

08' 1st Semester Display Engineering 1 Syllabus

Subject No.	4541.833	Class No.		Subject Name	Display Engineering 1	Point	3
--------------------	----------	------------------	--	---------------------	-----------------------	--------------	---

Lecturer	Name: Whang, Ki -Woong (Professor)	Homepage : pllaboratory.snu.ac.kr
	E-mail : kwchang@snu.ac.kr	Phone : 02-880-9552
	Interview time and place : Mon & Wed PM 4:00~ / Bld.104-1 Rm.401	

Object of this class	<p>Recently, Flat Panel Display occupied more than half of Display market, this portion will be much larger in future. FPD techniques is based on high-tech semiconductor technology and covered by physics, electronics, materials, chemical engineering, namely circuit and system, materials synthesis, thin film, vacuum techniques. In this circumstance, the experts of each techniques gather and set up this lecture to promote national technology development and raise competent researchers.</p>
-----------------------------	--

Textbook & Reference	<p>Text book : differ from sub-subject to sub-subject (articles will be upload on EE lecture board)</p> <p style="text-align: center;">※ OLED textbook(Display Engineering 2-FED/OLED) will be on bookstore from 10th~15th, March.</p>
---------------------------------	--

Ratio for grade	Presence	Homework	LCD	OLED	PDP	Total
	2%	8%	30%	30%	30%	100%
	etc.	Test will be held in three times, right after finishing each sub-subject				

Announcement	<p>TA : Lee, Hwally (hwally@pllaboratory.snu.ac.kr)</p> <p>Handouts and articles will be upload on EE lecture board</p> <p>Classroom is Bld.302, Rm.519</p> <p>ONLY LCD part lecture will be conducted on Mon, Wed from PM 1~3:30.</p> <p>Others will be conducted from PM 2:30~4:00 same as syllabus.</p>
---------------------	---

Tardiness Policy	<p>Any student who misses more than 5 times homework will receive F.</p> <p>Cheating will be punished by University Policy.</p>
-------------------------	---

Lecturer	Lecture Date	Lecture Date
	Lecture contents	Lecture contents
LCD Lecturer : SSLCD Vice President Kim, Sang Soo (~4/2) *Once in a week 3/10,17,24,4/2 PM 1~3:30	3/3	3/5
	Introduction to this course	State of LCD industries and techniques
	3/10	3/12
	Introduction to LCD techniques	LC theory & Cell principles
	3/17	3/19
	LC Mode (TN/IPS/VA mode)	a-Si physical properties and TFT
	3/24	3/26
	TFT-LCD structure	TFT-LCD driving theory
	3/31	4/2
TFT-LCD manufacturing techniques	Advanced TFT-LCD Technology	
OLED Lecturer : Prof. Lee Chang Hee(~4/23) Prof. Hong Yong Taek(4/28~) PM 2:30~4	4/7	4/9 (Election Day)
	Introduction to OLED : OLED structure, properties, characteristics	off
	4/14	4/16
	OLED device structure and materials	OLED device driving theory(1) -electrical & optical properties
	4/21	4/23
	OLED device driving theory(2) -electrical & optical properties	OLED device manufacturing & heating problems
	4/28	4/30
	OLED device characteristics	TFT manufacturing and properties
	5/5 (Children's day)	5/7
	off	Backplane techniques and state-of-art techniques
5/12 (Buddha's day)	5/14	
off	AMOLED manufacturing and pixels	
PDP Lecturer : Prof. Whang Ki Woong(5/21~) PM 2:30~4	5/19	5/21
	OLED Driving Techniques	Introduction & PDP History
	5/26	5/28
	Plasma Discharge Physics	PDP Cell Structure
	6/2	6/4
	PDP Driving	PDP Driving
	6/9	6/11
PDP Manufacturing & Material	PDP Prospect & Future Technology	

디스플레이공학 시험문제

(PDP분야)

2008.6.16

1. PDP를 다른 디스플레이 소자(CRT포함)와 비교하였을 때 갖는 장단점을 각 3가지씩 들고, 각각의 특성을 간단히 설명하라.
2. DC PDP와 AC PDP의 셀 구조에서 차이점을 지적하고, 이 차이가 구동을 어떻게 다르게 하는지 설명하라. 현재 대부분의 상용화된 PDP는 위의 두 형태의 어느 것이 쓰여지는가? 그 이유는?
3. PDP에서 "Memory 효과"란 무엇이며, 어떻게 해서 얻어질 수 있고, 구동에서 어떻게 쓰여지는지 설명하라.
4. PDP에서 쓰여지는 발광의 원리를 설명하라. 사용 되어지는 가스의 종류는 어떤 것이 쓰여지는가? 혼합가스를 쓰는 이유는?
5. PDP에서 쓰여지는 구동 기술은 크게 ADS(Address Display Separation)와 AWD(Address While Display) 기술로 나눌 수 있다. 두 기술을 Timing Chart 를 그려 차이를 비교 설명하라.
6. PDP에서 Gray Scale 을 구현하는 방법을 설명하라. 5 bit 구동을 하는 경우 각 SF의 가중치와 칼라당 표현 가능한 Gray Scale 수는 얼마인가?
7. 5번 에서 설명한 방법을 써서 Gray Scale을 표현하면 Dynamic False Contour라는 노이즈가 발생한다. 이 노이즈가 어떤 노이즈이며, 발생하는 이유를 설명하고, 없애는 방법을 2가지 들고 각 방법을 상세 설명하라.
8. 현재 시판되는 PDP는 소모 전력의 저감 개선이 필요하다. 이를 위해 사용될 수 있는 방법을 3가지 들고, 각 방법을 상세 설명하라.
9. PDP제작에서 격벽 형성에 이용될 수 있는 제작 방법 4가지를 들고 각 방법을 그림을 그려 설명하라.
10. PDP를 TFT-LCD와 OLED와 비교하여 장래를 시장 조사기관에는 어떻게 예측하고 있으며, 본인의 생각은 어떤지 피력하라. (밑줄 친 부분은 채점 대상 부분이 아님.)

플라즈마 디스플레이 패널 (Plasma Display Panel)

서울대학교 공과대학 전기공학부
교수 황기웅



1.1 PDP의 역사

18C 초 : Volta에 의한 전지의 발명
→ 인공 방전

19C 중 : Faraday 등에 의한 가스방전 연구
→ X선, 전자 발견

19C 말 : 플라즈마로부터 나오는 빛의 분광 분석
→ 불연속선 → 양자역학

1927년 : F. Gray (Bell 연구소)

50×50 lines, Ne 방전

65×75 cm 크기의 극장용 플라즈마 표시기

1930년대 : CRT의 등장



1940년대 : Bacon과 Pollad의 Dekatron Tube
Alpha-numeric 표시장치

1950년대 : Burrough社의 Nixie Tube
Alpha-numeric 표시장치

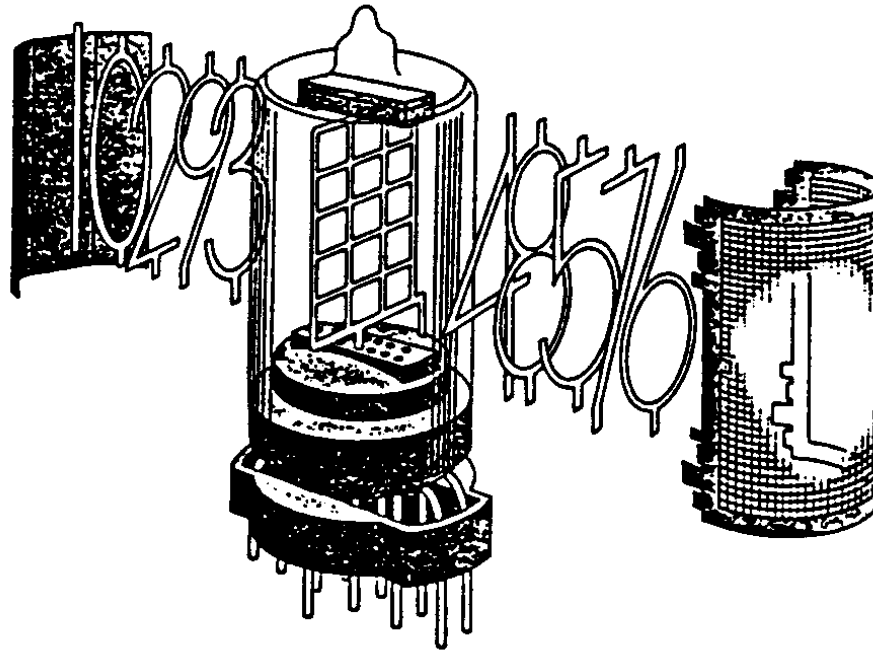


그림 1.2.1 Nixie 방전 표시 장치



1960년대 후반 : Matrix형 PDP

전류 제한용 셀 저항 필요

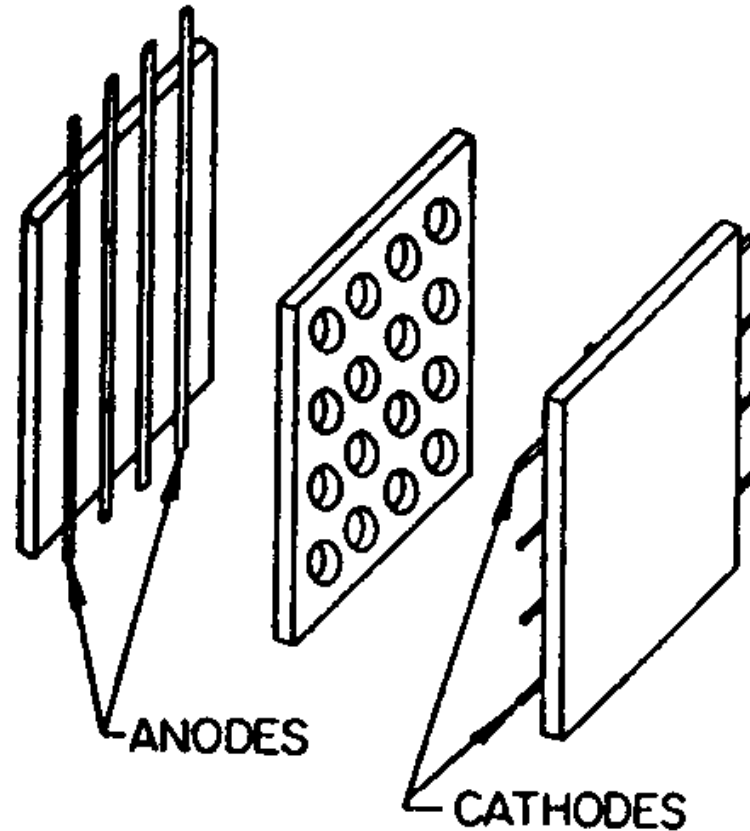


그림 1.2.2 Matrix형 PDP의 개략도



1964년 : Bitzer와 Slottow (Illinois 大)

AC형 전극구조 → 용량형 저항, 메모리

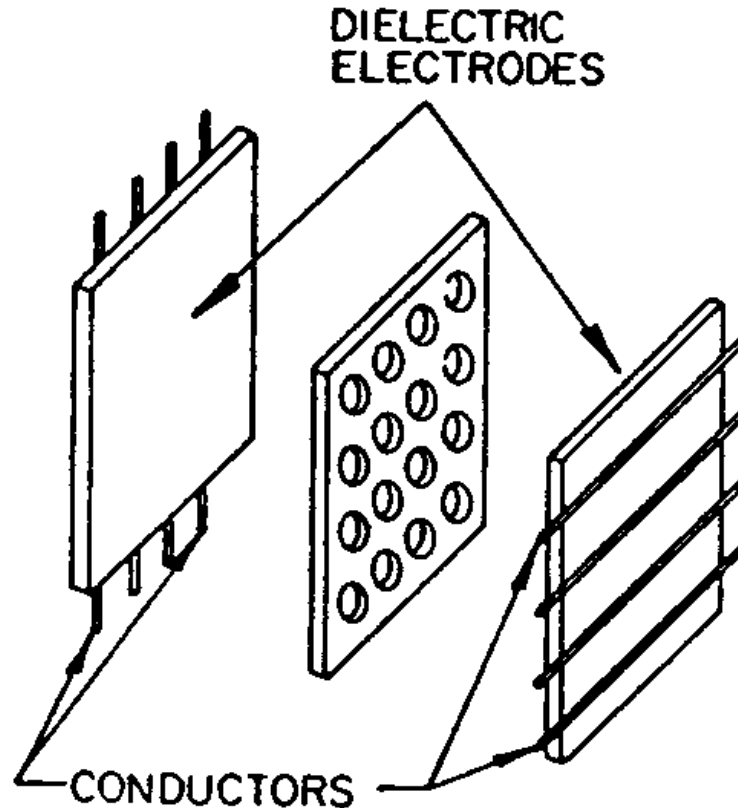


그림 1.2.3 AC형 PDP의 개략도

1970년 : Holz와 Ogle (Burrough社) Self-Scan 형 DC PDP, 구동소자의 감소

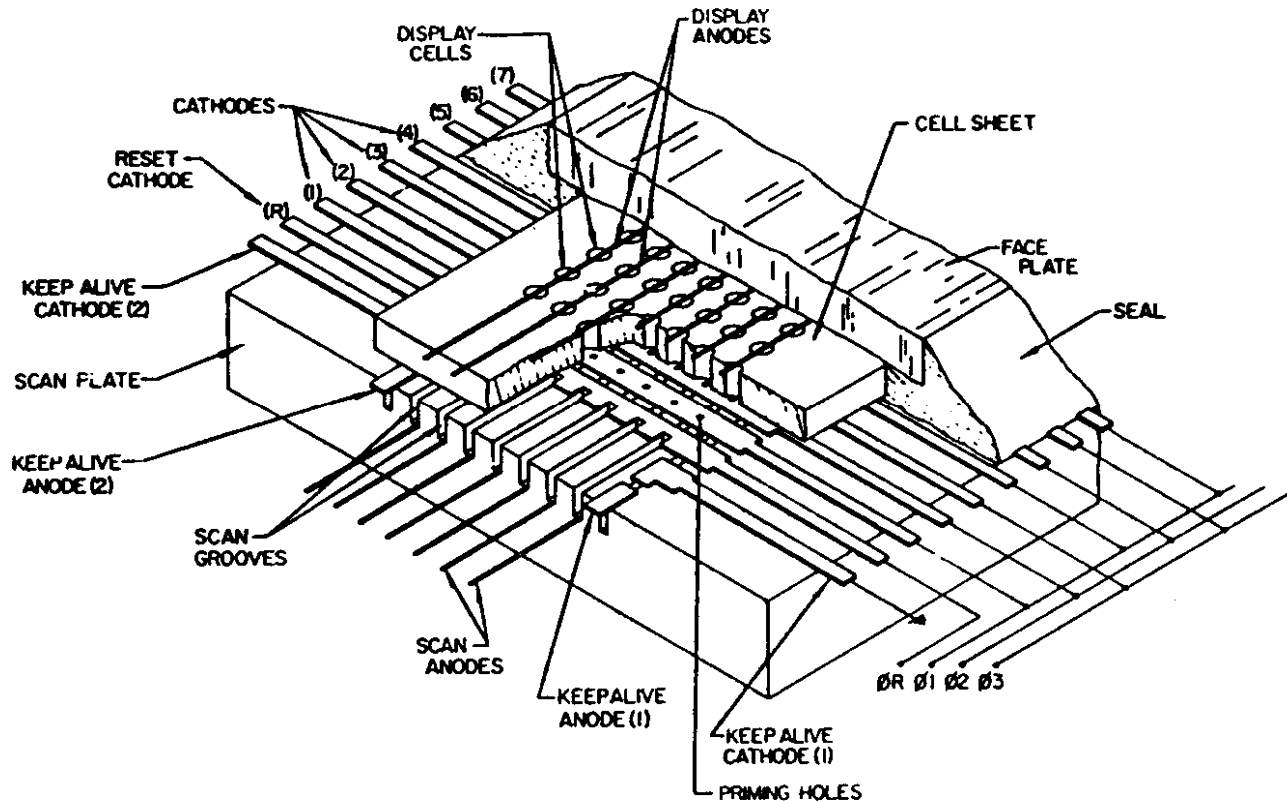


그림 1.2.4 Self-scan™ 형 방전 표시 장치의 개략도



1970년대 초반 : NHK, Hitachi, Fujitsu, Sony社
등에서 PDP 연구 시작

1980년대 초반 : Matsushita에 의한 DC PDP 상용화
NHK에 의한 HDTV용 DC PDP 연구

1988 : Photonics, Mono 60" AC PDP
NHK, 20" DC PDP

1991 : Photonics, 64 계조 AC PDP

1992 : Thomson Tube, 0.4mm Pitch
22" AC PDP

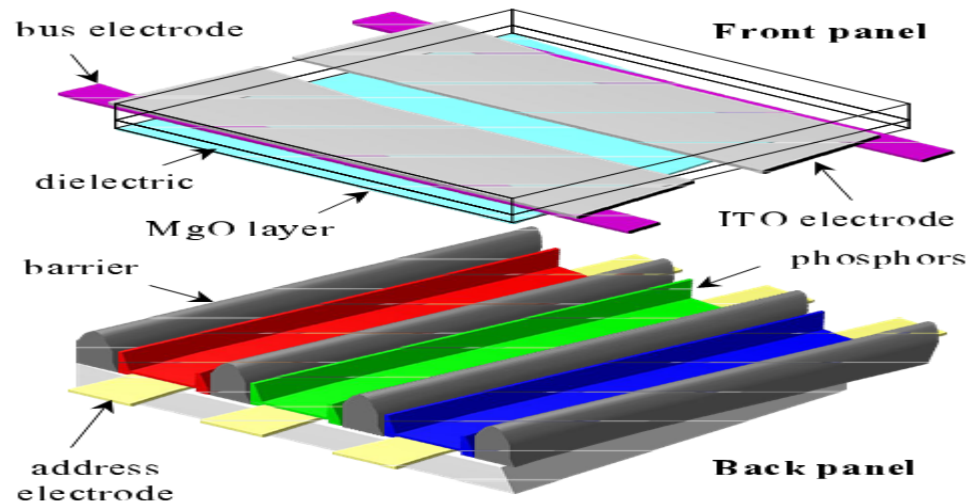
1993 : Fujitsu, 21" AC PDP 양산
NHK, 40" HDTV용 Full Color DC PDP
Plasmaco, XGA급 30" • EWS



1996 : Fujitsu, 16 : 9 42" AC PDP
NEC, 33" AC PDP
Sony, 26" PALCD

1997 : Fujitsu, NEC, Pioneer, Matsushita,
Hitachi에서 양산 개시.

LG전자, 삼성전관, 오리온전기 개발착수



3전극 반사형 AC PDP의 셀구조



- 1998 : LG전자 60" 발표
- 1999 : Fujitsu-Hitachi 합작 법인 설립
삼성SDI 63" 발표
- 1999 : T-shaped Electrode, Waffle Rib, Clear Dr
(Pioneer)
- 2000 : LG전자, 삼성SDI 양산 개시
- 2000 : 42 " WXGA ALiS(Alternate Lighting of
Surfaces Method) FHP
- 2003 : (3면취), 2005(4면취, 6면취), 2006(8면취)
- 2004.1 : 80 " Full Color, FHD PDP(삼성SDI)



2005 .9 : 103" Full Color, FHD PDP 삼성SDI

2005 : 65 " FHD PDP 양산 Matsushita

2005.9 : PDP가격(1만₩/인치 이하)

2007 : 32 " XGA, LG전자, 삼성SDI

2008.1 : 생산능력 (月42 " 기준) 삼성SDI(61만),
LG전자(44만), Panasonic (63만)

2008.1 : Matsushita 150 " PDP





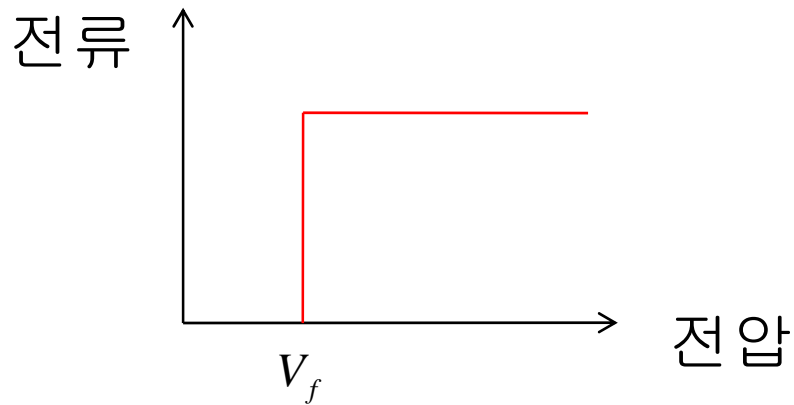
삼성SDI의 108 "FHD PDP (2005.9)



1.2 PDP의 특징 및 장단점

1.2.1 특징

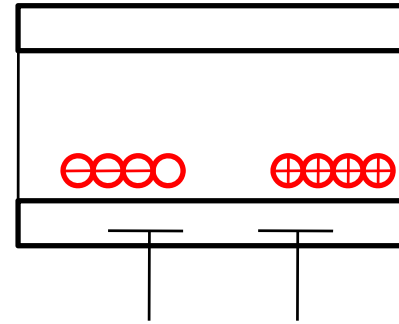
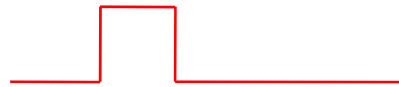
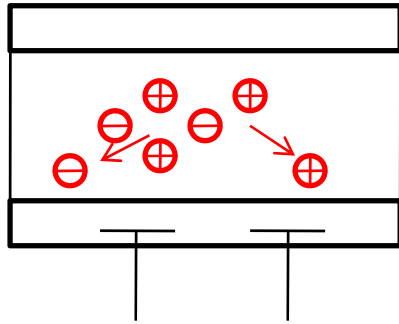
A) 매우 강한 비선형성



B) 기억 기능

① 벽전하 (AC형 PDP)

전류



② Meta stable species



1.2.2. 장점

A) 광시야각

Emissive (自然光) Display

B) 우수한 동화상 표시능력 (Motion Blur)

Subfield를 이용한 계조 표시

(반면 LCD는 투과율 조절을 이용하는

Hold-Type 액정이용)

C) 耐震 特性

D) 내열·내한 특성

E) 장수명

F) Full Color with Wide Color Gamut



1.2.3. 단점

- A) 낮은 광효율
- B) High Voltage 구동
- C) 高解像度
- D) 무게



2 방전물리

2.1 서론

셀 구조, 전극 간격 및 폭, 구동파형, 가스종류,
방전압력, 전극 및 유전체 재료



PDP 단위 셀에서 형성되는 플라즈마



빛



2.2 플라즈마의 기본 성질

플라즈마의 정의

:

“Plasma is a quasineutral gas of charged and neutral particles which exhibits collective behavior”

고체 → 액체 → 기체 → “플라즈마”
열 열 열 열

(얼음) (물) (수증기) (수소+산소 플라즈마)

“물질의 제 4 의 상태”

지구상에서는 대부분 고체, 액체, 기체 상태로 존재
우주전체로 볼 때 대부분의 물질이 플라즈마 상태

- 번개, Aurora Borealis, 전리층, Magneto Sphere,
태양, 별, 星間物質



플라즈마로 탄생된 우주

1927. Georges Edward Lemaitre

George Gamow

“Big Bang” 이론에 의한 우주의 탄생
우주는 ‘cosmic plasma egg’로부터 탄생

(10^{32} 도, 10^{100} g/cm 밀도의 초고온, 고밀도
플라즈마로부터 탄생)

증거 : ① 별들의 구성 성분이 He 25%, 수소 75%
② Hubble의 Red Shift 발견
③ 3K Background radiation



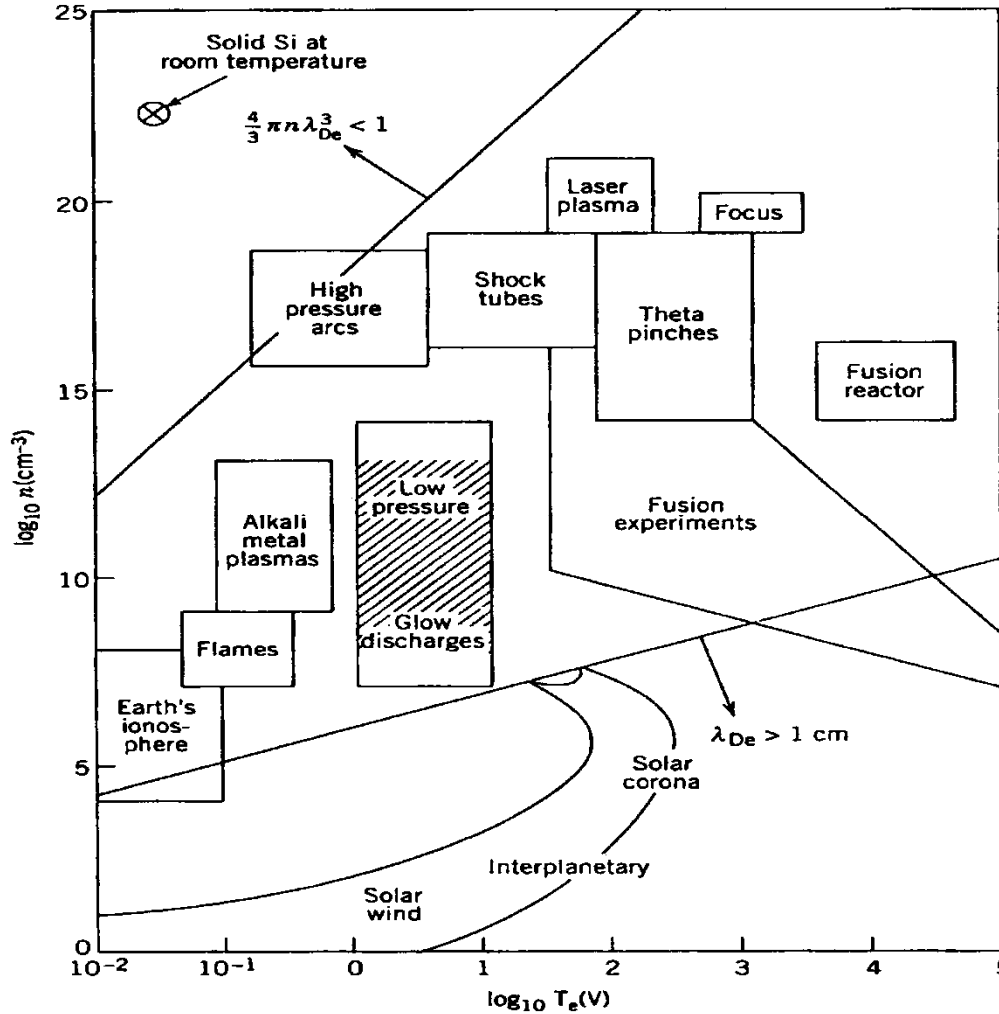


그림 2.2.1 여러 종류 플라즈마의 분류



플라즈마의 분류

온도와 밀도에 의함.

