

서로 다른 전극간격에서 이차전자 방출이 글로우 방전에 미치는 영향에 관한 연구

논문

58-4-17

Effect of Secondary Electron Emission on the Glow Discharges with Different Electrode Gaps

서정현[†] · 강경두^{*}

(Jeong-Hyun Seo · Kyung-Doo Kang)

Abstract - In this paper, the effect of the secondary electron emission coefficient of Xe ion on glow discharge was examined by 1D numerical simulation. The simulation was performed for two distinct structures, short and long gaps. The features of the glow discharges in the both structures, firing and sustain voltages, luminance, and efficiency, were analyzed at various secondary electron emission coefficient of Xe ion.

Key Words : Secondary electron emission coefficient, Glow discharge, Xe, Voltage transfer curve

1. 서론

냉음극 글로우 방전에서 이차전자의 방출은 방전의 개시와 유지를 위해서 필수적인 요소이다.[1] 이차전자의 방출기구로는 방전공간에 존재하는 이온들이 음극에 가까이 다가 'Auger Neutralization' 이라는 반응을 통해 전자가 방출되는 경로와 여기종의 광자에너지가 음극 내부에 존재하는 전자에 에너지를 전달하여 전자를 방출시키는 경로 등이 존재한다.[2] 이러한 이차전자의 방출은 음극 물질, 입사하는 이온의 이온화 에너지, 또는 광자의 에너지에 따라서 크게 영향을 받는다. 현재 냉음극 글로우 방전을 이용하는 가장 대표적인 소자는 PDP(plasma display panel)와 Xe 램프 등을 들 수 있다. 이들 소자들은 대부분 교류형 방전모드를 택하고 있어서, 전극에는 유전체가 덮혀 있고, 그 위에는 유전체를 보호하는 보호막이 덮혀 있다. 따라서 실제적으로 방전에 관여하여 이차전자 방출에 영향을 미치는 물질은 보호막 물질이 된다. 현재 많은 방전소자에서 MgO 물질을 보호막으로 택하고 있으며, 이 물질은 이차전자 방출이 용이하고 내(耐) 스퍼터링 특성이 우수한 성질을 가지고 있다. 또한 PDP와 Xe 램프는 UV(ultra violet) 소스로 Xe 가스를 공통적으로 사용하고 있으며, 효율을 높이기 위하여 Xe의 함량을 매우 높게 사용하고 있다. PDP의 경우에는 10% 이상의 Xe를 첨가하고 있으며, Xe 램프의 경우에는 100% Xe 가스를 사용하고 있다. 이러한 고 Xe 환경에서는 방전 중에 형성되는 80%이상의 이온이 Xe 이온이 되며, Xe 이온의 이차전자 방출 능력은 방전의 특성을 결정지을 수 있는 매우 중요한 인자가 된다. 최근 PDP 효율 향상을 위한 많은 연구들이 MgO에 집중되어 있으며, 그 연구의 핵심은 Xe

이온에 의한 MgO의 이차전자 방출을 높이는 쪽에 맞춰져 있다. 이러한 시점에서 이차전자가 방전에 미치는 영향은 어떠한지, 어느 정도까지 효과가 있는지에 대해서 이론적으로 검증해 보는 것은 나름대로 큰 의의가 있다고 생각된다.

본 논문에서는 다음과 같은 몇 가지 의문점을 가지고 이러한 문제의 답을 찾고자 연구를 수행하였다. (1) 이차전자 방출 계수(γ)는 매우 좁은 전극간격 구조와 넓은 전극 간격 구조에서 동일한 영향력을 가질 것인가? (2) 이차전자 방출 계수의 증가는 지속적으로 방전에 긍정적인 영향을 줄 것인가? (3) 이차전자 방출계수가 증가하면 휘도와 효율에 어떤 영향을 줄 것인가? 본 논문의 구성은 2.1절에서 방전해석을 위해 사용된 수치해석에 관한 간략한 설명과 결과를 얻기 위해 사용한 벽전압전달곡선(voltage transfer curve: VTC)에 대해 설명하고, 2.2~2.4절에서는 전압특성, 휘도 특성, 효율 특성에 대해 각각 설명하고, 3장에서 결론을 맺는다.

