

LCD-백라이트용 형광램프의 수은량

봉재환 · 김윤중 · 황하청 · 김동준 · 정종문 · 김정현 · 구제환 · 조광섭

광운대학교 전자물리학과, 서울 139-701

(2008년 8월 6일 받음, 2008년 10월 16일 수정, 2008년 11월 9일 확정)

Ne+Ar의 혼합 기체와 수은이 주입된 세관 형광램프에서 플라즈마의 형성에 필요한 기체 수은의 량을 계산하였다. 전자 ($kT_e \sim 1$ eV)와 중성 원자(Ne, Ar, Hg)들과의 충돌에 의한 각 원자들의 이온화를 계산하여, 양광주 플라즈마의 밀도($n_0 \sim 10^{17}$ m^{-3})를 생성하는 조건으로부터 기체 수은 원자의 밀도 3.43×10^{22} m^{-3} 을 얻었다. 32~42 인치 LCD-TV용 액정표시장치에 사용되는 직경이 4 mm인 형광램프의 혼합 기체 Ne(95 %)+Ar(5 %) 50 Torr에 대하여, 글로우 방전에 필요한 기체 수은의 량은 0.02~0.08 mg으로 계산되었다.

주제어 : 플라즈마, 방전램프, 수은, 액정표시장치(LCD), 백라이트

I. 서 론

37 인치 LCD-TV용 백라이트의 광원으로 쓰이는 냉음극 형광램프(CCFL: Cold Cathode Fluorescent Lamp)와 외부전극 형광램프(EEFL: External electrode Fluorescent Lamps)[1,2]에는 액체 수은 2~4 mg이 네온+아르곤의 혼합가스 수 10 Torr와 함께 주입된다. 일반적으로 램프에 주입되는 수은량은 수은의 소모[3,4]에 따른 램프의 수명을 고려하여 경험적으로 주입된다. 그러나 램프에 주입되는 수은의 양이 플라즈마 방전에 필요한 적절한 양인지에 대한 실험적이거나 이론적인 근거에 대한 보고가 없다. 이 논문에서는 플라즈마의 발생 이론에 근거하여 상기 램프의 글로우 방전에 필요한 수은의 최소량을 계산한다.

램프 내부에 주입되는 2~4 mg의 액상 수은이 기화(evaporation)하여 기체 수은 원자로 변하는 양을 정확하게 예측할 수는 없다. 기화되는 수은의 량은 관내부의 압력과 온도에 관계될 것이다. 램프 내부의 온도가 높을수록 수은의 증기압(evaporation pressure)은 증가한다 [5]. 주변 온도가 약 180 °C 이면, 수은의 증기압은 대개 10 Torr이다. 대기압에서 수은의 기화 온도는 350 °C 이상이다. CCFL과 EEFL의 램프 압력은 통상 50 Torr이면, 수은의 기화 온도는 약 235 °C이다. 물론 방전관 내부의 온도가 기화 온도 이하인 경우에도 일부의 액상 수은은 기화되지만, 기화되는 정확한 양은 알 수 없다. 그러나 상기 형광램

프의 글로우 방전에 필요한 기체 수은 원자의 양을 플라즈마 방전 이론에 근거하여 예측할 수 있다.

이 연구에서는 플라즈마 방전관의 기체 수은 원자의 양을 전자의 충돌 이론을 통하여 계산하고자 한다. 수은 방전을 주도하는 CCFL과 EEFL의 양광주 영역에서 플라즈마의 전자 온도는 $kT_e \sim 1$ eV이며, 플라즈마의 밀도는 $n_0 \sim (10^{16} \sim 10^{17})$ m^{-3} 로 알려져 있다[6-8]. 전자의 온도가 $kT_e \sim 1$ eV인 전자와 불활성 기체인 네온과 아르곤 그리고 수은 원자와의 충돌에 의한 이온화에 의하여 발생하는 이온의 밀도가 양광주 플라즈마의 밀도인 n_0 를 만족하는 조건으로부터 중성 수은 원자의 밀도 $n(Hg)$ 를 계산한다.