PDP의 플라즈마

: 온도 ~ 수만도, 밀도 ~ $10^9 \sim 10^{11} \text{ cm}^{-3}$



플라즈마의 특성

열적 : 高溫

전기적 : 導體

역학적 : 電磁力의 발생

화학적 : 活性이 강한 라디칼, 여기종 다수

광학적 : “發光” → PDP에 이용

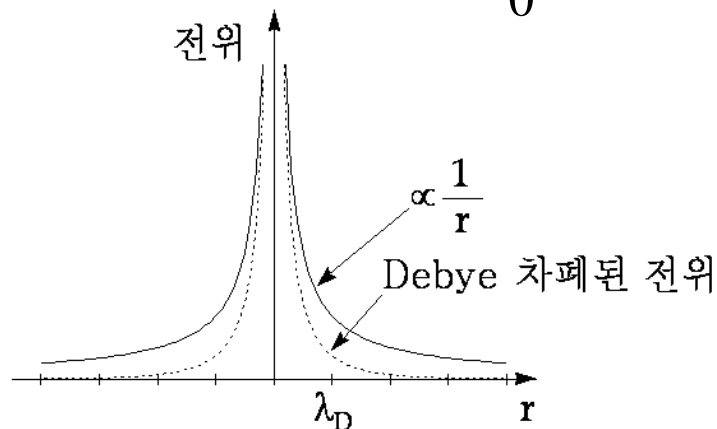


2.2.1 플라즈마의 차폐

점전하 주위의 전위

- 빈공간 : $\sim \frac{1}{r}$
- 플라즈마 내 : $\sim \frac{1}{r} \exp(-\frac{r}{\lambda_D})$

$$\lambda_D = \left(\frac{\epsilon_0 k T_e}{n_0 e} \right)^{\frac{1}{2}} : \text{Debye 길이}$$



점전하 주위의 전위



2.2.2 플라즈마 파라미터 (N_D)

$$N_D = n \times \lambda_D^3 \quad (\text{Debye 체적내의 입자 수})$$

$$\frac{\text{평균 위치에너지}}{\text{평균 운동에너지}} = \frac{1}{6\pi N_D^{\frac{2}{3}}}$$

$N_D \gg 1 \rightarrow$ 평균 운동에너지 \gg 평균 위치에너지
 \rightarrow 高温 성질, Quasineutral 성질



2.2.3 플라즈마 진동 주파수 (ω_p)

플라즈마 진동 : 하전입자간의 정전력에 의한
고유의 진동

$$\omega_p = \sqrt{\frac{ne^2}{m\epsilon_0}}$$

PDP 플라즈마 : $f_p \sim 10^9 \text{ Hz}$

전리층 플라즈마를 지나는 전자파의 통과 유무 결정
- 장거리 통신에 이용



하전입자의 모임이 플라즈마로
불리우기 위한 조건

$$\textcircled{1} \lambda_D \ll L(= \frac{T}{|\nabla T|}, \frac{n}{|\nabla n|} \text{ 등})$$

$$\textcircled{2} N_D \gg 1$$

$$\textcircled{3} f_P \gg f_C$$

PDP에서는 종종 위의 조건이 위배.

(수 eV, 수백 Torr때 $f_p \sim 10^9 \text{ Hz}$, $f_C \sim 10^{11} \text{ Hz}$)



2.2.4 플라즈마의 온도

가스원자의 속도 분포 → Maxwell-Boltzman 분포

$$f(v) = n \left(\frac{m}{2\pi kT} \right)^{\frac{3}{2}} \exp\left(-\frac{mv^2}{2kT}\right)$$

평균 속도 $\langle v \rangle = \sqrt{\frac{kT}{m\pi}}$

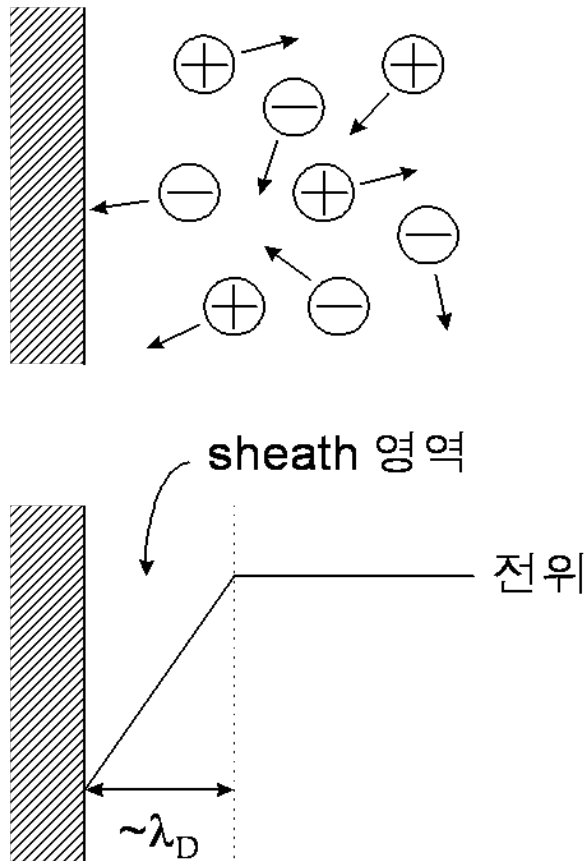
평균에너지 $\frac{1}{2} m \langle v^2 \rangle = \frac{3}{2} kT$

온도의 단위 : eV or K

$$(1\text{eV} \rightarrow 11600 \text{ K})$$



2.2.5 Sheath



벽으로 주입되는 입자수/면적·시간

$$\Gamma = n \left(\frac{2kT}{\pi m} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$T_e \gg T_i, m_i \gg m_e$ 이므로

$$\Gamma_e \gg \Gamma_i$$

Sheath 전위 V_s

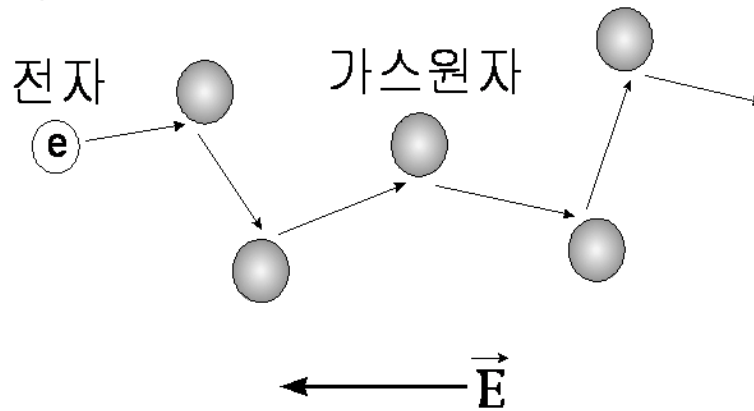
$$V_s = \frac{kT_e}{e} \ln \left(\frac{m_i}{2\pi m_e} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Sheath 경계에서의 이온 속도

$$V_i > \left(\frac{kT_e}{m_i} \right)^{\frac{1}{2}}$$

3 플라즈마의 생성

3.1 충돌반응



$$m \frac{d\vec{v}}{dt} = -e \vec{E} - m \vec{v} \nu_m : \text{Langevin Eq.}$$

충돌의 종류 { 탄성 충돌

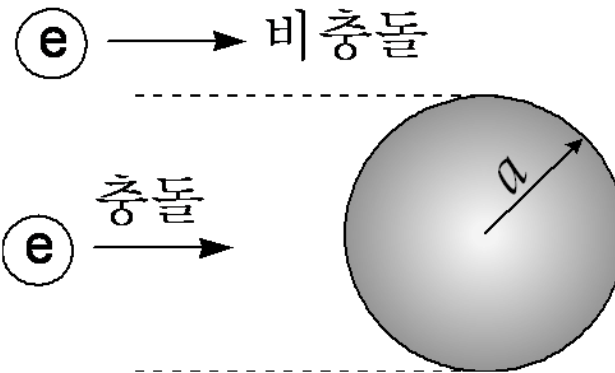
비탄성 충돌 : 운동에너지 → 내부에너지 변화

Ionization, Excitation, Recombination,



충돌 산란 단면적 σ :

$$\sigma = \pi a^2 \quad : \text{hard sphere 충돌}$$



$$\sigma = \frac{e^2 \ln \Lambda}{4\pi\epsilon_0^2 (mv^2)^2} \quad : \text{Coulomb 충돌}$$

여기서 $\ln \Lambda = \ln \frac{\lambda_D}{\gamma_{\min}}$: Coulomb logarithm

$$\frac{1}{2} mv^2 = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 \gamma_{\min}}$$



Mean Free Path $l = \frac{1}{N\sigma}$ (N : 가스 원자의 밀도)

충돌 주파수 $\nu_m = \frac{v}{l} = N\sigma v$

mobility $\mu = \frac{e}{m\nu_m}$

conductivity $\sigma = \frac{n_e e^2}{m\nu_m}$

확산 계수 D $\frac{D}{\mu} = \frac{kT}{e}$: Einstein Relation



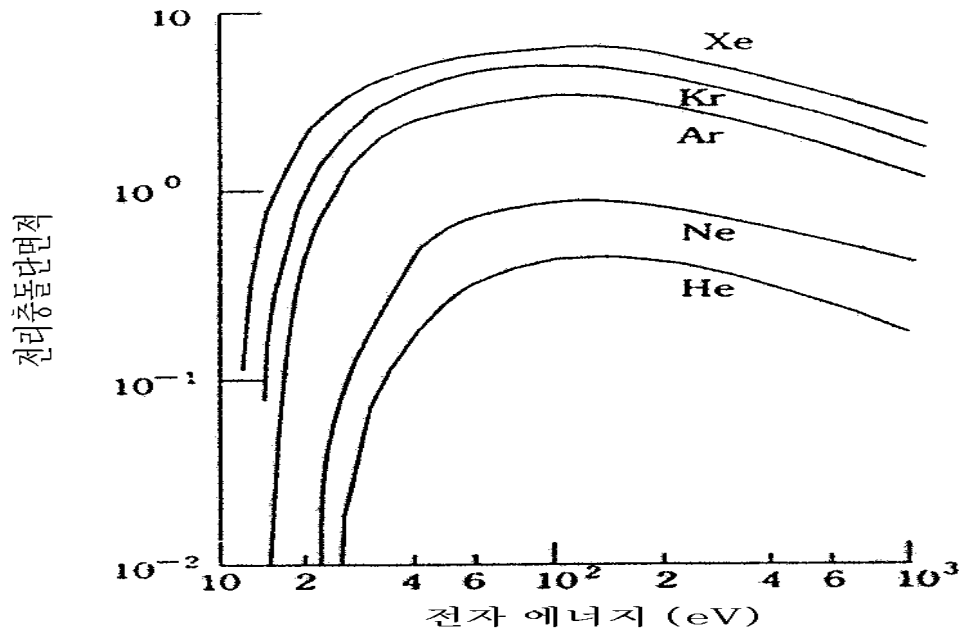


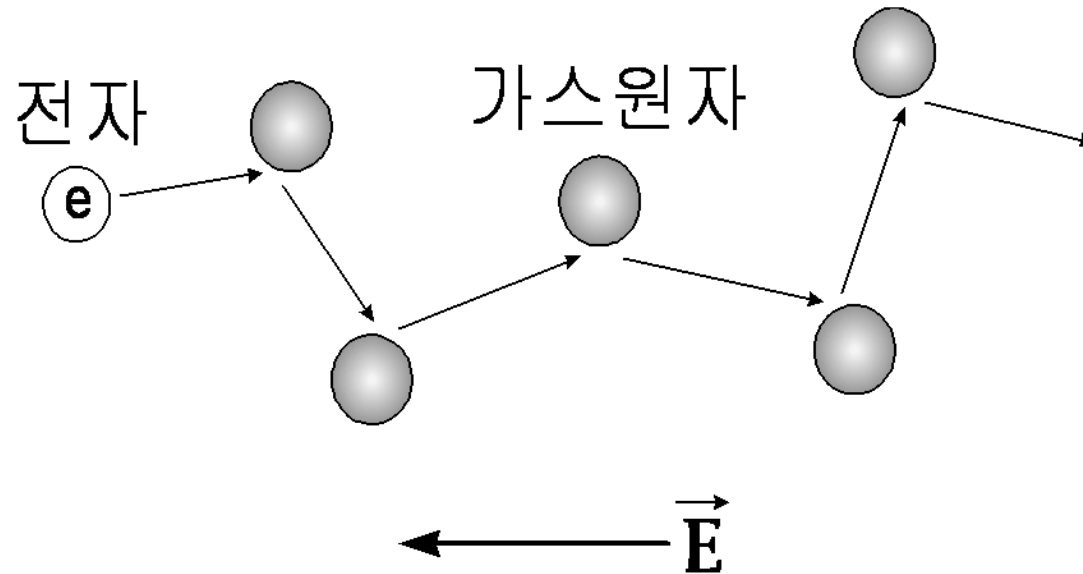
그림 3.1.2 불활성가스의 전리 충돌 단면적

가스종류	He	Ne	Ar	Kr	Xe
전리에너지 (eV)	24.6	21.57	15.76	14.0	12.13

표 3.1.1 불활성가스의 전리 전압



3.2 Drift velocity와 mobility



$$\vec{v}_d = \mu \vec{E} \quad \text{where } \mu = \frac{e}{m \nu_m} : \text{mobility}$$

$$\nu_m = N \sigma_c v : \text{충돌 주파수}$$

σ_c : 충돌 산란 단면적

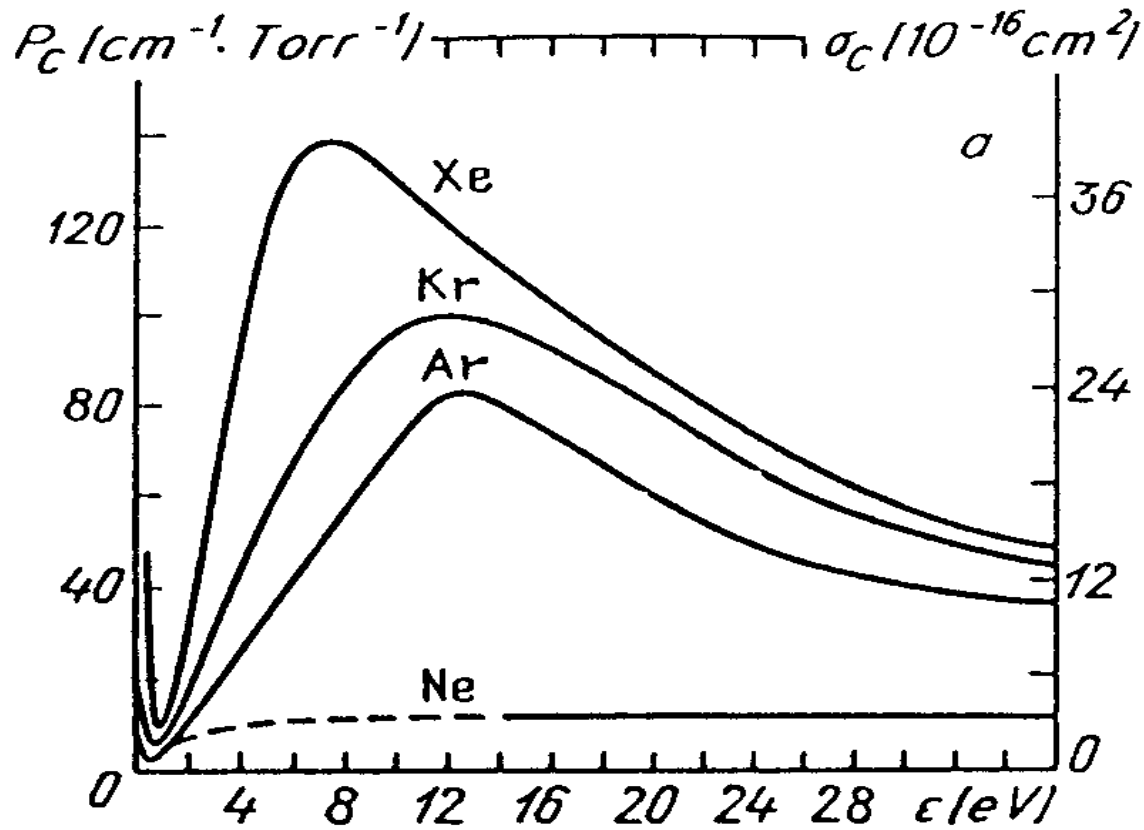


그림 2.2.2

불활성 가스 내에서의 전자의 산란단면적 σ_c 와
탄성충돌확률 P_c (P_c 는 단위 cm당의 충돌횟수)



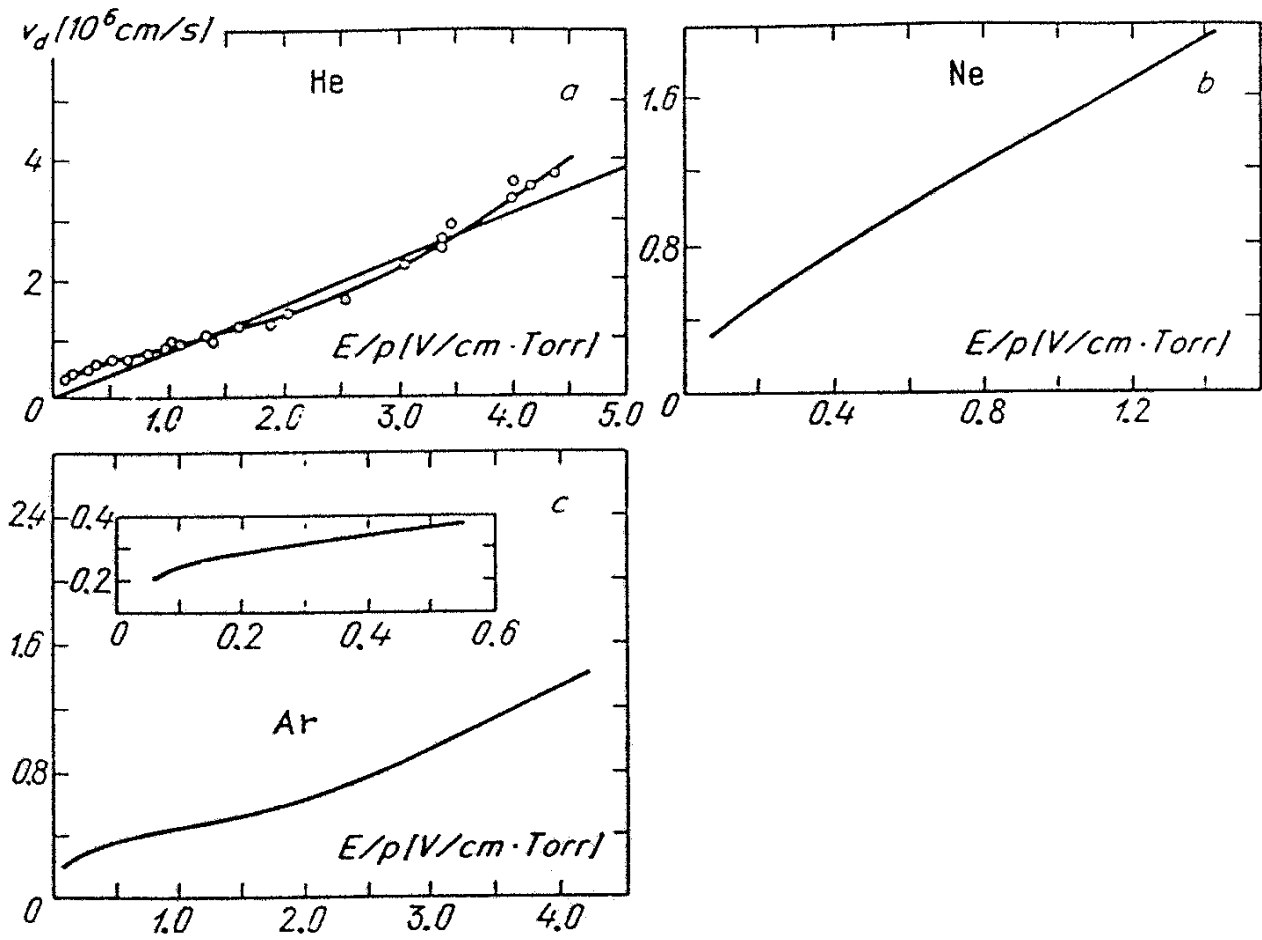


그림 2.2.3
불활성 가스 내에서의 전자의 drift 속도



가스	$\mu_e P$ ($10^6 \frac{cm^2 \cdot Torr}{V \cdot S}$)	v_m / p $10^9 S^{-1} Torr^{-1}$	$\sigma P / n_e$ $10^{-13} \frac{Torr \cdot cm^2}{ohm}$
He	0.86	2.0	1.4
Ne	1.5	1.2	2.4
Ar	0.33	5.3	0.53
Kr	0.19	6.5	0.43
Xe	0.27	9.2	0.3

표 2.2.1 전자의 mobility, 충돌주파수, conductivity



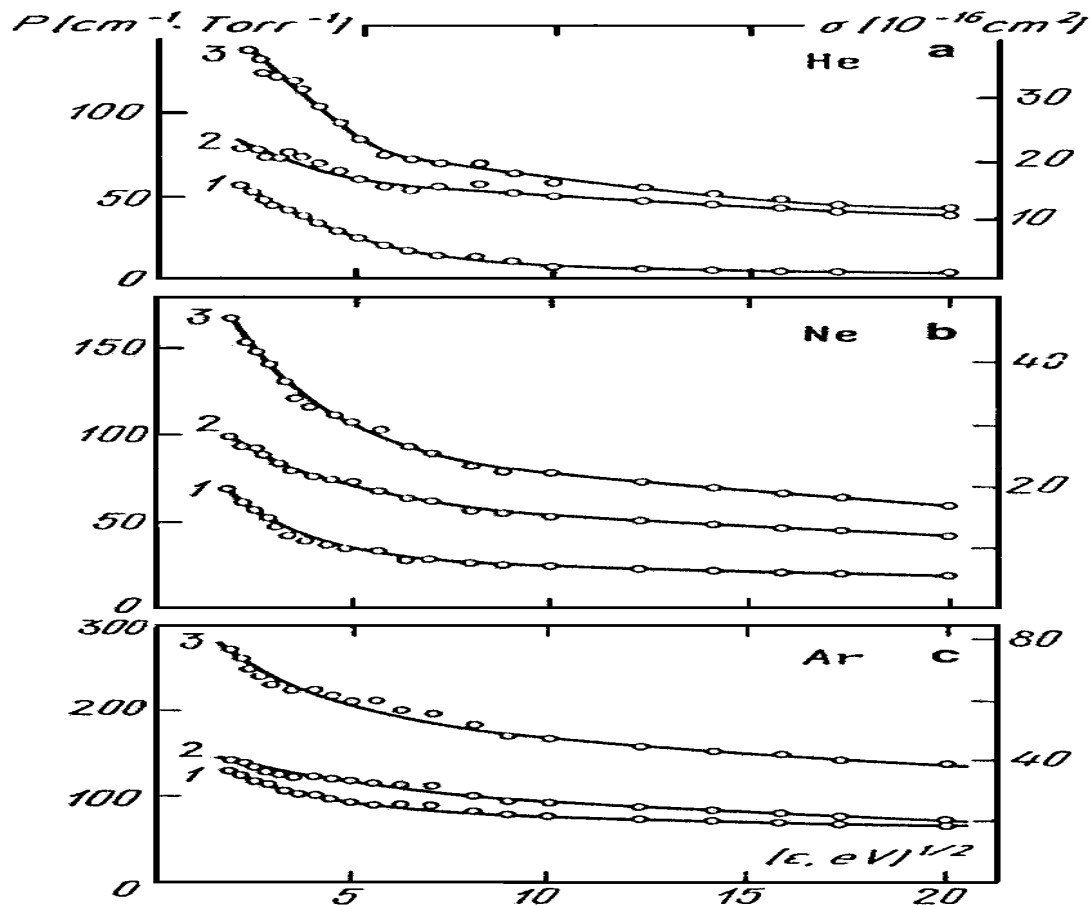


그림 2.2.4

불활성 가스 내에서 이온들의 탄성충돌
단면적 1과 전하교환단면적 2, 3은 1과 2의 합



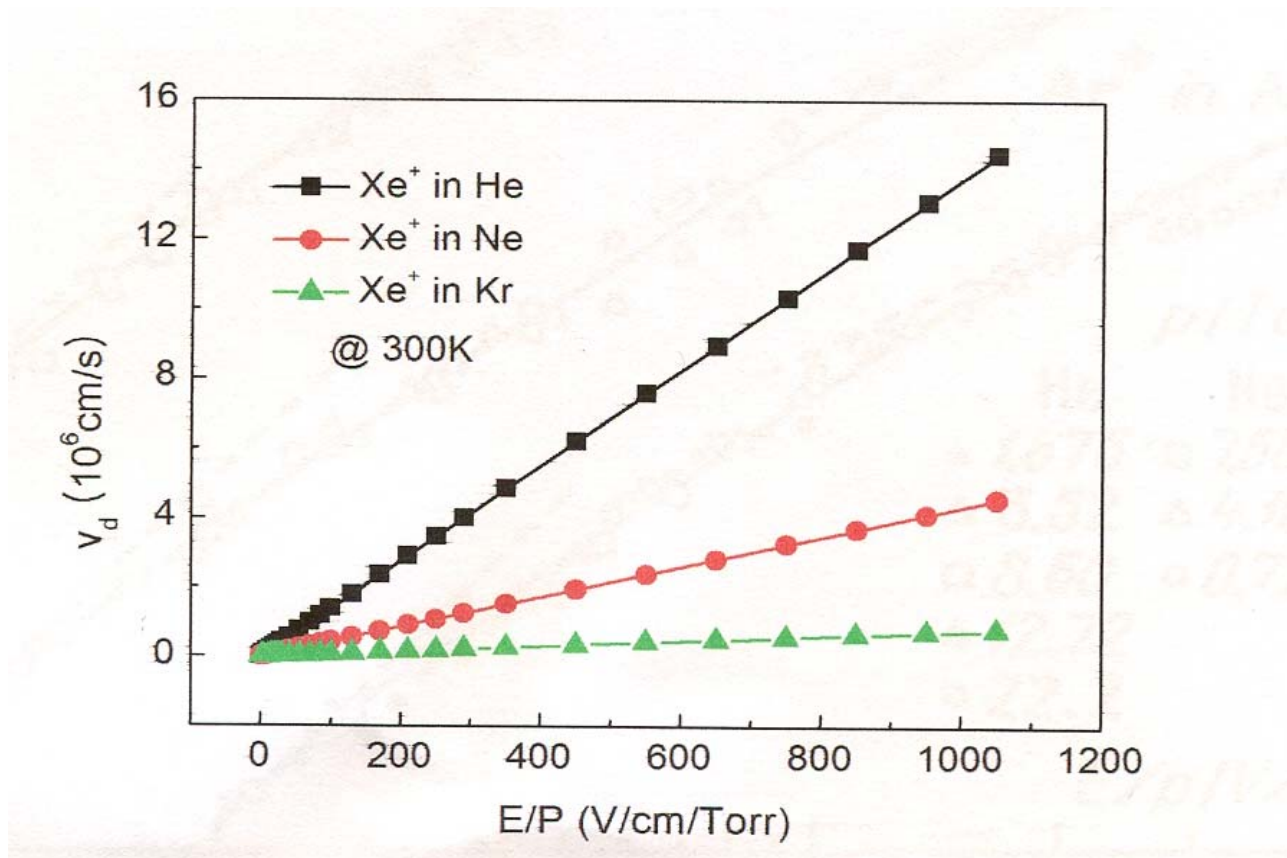


그림 2.2.5 Drift velocity of Xe^+ in He, Ne, Ar



Electron Energy Balance (탄성충돌만 고려)

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = \left(\frac{e^2 E^2}{m v_m^2} - \delta \varepsilon \right) v_m$$

$$\text{where } \delta = \frac{2m(\text{Electron Mass})}{M(\text{Ion Mass})}$$

Mean Electron Energy

$$\bar{\varepsilon} = \frac{\sqrt{3\pi}}{4} \frac{eEl}{\sqrt{\delta}}$$



3-3. Energy level in Atom

Schrodonger Eq.

$$\left(-\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2 + V\right)\varphi = E\varphi$$