2. 본론

2.1 수치해석 방법과 벽전압전달곡선을 이용한 휘도 및 효율 계산

본 논문에서는 가장 단순하게 이차전자 방출의 효과와 전극 간격의 효과를 살펴보기 위하여 1차원 수치해석을 수행하였다. 여기서 사용된 수치해석 기법은 그 동안 많은 PDP 연구에서 사용된 LFA(Local Field Approximation) 방법을 이용하였다.[3] 수치해석 기법은 널리 사용되고 있는 것이므로 자세한 설명은 생략하고, 본 논문에서 결과 값을 얻기 위해 이용한 VTC 곡선에 대해 자세히 설명하면서 수치해석과 실제와의 차이점에 대해 간략히 언급하고자 한다.[4] 본 논문에서 사용된 구조는 대향형 구조로서, 양측의 유전체 두께를 20 μ m로 고정하고, 유전체와 유전체 사이(방전공간)의 간격이 120 μ m와 1000 μ m인 경우에 대해서 수치해석을 수행하였다. 계산에 사용된 가스는 Ne-Xe(10%), 500Torr를 사용

[†] 교신저자, 정회원 : 인천대 공대 전자공학과 조교수

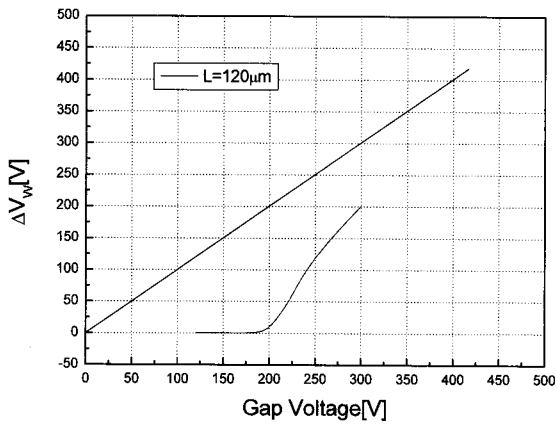
E-mail : pdpsunya@incheon.ac.kr

^{*} 비회원 : 삼성 SDI 책임연구원

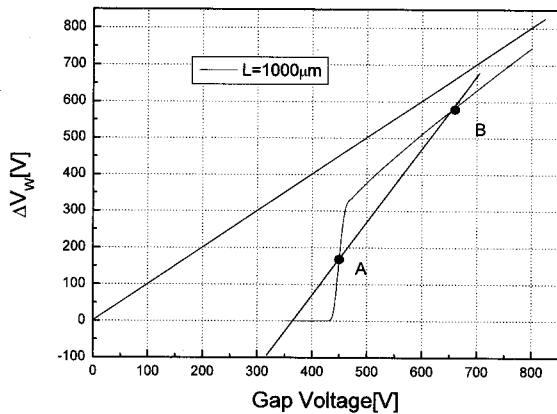
접수일자 : 2009년 1월 20일

최종완료 : 2009년 2월 23일

하였다. Ne 이온의 γ 는 모든 조건에서 0.2로 고정하였다. 이온에 의한 γ 는 입사하는 이온의 각도와 에너지에 의해 영향을 받는다. 이온의 에너지와 입사각도에 대한 수치해석 결과에 의하면, PDP 환경 내에 이온의 평균에너지는 90% 정도가 25eV 이하의 값을 갖는다고 알려져 있다.[5] 이차전자 방출에 이온의 에너지가 어느 정도 영향이 있기는 하지만 현재까지 50eV 이하의 에너지를 갖는 이온에 의한 이차전자 방출계수가 측정된 결과가 없고, 그 정도의 에너지 영역에서는 이차전자 방출에 미치는 영향이 미세하므로 본 논문에서는 음극취스의 상황이나 구동전압에 무관하게 동일한 γ 값을 갖는 것으로 가정하였다.



(a) 120µm의 VTC 곡선
(a) VTC of 120µm



(b) 1000µm의 VTC 곡선
(b) VTC of 1000µm

그림 1 두 가지 구조에서 계산된 벽전압전달곡선 (γ of Ne⁺=0.2, γ of Xe⁺=0.01)

Fig. 1 Voltage transfer curve calculated at two structures

그림 1은 1차원 수치해석을 통해 얻어진 두 가지 조건에서의 VTC 곡선을 나타낸다. 그림 1(b)를 예로 들어 유지전압과 셀 내부의 동작전압의 관계를 설명하면, VTC 곡선과 기울기 2인 직선이 만나는 두 개의 점 중에서 점 B에서 방전이 유지되고, 직선이 X축과 만나는 점이 셀 외부에서 인