II. 형광램프의 플라즈마 밀도

본 연구의 대상 램프는 37-inch LCD-TV에 사용되는 형광램프이다. 램프의 길이는 860 mm이며, 외경은 4 mm, 그리고 내경은 3 mm이다. 램프 내부에는 혼합기체인 네온(95 %)+아르곤(5 %)의 50 Torr와 2 mg의 액체 수은이 주입된다. 네온의 원자 밀도와 아르곤의 원자 밀도는 $n(P) \sim 3.25 \times 10^{22} P(\text{Torr})$ m^{-3} [9]로부터 계산된다. 네온의 원자 밀도는 $n(Ne) \sim 1.5 \times 10^{24}$ m^{-3} 이며, 아르곤의 원자 밀도는 $n(Ar) \sim 8.1 \times 10^{22}$ m^{-3} 이다. 형광램프에 주입된 2 mg의 액체 수은이 형광램프 내부 공간의 부피 6.1×10^{-6} m^3 인

* [전자우편] gscho@kw.ac.kr

Table 1. Operation data of 37-inch lamp and the plasma density.

Luminance [cd/m ²]	Lamp Voltage [V]	Lamp Current [mA]	Current Density [A/m ²]	Plasma Density [m ⁻³]
8,000	680.1	5.5	778	6.7×10 ¹⁶
10,000	952.6	6.8	962	8.3×10 ¹⁶
20,000	1,285	11.68	1652	1.4×10 ¹⁷

방전공간에 모두 기화된다면, 1몰의 질량이 200 g인 기체 수는 원자의 밀도는 $n(\text{Hg } 2 \text{ mg}) \sim 9.9 \times 10^{23} \text{ m}^{-3}$ 이다. 이 값은 주입된 Ne의 원자 밀도 $n(\text{Ne}) \sim 10^{24} \text{ m}^{-3}$ 과 거의 같은 값이다. 그러나 주입된 액체 수는 2 mg 중에서 기화되는 수는 원자의 정확한 양은 알 수 없다. 본 연구는 방전관의 글로우 방전(glow discharge)의 조건으로부터 수는 원자의 밀도를 계산하여 기화되는 수는 원자의 양을 예측하는 것이 주요과제이다.

본 연구의 대상인 상기의 형광램프의 동작에서 램프 휘도, 램프 전압, 램프 전류 및 전류 밀도에 대한 값을 Table 1에 나타내었다.

램프의 휘도가 증가하면 램프의 전류 및 전압도 증가한다. 램프의 휘도 증가에 따라서 램프 내부의 플라즈마 밀도를 Table 1에 나타내었다. 플라즈마 밀도 n_0 는 $J \sim n_0 e u_d$ 에서 계산되었다. 전류 밀도는 J 이며, u_d 는 램프의 양광주 영역에서의 전자의 유동 속도(drift velocity)이다. 양광주 영역에서의 글로우 방전 플라즈마의 전자온도가 $kT_e \sim 1 \text{ eV}$ 일 때, $m u_{th}^2 / 2 = 3kT_e / 2$ 로부터 열전자의 속도는 $u_{th} = 7.3 \times 10^5 \text{ m/s}$ 이다. 전자의 유동 속도와 열전자의 속도와 관계는 'energy balance 이론' [6]에서 $u_d \sim 0.1 u_{th} \sim 7.3 \times 10^4 \text{ m/s}$ 이다. 따라서 플라즈마 밀도 n_0 는 Table 1과 같이 램프 휘도 8,000, 10,000과 20,000 cd/m²에 대하여 각각 $6.7 \times 10^{16} \text{ m}^{-3}$, $8.3 \times 10^{16} \text{ m}^{-3}$, $1.4 \times 10^{17} \text{ m}^{-3}$ 로 계산된다. 이 값은 양광주 영역의 일반적인 글로우 방전 플라즈마의 밀도 n_0 인 $10^{16} \sim 10^{17} \text{ m}^{-3}$ 의 범위에 있다 [6-8].