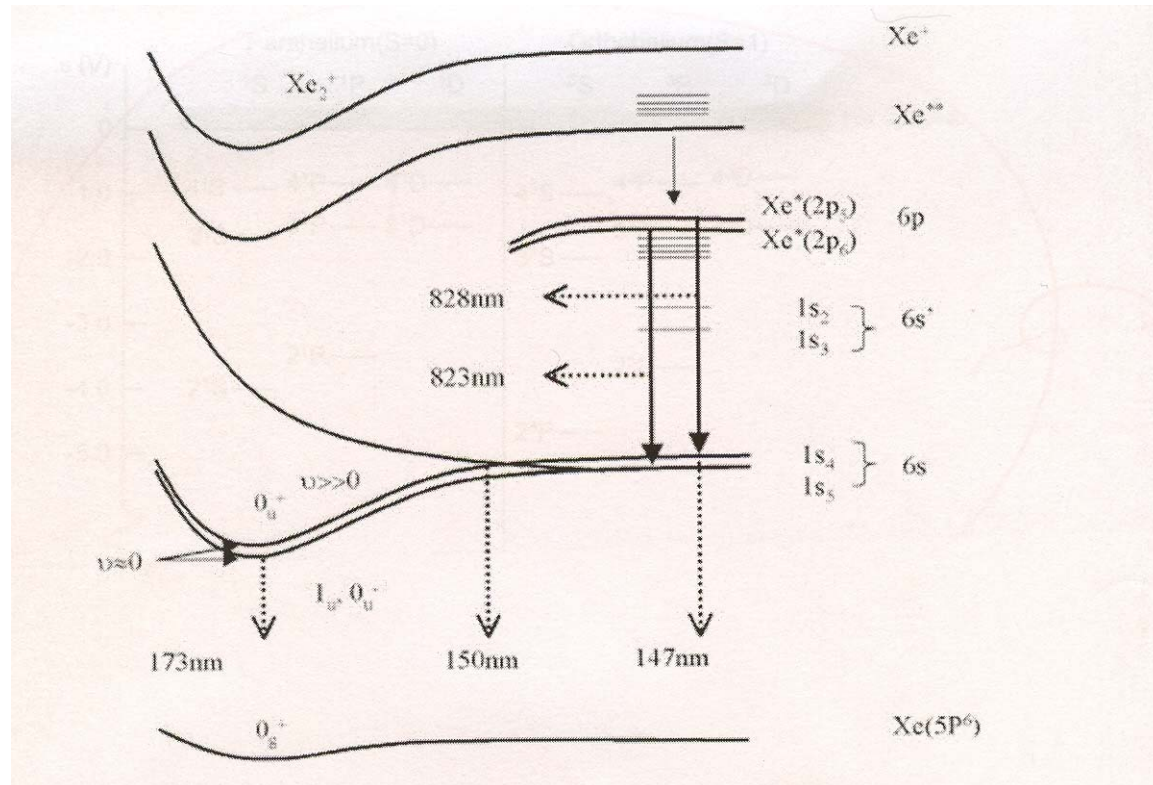
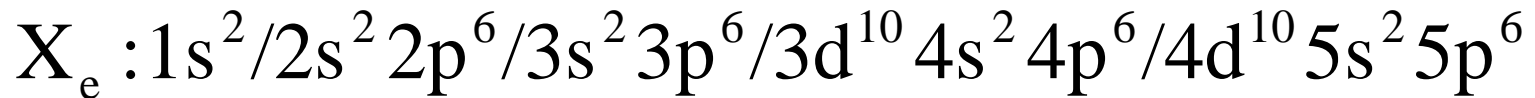
with $V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{ze^2}{r}$ and with $z = 1$ (Hydrogen Atom)

$$\varphi_{nlms} =$$

$$\text{and } E_n = -\frac{13.6}{n^2} \text{ (ev)}$$



Electronic Configuration of Xe



Xe의 에너지 level diagram

3-4. Excitation and Ionization

3-4-1. Excitation

원자의 여기 : $M + e(h\nu) \rightarrow M^*$

여기된 원자의 천이 : $M_i^* \rightarrow M_j^* + h\nu$

selection rule for dipole radiation

$$\begin{cases} \Delta L = \pm 1 \\ \Delta J = 0, \pm 1 & (J = 0 \rightarrow J = 0 \text{ 금지}) \\ \Delta S = 0 \end{cases}$$

천이가 금지된 레벨 : Metastable (긴수명)



가스	Resonance level		Metastable level		
	에너지 (eV)	수명 (ns)	에너지 (eV)	수명(sec)	레벨
He	21.2	0.56	19.8	6×10^9	2^3S_1
			20.6	2×10^{-6}	2^1S_0
Ne	16.6	20.7	16.6	70.8	3^3P_2
Ar	11.6	10.2	11.5	>1.3	4^3P_2
Kr	9.98	4.4	9.9	>1	5^3P_2
Xe	8.4	3.8	8.3	$>10^{-3}$	6^3P_2

표 3.1.2 불활성 가스의 Resonance level 과 Metastable level 의 에너지와 수명



3-4-2. Ionization

A) Electron Impact Ionization

$$\text{여기서} \frac{dn_e}{dt} = \nu_i n_e = k_i N n_e$$

$$\begin{aligned} \nu_i &= N \int n(\varepsilon) v \delta_i(\varepsilon) d\varepsilon = N \langle v \delta_i \rangle \\ &= N k_i \end{aligned}$$

ν_i : Ionization frequency

k_i : Reaction rate constant



$$\nu_i = N \langle v \rangle C_i (I + 2kT_e) \exp(-I / kT_e)$$

I : 전리전압

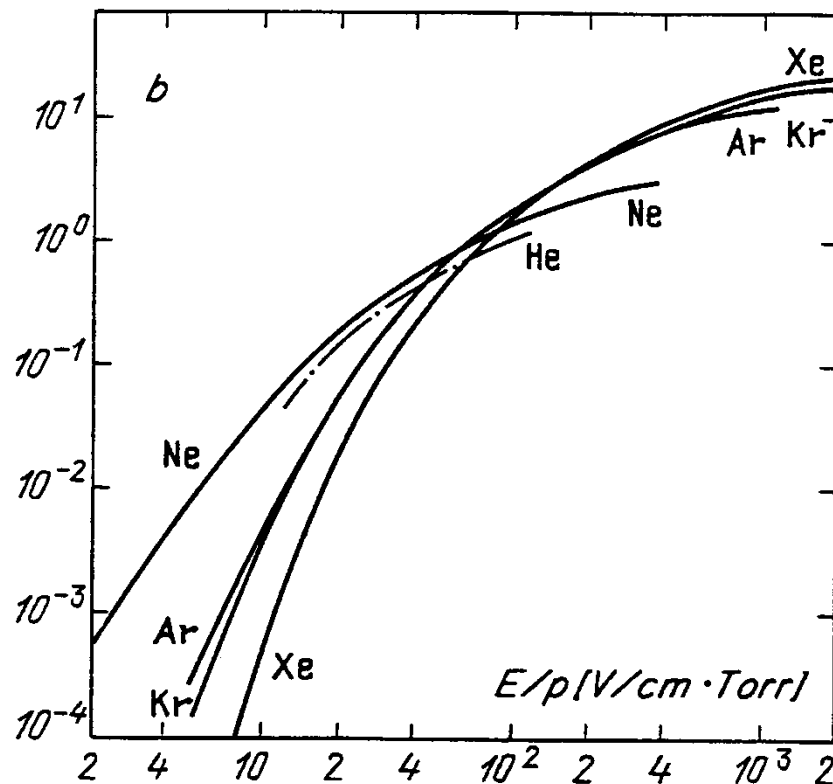
$$C_i = 0.13(\text{He}), 0.16(\text{Ne}), 2.0(\text{Ar}) \times 10^{-17} \text{ cm}^2 / \text{eV}$$

$$\nu_i = 2.7 \times 10^9 \text{ S}^{-1} \text{ for Ar, } T_e = 3\text{eV}, 300\text{Torr}$$



Townsend's Ionization Coefficient

$$\alpha = \nu_i / v_d \quad : \quad \text{no of ionization / cm}$$



Ionization Coeff.

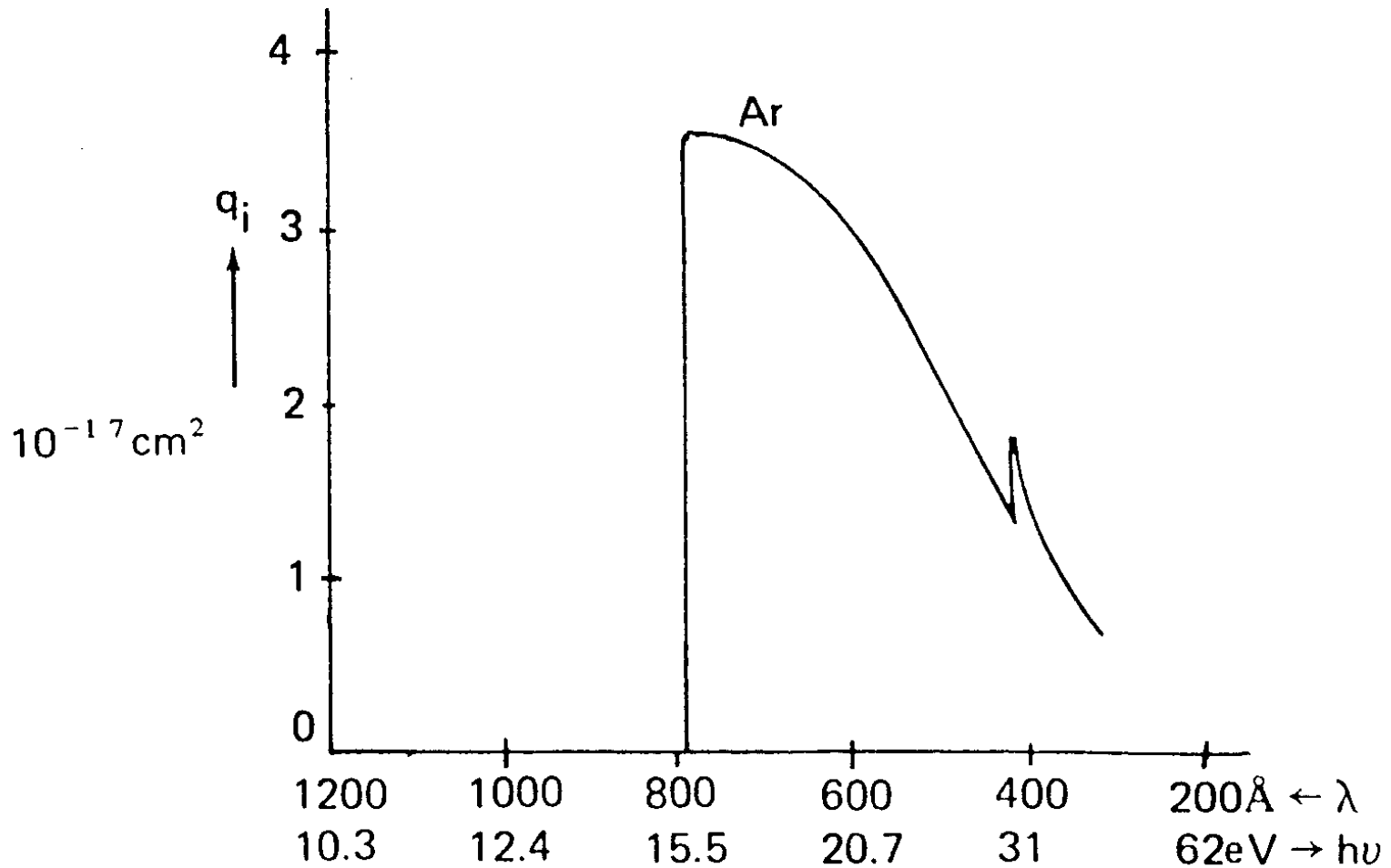


B) Photoionization

$$h\nu > I$$

gas	$h\nu=I(\text{eV})$	$\lambda(\text{\AA})$	$\sigma_{\nu}(10^{-18} \text{ cm}^2)$
He	24.6	504	7.4
Ne	21.6	575	7.8
Ar	15.8	787	35
Kr	14.0	886	
Xe	12.13	1022	





Photoionization Cross Section



C) Ionization by Excited Atoms

Ionization by Atoms or Molecules requires

$$v_i \sim 10^8 \text{ cm/s} \quad (10 \sim 100 \text{ keV})$$

Ionization by Resonance Excited Atom

$$\sigma \sim 2 \times 10^{-14} \text{ cm}^2 \quad \text{for He } (2^1P, 21.2 \text{ eV})$$

in Ar, Kr, Xe

Ionization by Metastable Atom

$$\sigma \sim 10^{-15} \text{ cm}^2 \quad \text{for He } (2^3S, 19.8 \text{ eV})$$

in Ar, Xe

(Penning Effect)



D) Associative Ionization



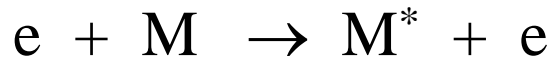
$$\text{He} : \sigma \sim 2 \times 10^{-15} \text{ cm}^2$$



3.5 충돌 반응의 종류

(a) 전자의 충돌에 의한 반응

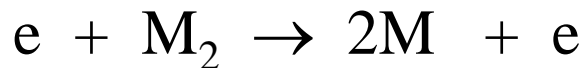
- Excitation (rotational, vibrational, electronic) :



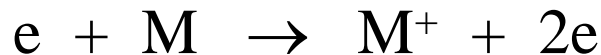
- Dissociative attachment :



- Dissociation :



- Ionization :

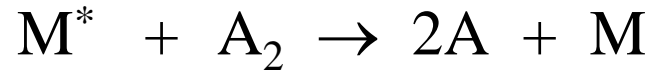


- Dissociative ionization :



(b) 무거운 입자(heavy particles) 간의 비탄성 충돌에 의한 반응

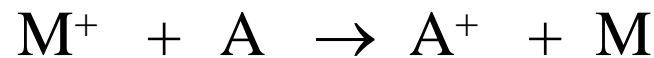
- Penning dissociation :



- Penning ionization :



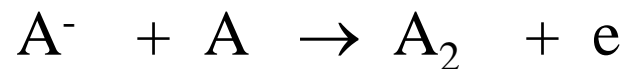
- Charge transfer :



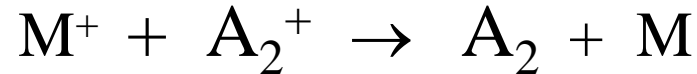
- Collisional detachment :



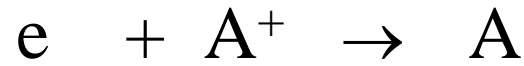
- Associative detachment :



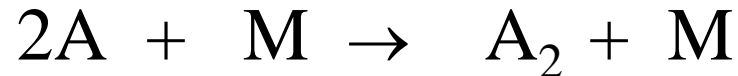
- Ion-ion recombination :



- Electron-ion recombination :



- Atom recombination :



- Atom abstraction :



- Atom addition :



(c) 혼성(Heterogeneous) 반응

(S : 플라즈마와 접하고 있는 고체 표면)

- Atom recombination :



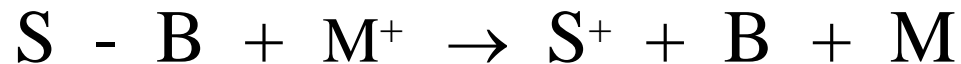
- Metastable de-excitation :



- Atom abstraction :

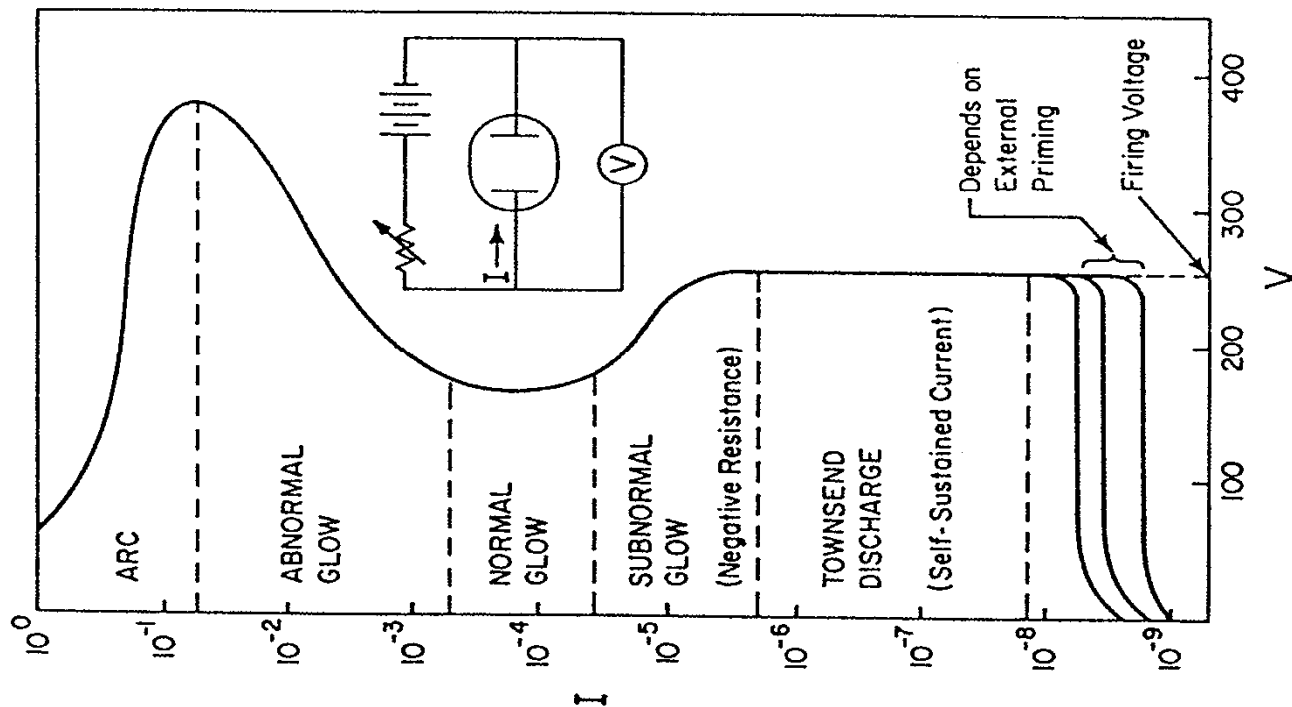


- Sputtering :



3.6 α - and γ - processes

기체 방전의 전류 대 전압 특성 곡선



DC Glow 방전의 전류 - 전압 특성곡선



* Prebreakdown Stage

- 특징 :
- ① Small Current ($\sim 10^{-8}$ A)
 - ② non-self sustained discharge
(no current flows when tube is blocked)
 - ③ 균일전장
 - ④ 발광이 거의 없음.



가) Townsend Discharge 특성 (α - process)

$$\frac{dn}{dx} = \alpha n \rightarrow n(x) = n_0 e^{\alpha x}$$

α : Townsend 의 1차 계수

$$\alpha = A \cdot P \exp\left(-\frac{BP}{E}\right)$$

$$\alpha = C \cdot P \exp\left\{-D\left(\frac{P}{E}\right)^{\frac{1}{2}}\right\} \quad \text{for inert gas}$$

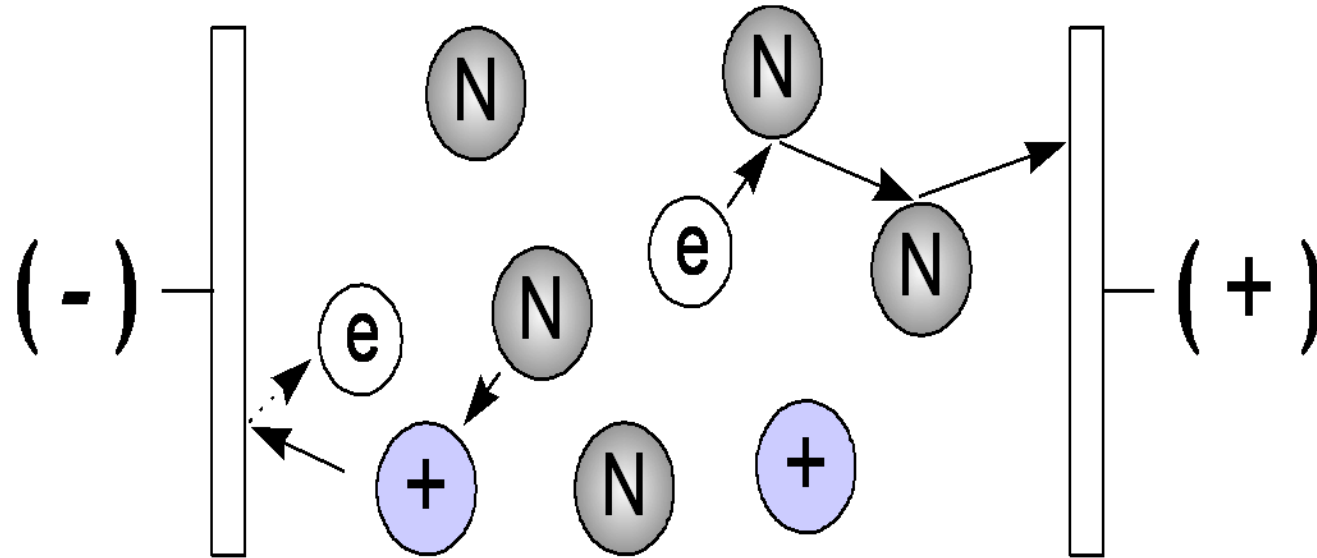


가스	A $\text{cm}^{-1} \text{ Torr}^{-1}$	B $\text{V/cm} \cdot \text{Torr}$	E/P $\text{V/cm} \cdot \text{Torr}$	C $\text{cm}^{-1} \text{ Torr}^{-1}$	D $\text{V}/(\text{cm} \cdot \text{Torr})$	E/P $\text{V/cm} \cdot \text{Torr}$
He	3	34	20-150	4.4	14	100
Ne	4	100	100-400	8.2	17	250
Ar	12	180	100-600	29.2	26.6	700
Kr	17	240	100-1000	35.7	28.2	900
Xe	26	350	200-800	65.3	36.1	1200

표 3.2.1 불활성 가스의 Ionization coefficient와 적용범위



나) Townsend 의 2차 계수 (γ - process)



n_0 : electrons from cathode

n_a : electrons arriving anode

n_+ : electrons from cathode by γ - process

$$n_a = (n_0 + n_+) \cdot \exp(\alpha d) \quad \dots\dots \textcircled{1}$$

cathode 에 충돌하는 이온수 = $n_a - (n_0 + n_+)$

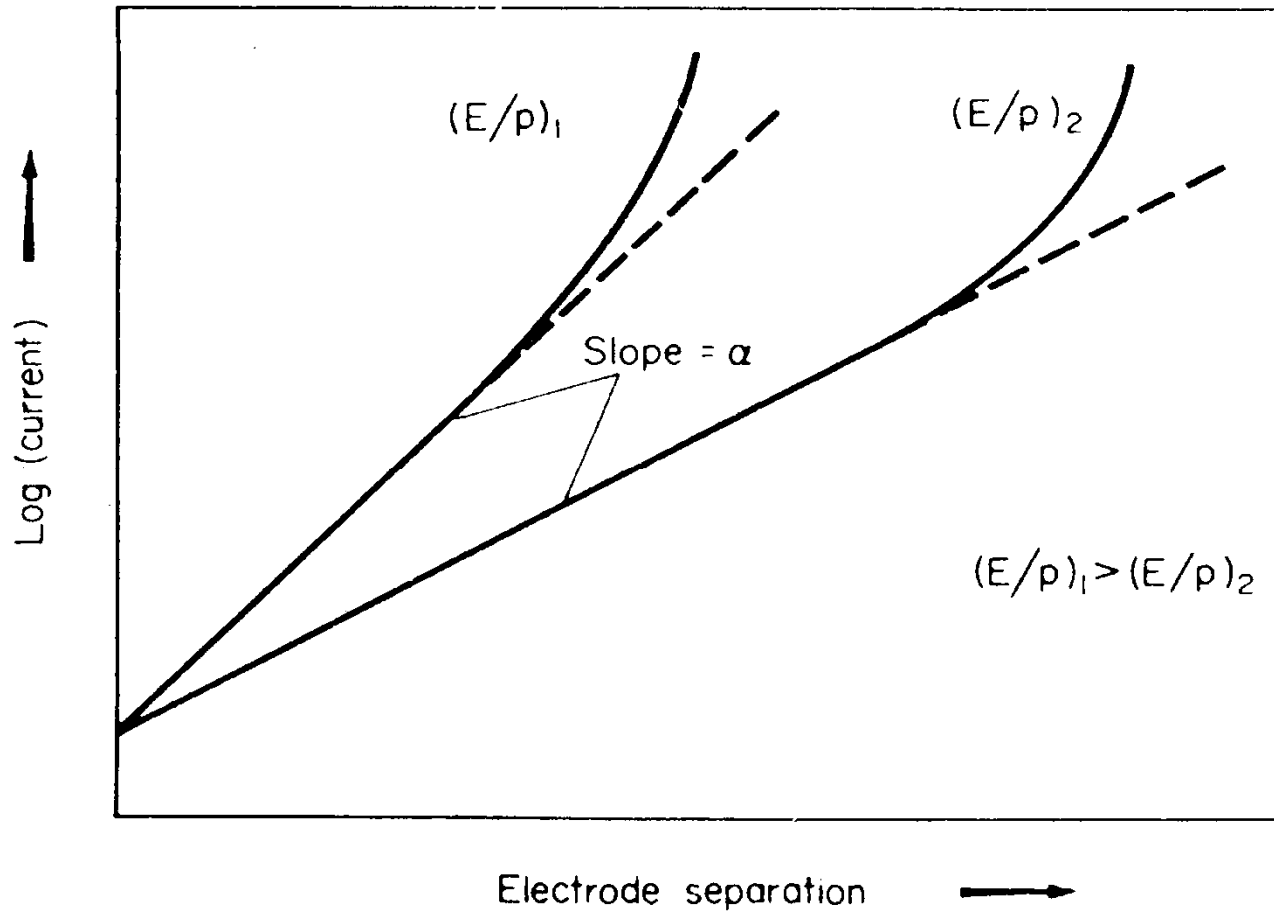
$$n_+ = \gamma [n_a - (n_0 + n_+)] \quad \dots\dots \textcircled{2}$$

①, ② 로 부터

$$n_a = \frac{n_0 e^{\alpha d}}{1 - \gamma (e^{\alpha d} - 1)}$$

$$I = I_0 \frac{e^{\alpha d}}{1 - \gamma (e^{\alpha d} - 1)}$$





전극간격에 따른 Townsend 전류의 변화 (균일전장)



3-7. Breakdown 조건

$$1 = \gamma (e^{\alpha d} - 1)$$

여기서 $\alpha = AP \exp\left(-\frac{B \cdot P}{E}\right)$ 를 쓰면

방전 개시 전압은

$$V_B = \frac{BPd}{F + \ln(Pd)}$$



$$F = \ln\left[\frac{A}{\ln(1 + \gamma^{-1})}\right]$$

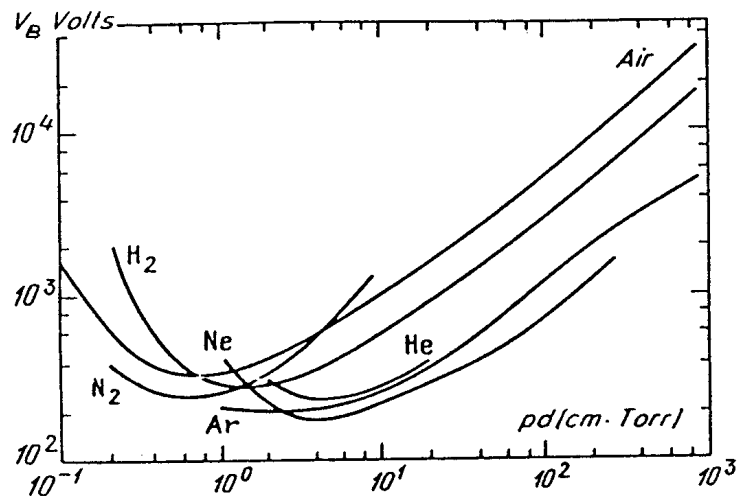
여기서 $\alpha = C \cdot P \exp\left\{-D\left(\frac{P}{E}\right)^{\frac{1}{2}}\right\}$ 을 쓰면

$$V_B = \frac{D^2 Pd}{[G + \ln(Pd)]^2}$$

$$G = \ln\left\{\frac{C}{\ln(1 + \gamma^{-1})}\right\}$$



Paschen Curve



여러 가스에 대한 방전 전압(파셴 곡선)
 V_B 가 최저가 되는 점.