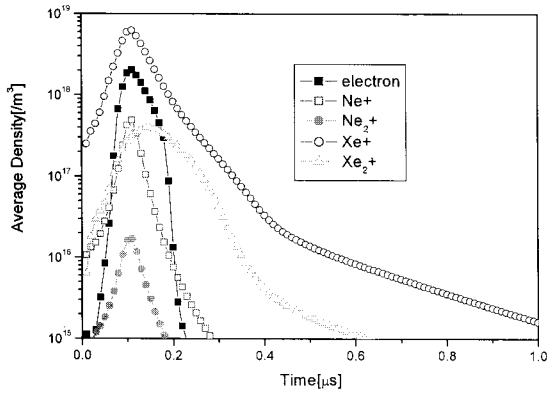
가되는 유지전압이 된다. 기울기 2인 직선을 좌우로 이동시키면 VTC 곡선에 접하게 될 때가 두 경우가 있고, 그 때에 X축과의 교점이 최소방전유지전압과 최대방전 유지전압이 된다. 주어진 구조에 대해서 VTC 곡선을 구하고, 곡선 위의 모든 점에서 휘도와 효율을 계산하고 난 후에, 외부에서 인가하는 유지전압이 곡선과 만나는 점을 찾으면, 주어진 유지전압에 해당하는 휘도와 효율을 계산할 수 있다.[6]

그림 1에서 보면 전극간격이 짧은 경우에 전압 증가에 따른 벽전압 변화량이 전극간격이 긴 경우 보다 완만하게 상승하는 것을 볼 수 있다. 벽전압의 초기 상승 기울기는 구동전압 마진과 매우 밀접한 관련이 있다. 그림 1에 나타난 바와 같이, 전극간격이 긴 경우에는 대략 150V 정도의 전압 마진을 갖지만 짧은 경우에는 대략 10V 이내의 전압마진을 갖는 것을 확인할 수 있다. 대향방전의 경우가 면방전의 경우보다 전압마진의 폭이 좁은 것은 일반적인 사실이나, 실제 실험에서는 120µm 정도의 대향방전이라도 수십 V 정도의 구동마진을 갖는다. 이러한 점은 실제와 수치해석의 중요한 차이로 생각된다. 수치해석상에서 VTC 곡선의 초기 상승기울기가 완만하다는 것은 그만큼 방전공간에서의 전압변화에 따른 이온화율의 변화가 실제보다는 약화되어 있다고 생각된다. 전압이 계속 증가하면 VTC 곡선은 기울기 1인 직선에 수렴해 간다. 120µm의 경우에 동작범위 안의 유지전압이 인가되면 방전공간에 걸리는 전압은 벽전압을 포함하여 대략 230V 이상인 영역에서 기울기 2인 직선과 만나게 되므로 230V 이상의 전압에서 곡선의 형태가 매우 중요하며, 1000µm에서는 460V 이상의 영역이 중요하다. 그 영역에서 두 경우를 비교해 보면, 1000µm에서는 VTC 곡선이 기울기 1인 직선과 큰 차이가 없는 기울기를 갖으면서 기울기 1인 직선에 수렴하지만, 120µm의 경우에는 좀 더 가파른 기울기를 갖고 수렴해 가는 것을 볼 수 있다. 이러한 특성의 차이는 나중에 구동전압에 따른 휘도 특성에 반영되어 좁은 전극간격 구조의 결과가 실험결과들과 많은 차이가 나게 된다. 그러나 VTC 곡선을 이용한 방전 특성 해석은 짧은 시간에 방전의 제 특성을 확인할 수 있는 유용한 방법으로 널리 이용되고 있다. 따라서 본 논문에서는 VTC 방법을 이용하여, 크게 대비되는 두 가지 구조에서 이차전자의 효과를 살펴보고자 하였다.

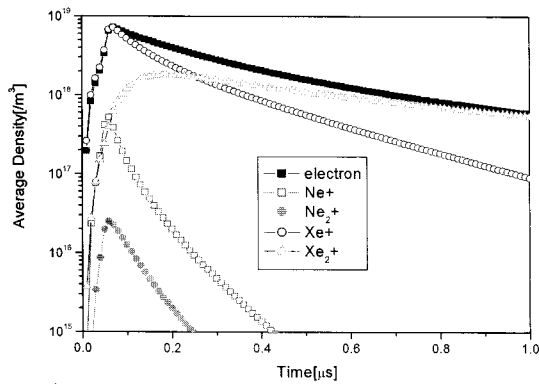
2.2 이차전자 계수에 따른 방전 특성

이차전자의 효과를 살펴보기 전에 본 논문에서 연구되는 두 가지 구조의 대표적인 경우에 대해서 하전입자의 밀도 분포를 살펴볼 필요가 있다. 그림 2는 3µs의 구동펄스가 인가되었을 때에 방전공간에 존재하는 입자의 평균 밀도의 시간적인 변화를 나타낸 것이다. 그림 2(a)는 120µm의 경우로서, 전자의 이동도가 매우 빨라서 Xe⁺ 입자보다 밀도가 낮고 시간적으로 매우 빨리 감소해 감을 보여준다. 전체적인 방전공간에 존재하는 이온은 Xe⁺ 이온이 Ne⁺이온보다 10배 이상 많이 존재함을 알 수 있다. 그림 2(b)는 1000µm의 경우로서, 120µm의 경우와는 다소 다른 시간적인 변화를 보여준다. 전자와 이온의 밀도를 비교해 볼 때에 전자밀도와 Xe⁺의 최대값이 거의 유사하다. 이는 음극취스에서 형성된 전자가 양광주 영역을 지나서 양극까지 도달하는데 120µm