전자의 에너지가 $kT_e \sim 1 \text{ eV}$ 일 때, 네온, 아르곤, 그리고 수은의 혼합 가스에서 각 원자의 이온화를 계산할 수 있다. 다음 절에서 전자의 충돌에 의하여 발생하는 네온 이온, 아르곤 이온, 그리고 수은 이온의 밀도를 각각 계산하고, 플라즈마의 밀도 n_0 로부터 기체 수는 원자의 밀도를 계산한다.

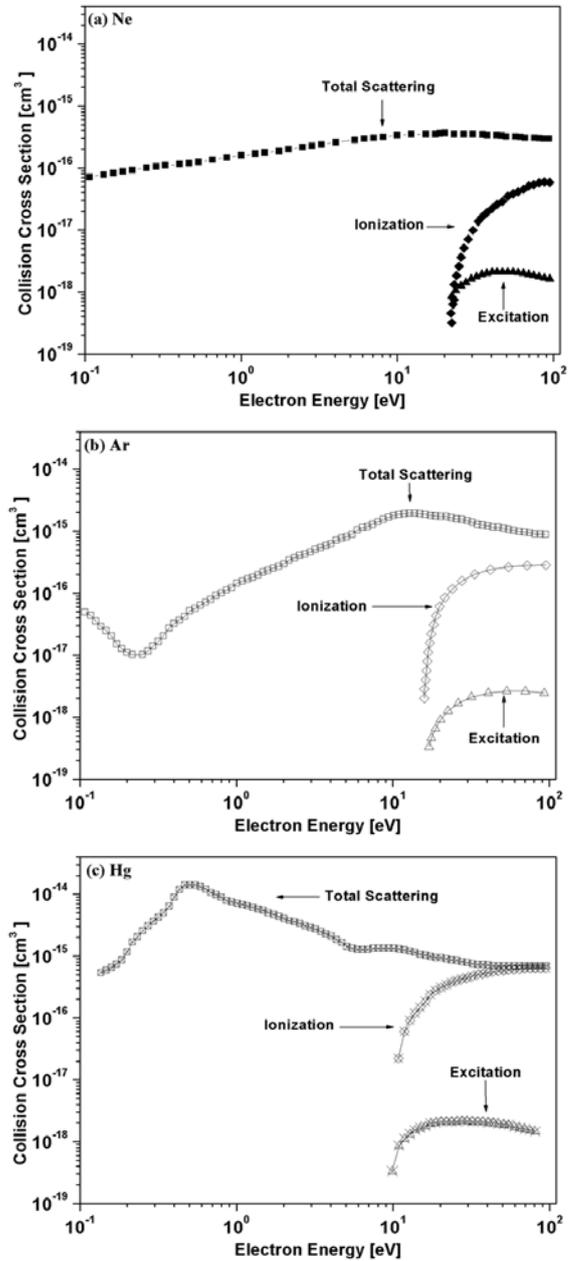


Figure 1. Collision cross section of Ne [10, 11] in (a), Ar [11-14] in (b), and Hg [14-16] in (c).

III. 수은 원자의 밀도 계산

형광램프 내부에 Ne, Ar, 그리고 Hg의 기체 원자들이 있을 때, 이들 원자들이 전자와의 충돌에 의하여 이온화된다.

계산 과정은 다음과 같다. 플라즈마 밀도 n_0 는 원자의 밀도 n 에 대한 이온화율로 표현된다. 이온화율은 전자의 원자와의 전체 충돌에 대한 이온화 충돌인 v^{ion}/v^{tot} 로 주어진다.

Table 2. Atom density in the 37-inch lamp of Ne(95 %)+Ar(5 %) 50 Torr.