$$(Pd)_{\min} = \frac{e}{A} \ln(1 + \gamma^{-1})$$

$$V_{\min} = \frac{eB}{A} \ln(1 + \gamma^{-1})$$



3-8. 플라즈마 - 고체표면 현상

Heavy Particles (이온, 중성입자) + Surface

→ 전자, 양이온, 음이온, 중성입자 방출
양이온 반사

전 자 + Surface → 전자 방출
전자 반사

Photon + Surface → 전자 방출



a. 이온 + Surface \rightarrow 전자 방출

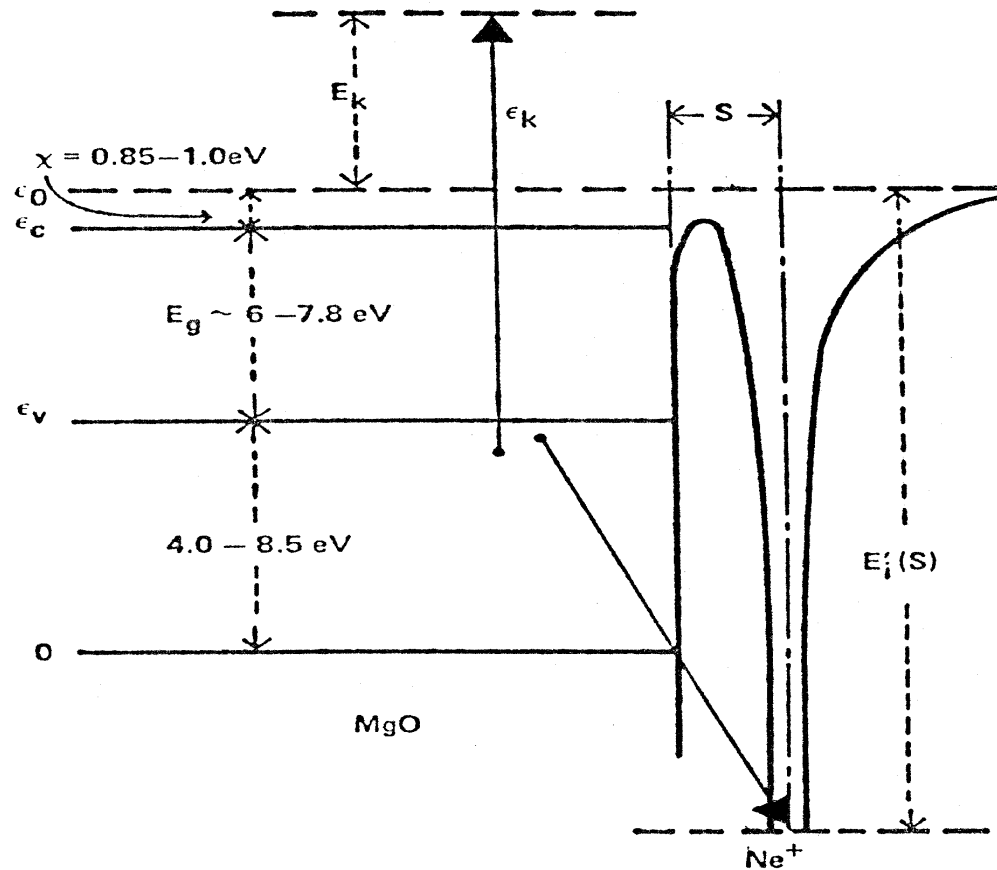
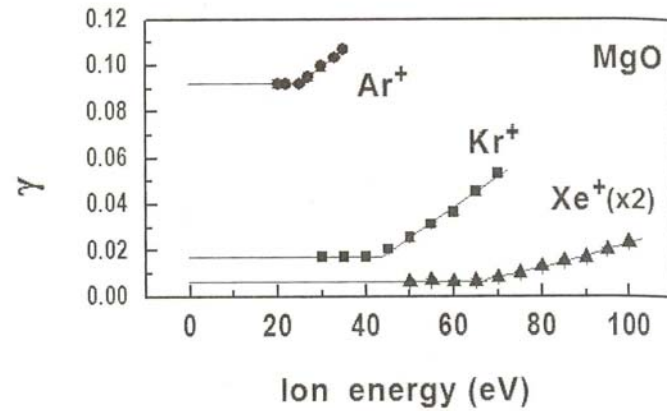
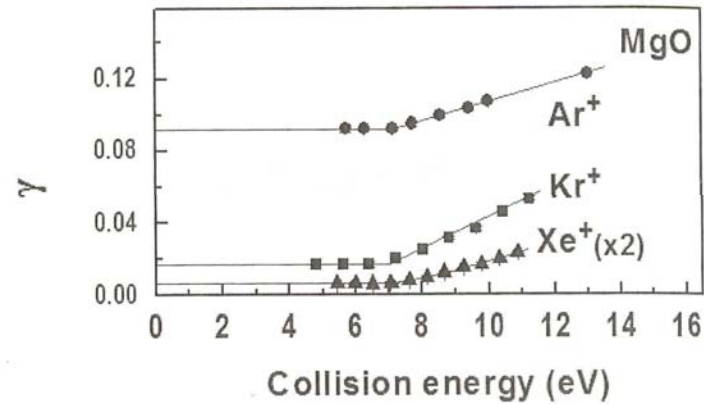


그림 VI. Electron emission from MgO through Auger Neutralization

a)



b)



The γ of MgO for low energy Ar⁺, Kr⁺ and Xe⁺ ions at normal incidence; b) The same plot as a function of the center-of-mass ion energy.



$$E_{cm} = \frac{m_2}{m_1 + m_2} E$$

$$E_{th} = 7.2 \pm 0.3 eV \quad \text{for MgO}$$
$$\sim E_g (6.35 eV) + x(0.85)$$



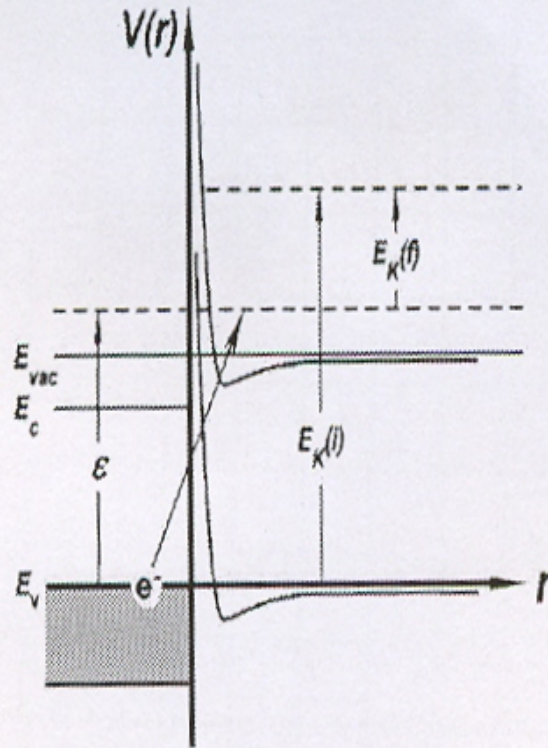


FIG. 4. A schematic energy diagram for kinetic secondary electron emission from oxide surfaces. An electron is directly excited to the continuum state by kinetic energy transfer. $E_k(i)$ and $E_k(f)$ represent the initial and final collision energies, respectively, and ϵ the electron excitation energy.

b. Metastable + Surface → 전자 방출

터널링

Metastable electron → unfilled level
+ ground state ion
→ Auger Neutralization
→ Electron 방출



c. 양이온의 반사

양이온 + 표면 → 양이온의 반사

$$R_{ii} \sim 10^{-3}$$

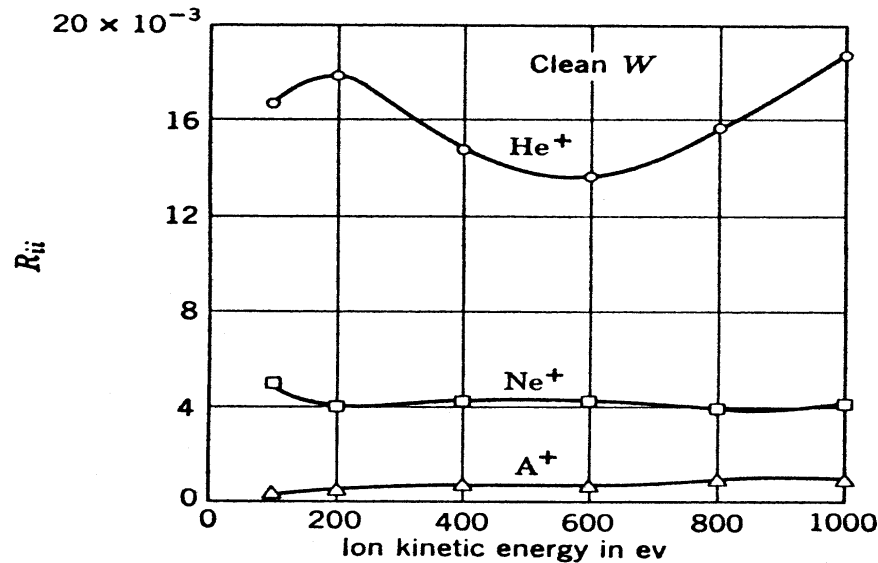


그림 VIII. 텅스텐 표면으로부터의 He^+ , Ne^+ , Ar^+ 이온의 반사율



d. 전자 충돌에 의한 전자 방출 δ 계수

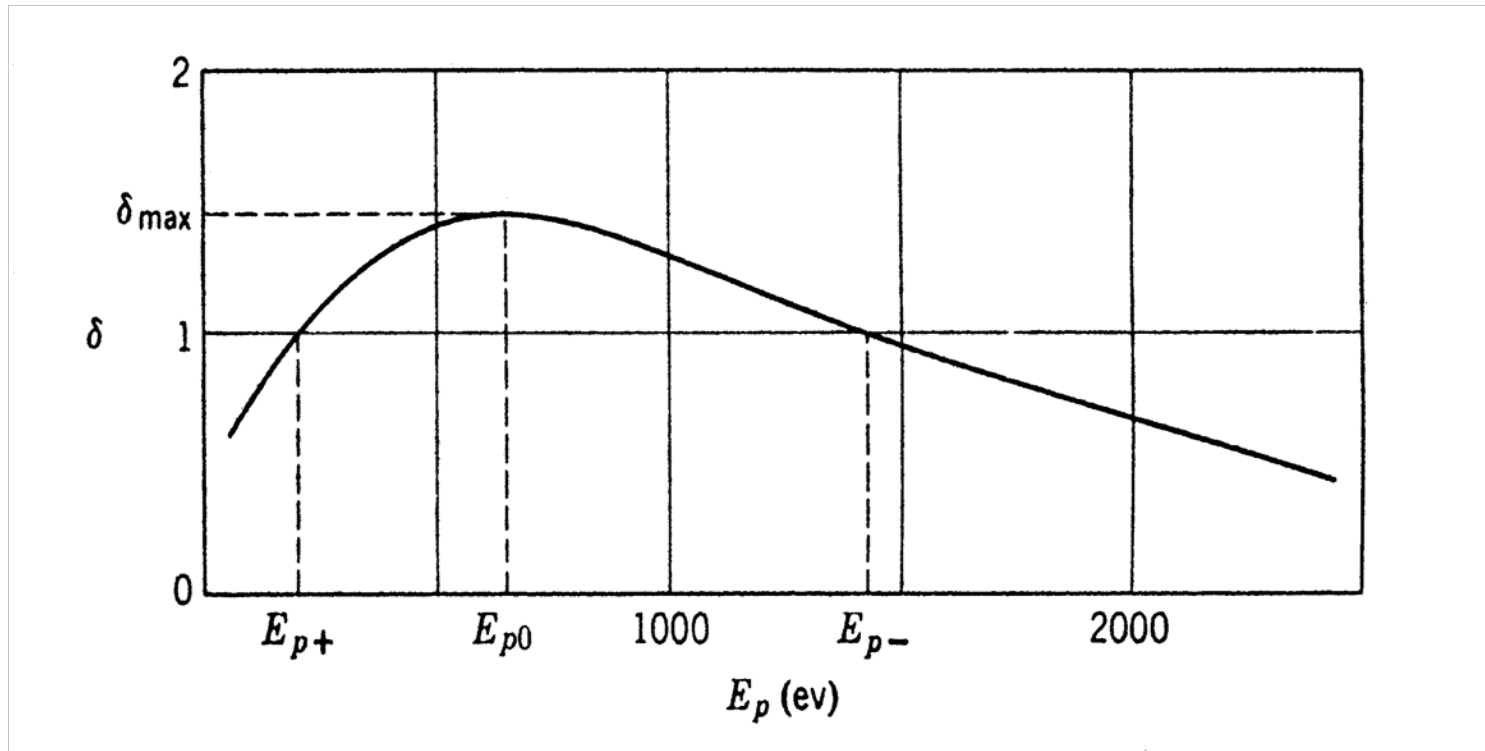


그림 IX. 2차 전자 방출계수 vs 충돌 전자 에너지의 E_p



	LiF	MgO (박막)	MgO (단결정)	Quartz	보통유리
δ_{\max}	5.6	4	23	4	2 ~ 3
E_{po}		400	1200	400	300~420



e. Photoemission (γ_p)

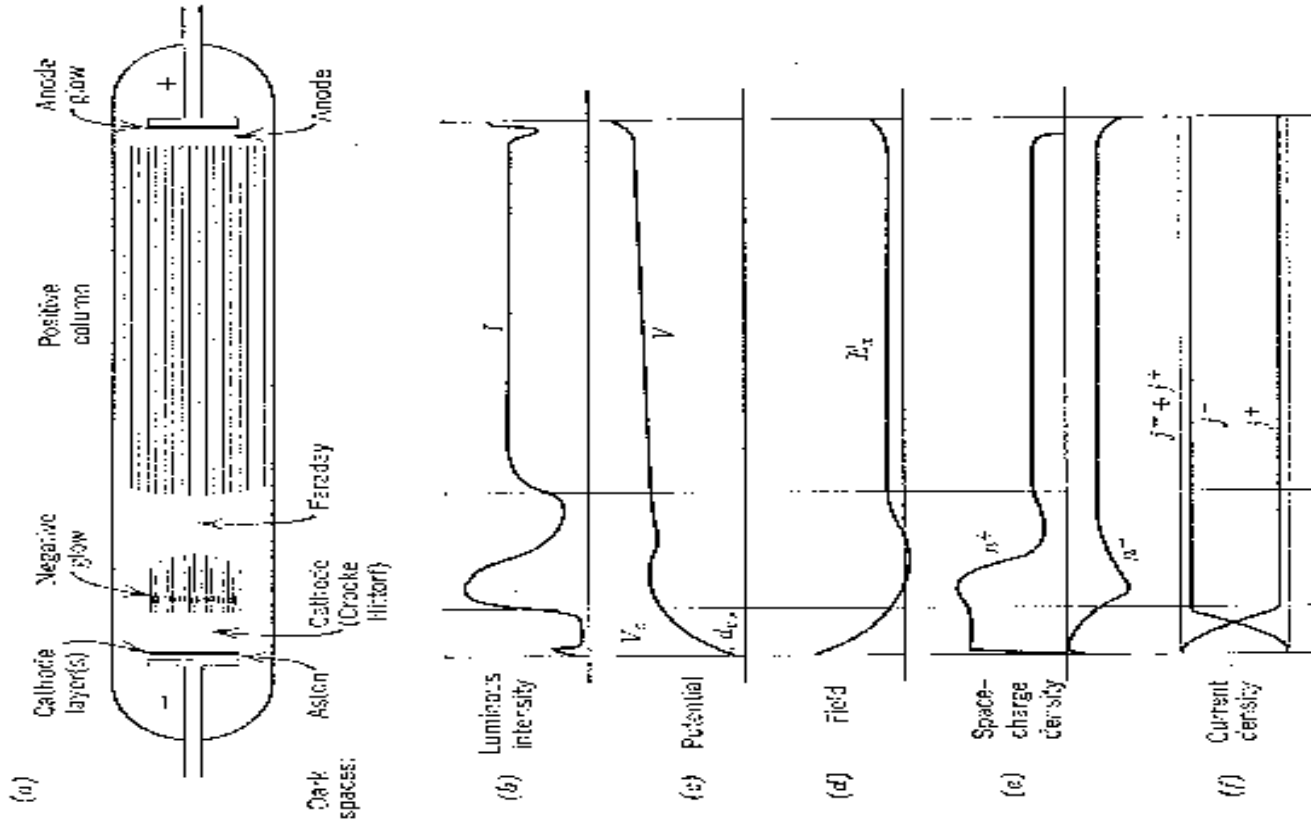
$h\nu \geq$ Surface work function

γ_p 는 표면 상태에 크게 의존



3.9. 기체 방전의 구조

a. DC Glow Discharge



DC 글로우 방전 구조

3.9. 기체 방전의 구조

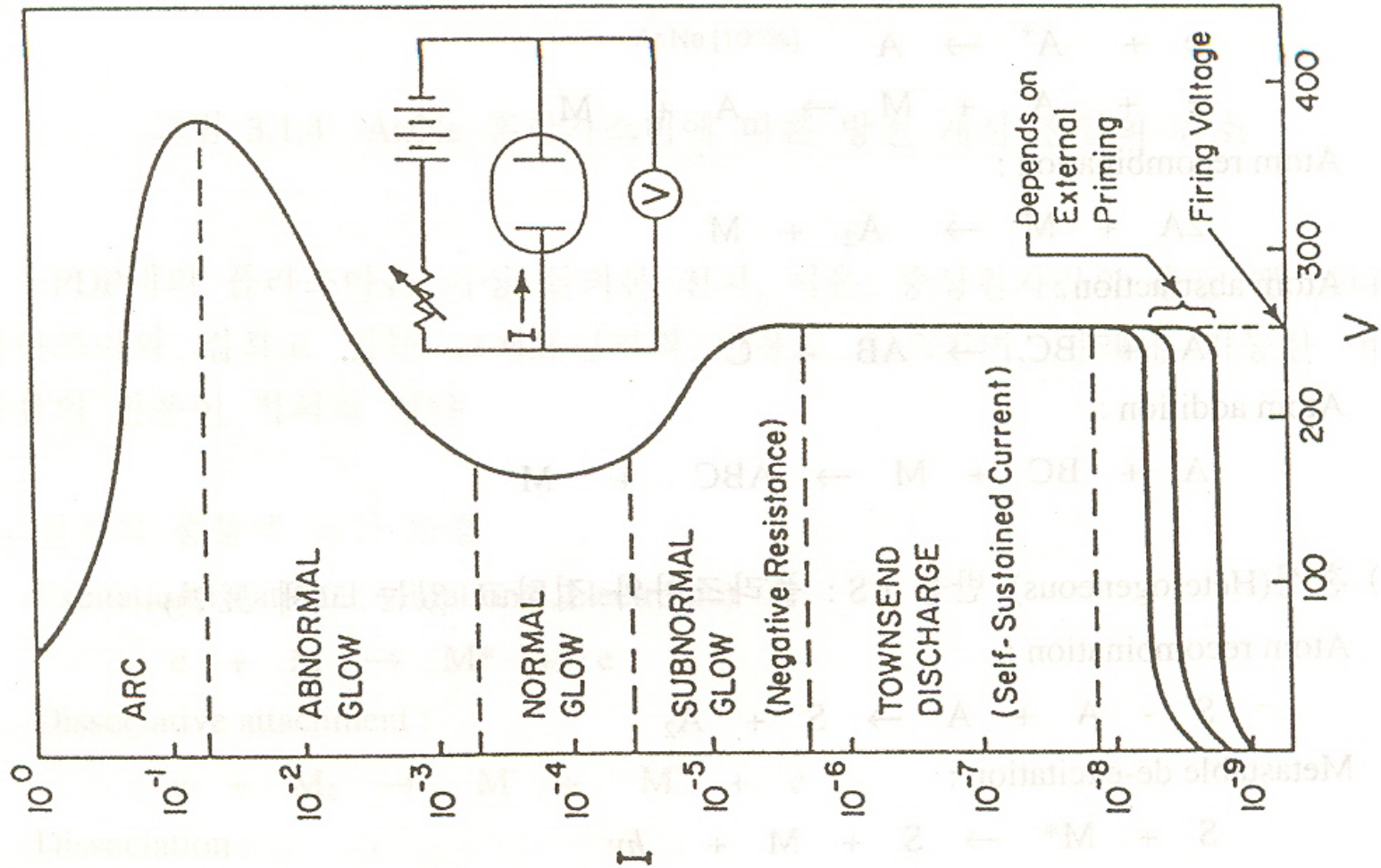


그림 3.2.1 기체 방전의 전류-전압 특성 곡선

⑤ 발광의 시변 특성

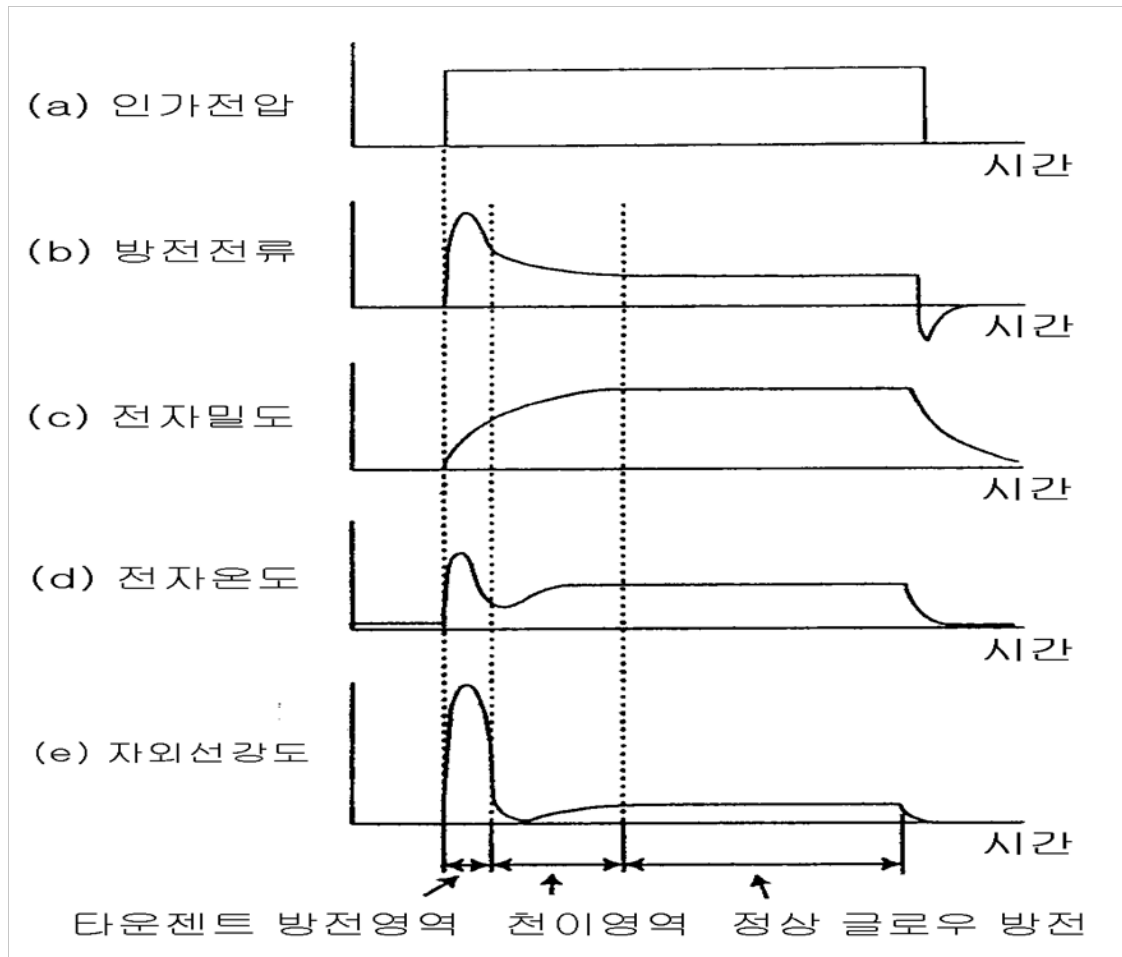


그림 4.1.4 구동전압(a), 전류(b), 전자 밀도(c), 온도(d), VUV 세기(e)의 시변 특성

b. AC Discharge

$$V = V_a \sin \omega t$$

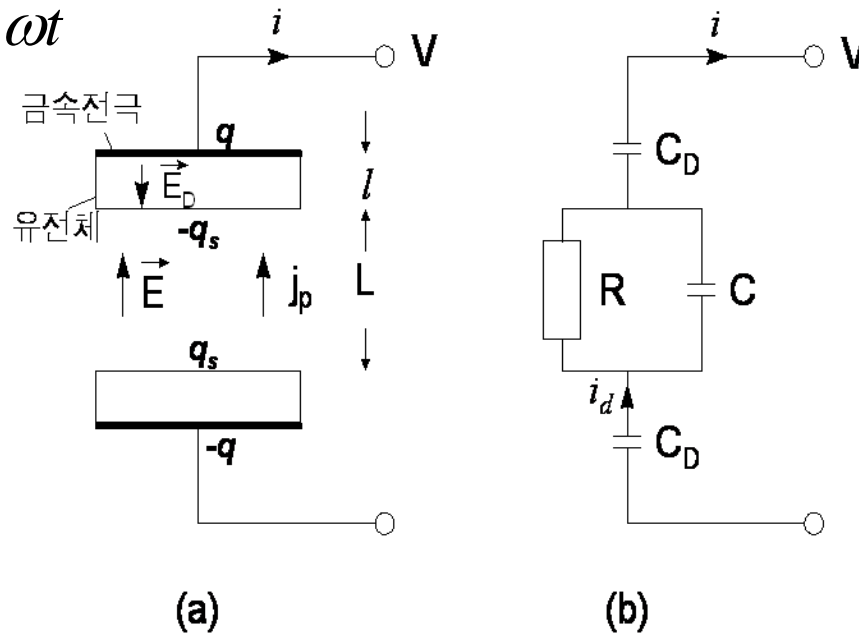


그림 3.2.5 AC 방전 (a) 방전 셀의 단면, (b) 등가회로

$$V_p = EL = \frac{V_a}{1 + 2C / C_D} \frac{\omega\tau}{\sqrt{1 + \omega^2\tau^2}} \sin(\omega t + \phi)$$

(식3.2.7)

$$i = \frac{V_a}{R(1 + 2C / C_D)} \frac{\omega\tau \sqrt{1 + \omega^2\tau_\sigma^2}}{\sqrt{1 + \omega^2\tau^2}} \sin(\omega t + \phi + \Delta\phi)$$

(식3.2.8)



Pulse Discharge

Ionization Time ν_i^{-1} : 수 ~ 수백 ns

($T_e = 3\text{eV}$, 300Torr, inert gas)

Energy Relaxation Time τ_u : 수십 ns

재결합 소멸 시간 τ_r : 수 ms

($n_e = 10^{10} \text{ cm}^{-3}$)