의 경우보다 시간적으로 오래 걸림으로써 방전공간에서 사라지는데 많은 시간이 소요되기 때문이다. 시간이 지남에 따라 벽전하가 충분히 쌓이게 되면, 방전공간에 전계가 매우 미약하여 전자들은 주로 확산에 의해 소멸하게 되는데, 1000 μm 의 경우에는 이러한 시간이 매우 많이 소요되므로 전자의 감쇄시간은 매우 길어지게 된다. 이온의 경우를 살펴보면, Xe^+ 이온은 Ne^+ 이온보다 10배 이상 많이 존재하고 감쇄하는 과정에서는 Xe_2^+ 이온으로 변환하는 반응이 크게 주요하여 시간이 충분히 흘렀을 때에는 Xe_2^+ 이온이 주요 이온이 되게 된다.



(a) 120 μm (유지전압=194V)
(a) 120 μm (Sustaining voltage=194V)



(b) 1000 μm (유지전압=364V)
(b) 1000 μm (Sustaining voltage=364V)

그림 2 하전입자 평균밀도의 시간변화(γ of $\text{Ne}^+=0.2$, γ of $\text{Xe}^+=0.01$)

Fig. 2 Time variation of spatially averaged charged particles (γ of $\text{Ne}^+=0.2$, γ of $\text{Xe}^+=0.01$)

이상의 결과를 보면, 두 경우 모두 Xe^+ 가 주 이온이 된다. 그러나 Ne^+ 의 밀도가 10% 이하라 하더라도 이차전자방출계수는 Xe^+ 에 비해 통상적으로 10배 가량 높기 때문에 이차전자 방출에 기여하는 것은 매우 크다. 다만, 현재 Ne 이온의 이차전자방출계수를 높이는 것 보다는 이차전자 방출계수가 매우 낮은 Xe 이온의 이차전자방출계수를 높이는 것

이 방전의 효율을 위해서 더욱 큰 효과를 거둘 수 있으므로 많은 연구가 여기에 초점이 맞추어져 있다. 따라서 본 논문에서도 Xe의 이차전자방출계수를 변수로 하여 연구를 진행하였다.

그림 3은 120 μm 구조에서 Ne 이온의 γ 는 0.2로 고정하고 Xe 이온의 γ 를 가변했을 때 방전전압을 계산한 결과이다. Xe의 γ 값이 커질수록 구동전압은 크게 감소하였다. γ 가 0.01에서 0.05까지 변할 때에는 전압 값이 크게 감소하였으나, 그 이후에서는 상대적으로 완만하게 감소하였다. 또한 γ 가 커지면서 구동마진(방전개시전압과 유지전압의 차)은 조금씩 넓어지는 경향을 보였다. 이차전자계수의 증가는 입사하는 이온당 방출되는 전자 개수의 증가를 의미한다. 따라서 타운젠트의 방전유지 조건을 만족시키기 위해 입사하는 이온의 개수가 작아지더라도 방전이 유지될 수 있음을 의미한다.[1]

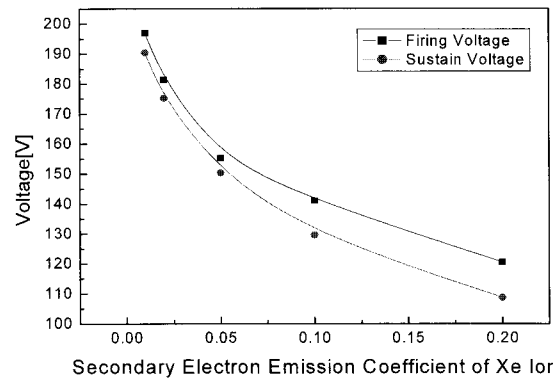


그림 3 120 μm 구조에서 이차 전자 방출 계수에 따른 구동 전압 특성

Fig. 3 Driving Voltage characteristics as a function of secondary electron emission coefficient for 120 μm