	Atom Density[m ⁻³]	K ^{tot} [m ³ /s]	K ^{ion} [m ³ /s]	Ion Density [m ⁻³]		Calculated n(Hg) [m ⁻³]	
				n ₀ =10 ¹⁶	n ₀ =10 ¹⁷	n ₀ =10 ¹⁶	n ₀ =10 ¹⁷
Ne	1.5×10 ²⁴	1.27×10 ⁻¹⁴	4.64×10 ⁻²⁵	n(Ne ⁺)=4.40×10 ¹³	3.19×10 ¹³	—	—
Ar	8.1×10 ²²	2.06×10 ⁻¹⁴	4.23×10 ⁻²¹	n(Ar ⁺)=1.17×10 ¹⁵	8.46×10 ¹⁴	—	—
Hg	—	3.53×10 ⁻¹³	2.76×10 ⁻¹⁸	n(Hg ⁺)~10 ¹⁶	~10 ¹⁷	8.68×10 ²¹ (0.018 mg)	3.43×10 ²² (0.07 mg)

다. 따라서 플라즈마 밀도는 $n_0 = n(\nu^{ion}/\nu^{tot})$ 이다. 플라즈마 밀도 n_0 가 $10^{16} \sim 10^{17} \text{ m}^{-3}$ 이면, 이온화 충돌율이 주어지는 경우 원자의 밀도 n 을 계산할 수 있다. 방전 기체가 수은의 단일 원자인 경우는 위와 같이 간단하게 계산된다. 그러나 기체가 네온, 아르곤, 그리고 수은의 혼합 원자의 경우는 각각의 밀도와 이온화 충돌율을 고려하여 계산한다. 혼합 기체에 대한 계산과정은 다음과 같이 기술한다.

전자의 원자와의 충돌 주파수는 $\nu = n\alpha u$ 로 나타낸다. 여기서 n 은 원자의 밀도이고, α 는 전자의 원자에 대한 충돌 단면적이며, u 는 전자의 속도이다. 전자의 충돌 주파수는 Maxwell-Boltzmann의 속도 분포를 고려한 평균치인 $\langle \nu \rangle = n \langle \alpha u \rangle = nK$ 로 나타낸다. 여기서 $K = \langle \alpha u \rangle$ 는 원자의 단위 밀도에 대한 전자의 충돌 주파수인 rate constant이다. 전자의 에너지 $\epsilon = mu^2/2$ 에 대하여 K 는 다음과 같이 계산된다.

$$K = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \left(\frac{1}{kT_e} \right)^{\frac{3}{2}} \left(\frac{2}{m} \right)^{\frac{1}{2}} \int_0^\infty \epsilon \sigma(\epsilon) \exp(-\epsilon/kT_e) d\epsilon \quad (1)$$

위에서 전자 에너지 ϵ 에 대한 충돌 단면적 $\alpha(\epsilon)$ 는 그림 1에 나타내었다. 각 원자와 전자와의 충돌 단면적을 '총충돌 (total collision)', '이온화 충돌 (ionization collision)', 그리고 '여기 충돌 (excitational collision)'에 대하여 각각 나타내었다. 그림 1의 (a)~(c)는 각각 네온(a), 아르곤(b), 그리고 수은(c)에 대한 충돌 단면적이다.

각 원자들의 플라즈마 발생 비율은 이온화 충돌 주파수 (ν^{ion})와 전체 충돌 주파수 (ν^{tot})의 비 값인 ν^{ion}/ν^{tot} 로 주어진다. 네온, 아르곤 및 수은의 각 원자들의 밀도를 $n(\text{Ne})$, $n(\text{Ar})$, $n(\text{Hg})$ 라 하면, 전체 충돌 주파수 (ν^{tot})는 rate constant와 각 원자밀도에 의해 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\nu^{tot} = [n(\text{Ne})K^{tot}(\text{Ne}) + n(\text{Ar})K^{tot}(\text{Ar}) + n(\text{Hg})K^{tot}(\text{Hg})] \quad (2)$$

식 (2)에서 K^{tot} 는 각 이온의 총충돌 단면적 (σ^{tot})을 이용하여 식 (1)에서 계산되는 'rate constant'이다.