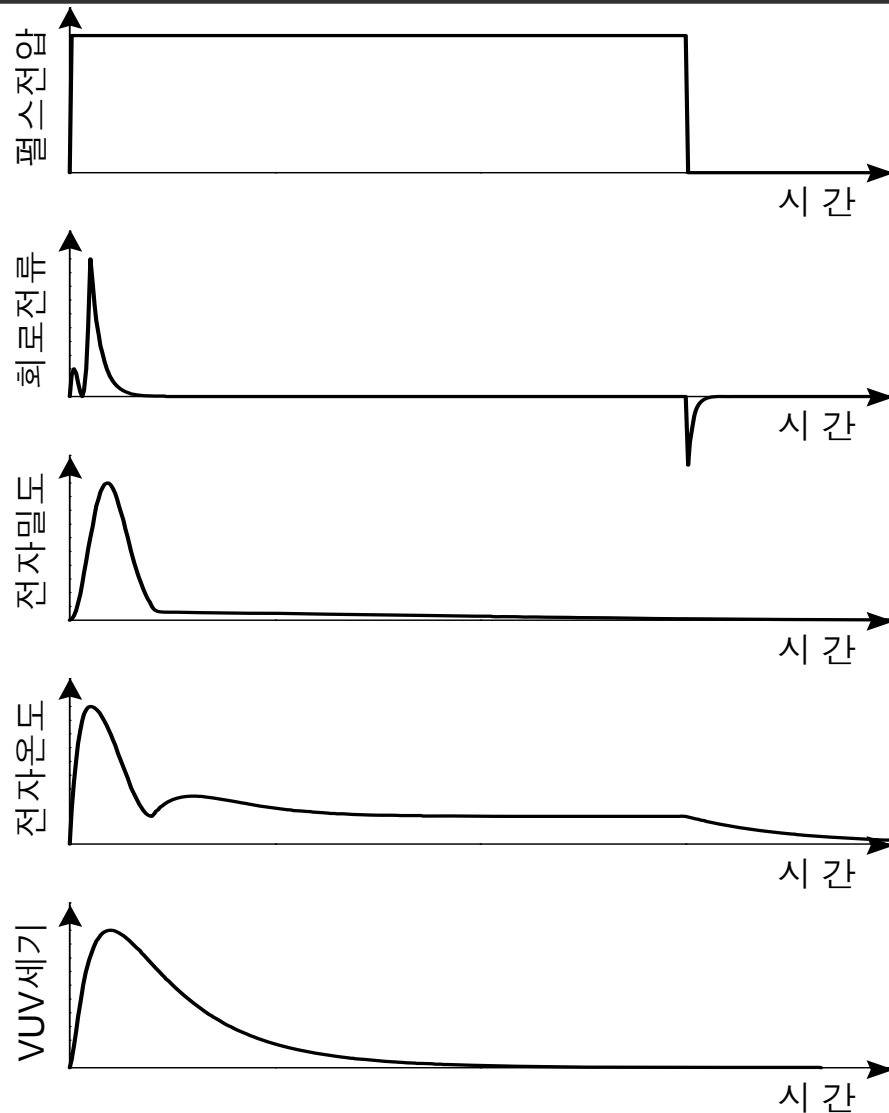


그림 3.2.6 펄스가 AC형 방전셀에 인가될 때의 회로 전류, 전자밀도, 발광 VUV세기의 시간 의존성



3-12. Priming

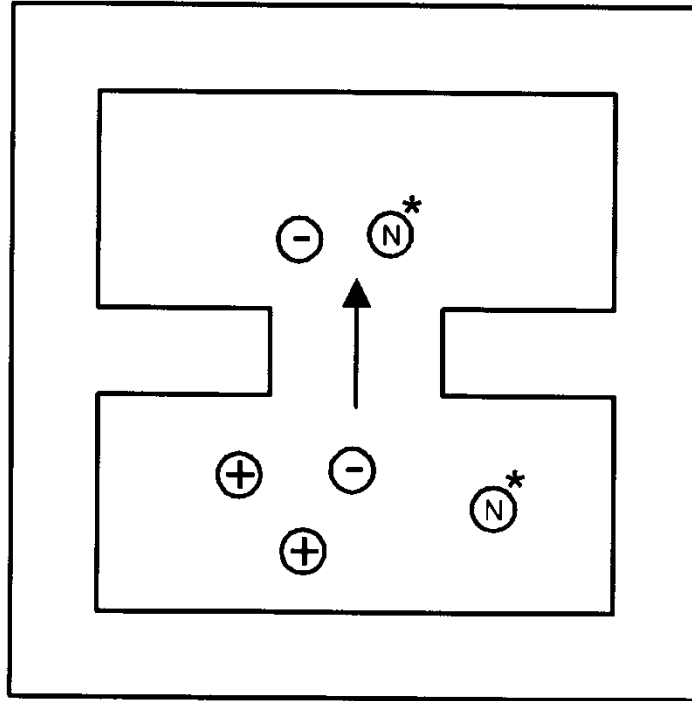
Townsend 의 α - process 의 진행에 의한 플라즈마의 생성 → 씨전자의 필요
씨전자 혹은 여기종의 공급에 의해 방전이 원활히 일어나도록 하는 준비 → “Priming”

Priming 방법

- ① 인접하는 보조 방전 셀 채용에 의한 priming
- ② Self - Priming



① 보조 방전 셀 Priming

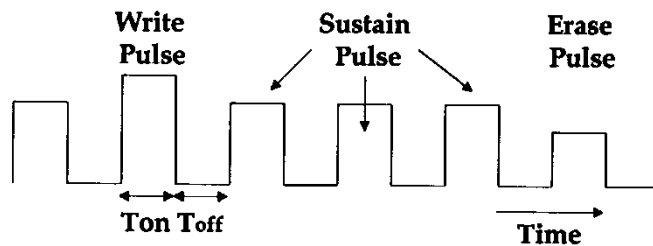


보조 방전셀에서 생긴 플라즈마의 확산



② Self - Priming

* After Glow 에서 재결합 및 벽으로의 확산을 통한 플라즈마의 소멸 - 유한한 life time

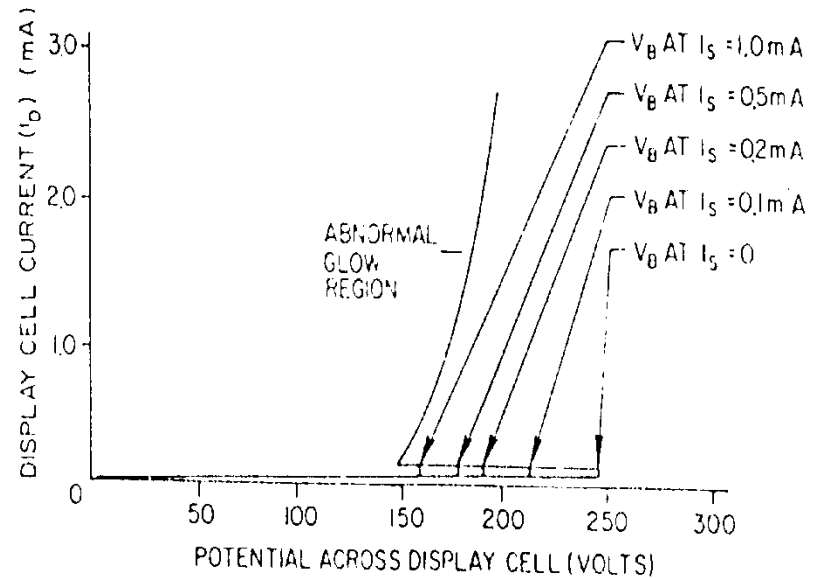
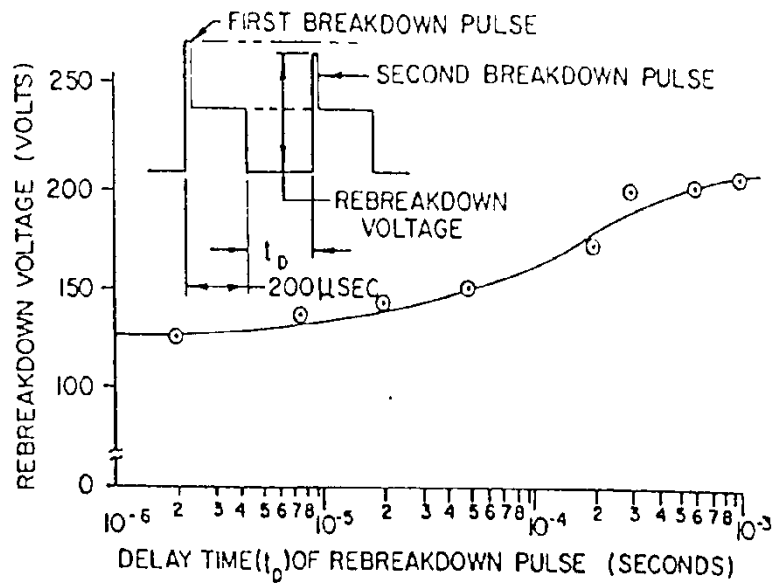


(a) 음극과 양극간의 전위차



(b) 하전 입자의 밀도

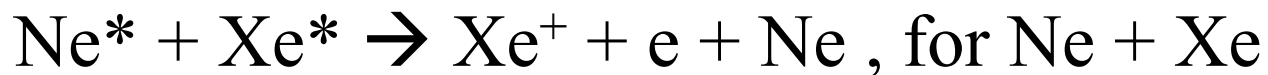
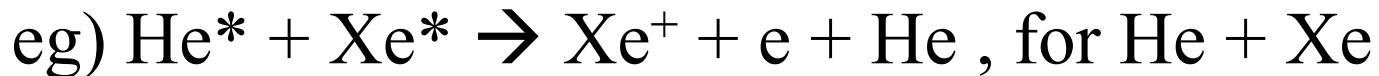
* T_{on} 동안에 생긴 하전입자, metastable 종의 소멸
시정수 $> T_{off}$ - 다음 펄스
인가시 낮은 전압에서
방전을 형성시킬 수 있음



- * Volt-ampere characteristics of a display cell showing the effect of priming
- * Relative rate of production of electron - ion pairs resulting from the Penning.

3-13. Penning Effect

- 준안정 상태인 종의 생성을 통해 다른 종의 이온화 반응을 촉진시켜 Townsend's α -process를 증대 시킴 (준안정 상태의 에너지 레벨이 다른 종의 이온화 에너지보다 약간 높은 값이어야 함)



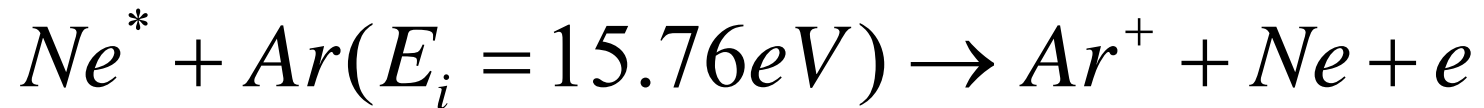
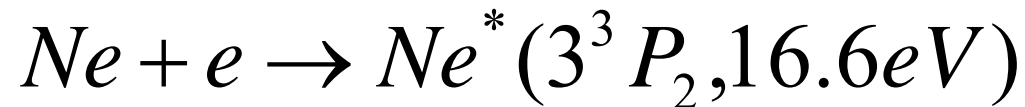
Gas	<i>Ionization and Metastable Energies</i>		<i>Penning Mixtures</i>
	First ionization energies(eV)	Metastable energies(eV)	Suitable Penning additives
Helium	24.6	19.8, 20.6	Ar, Kr, Xe, H ₂ , Hg
Neon	21.6	16.6, 16.7	Ar, Kr, Xe, H ₂ , Hg
Argon	15.8	11.5, 11.7	Hg
Krypton	14	9.9, 10.5	-
Xenon	12.1	8.3, 9.4	-
Mercury	10.4	4.7, 5.4	-

표 3.2.3 페닝 가스의 이온화 및 준안정 상태 에너지



Penning Mixture

Ne + Ar:



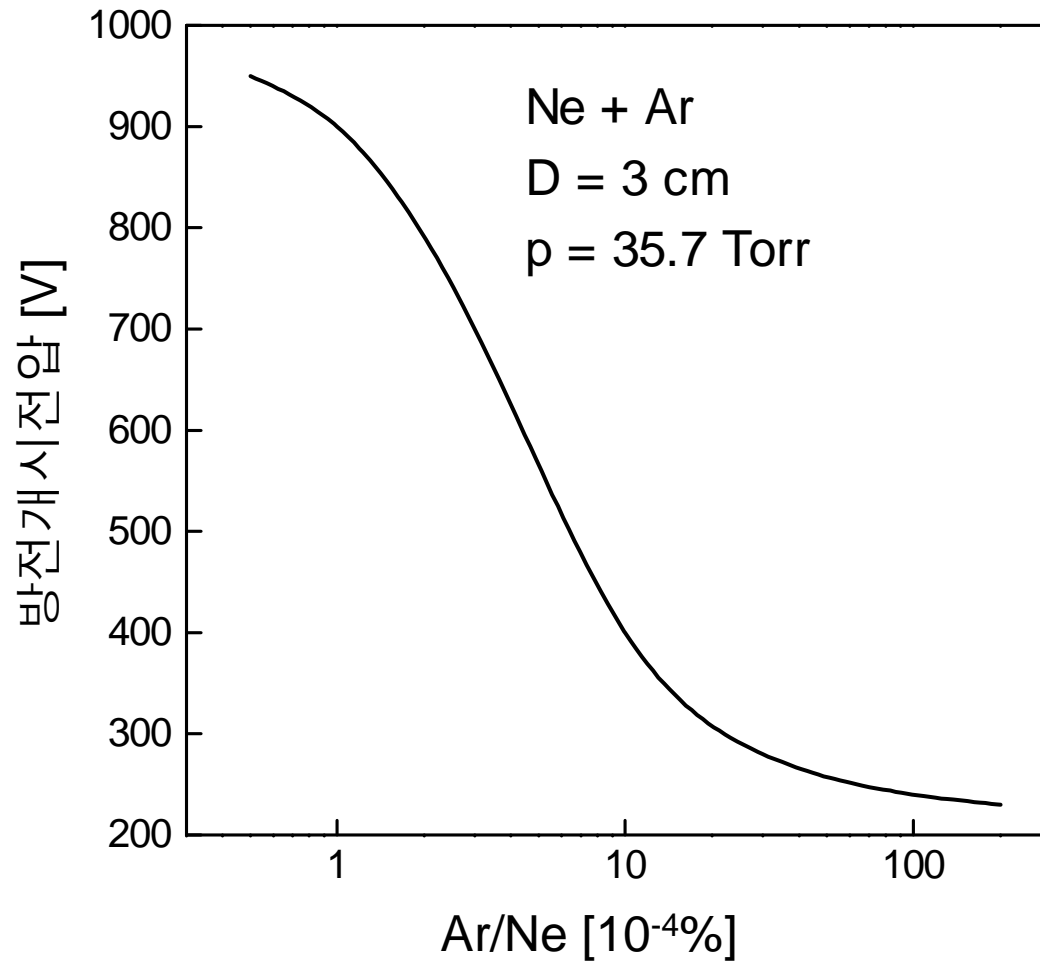
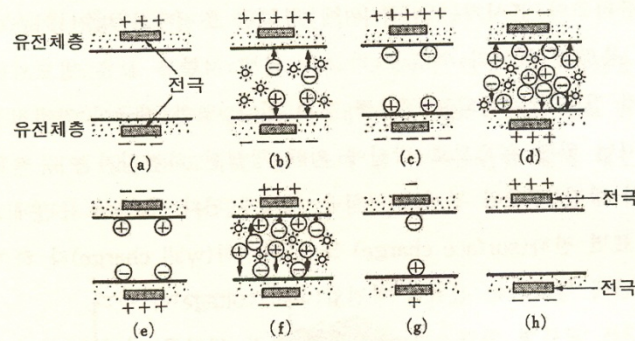


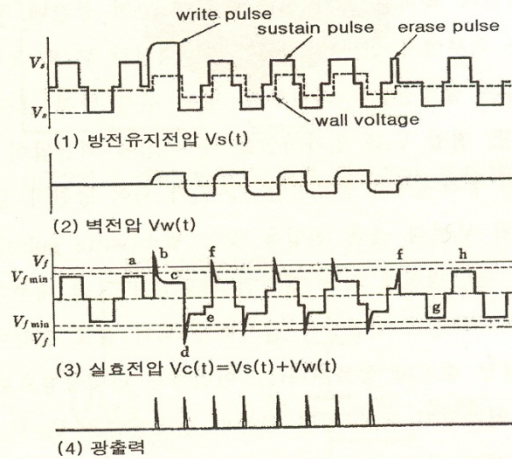
그림 3.1.4 Ar/Ne 혼합가스비에 따른 방전 개시 전압의 감소



3-10. Wall charge in AC discharge



(a) 교류형 플라즈마 표시기의 방전 개시, 기억, 소거의 원리



(b) PDP 셀의 방전 개시, 기억, 소거시의 유지전압 $V_s(t)$, 벽전압 $V_w(t)$, 셀 전압 $V_c(t)$ 및 광출력의 상관 관계

그림 2-13 교류형 플라즈마 표시기의 동작 원리

Measurement of Wall Charge

- ① VTC
- ② V_{th} Close Curve
- ③ Electro-optic effect

Change of refraction index (Pockel's effect)

$$\Delta n = AE$$



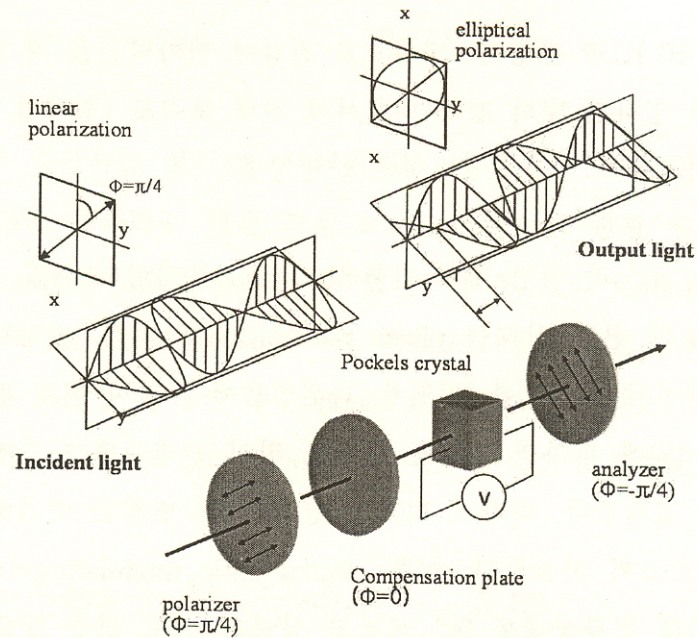


그림 3-11. 전형적인 electro optic amplitude modulator의 구성도와 빛의 진행 모식도

$$T = \frac{1}{2} \left[1 + \sin \left(\frac{\pi V}{V \pi} \right) \right]$$

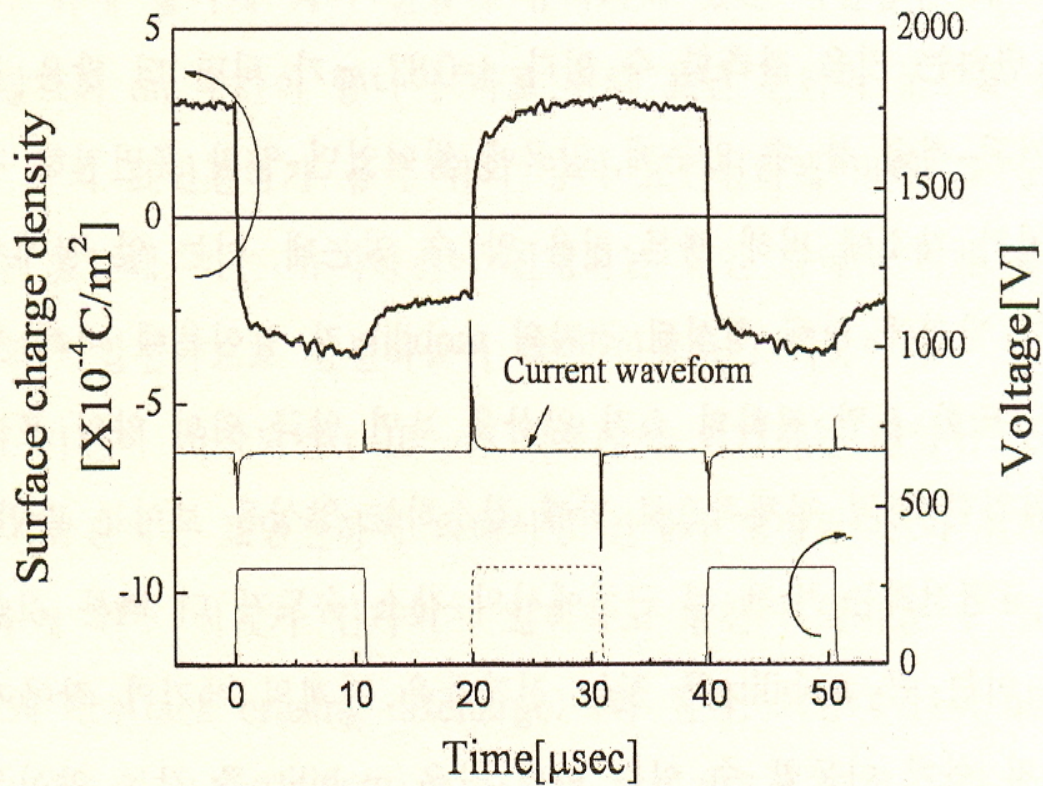


그림 4-9 유지 방전시 유지 전극 위 한 점에서의 표면전하의 변화와 전류파형

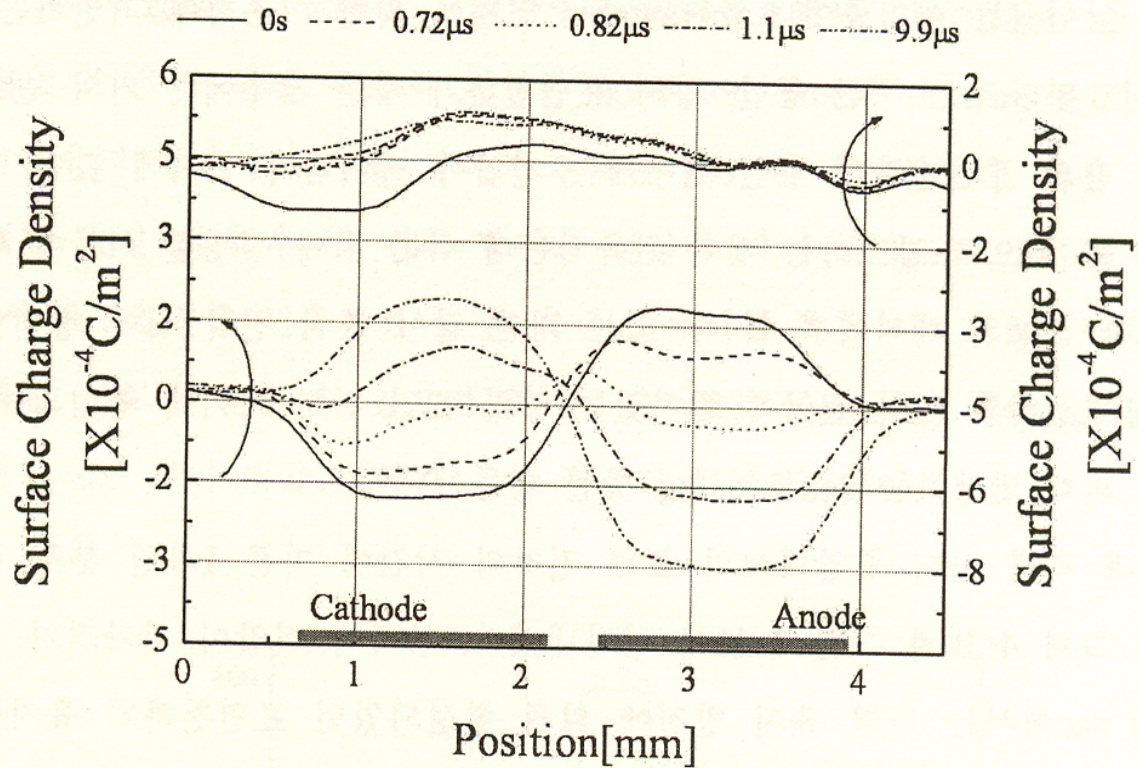


그림 4-10 On 기간 동안 셀 중앙에서의 시간에 따른 표면 전하 분포의 변화

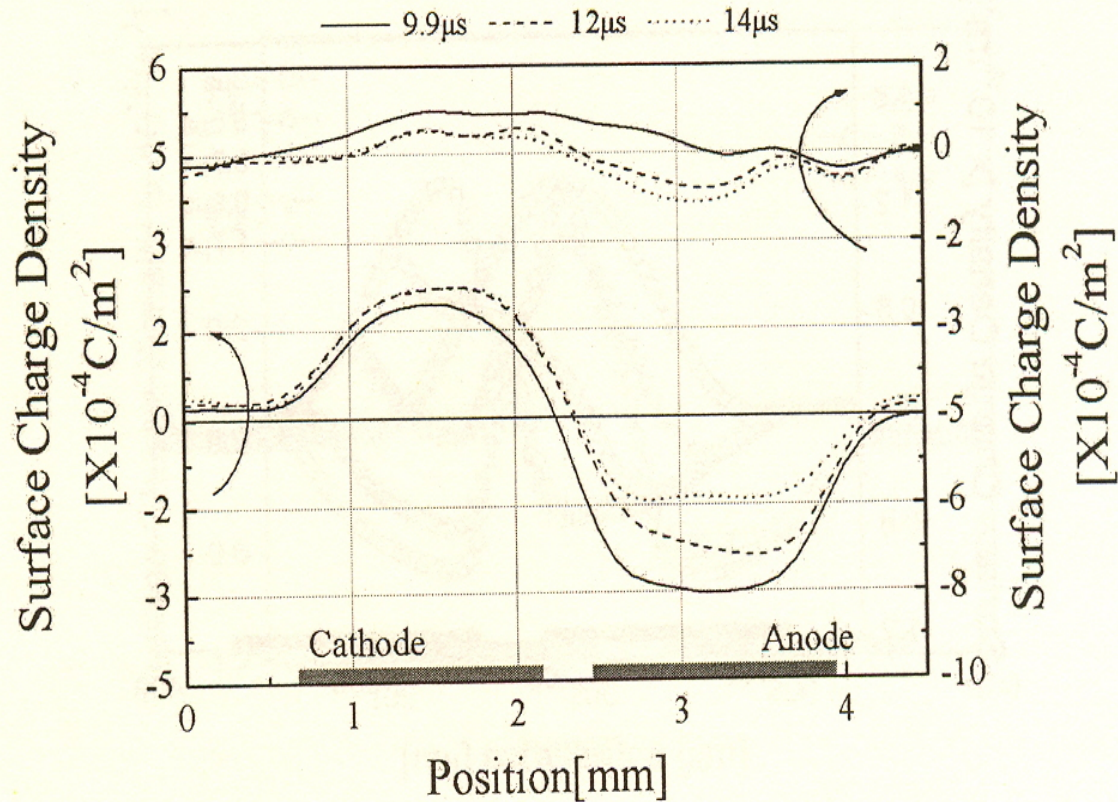


그림 4-11 Off 기간 동안 셀 중앙에서의 시간에 따른 표면 전하 분포의 변화

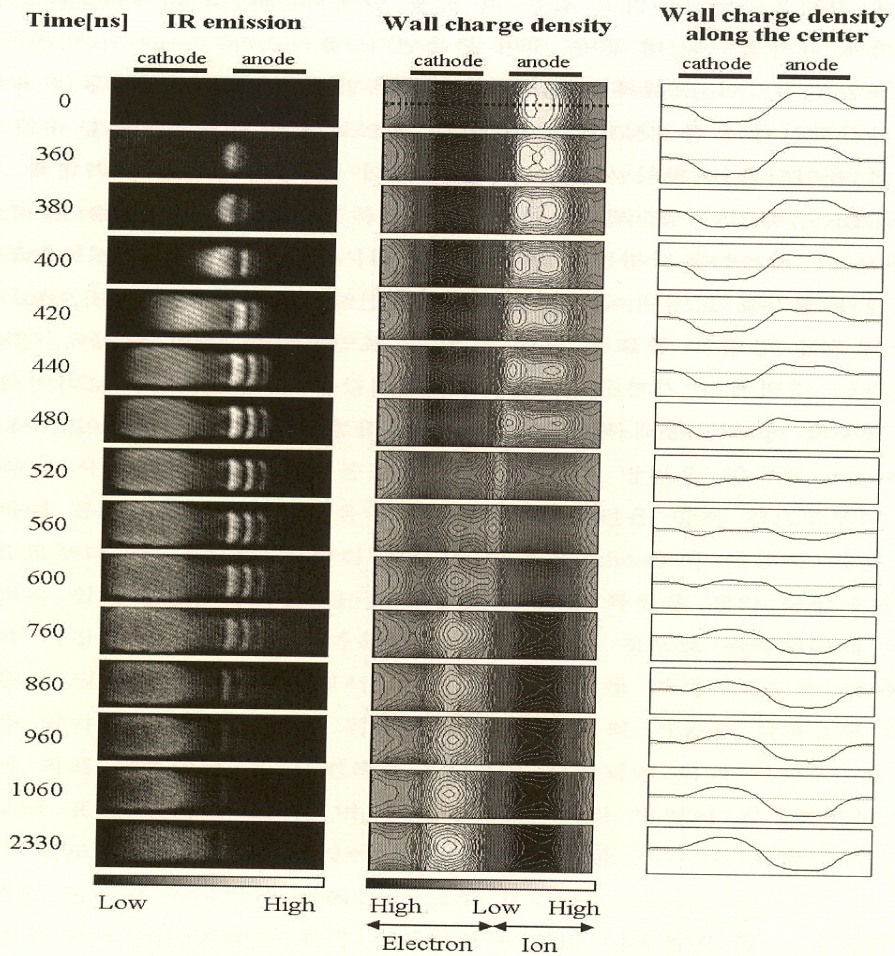
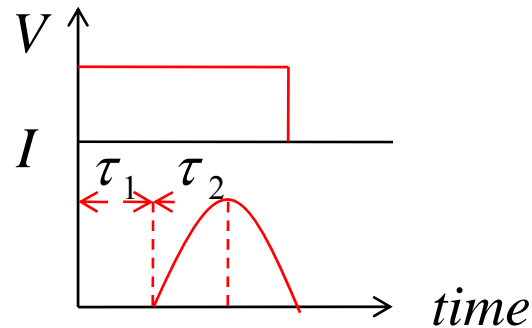


그림 4-14 유지 방전 중, 유지 전극 위의 표면전하 분포 변화와 IR 발광 비교(NeXe4% 100Torr 300V)

3-11. Discharge delay.