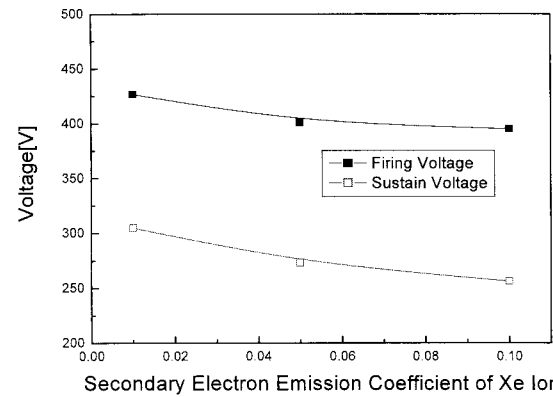


그림 4 1000 μm 구조에서 이차 전자 방출 계수에 따른 구동 전압 특성

Fig. 4 Driving Voltage characteristics as a function of secondary electron emission coefficient for 1000 μm

그림 4는 1000 μm 의 경우에 계산한 결과이다. γ 가 커지면서 구동전압이 감소하는 경향성은 좁은 간격의 경우와 유사한 경향을 보였다. Xe의 γ 가 0.01에서 0.1까지 변화할 때에

방전개시전압은 대략 30V 정도 감소하였고 유지전압은 50V 정도가 감소하였다. 1000 μ m와 같이 방전 공간의 길이가 충분히 길어서 그 안에서의 이온화가 충분히 일어나는 경우에도 γ 가 증가하면서 구동전압이 감소하였다. 그러나 1000 μ m 구조가 갖는 기본적인 방전 전압의 크기에 비추어 볼 때에는 상대적으로 전압의 감소량이 좁은 간격에 비해서 작았다. 이러한 경향으로 미루어 볼 때에 전극간격이 멀어질수록 이차전자가 구동전압에 미치는 영향은 작아질 것으로 예상된다. 방전전압은 γ 와 α -프로세스에 의해 결정되며, 전극간격이 멀어질수록 α -프로세스의 값이 차지하는 비중이 높아지기 때문인 것으로 풀이 된다.

그림 5는 120 μ m 구조에서의 휘도 특성을 보여 준다. Xe의 γ 값이 0.05보다 작은 영역에서는 γ 가 커지면서 휘도도 조금씩 감소하는 경향이 보였다. γ 가 증가하면서 구동전압 영역이 크게 달라졌기 때문인 것으로 풀이된다. 그러나 γ 가 0.05에서 0.2까지 변화하는 영역에서는 상대적으로 휘도 감소가 거의 없었다. 이 영역에서는 γ 가 매우 커짐으로 인해서 상대적으로 구동전압의 차이에 의한 효과가 감소되어 나타난 것으로 보인다. γ 가 달라지면 구동전압 영역이 달라지지만, 만약에 동일한 구동전압을 인가하게 된다면, 그림 5에 나타난 경향성으로 볼 때에 γ 가 큰 쪽이 훨씬 더 높은 휘도를 보여줄 것이라는 것을 예측할 수 있다.

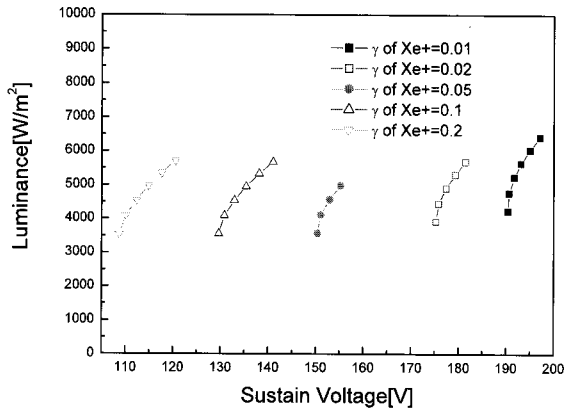


그림 5 120 μ m에서의 휘도 특성
Fig. 5 luminance at various γ values (120 μ m)

그러나 전반적으로 그림 5의 수치해석 결과는 실제와 차이가 많이 나 보인다. 그림 5에 나타난 결과에서는 구동전압이 10V 정도 변화하면서 휘도가 1.5배 이상 증가하였다. 실제에서는 전압에 따른 휘도의 증가율이 그보다는 완만하다. 이와 같은 원인으로서는 앞서 그림 1에서 설명한 좁은 간격구조에서의 VTC 곡선의 형태와 연관된다. 즉, 좁은 간격구조의 동작 전압영역에서 VTC 곡선이 기울기 1인 직선에 빠르게 수렴하지 못한 것 때문에 유지전압이 조금씩 변화할 때마다 기울기 2인 직선과 VTC 곡선이 만나는 동작점이 크게 이동하면서 방전공간 내부적으로 인가되는 전압이 매우 커지게 된다. 그림 6에서도 유지전압이 증가하는 초기 부분에 휘도의 변화가 큰 것을 볼 수가 있는데, 그림 1(b)에서 알 수 있듯이 VTC 곡선의 두 번째 변곡점의 초기 부분에서는 아직 VTC가 기울기 1에 수렴하지 못하고 있는 부분이기

