Park, S. J. Kim, Y. Q. Wu, and J. K. Lee, *IEEE Trans. Plasma Sci.* **31**, 703 (2003).
- [32] S. J. Kim, S. J. Wang, D. H. Lee, G. Y. Yeom, and J. K. Lee, *J. Vac. Sci. Technol. A* **22**, 1948 (2004).
- [33] J. P. Verboncoeur, A. B. Langdon, and N. T. Gladd, *Comp. Phys. Commun.* **87**, 199 (1995).
- [34] D. H. Lee, J. W. Bae, S. D. Park, and G. Y. Yeom, *Thin Solid Films* **398**, 647 (2001).
- [35] D. H. Lee, M. J. Chung, S. D. Park, and G. Y. Yeom, *Jpn. J. Appl. Phys.* **41**, 1412 (2002).
- [36] D. H. Lee, S. J. Jung, S. D. Park, and G. Y. Yeom, *Surface and Coatings Technology* **178**, 420 (2004).
- [37] S. J. Kim, S. J. Wang, D. H. Lee, G. Y. Yeom and J. K. Lee, *J. Vac. Sci. Technol. A* **22**, 1948 (2004).

Removal of Aspect-Ratio-Dependent Etching by Low-Angle Forward Reflected Neutral-Beam Etching

Kyung-Seok Min¹, Byoung-Jae Park¹, Geun-Young Yeom^{1,*}, Sung-Jin Kim² and Jae-Koo Lee²

¹*Department of Advanced Materials Science & Engineering, Sungkyunkwan University, Suwon, South Korea, 440-746*

²*Department of Electrical Engineering, Pohang University Science & Technology, Pohang 790-784*

(Received January 13, 2006)

In this study, the effect of using a neutral beam formed by low-angle forward reflection of a reactive ion beam on aspect-ratio-dependent etching (ARDE) has been investigated. When a SF₆ Inductively Coupled Plasma and SF₆ ion beam etching are used to etch poly-Si, ARDE is observed and the etching of poly-Si on SiO₂ shows a higher ARDE effect than the etching of poly-Si on Si. However, by using neutral beam etching with neutral beam directionality higher than 70 %, ARDE during poly-Si etching by SF₆ can be effectively removed, regardless of the sample conditions. The mechanism for the removal of ARDE via a directional neutral beam has been demonstrated through a computer simulation of different nanoscale features by using the two-dimensional XOOPIE code and the TRIM code.

Keywords : Neutral beam etching, ARDE, RIE-lag, Low-angle surface reflection

* [E-mail] gyeom@skku.edu