When voltage pulse is applied to electrode, discharge current begins to flow with a delay.



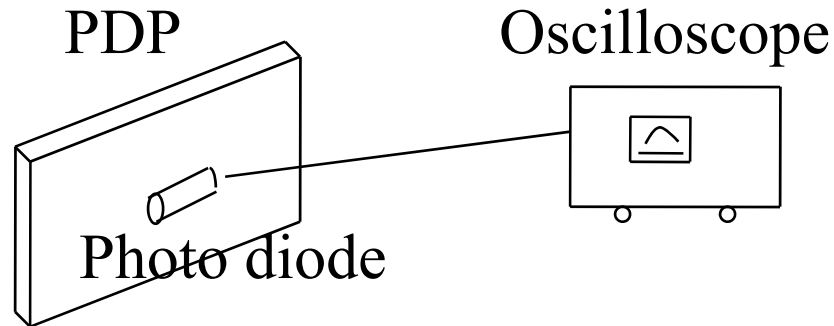
τ_1 (statistical delay) : Seed electron (mostly from natural radiation such as cosmic ray) appears with statistical nature. Time needed to have seed electron to initiate α -process.



τ_2 (formative delay) : Once the seed electron is provided, they start the avalanche process at the cathode and proceed to anode and ions drift from anode to cathode time needed for ions to travel from anode to cathode.



Measuring methode

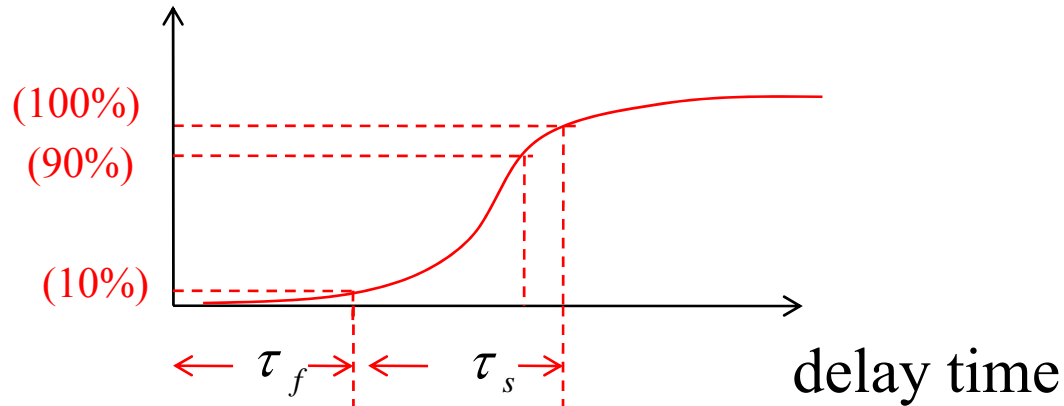


Applied voltage pulses and measure the delay of the light out signal (usually 823.828 nm IR is used by assuming they carry the plasma formation information)

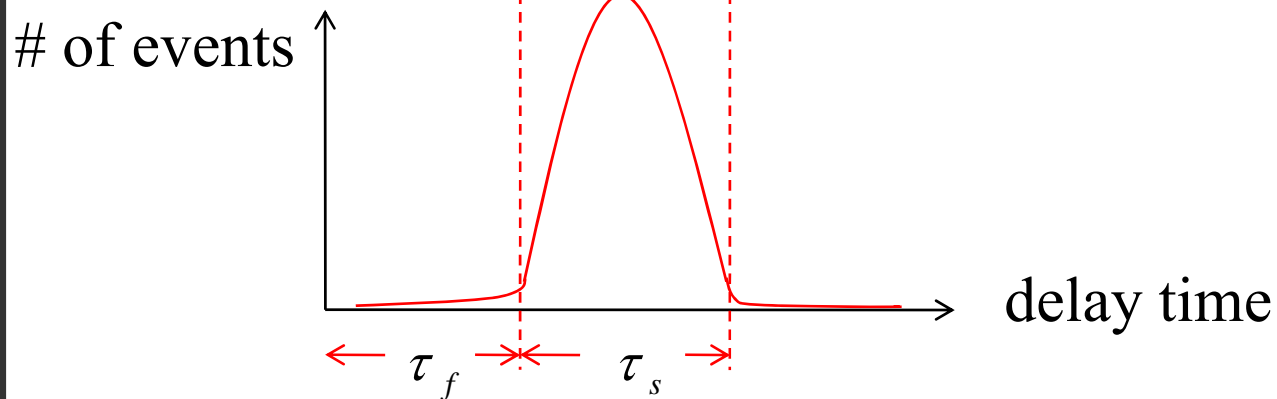
- Total delay = statistical delay + formative delay
- Plot Integrated # of events vs. delay time



Integ # of events



or # of events vs delay time



4.PDP에서 사용되는 가스 종류와 발광 특성

PDP 에서 Color 의 구현 : Photoluminescence

(VUV → 형광체 → 가시광)

형광체의 종류 : $(Y, Gd)BO_3 : Eu$ (Red)

$Zn_2SiO_4 : Mn$ (Green)

$BaMgAl_{10}O_{17} : Eu$ (Blue)



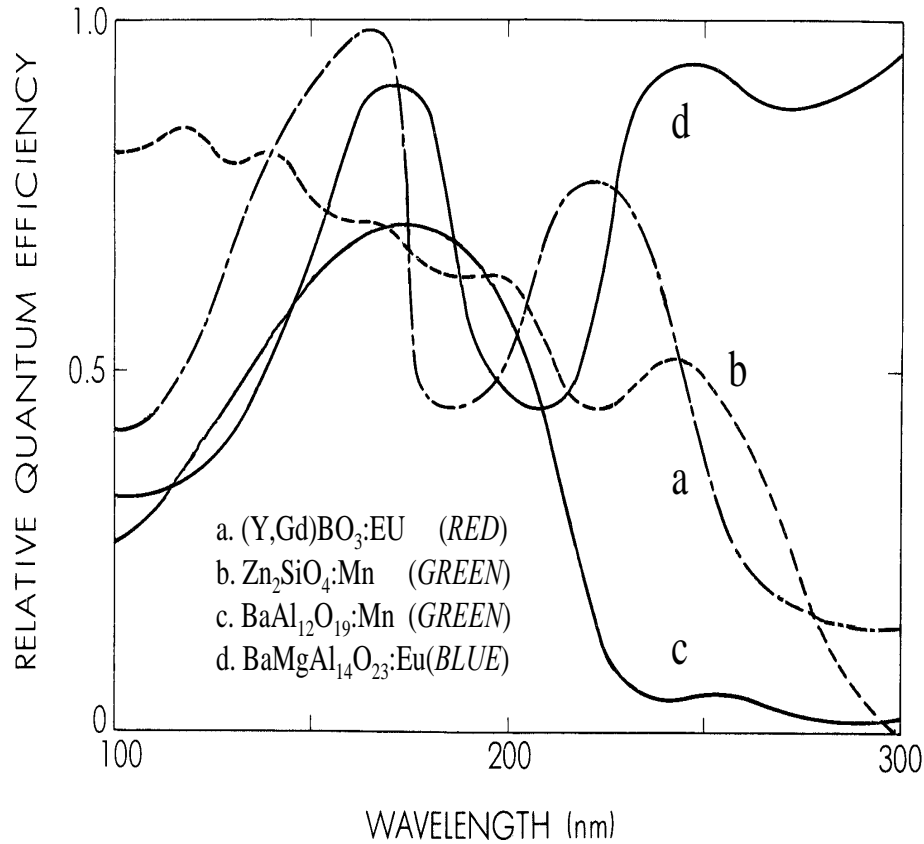


그림 4.1.1 RGB 형광체의 Quantum Efficiency

(a) (Y, Gd)BO₃ : Eu (b) Zn₂SiO₄ : Mn

(c) BaAl₁₂O₁₉ : Mn (d) BaMgAl₁₄O₂₃ : Eu

PDP 에 사용되는 가스 : Hg, Diatomic gas, Inert gas (He, Ne, Ar, Kr, Xe)

파장 \ 가스	He	Ne	Ar	Kr	Xe	Hg
파장 (nm)	58.4	74.4	107	124	147	254

표 4.1.1 불활성 가스와 Hg의 resonance 선의 파장

가스 선택의 고려사항 : 발광선 파장, 발광 효율, 구동 전압, 전극 수명 등



혼합 가스의 사용 이유 :

① 전자의 평균 에너지

$$\bar{\varepsilon} = \frac{e^2 E^2}{\delta m v_m^2}$$

v_m : Ne > He > Ar > Kr > Xe

100% Xe 의 경우 전자의 $\bar{\varepsilon}$ 가 너무 낮음.

→ Xe 의 여기 (8.45 eV), 이온화 (12.13eV) 가 불충분

→ 높은 구동 전압 필요

② Penning 효과



발광 효율, 방전 전압, 스펙트럼

→ 가스 종류, 혼합비, 압력, 구동주파수, Duty

③ 발광 스펙트럼

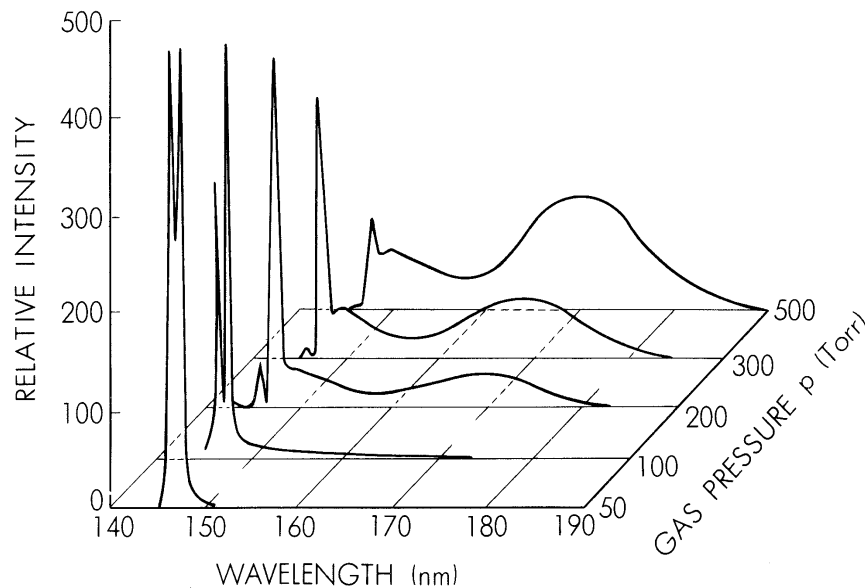


그림 4.1.3 가스 압력에 따른 VUV 스펙트럼의 변화
He-Xe (7%)



④ 방전 셀 내에서의 공간적인 휘도 분포

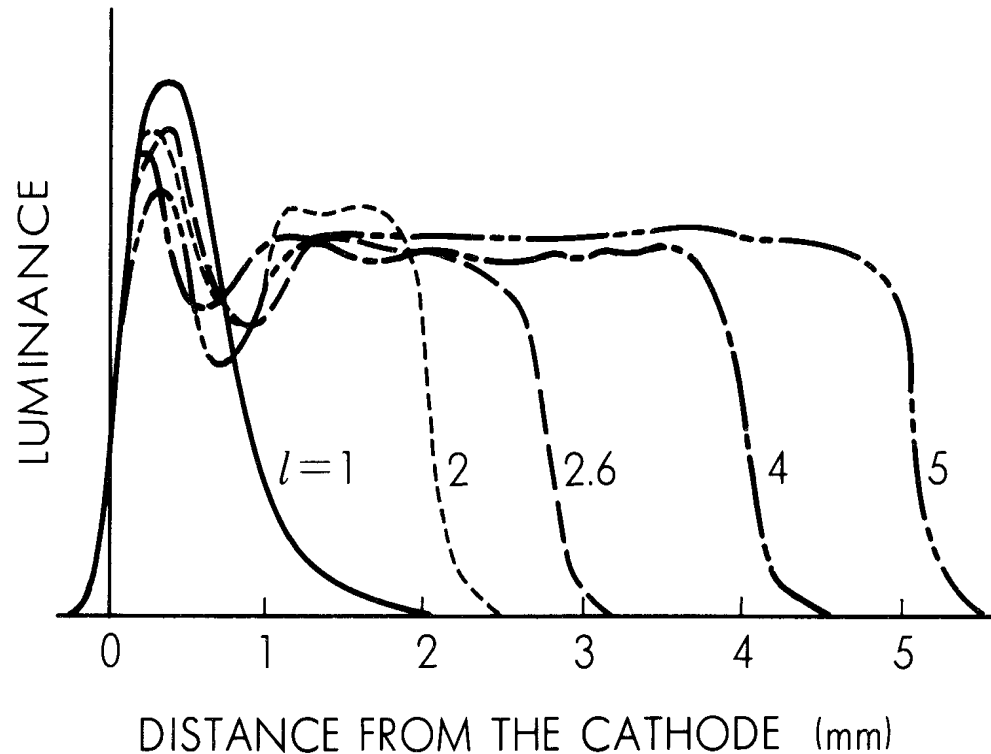


그림 4.1.3 음극과 양극간의 공간적인 휘도 분포
He - Xe (2%), pressure = 100 Torr



⑤ 발광의 시변 특성

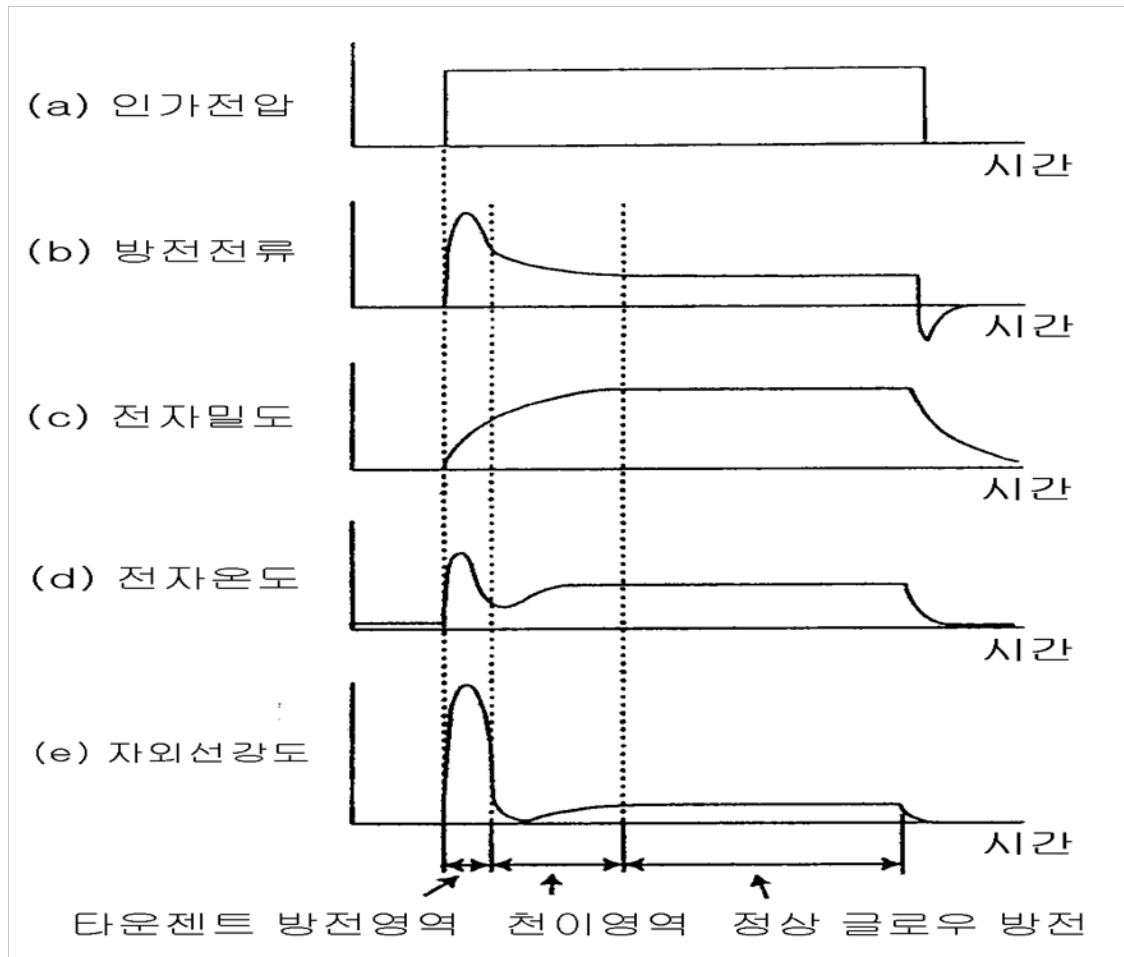


그림 4.1.4 구동전압(a), 전류(b), 전자 밀도(c), 온도(d), VUV 세기(e)의 시변 특성

He - Xe 혼합가스로부터의 VUV 발광 메커니즘

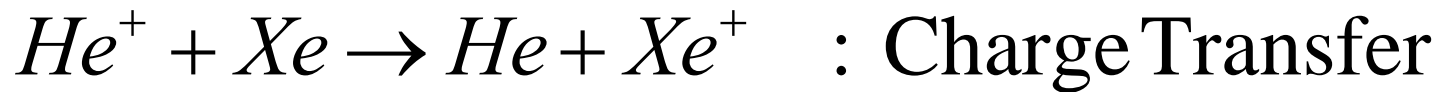
process	Comments	
$\left. \begin{array}{l} 1. \text{He} + e \rightarrow \text{He}^* + e \\ 2. \text{He} + e \rightarrow \text{He}^* + e \\ 3. \text{He}^* + e \rightarrow \text{He}^* + e \end{array} \right\}$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Inelastic electron-atom collisions, Fast} \\ \text{processes important during the current pulse;} \\ \text{process 3 exists during afterglow period too,} \end{array} \right.$	
$\left. \begin{array}{l} 4. \text{He}^* + 2\text{He} \rightarrow \text{He}_2^* + \text{He} \\ 5. \text{He}^* + 2\text{He} \rightarrow \text{He}_2^* + \text{He} \end{array} \right\}$		$\left\{ \begin{array}{l} \text{Molecular species formation, quadratic} \\ \text{pressure dependence,} \end{array} \right.$
$\left. \begin{array}{l} 6. \text{He}^* + e \rightarrow \text{He}^* + h\nu \\ 7. \text{He}_2^* + e \rightarrow \text{He}^* + \text{He} \\ 8. \text{He}^* + e + e \rightarrow \text{He}^* + e \\ 9. \text{He}_2^* + e + \text{He} \rightarrow \text{He}_2^* + \text{He} \end{array} \right\}$		
$\left. \begin{array}{l} 10. \text{He}^* + \text{He}^* \rightarrow \text{He}^* + \text{He} + e \\ 11. \text{He}_2^* + \text{He}_2^* \rightarrow \text{He}_2^* + e + 2\text{He} \\ 12. \text{He}_2^* + \text{He}^* \rightarrow \text{He}^* + e + 2\text{He} \end{array} \right\}$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Self-Penning -ionization important during the} \\ \text{afterglow,} \\ \text{The cross section is } 10^{-14} \text{ cm}^2 \end{array} \right.$	

표 4.1.2 순수 He 방전에서의 플라즈마 프로세스

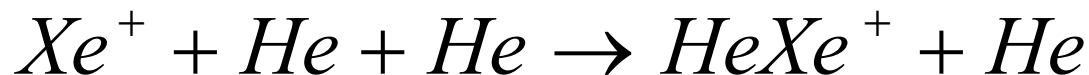


생성종 : 순수 He 가스 (He^+ , He_2^+ , He^* , He_2^*)
순수 Xe 가스 (Xe^+ , Xe_2^+ , Xe^* , Xe_2^*)

Charge Transfer



Hetero Dimer 형성



He 의 Metastable level : 2^3S_1 , 2^1S_0

생성 :

$e + A \rightarrow e + A^*$: ground 상태에서부터의 직접여기

$e + A \rightarrow e + A_j ; A_j \rightarrow A^* + h\nu$

: metastable 상태로 천이가 가능한 여기 상태에서 부터의 천이



$e + A_j \rightarrow e + A^*$: 여기종의 재여기

$e + A + A^+ \rightarrow A + A_j ; A_j \rightarrow A^* + h\nu$

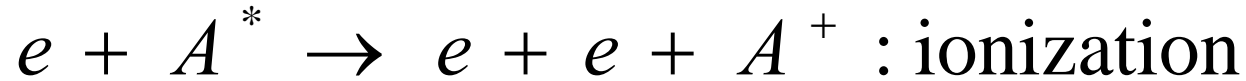
: collisional radiative recombination

$e + AB^+ \rightarrow (AB)^* \rightarrow A_j + B ; A_j \rightarrow A^* + h\nu$

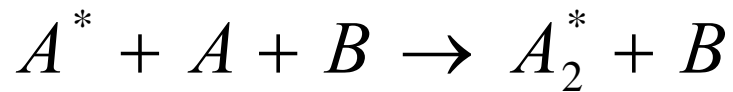
: dissociative recombination



소멸 :



: re - and de-excitation

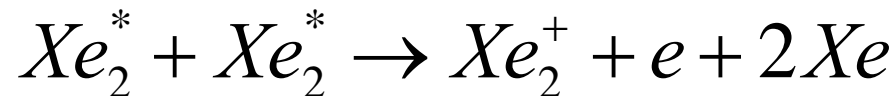
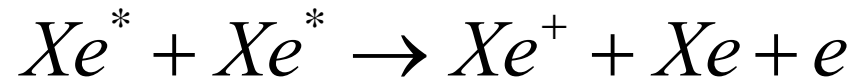
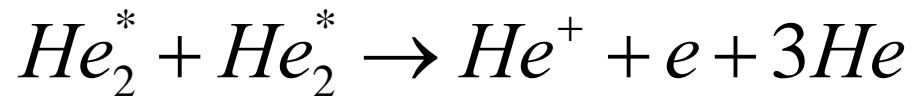
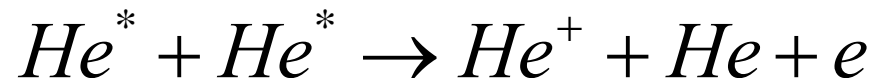
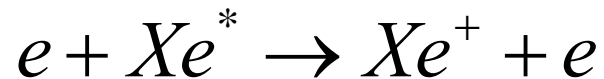
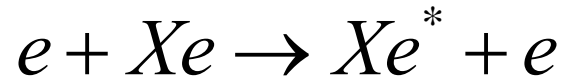


: formation of excited dimer



Metastable 에 의한 Ionization

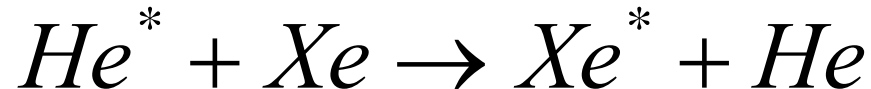
Multistep Ionization :



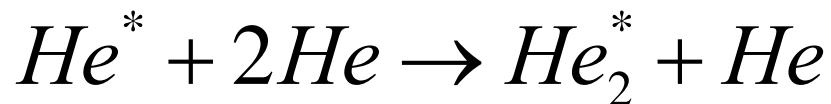
Penning Ionization :



Excitation transfer :



여기 dimer 형성



여기종의 천이

Super elastic collision :



Heavy particle quenching :



