

AC PDP 셀에서 Resonance Radiation Trapping을 고려한 방전 특성해석

김정호*, 정희섭, 이병호, 황기웅
서울대학교 전기공학부

Effect of Resonance Radiation Trapping on Xe discharge in AC PDP Cell

Jungho Kim*, Heui Seob Jeong, Byoungho Lee, and Ki-Woong Whang
School of Electrical Engineering, Seoul National University

Abstract - Resonance radiation trapping has a great influence on the characteristics of gas discharge. We calculate the spatial and spectral distribution of photons by Monte Carlo method in AC PDP cell.

1. 서 론

PDP(Plasma Display Pannel)는 Xe 방전가스에 의해 발생하는 147nm 파장의 자외선이 셀벽의 형광체를 자극하여 가시광선을 방출시켜 빛을 내는 장치이다. 그런데, Xe에서 나오는 147nm 파장의 빛은 흡수 계수가 매우 높아서 셀의 벽에 도달하기까지 여러번의 흡수, 재방출 과정을 겪는다.[1] 이러한 현상을 resonance trapping이라고 하는데, 이것은 PDP의 발광효율을 저하시킨다. 본 연구에서는 몬테카를로 방법을 이용하여 AC PDP 셀의 벽에 도달하는 자외선의 공간적인 분포와 파장 분포를 시뮬레이션하여 보았다.

2. 본 론

2.1 시뮬레이션 모델

AC PDP 셀을 그림 1과 같이 x축의 길이가 1080μm, y축의 길이가 150μm인 직사각형 이차원 구조로 모델링하였다. x=540μm, y=10μm되는 곳에서만 백만개의 초기 자외선 씨앗이 발생했을 때, top surface (y=150μm)에 도달하는 자외선들의 총합을 계산하였다.

그림 2는 Monte Carlo 시뮬레이션의 순서도이다. [2,3] 어떤 자외선 씨앗이 생성되면 quenching (여기된 Xe이 빛을 방출시키지 못하고 다른 상태로 천이하는 것) 되는지의 여부를 결정하기 위해 0에서 1사이의 난수를 발생시킨다. 그 난수가 이미 정해진 quenching 확률보다 작으면 그 광자는 사라진 것으로 간주되고 새로운 자외선 씨앗이 생성된다. quenching이 발생하지 않으면 다시 새개의 난수를 더 발생시켜서 빛의 진행을 결정한다. 이것들은 각각 자외선의 방출 주파수, 방출 방향, 방출 거리를 결정한다. 이러한 과정은 자외선이 네면의 직사각형의 경계에 도달할 때까지 반복된다.

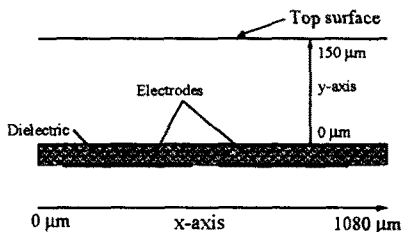


그림 1. AC PDP 셀의 구조

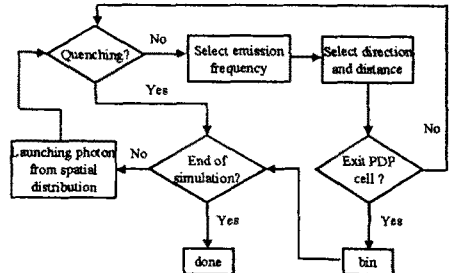


그림 2. Monte Carlo 시뮬레이션의 순서도

2.1.1 방출 주파수의 결정

PDP 방전에 사용되는 Xe의 부분압은 매우 높으므로 Xe의 방전에서는 pressure broadening만을 고려해도 된다. pressure broadening의 경우 방출되는 주파수의 분포함수 P(ν)는

$$P(\nu) = \frac{1}{\pi} \frac{\gamma_p}{(\nu - \nu_0)^2 + \gamma_p^2}$$

로 표현된다. 여기서 ν₀는 방출되는 광자들의 중심주파수이고, γ_p는 pressure broadening의 half-width-at-half-maximum이다. 그런데,

$$\int_{-\infty}^{\infty} P(\nu) d\nu = 1$$

이므로 P(ν)를 -∞부터 ν까지 적분하면 0에서 1까지의 난수를 이용하여 방출 주파수 ν를 결정할 수 있다. 그림 3은 이러한 과정을 보이고 있다.