각 원자들의 이온화를 고려할 때, 발생하는 플라즈마의 밀도 n_0 는 다음과 같다.

$$n_0 = \frac{n(\text{Ne})\nu^{ion}(\text{Ne}) + n(\text{Ar})\nu^{ion}(\text{Ar}) + n(\text{Hg})\nu^{ion}(\text{Hg})}{\nu^{tot}} \quad (3)$$

위의 식에서, 네온의 이온화 충돌 주파수 $\nu^{ion}(\text{Ne})$ 는 $n(\text{Ne})K^{ion}(\text{Ne})$ 로 계산된다. 네온의 'rate constant' $K^{ion}(\text{Ne})$ 는 그림 1(a)에서 주어진 이온화 단면적 $\sigma^{ion}(\text{Ne})$ 을 이용하여 식 (1)에서 계산한다. 전자의 모든 원자와의 전체 충돌 주파수(ν^{tot})에 대한 네온 원자와의 이온화 충돌 주파수 ($\nu^{ion}(\text{Ne})$)의 비인 $\nu^{ion}(\text{Ne})/\nu^{tot}$ 의 값이 네온 원자들 중에서 이온화되는 비율이다. 따라서 네온 원자의 이온 플라즈마 수 $n(\text{Ne}^+)$ 는 $n(\text{Ne})\nu^{ion}(\text{Ne})/\nu^{tot}$ 이다. 마찬가지로 아르곤 이온 $n(\text{Ar}^+)$ 와 수은의 이온 $n(\text{Hg}^+)$ 를 구한다. 이들 이온의 합이 식 (3)의 플라즈마 밀도 n_0 이다. 수식 (3)에서 이미 앞 절에서 알려진 네온의 밀도 $n(\text{Ne})$ 와 아르곤의 밀도 $n(\text{Ar})$ 를 이용하여 플라즈마 밀도가 $n_0 \sim (10^{16} \sim 10^{17}) \text{ m}^{-3}$ 일 때의 수은 원자의 밀도 $n(\text{Hg})$ 가 계산된다.

Table 2에 식 (3)의 계산에 필요한 데이터와 각 원자의 이온 값의 계산 결과를 나타내었다. 앞절에서 소개한 바와 같이 램프에 주입한 Ne(95 %)와 Ar(5 %)의 압력 50 Torr에 대한 밀도는 각각 $n(\text{Ne}) = 1.5 \times 10^{24}$ 과 $n(\text{Ar}) = 8.1 \times 10^{22}$ 이다. 식(1)에서 계산된 각 이온의 'rate constant'를 각각 나타내었으며 이를 이용하여 구한 수은 밀도와 질량을 나타내었다. Table 2에서 K^{ion} 은 단위밀도당 이온충돌에 대한 값으로 수은이 가장 큰 값을 가지며 네온이 가장 작은 값을 가진다. 따라서 이온밀도도 수은이 가장 크고 네온이 가장 작은 값을 보인다. 플라즈마 밀도 n_0 가 10^{16} m^{-3} 일 때, 각 원자의 이온화 밀도는 각각 $n(\text{Ne}^+) \sim 4.40 \times 10^{13} \text{ m}^{-3}$, $n(\text{Ar}^+) \sim 1.17 \times 10^{15} \text{ m}^{-3}$ 이며, 이들은 플라즈마의 밀

Table 3. Mercury weight (mg) required in the lamps of large area LCD-TV's.

	LCD Panel Size [inch]		
	32"	37"	42"
Lamp Length [mm]	738	860	956
Required Hg [mg]	0.06	0.07	0.08

도 $n_0 \sim 10^{16} \text{ m}^{-3}$ 에 비하여 매우 작은 값이다. 따라서 대부분의 플라즈마 이온이 수은 이온이다. 마찬가지로 플라즈마 밀도가 $n_0 \sim 10^{17} \text{ m}^{-3}$ 일 때, $n(\text{Ne}^+) \sim 3.19 \times 10^{13} \text{ m}^{-3}$, $n(\text{Ar}^+) \sim 8.46 \times 10^{14} \text{ m}^{-3}$ 이다. Table 2의 데이터 값과 식 (3)에서 플라즈마의 밀도 n_0 가 10^{16} 와 10^{17} m^{-3} 일 때, 수은 원자의 밀도는 각각 $8.68 \times 10^{21} \text{ m}^{-3}$ 와 $3.43 \times 10^{22} \text{ m}^{-3}$ 이다. 이를 방전관의 부피 $6.08 \times 10^{-6} \text{ m}^{-3}$ 내부의 총 수은 질량으로 환산하면 각각 0.02 mg과 0.07 mg이다.