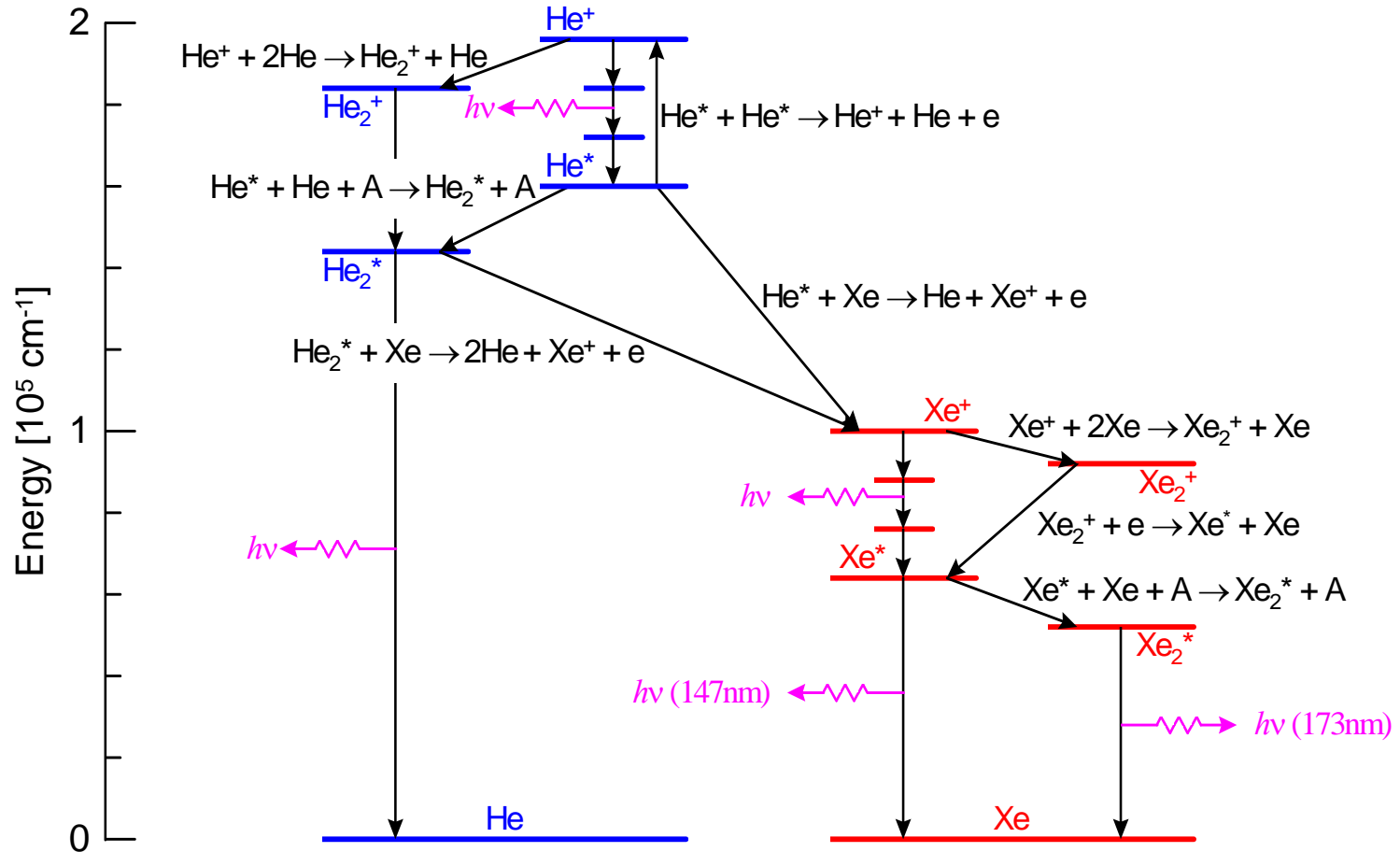
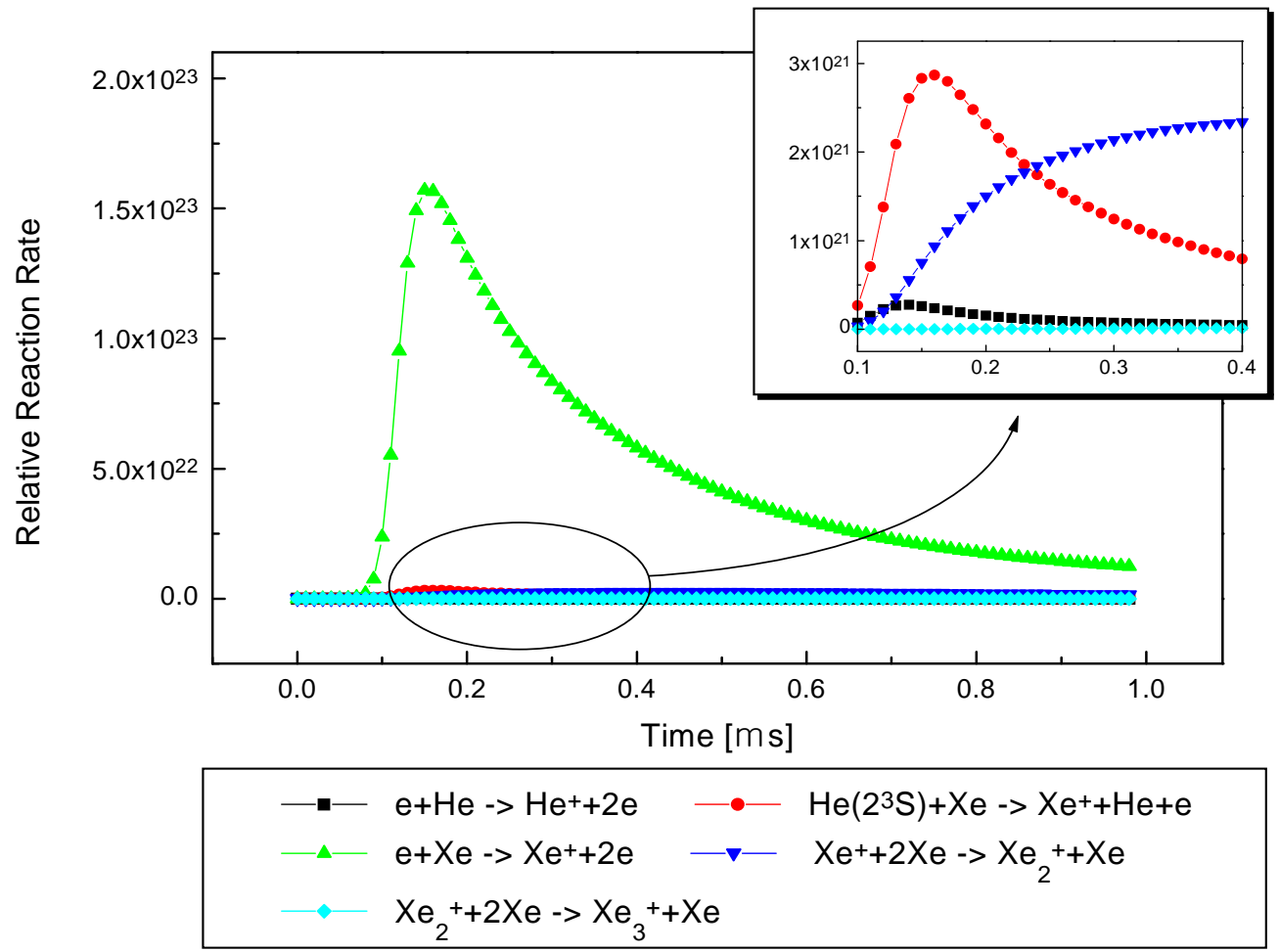
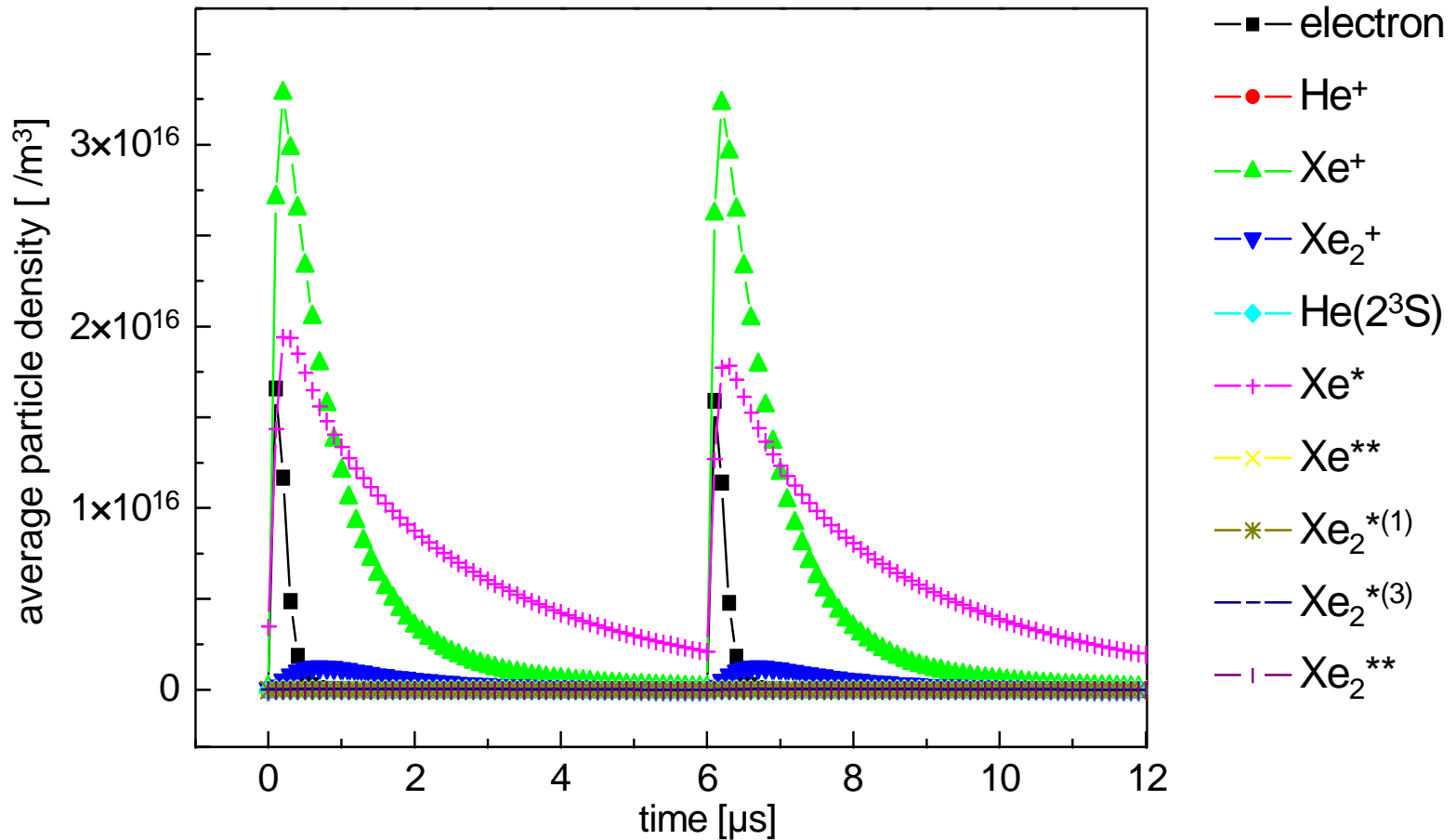


그림 4.1.5 He - Xe 방전 플라즈마 내에서의 Kinetic Pathway





(a)



(b)

그림 4.1.6 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 He-Xe(10%)
가스의 AC PDP 셀 내에서의 반응 해석



4.2 VUV 발광 메카니즘

- $\text{Xe}^*(6S)$ 의 4 degeneracy : 2 metastable [$1s_5(^3P_2)$, $1s_3(^3P_0)$] and 2 resonance level [$1s_4(^3P_1)$, $1s_2(^1P_1)$]

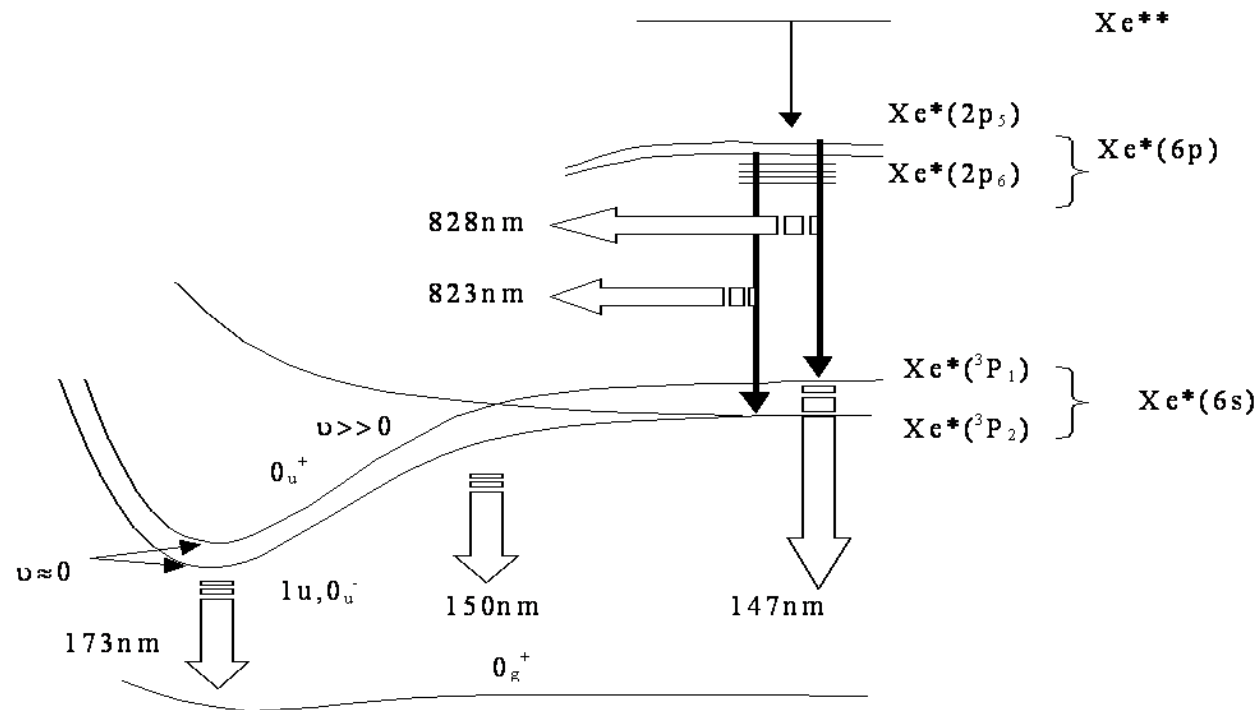
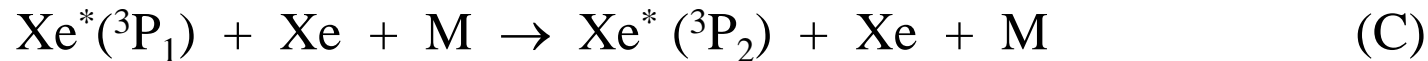
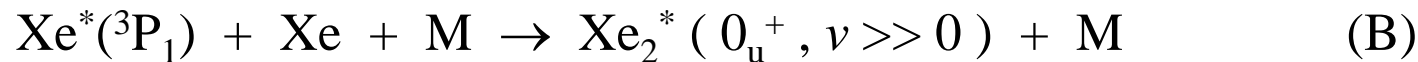
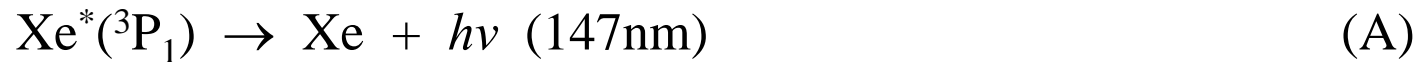


그림 4.2.1 Xe의 에너지 준위

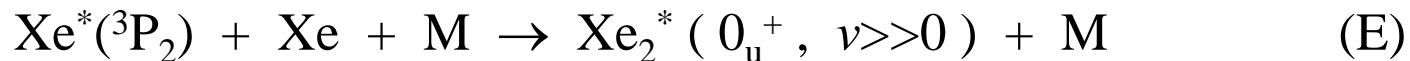
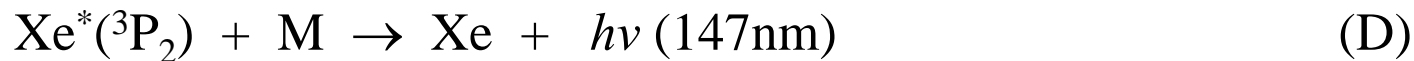
- $\text{Xe}^*(^3\text{P}_1)$, $\text{Xe}^*(^3\text{P}_2)$ 의 반응 경로

$\text{Xe}^*(^3\text{P}_1)$:



M : Xe이나 다른 입자 (He 또는 Ne)

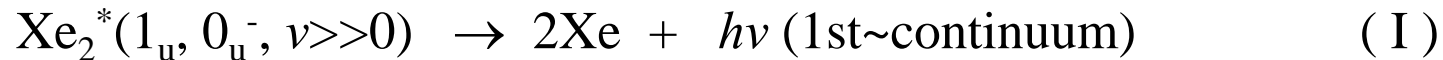
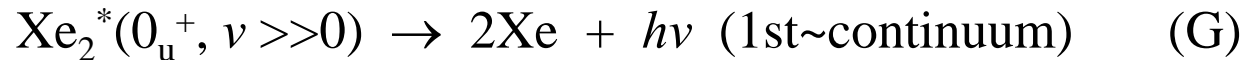
$\text{Xe}^*(^3\text{P}_2)$:



M : Xe이나 다른 입자 (He 또는 Ne)



-Xe₂^{*}(0_u⁺, v>>0) , Xe₂^{*}(1_u , 0_u⁻, v>>0) 의 반응경로
: 150nm를 방출하거나 collisional relaxation 됨



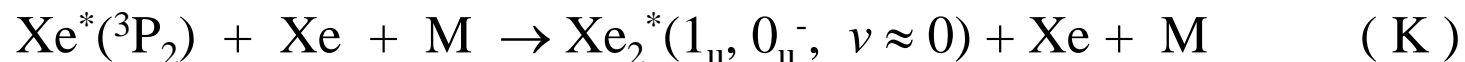
* (G)의 시정수(2nsec) << (H)의 시정수(50nsec) :

대부분의 Xe₂^{*}(0_u⁺, v >>0)는 반응 (G)를 통해 소멸

* (J)의 시정수(<1nsec) << (I)의 시정수(40nsec) :

대부분의 Xe₂^{*}(1_u, 0_u⁻, v >>0)는 대부분 Xe₂^{*}(1_u, 0_u⁻, v ≈ 0)로
천이하고 173nm를 방출하며 소멸

* 반응식 (F)와 (J)에서는 반응 (J)가 매우 빠르므로 (K)로 표현 가능함



-VUV의 시간적 방출 특성

: 150nm는 대부분 $\text{Xe}_2^*(0_u^+, v \gg 0)$ 에서 방출되며, 173nm는 $\text{Xe}_2^*(1_u, 0_u^-, v \approx 0)$ 에서 방출됨

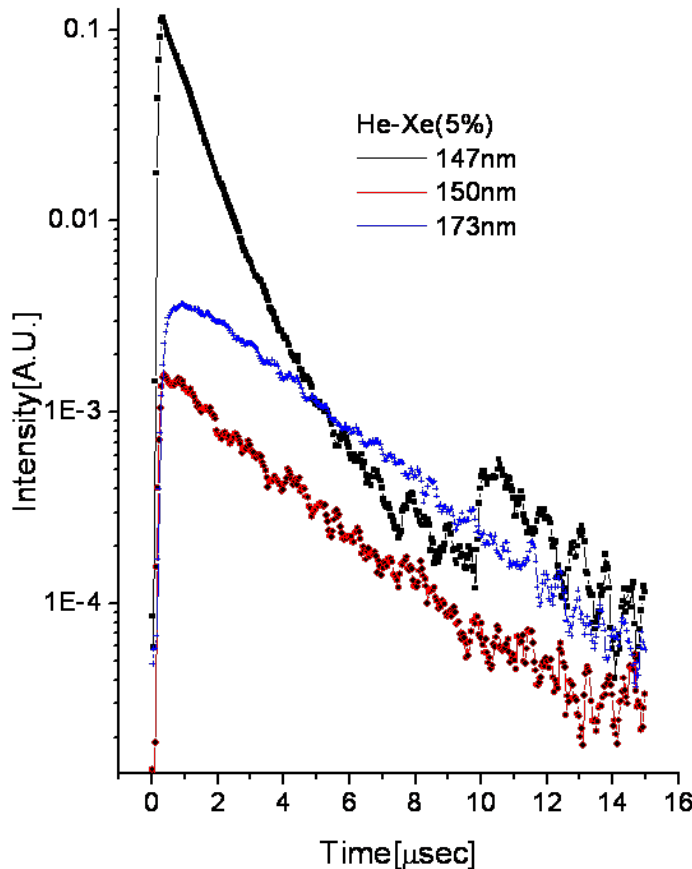


그림 4.2.2. 147nm, 150nm, 173nm의 시변특성 (He-5% Xe, 500 torr)

173nm의 시정수는 $\text{Xe}^*(3P2)$ 의 감쇄를 반영, 150nm의 감쇄시간이 173nm와 유사하므로 $\text{Xe}_2^*(0_u^+, v \gg 0)$ 의 생성은 반응 (B)보다 (D)에 지배됨



4.3 발광 특성 실험 결과

4.3.1 DC PDP 셀에서의 He-Xe 및 Ne-Xe 가스의 발광 특성

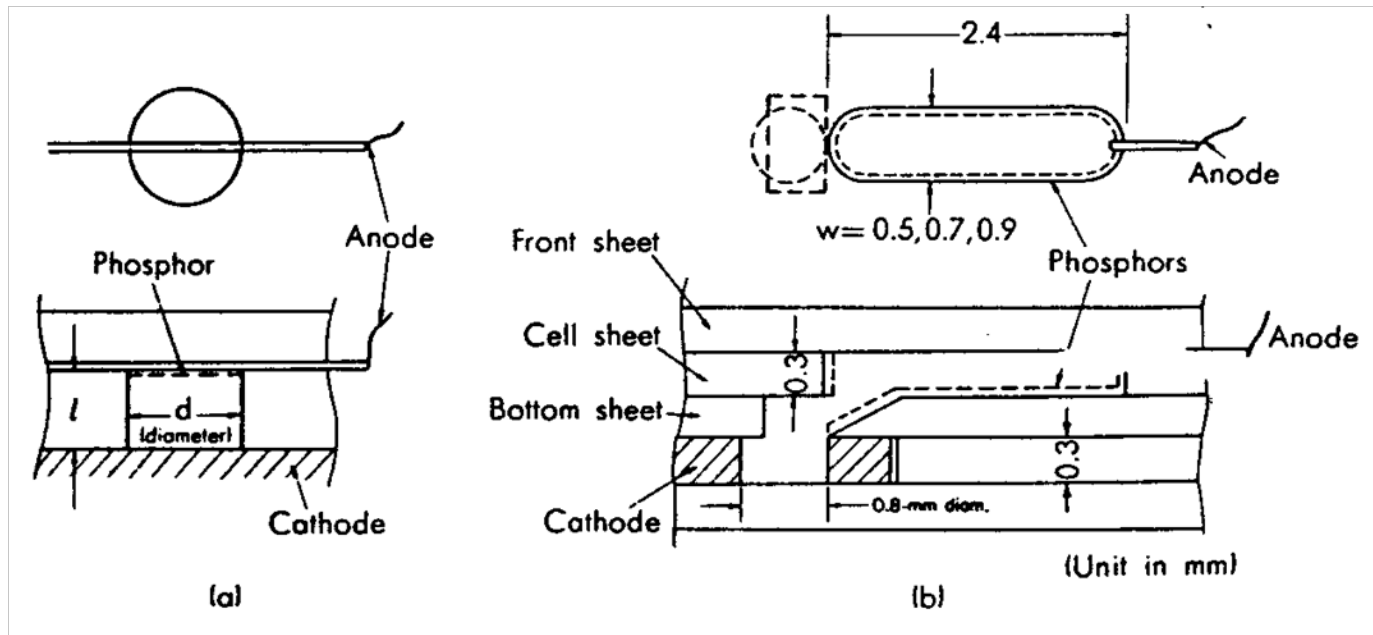


그림 4.3.1 Negative glow 셀 (a)와 Positive column 형 (b) 셀의 단면

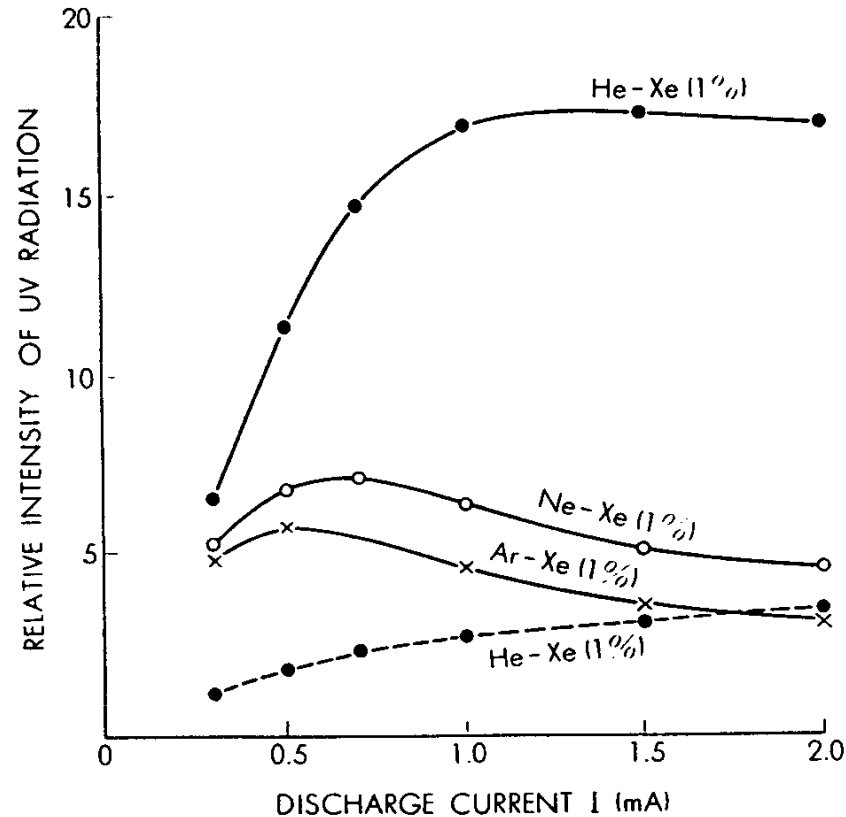


그림 4.3.2 여러 혼합가스의 방전 전류에 대한 UV
방사세기 의존성 ; 100 Torr

Positive column형(실선), Negative glow형(점선)



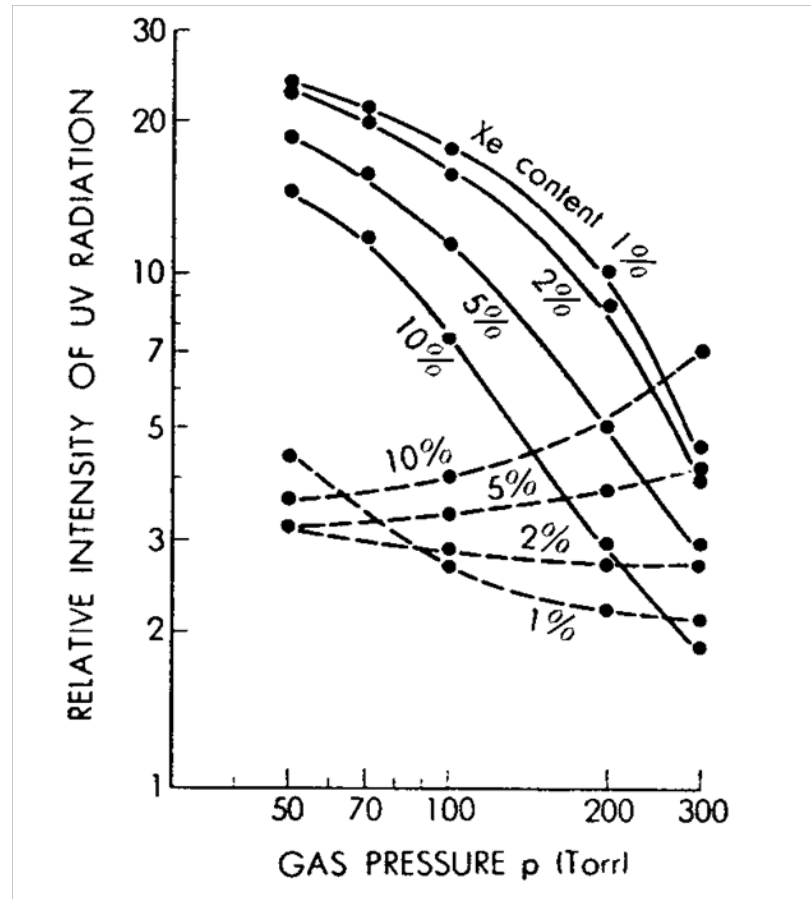


그림 4.3.3 Xe의 혼합비에 따른 VUV 방사세기의
압력 의존성 ;

Positive column형(실선), Negative glow형(점선)