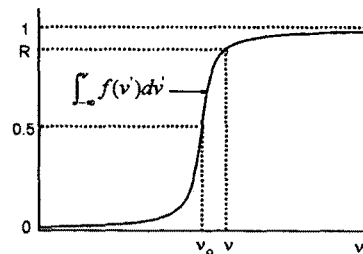


그림 3. 난수를 이용한 빛의 방출 주파수 결정

2.1.2 방출 거리의 결정

방출 주파수가 결정된 자외선의 진행거리 ρ 를 결정하기 위해 새로운 난수 U 를 발생시킨다. 임의의 주파수 ν 의 자외선이 거리 ρ 를 진행할 확률 $T(\rho, \nu)$ 는 다음과 같다.

$$T(\rho, \nu) = \exp[-k(\nu)\rho]$$

여기서 $k(\nu)$ 는 주파수에 따른 흡수계수를 나타내며, pressure broadening과는 비례 관계에 있다. 이 둘 사이의 비례 계수를 k_ρ 라고 하면, 이 둘 사이의 관계는

$$k(\nu) = k_\rho P(\nu)$$

로 나타낼 수 있다. 그런데, $T(\rho, \nu)$ 는 0에서 1까지의 값을 가지기 때문에 이것을 새로운 난수 U 라고 할 수 있다. 윗식의 양변에 자연로그를 취하고 ρ 에 대하여 정리하면

$$\rho = \frac{1}{k_\rho} \left[1 + \left(\frac{\nu - \nu_0}{\gamma_\rho} \right)^2 \right] (-\ln U)$$

가 된다. 따라서, 앞에서 난수 R 에 의해 결정된 주파수 ν 와 0에서 1사이의 난수 U 에 의하여 진행거리 ρ 가 결정된다.

2.1.3 방출 방향의 결정

0에서 1사이의 난수에 2π 를 곱하여 광자의 진행각도를 라디언 단위로 결정한다.

2.2 시뮬레이션 결과

시뮬레이션은 pressure broadening의 중심 주파수 ν_0 가 2040.82 THz(=147nm)이고, γ_ρ (half-width-at-half-maximum)가 1.7 THz(= 0.12nm)로 고정되었을 때의 결과이다. 위의 고정된 값들에 대해 흡수 계수 k_ρ 와 top surface의 위치를 변화시켜가면서 top surface에 도달하는 자외선들의 주파수와 공간 분포를 살펴보았다.

2.2.1 자외선들의 파장 분포

그림 4는 top surface의 위치에 따른 파장 분포의 변화를 실험을 통하여 얻은 것이다. top surface와의 거리가 멀어짐에 따라 도달한 자외선의 총개수가 감소할 뿐만 아니라 파장의 분포도 점점 넓어지고 있다. 특히, 어떤 거리 이상에서는 중심 파장 부근이 움푹 패이며, top surface와의 거리가 멀어짐에 따라 움푹 패이는 정도가 심해진다. 곡선이 움푹 패이는 이유는 147nm 근방의 파장이 도달하는 양이 최대값을 갖는 다른 파장에 비해 상대적으로 줄어들기 때문이다.

그림 5는 흡수 계수 k_ρ 를 $1/170 (\mu\text{m}^{-1})$ 로 고정시키고 top surface와의 거리를 변화시켰을 때의 시뮬레이션 결과이다. 여러 가지 물리적인 변수들이 실제 실험의 그것과는 다르지만 전체적으로 비슷한 경향을 보이고 있다. 그림 6은 top surface의 위치를 고정시키고 흡수 계수를 변화시켰을 때의 파장 분포이다. 흡수 계수가 커짐에 따라 움푹 패이는 정도가 더욱 심해진다.