IV. 결과 및 고찰

램프의 휘도에 따라서 램프 내부의 플라즈마의 밀도는 $10^{16} \sim 10^{17} \text{ m}^{-3}$ 이다. LCD 백라이트용 고휘도 램프의 플라즈마 밀도를 10^{17} m^{-3} 이라고 하면, 고밀도의 플라즈마를 발생시키기 위하여 방전관 내부에 요구되는 수은 원자의 밀도인 $3.43 \times 10^{22} \text{ m}^{-3}$ 로 부터 계산되었다. 이러한 수은 원자 밀도에 대하여 램프 내부의 체적을 고려하여 기체 수은 원자의 양을 얻는다. Table 3은 대면적 LCD-TV용 램프의 길이별 방전에 필요한 기체 수은의 양이다. 램프의 외경 4 mm, 내경 3 mm에 대하여, 방전에 필요한 기체 수은의 양은 램프의 길이 738 mm 일 때 0.06 mg, 860 mm 일 때 0.07 mg, 그리고 956 mm 일 때 0.08 mg이다. 램프의 길이가 증가할수록, 방전에 필요한 기체 수은의 양도 증가한다.

V. 결 론

대면적 LCD-TV의 백라이트용 형광램프의 발광에 필요한 기체 수은의 양을 계산하였다. 일반적으로 냉음극 형광

램프나 외부전극 형광램프에는 수 십 Torr의 Ne+Ar의 혼합 기체와 함께 2~4 mg의 액체 수은을 주입한다. 이러한 수은의 양은 램프를 장시간 동작하는 동안 수은의 소모를 고려한 양이다.

본 연구에서 글로우 방전의 양광주 플라즈마 발생에 필요한 중성 기체 수은의 밀도와 이에 해당하는 수은의 양을 계산하였다. 램프에 주입되는 혼합 기체 Ne(95 %)+Ar(5 %) 50 Torr에서 Ne과 Ar의 원자 밀도는 각각 $n(\text{Ne}) \sim 10^{24} \text{ m}^{-3}$ 와 $n(\text{Ar}) \sim 8 \times 10^{22} \text{ m}^{-3}$ 이다. 에너지 $kT_e \sim 1 \text{ eV}$ 인 전자와 중성 원자와의 충돌에 의하여 글로우 방전을 위한 수은의 플라즈마의 밀도 $n_0 \sim 10^{17} \text{ m}^{-3}$ 를 생성하기 위한 기체 수은의 원자 밀도는 $n(\text{Hg}) \sim 3.43 \times 10^{22} \text{ m}^{-3}$ 이다. 이때, 네온과 아르곤 이온의 밀도는 각각 $n(\text{Ne}^+) \sim 10^{13} \text{ m}^{-3}$ 및 $n(\text{Ar}^+) \sim 10^{14} \text{ m}^{-3}$ 이며, 대부분은 수은 플라즈마인 $n(\text{Hg}^+) \sim 10^{17} \text{ m}^{-3}$ 이다. 따라서 기체 수은의 이온화율이 약 10^{-5} 으로서, 램프 내부는 약한 이온화 플라즈마(weakly ionized plasma)이다.

중성 수은 원자의 밀도 $n(\text{Hg}) \sim 3.43 \times 10^{22} \text{ m}^{-3}$ 를 고려하면, 32 인치~42 인치 백라이트용 램프에서 기체 수은의 양은 0.06~0.08 mg이다. 이 값은 고휘도를 얻기 위한 램프 내부에 발생하는 수은 플라즈마를 얻기 위한 것이다. 이 값은 램프 제조 공정에서 실제로 투입되는 액상 수은의 양인 2 mg에 비하여 3~4 %에 해당하는 작은 양이다. 그러나, 이 값은 램프의 동작에 따른 수은의 저감을 고려하지 않은 값이며, 동시에 램프에 주입되는 액상 수은이 모두 기화된다면 가정에 따른 값이다. 만약 램프의 장시간 동작 중에 수은의 저감을 방지할 수 있다면, 현재 램프에 주입되는 액상 수은량 2~4 mg은 과도한 양으로서 더 줄일 수 있는 여지가 있다.