때문이다. 좁은 간격구조에서는 음극쉬스의 역할이 매우 중요한데, LFA 모델에서는 음극쉬스에서 이온화가 상대적으로 과대평가되는 경향이 있다. 따라서 전체 방전에 음극쉬스가 차지하는 비중이 큰 좁은 간격의 경우에 휘도증가율이 매우 크게 나타나는 것으로 생각된다. 이와 같은 부분은 음극쉬스를 모델링하는데 좀더 정교한 입자모델 같은 방법을 사용한다면 좀더 정확하게 묘사될 것으로 생각된다.

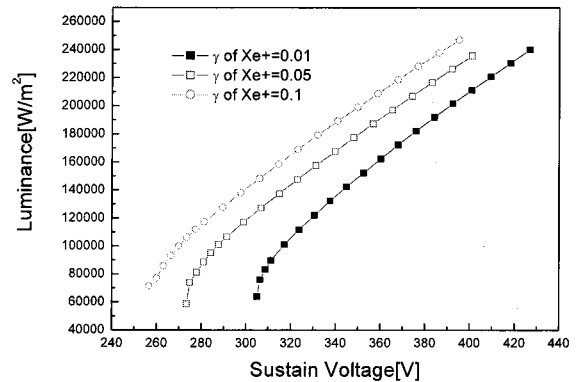


그림 6 1000 μ m에서의 휘도 특성
Fig. 6 luminance at various γ values (1000 μ m)

그림 7은 120 μ m 구조에서 효율 결과를 나타낸다. 전체 인가전력 대비 Xe 여기종을 만드는데 소비된 에너지의 비율을 도시하였다. 그림 7에서 보면 γ 가 커지면서 구동전압 영역은 계속 감소하고, 효율도 계속 증가하고 있음을 알 수 있다. 한 가지 흥미로운 점은 γ 가 커지면 효율이 증가하는 것은 사실이지만, 서로 다른 γ 조건에서 구동 전압을 동일하고 가정하면, γ 가 작은 쪽의 효율이 더 높다는 점이다.

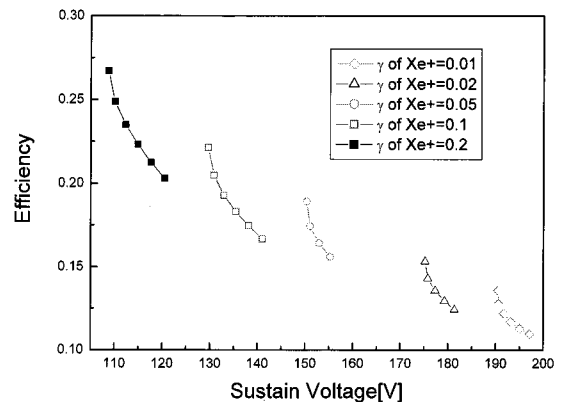


그림 7 120 μ m 구조에서 Xe 이온의 γ 에 따른 효율 특성
Fig. 7 Efficiency at various γ values (120 μ m)

그림 8은 효율 변화의 원인을 설명하기 위하여 계산한 Electron heating 효율과 Xe excitation 효율을 나타낸 결과이다. 기체방전에서 효율은 아래 식과 같은 형식으로 표현될 수 있다.

$$\rho_{exi} = \rho_1 \times \rho_2 = \frac{W_{ele}}{W_{tot}} \times \frac{W_{exi}}{W_{ele}}$$