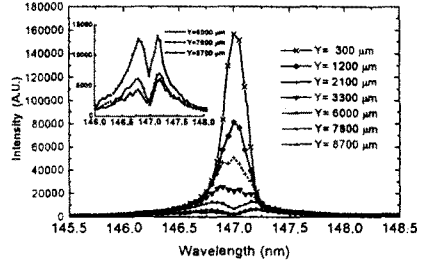


그림 4. Top surface의 위치 변화에 따른 자외선들의 파장 분포 (실험 결과)

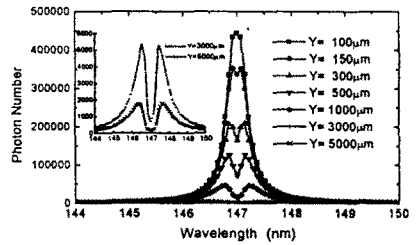


그림 5. Top surface의 위치 변화에 따른 자외선들의 파장 분포 (시뮬레이션)

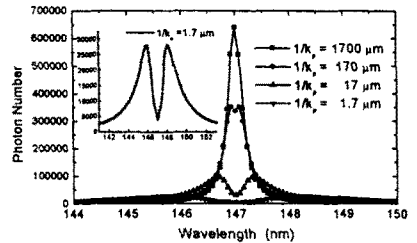


그림 6. 흡수 계수의 변화에 따른 자외선들의 파장 분포

2.2.2 자외선들의 공간 분포

그림 7은 흡수 계수 k_0 를 $1/170 (\mu\text{m}^{-1})$ 로 고정시키고 top surface와의 거리를 변화시켰을 때의 공간 분포이다. 거리가 멀어짐에 따라 자외선들의 공간분포가 더욱 넓어지고, 그 개수도 줄어든다. 이렇게 공간 분포가 넓어지는 이유는 모든 방향으로 균일한 확률로 방출되는 spontaneous emission 때문이다.

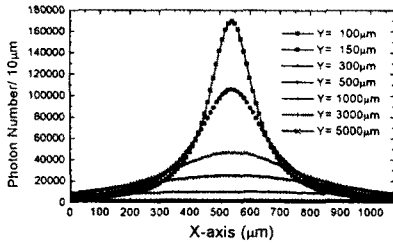


그림 7. Top surface의 위치 변화에 따른 자외선들의 공간 분포

3. 결 론

몬테카를로 시뮬레이션을 통해 PDP 셀의 벽에 도달하는 자외선의 공간과 주파수 분포를 살펴 보았다. PDP 셀의 벽에 도달하는 자외선의 공간 분포는 초기 자외선의 공간 분포에 비해 많이 퍼지고, 주파수의 분포도 초기의 것과는 많은 차이를 보인다. 특히, 초기에 자외선이 방전되어 나오는 위치와 PDP 셀벽의 거리가 멀어짐에 따라 147nm 파장 부근의 자외선의 분포가 움푹 패이는 경향을 보이며, 이것은 실험적인 결과로도 확인할 수 있었다. 위와 같은 시뮬레이션 결과들을 통해 resonance radiation trapping이 PDP cell 내의 방전에 커다란 영향을 끼치고 있음을 알 수 있다.

※ 본 논문은 과학기술부의 선도기술개발사업 지원에 의한 것입니다.

[참 고 문 헌]

- [1] T. Holstein, "Imprisonment of Resonance Radiation in Gases," Phys. Rev. 72, 1212 (1947).
- [2] J. B. Anderson, J. Maya, M. W. Grossman, R. Lagushenko, and J. F. Waymouth, "Monte Carlo treatment of resonance-radiation imprisonment in fluorescent lamps," Phys. Rev. A 31, 2968 (1985).
- [3] T. J. Sommerer, "A Monte Carlo simulation of resonance radiation transport in the rare-gas-mercury positive column," J. Appl. Phys. 74, 1579 (1993).