감사의 글

본 논문은 교육부의 BK21사업의 연구비지원에 의하여 연구되었음.

참고문헌

[1] M. J. Shin, J. M. Jeong, J. H. Kim, G. E. Kim,

- M. R. Lee, D. G. Yoo, J. H. Koo, B. H. Hong, E. H. Choi, G. S. Cho, J. Kor. Vac. Soc. **16**, 330 (2007).
- [2] D. H. Gill, S. B. Kim, H. S. Song, D. G. Yu, S. H. Lee, M. S. Pak, J. G. Kang, G. S. Cho, M. R. Cho, M. G. Hwang, Y. Y. Kim J. Kor. Vac. Soc. **15**, 266 (2006).
- [3] S. V. Heusden, B. J. Mulder, Appl. Phys. **23**, 355 (1980).
- [4] B. J. Mulder, S. V. Heusden, Phys. state. sol. (a). **63**, 137 (1981).
- [5] M. L. Huber, A. Laesecke, and D. G. Friend, Ind. Eng. Chem. Res. **45**, 7351 (2006).
- [6] Y. P. Raizer, *Gas Discharge Physics* (Springer, New York, 2001), pp.240.
- [7] G. Cho, J. H. Kim, J. M. Jeong, B. H. Hong, J. H. Koo, and E. H. Choi, Appl. Phys. Lett. **92**, 021502 (2008).
- [8] B. M. Smirnov, *Physics of Ionized Gases* (Wiley, New York, 2001), pp.322.
- [9] M. A. Lieberman, A. J. Lichtenberg, *Principles of Plasma Discharges and Materials Processing* (Wiley, New Jersey, 1994), pp.33.
- [10] A. Salop, H. H. Nakano, Phys. Rev. A. **2**, 129 (1970).
- [11] S. Mori, O. Sueoka, J. Phys B: At. Mol. Opt. Phys. **27**, 4361 (1994).
- [12] M. Suzuki, T. Taniguchi, and H. Tagashira, J. Phys. D: Appl. Phys. **23**, 845 (1990).
- [13] J. Bretagne, G. Calleda, M. Legentil, and V. Puech, J. Phys. D: Appl. Phys. **19**, 767 (1986).
- [14] I. Pandithas, K. Brown, A. I. Al-Shamma, J. Lucas, and J. J. Lowke, IEEE. **2**, 1112 (2003).
- [15] Y. Gil, J. Cotrino, and L. Alves, J. Phys. D: Appl. Phys., **38**, 1588 (2005).
- [16] S. D. Rockwood, Phys. Rev. A. **8**, 1353 (1973).

Mercury Quantity in a Fluorescent Lamp for a Backlight of LCD-TVs

Jaehwan Bong, Yunjung Kim, Hachung Hwang, Dongjun Jin, Jongmun Jeong, Junghyun Kim,
Jehuan Koo, and Guangsup Cho*

Department of Electrophysics/ LCD-BLU Laboratory, Kwangwoon University, Seoul 139-701

(Received August 6, 2008, Revised September 16, 2008, Accepted November 9, 2008)

The amount of vapor mercury for the generation of glow discharge plasma has been calculated in a fine tube fluorescent lamp having a mixed gas of Ne+Ar including a mercury. When the ionization of atom is considered by the collision between neutral atoms (Ne, Ar, Hg) and electrons of energy $kT_e \sim 1$ eV, the density of vapor mercury atom has been obtained as $n(\text{Hg}) \sim 3.43 \times 10^{22} \text{ m}^{-3}$ for the plasma density $n_0 \sim 10^{17} \text{ m}^{-3}$. In the fluorescent lamps of out diameter 4 mm used for 32~42-inch LCD-TVs having a mixture gas of Ne(95 %)+Ar(5 %) with the pressure of 50 Torr, the quantity of vapor mercury for the glow discharge has been calculated as 0.02~0.08 mg.

Keywords : Plasma, Discharge lamp, Mercury, Liquid crystal display backlight

* [E-mail] gscho@kw.ac.kr