ρ_1 : electron heating efficiency

ρ_2 : Xe excitation efficiency by electron

W_{ele} : electron energy gain

W_{tot} : total input energy

여기서 인가전력에서 전자가 얻는 에너지의 비율을 ρ_1 이라고 하며, 전자가 가진 에너지 중에서 Xe의 여기종을 만드는데 소모된 에너지의 비율을 ρ_2 라고 한다. 그림 8에서 보면, 서로 다른 γ 에서 ρ_2 는 큰 차이가 없으나 ρ_1 에서는 많은 차이가 있음을 알 수 있다. 따라서 γ 의 증가는 전자의 에너지 획득 비율을 증가시킴으로써 전체적으로 방전의 효율을 향상 시켰음을 알 수 있다. 방전 현상적으로는 동일한 구동전압이 인가될 경우에 γ 가 큰 경우가 방전이 더욱 크게 일어나서 휘도는 높아지겠지만, 높은 플라즈마 밀도로 인해 강력한 음극취스가 생성되고 이로 인해 전자의 에너지가 높아져서 Xe의 여기종에 소모되는 에너지 비율이 줄어든다고 해석될 수 있다. 결론적으로 좁은간격 구조에서 Xe 이온의 γ 가 0.01에서 0.2(He이나 Ne이온의 γ 와 유사한 정도)까지 증가될 수 있다면, 효율은 2배 가량 증가할 수 있을 것으로 보인다. 이 때에 효율 향상의 주요 원인은 전자의 에너지 획득이 이온보다 상대적으로 증가한 것에 있다고 볼 수 있다.

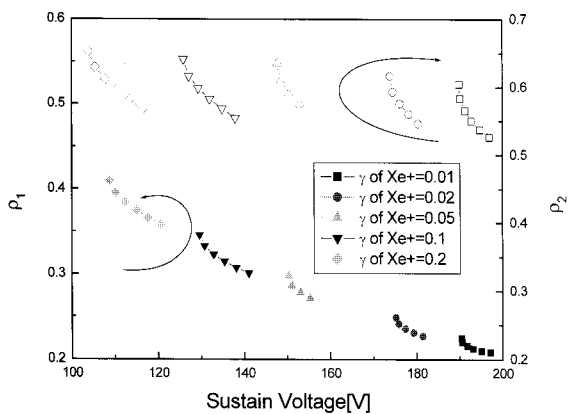


그림 8 120 μ m 구조에서 Xe 이온의 γ 에 따른 ρ_1, ρ_2
 Fig. 8 Variation of ρ_1 and ρ_2 as a function of γ of Xe ion (120 μ m)

그림 9는 1000 μ m에서 계산된 효율 결과이다. γ 가 커지면서 효율은 향상되고 있으나 좁은 간격 구조에서 효율이 향상되는 결과와 비교 했을 때에는 상대적으로 향상되는 정도가 줄어들었다. 그러나 전체적인 효율 값은 좁은 간격 구조에 비해서 2배 이상 높은 수치를 보여주고 있다. 전극간격이 길수록 효율이 더욱 향상되는 일반적인 경향성과 유사한 결과이다. 1000 μ m 구조에서 γ 에 대한 효율의 의존성이 상대적으로 작은 것은 방전공간에서 음극취스가 차지하는 비중이 상대적으로 줄어들기 때문인 것으로 생각된다. 전극간격이 좁은 경우에는 음극취스에서 가속된 전자들이 부글로우

(Negative glow)영역에서 강력한 이온화 반응과 여기반응을 일으키는 것이 전체 플라즈마 생성과 여기종의 생성에 큰 역할을 차지하지만, 전극 간격이 넓은 경우에는 부글로우에서 일어나는 반응보다는 양광주 영역에서 일어나는 여기반응에 의한 여기종의 생성이 더 지배적이기 때문에 상대적으로 γ 의 영향이 줄어든 것으로 보인다.

그림 10은 1000 μ m에서 ρ_1, ρ_2 의 변화를 나타낸 것이다. 전극간격이 좁은 경우와 마찬가지로 ρ_2 의 변화는 별로 크지 않고 ρ_1 의 변화가 주로 효율 변화를 야기함을 알 수 있다. 그러나 좁은 간격과 달리 기본적으로 ρ_1 의 값이 크기 때문에(양광주 영역에서 전자의 에너지 획득 때문) γ 값이 커져더라도 상대적으로 효과가 작게 나타났다.

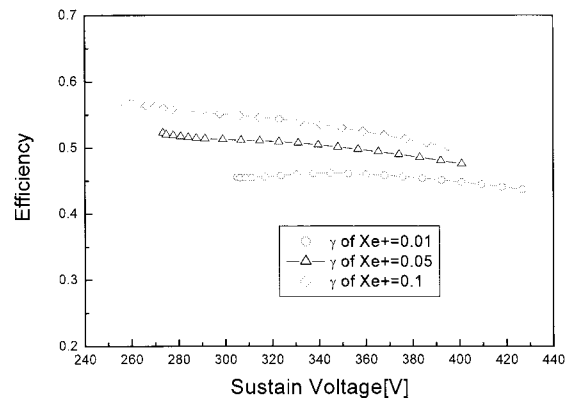


그림 9 1000 μ m 구조에서 Xe 이온의 γ 에 따른 효율 특성
 Fig. 9 Efficiency at various γ values (1000 μ m)

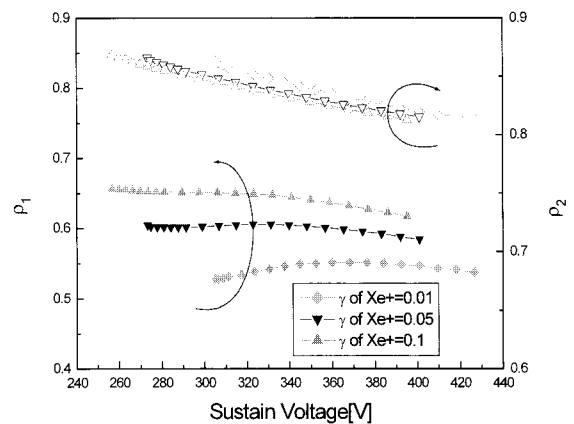


그림 10 1000 μ m 구조에서 Xe 이온의 γ 에 따른 ρ_1, ρ_2
 Fig. 10 Variation of ρ_1 and ρ_2 as a function of γ of Xe ion (120 μ m)

3. 결 론

본 논문에서는 전체 방전에서 부글로우의 영향이 큰 구조와 그 영향이 상대적으로 작은 두 구조에 대해서 Xe 이온의 γ 가 방전의 여러 특성에 미치는 결과를 비교 하였다. 전극간격이 좁은 경우에 γ 의 영향이 크게 나타났고, 넓은 경우에는 γ 의 효과가 상대적으로 작게 나타났다. 플라즈마 디스

플레이와 같은 좁은 간격에서는 Xe 이온의 γ 를 0.2 정도로 크게 한다면 현재보다 2배 이상의 효율 향상이 기대된다. 그러나 형광램프나 백라이트와 같이 전극간격이 큰 경우에는 좁은 간격에 비해 γ 효과는 현저히 떨어질 것으로 생각된다. 또한 γ 가 방전에 미치는 영향의 정도는 마이크로 플라즈마와 매크로 플라즈마를 나누는 하나의 중요한 척도가 될 수 있을 것으로 보인다.

감사의 글

본 논문은 2007년도 인천대학교 교내 연구비 지원에 의해 수행되었음.

참 고 문 헌

- [1] Yuri P. Raizer, "Gas discharge physics", Springer-Verlag, (1991), pp.131
- [2] Yong-Seog Kim, Sang-Hoon Yoon, Seok-Geun Ahn, Cho-Rong Hong, and Heesun Yang, "Electron emission characteristics of MgO thin films used for ac-PDPs: Part I. Secondary electron emission", Electronic Materials Letters, Vol.4, No.3, pp.113-129, 2008
- [3] Jeong Hyun Seo, Woo Jun Chung, Cha Keun Yoon, Joong Kyun Kim, Ki-Woong Whang, "Two dimensional modeling of a surface type alternating current plasma display", IEEE transactions on plasma science, Vol.29, No.5 Part: 2, pp.824-831, 2001
- [4] J.Meunier, Ph. Belenguer, and J.P.Boeuf, "Numerical model of ac plasma display panel cell in neon-xenon mixtures", J. Appl.Phys., Vol. 78(2), pp.731-745, 1995
- [5] Young Kyo Shin, Jae Koo Lee, Chae Hwa Shon, and Woong Kim, " Ion energy distribution in alternating-current plasma display panel cell", Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 38, pp. L174-L177, 1999
- [6] Woo Joon Chung, Jeong Hyun Seo, Dong-Cheol Jeong and Ki-woon Whang, "Three-dimensional modeling of a surface type alternating current plasma display panel cell: The effect of cell geometry on the discharge characteristics", IEEE Trans. plasma sci., Vol. 31, No.5, pp. 1023-1031, 2003

저 자 소 개



서 정 현 (徐正炫)

1971년 7월 12일생. 1993년 서울대 전기공학과 졸업. 2000년 동 대학원 전기공학부 졸업(공학). 2000년 9월~2002년 8월 삼성 SDI PDP 개발센터 과장. 2002년 9월~현재 인천대학교 전자공학과 조교수.
Tel : 032-770-8442
Fax : 032-764-2371
E-mail : pdpsunya@incheon.ac.kr



강 경 두 (姜景斗)

1967년 출생. 1989년 서울대 원자핵공학과 졸업. 1996년 서울대 대학원 원자핵공학과 졸업(공학). 1997~2000년 UCLA Plasma Physics Lab 및 U of Colorado at Boulder에서 박사후 과정. 2000년~현재 삼성 SDI에서 책임연구원.
Tel : 032-770-8442
Fax : 032-764-2371
E-mail : kyoungdoo.kang@samsung.com