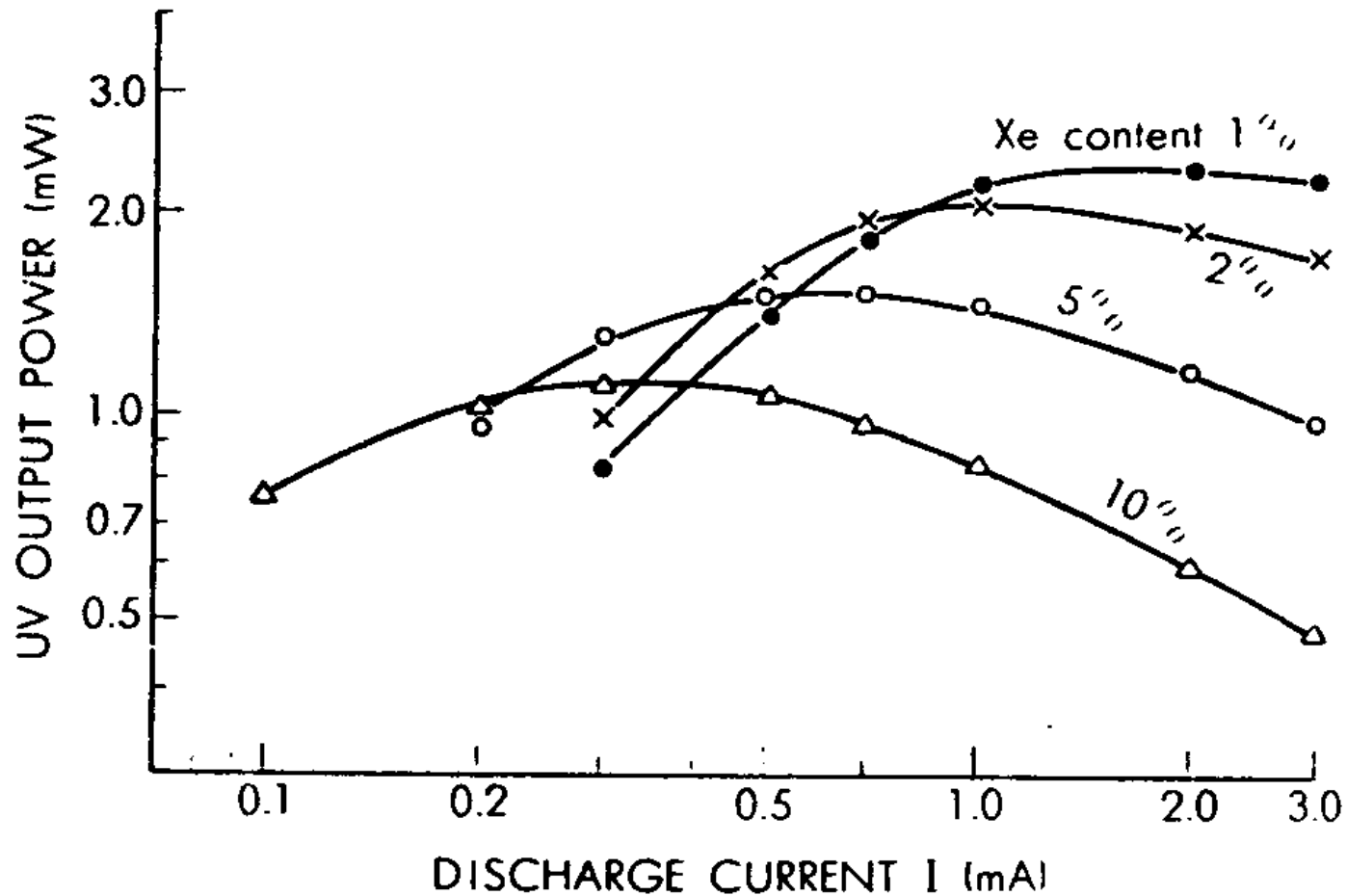
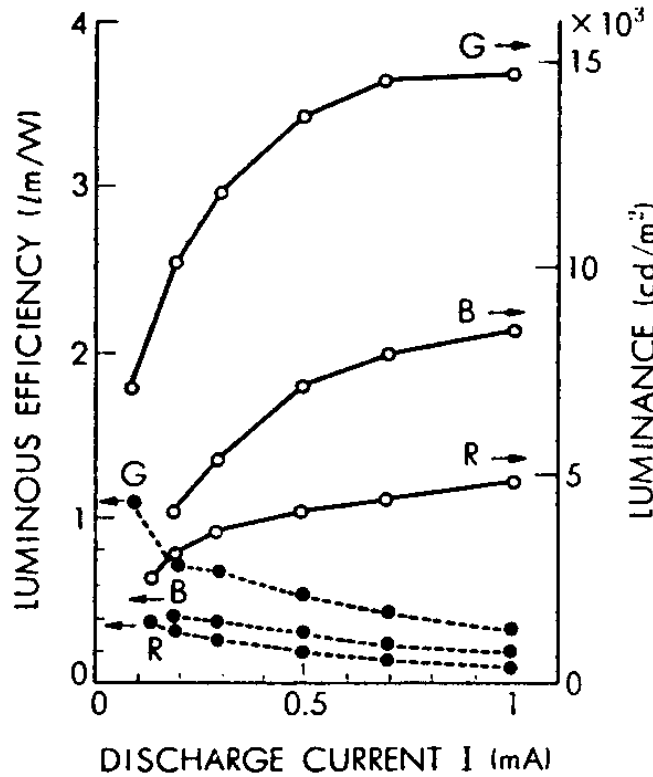
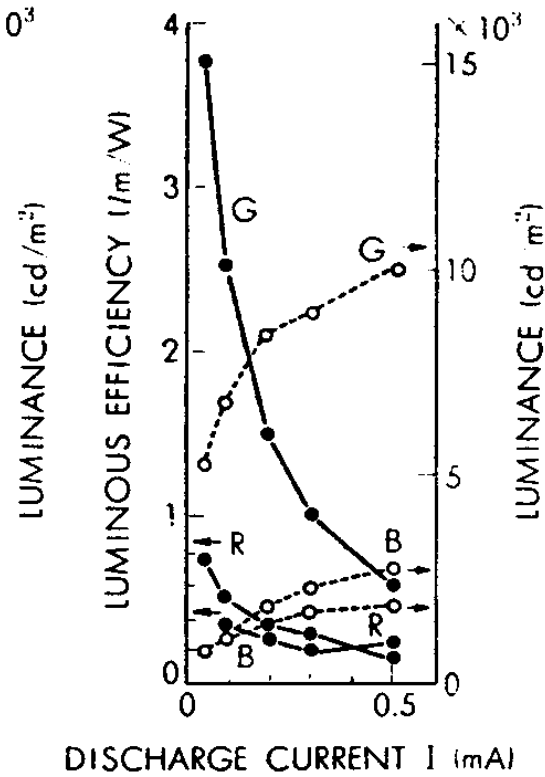


그림 4.3.4 Positive column형 셀에서 He-Xe으로 부터 나오는 UV의 방사광 출력. 100 Torr



(a)



(b)

그림 4.3.5 Luminance와 Luminance efficiency의 방전 전류 의존성 100 Torr, 양광주형

(a) He-Xe (1%), (b) He-Xe (5%)

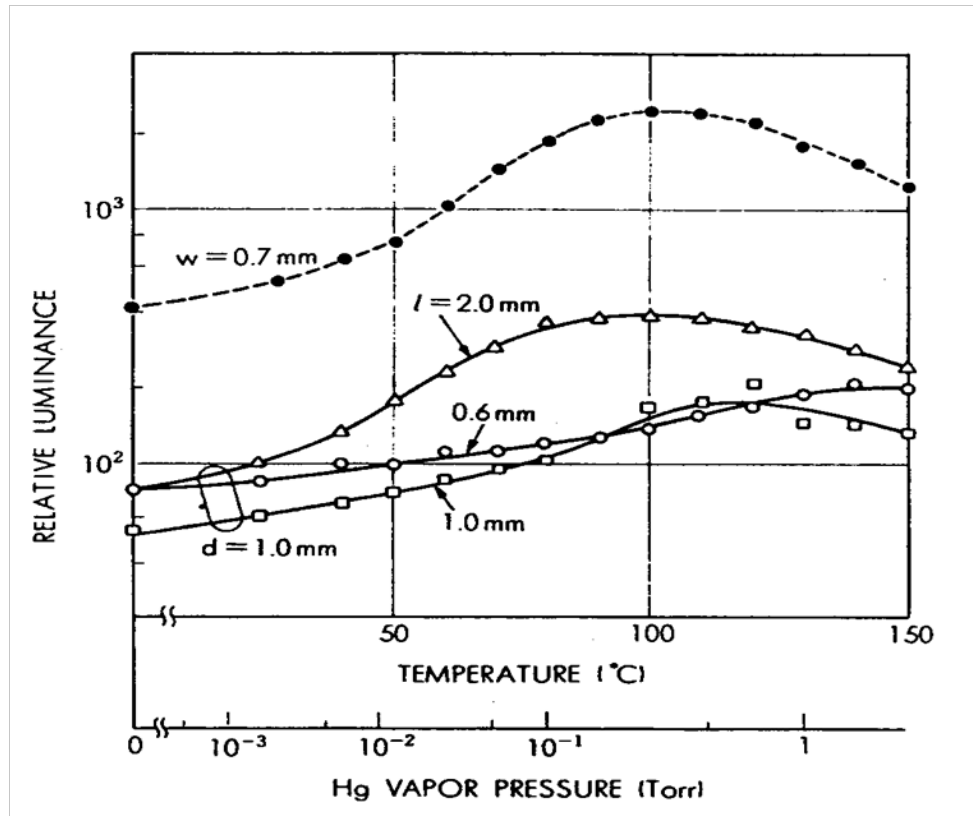


그림 4.3.6 양광주 셀에서 수은이 첨가된 경우 온도에 따른 휘도의 변화

He-Xe (2%), P=100 Torr, G(Zn_2SiO_4 : Mn)

LUMINANCE GAIN IN PPC CELLS(w=0.7nm) WITH THE ADDITION OF Hg AT SEVERAL TEMPERATURES^a

phosphor	without Hg	Temperature(°C)			
		25	50	75	100
R(Y O :Eu)	1	1.4	4.9	16	24
G(Zn SiO :Mn)	1	1.4	2.5	5.0	8.4
B(Y SiO :Ce)	1	1.3	1.7	3.3	5.4

^aDischarge current was kept at 1mA

표 4.3.1 여러 온도에서 수은의 첨가에 따른 색깔 별 휘도 개선율



4.3.2 AC PDP 셀에서의 He-Xe 가스의 발광 특성

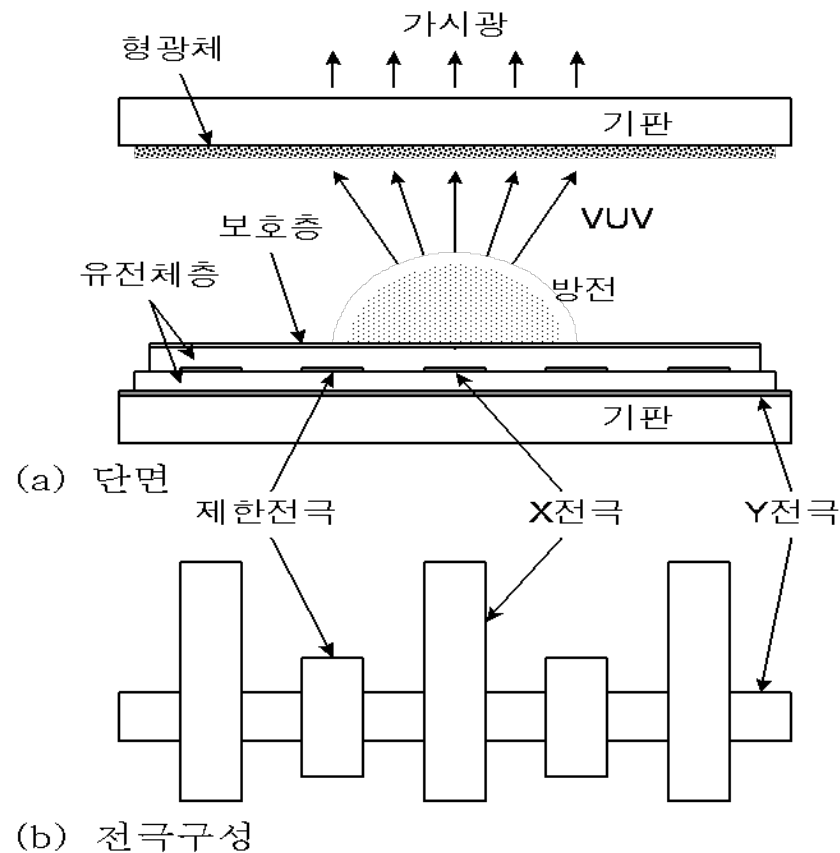
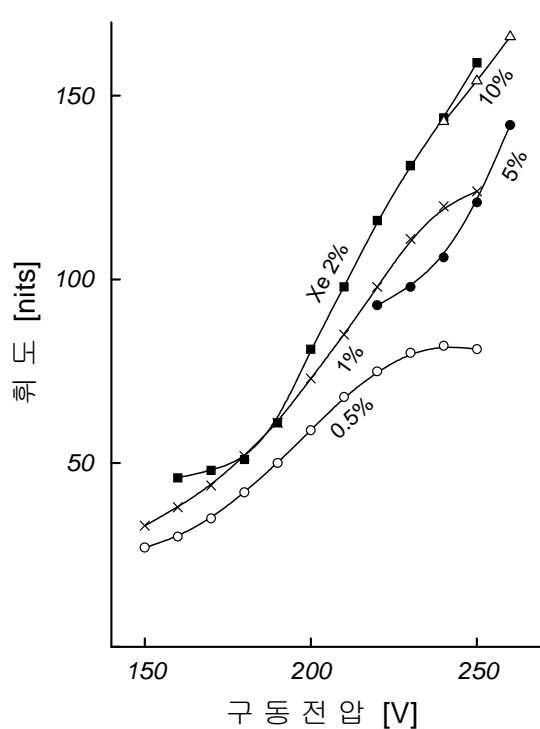
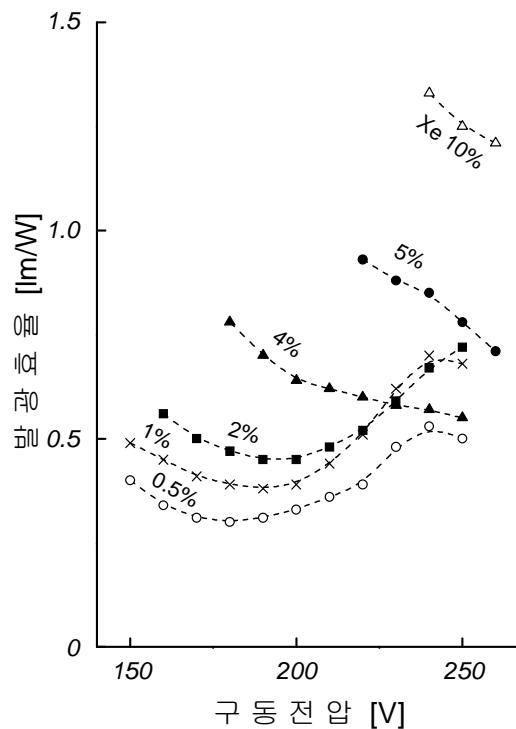


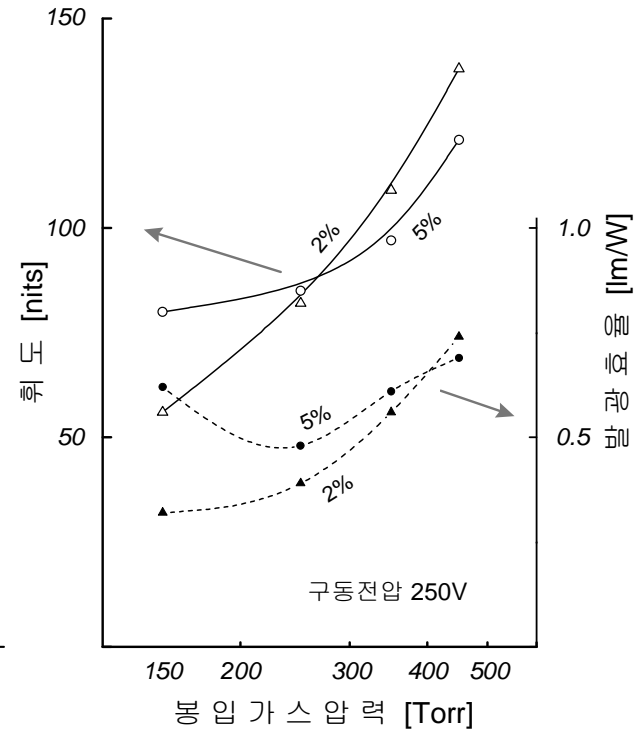
그림 4.3.7 AC PDP 셀의 구조



(a)



(b)



(c)

그림 4.3.8 Xe의 혼합비와 봉입가스압력에 따른 휘도와 발광효율의 변화

4.3.3 AC PDP 셀에서의 He-Ne-Xe 가스의 발광 특성

	장 점	단 점
He-Xe	<ul style="list-style-type: none"> • Fast Frequency Response • Good color purity 	<ul style="list-style-type: none"> • High Driving Voltage • Short Panel Lifetime
Ne-Xe	<ul style="list-style-type: none"> • Low Driving Voltage • Long Panel Lifetime 	<ul style="list-style-type: none"> • Slow Frequency Response • Low Color Purity

표 4.3.2 He-Xe 및 Ne-Xe 혼합가스의 장단점



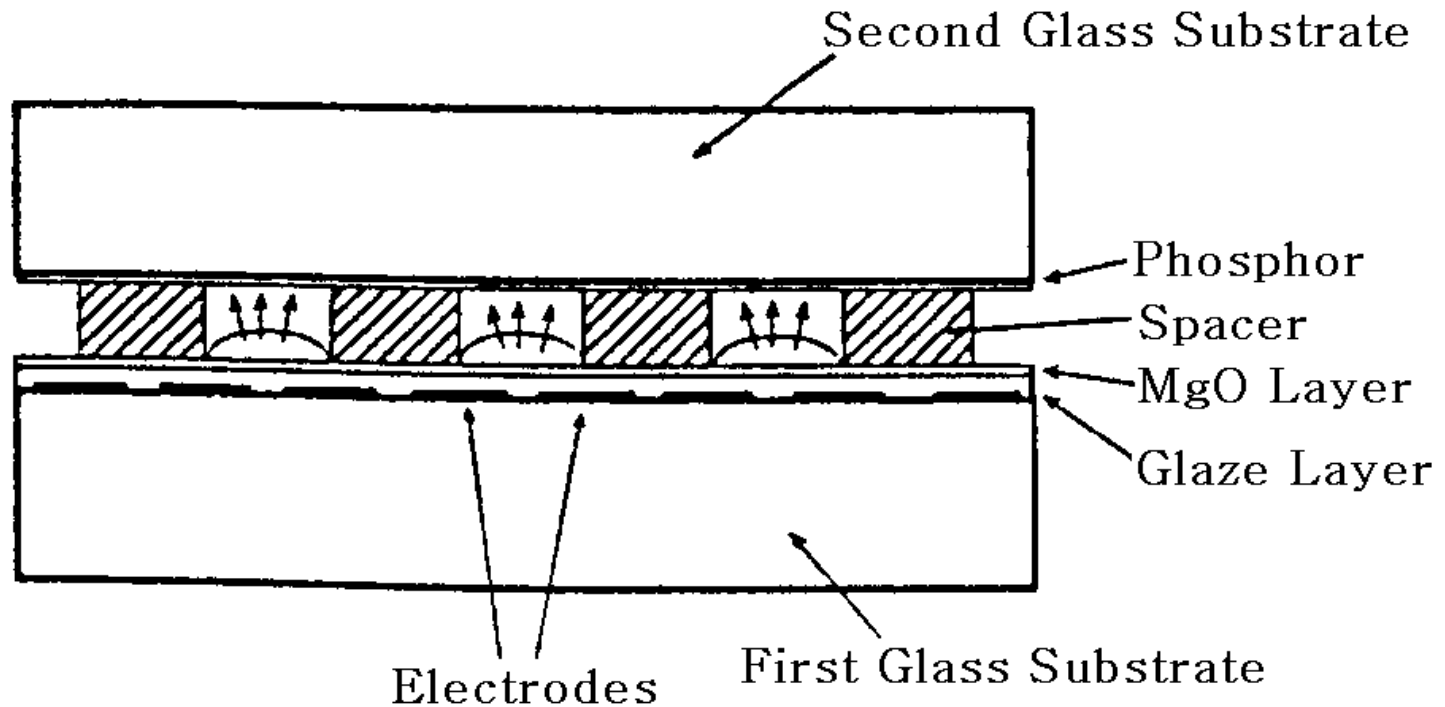


그림 4.3.9 사용된 AC PDP 셀의 단면도

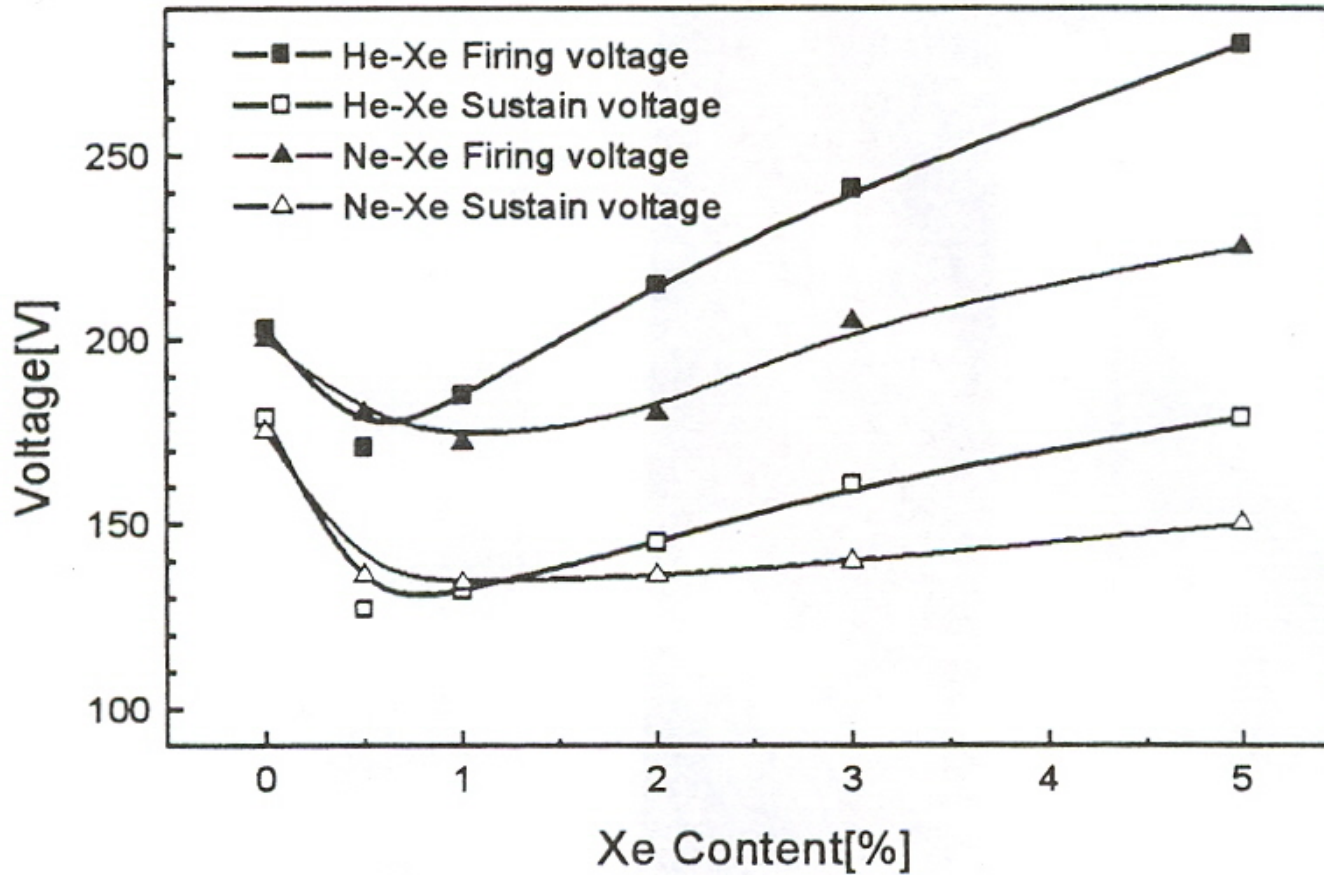


그림 3-1. He-Xe과 Ne-Xe에서 Xe의 부분압에 따른 전압특성

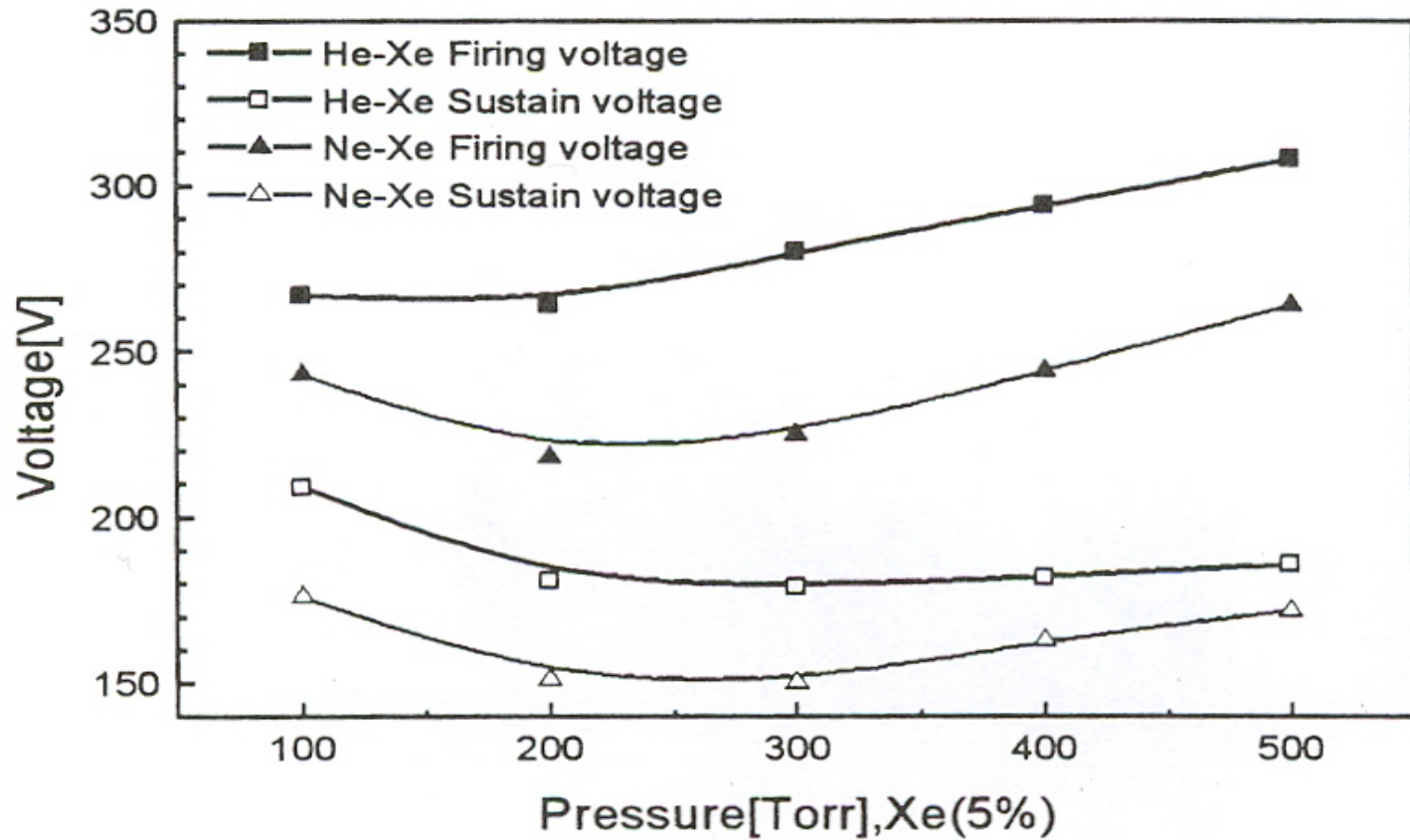


그림 3-2. 압력에 따른 방전전압의 변화



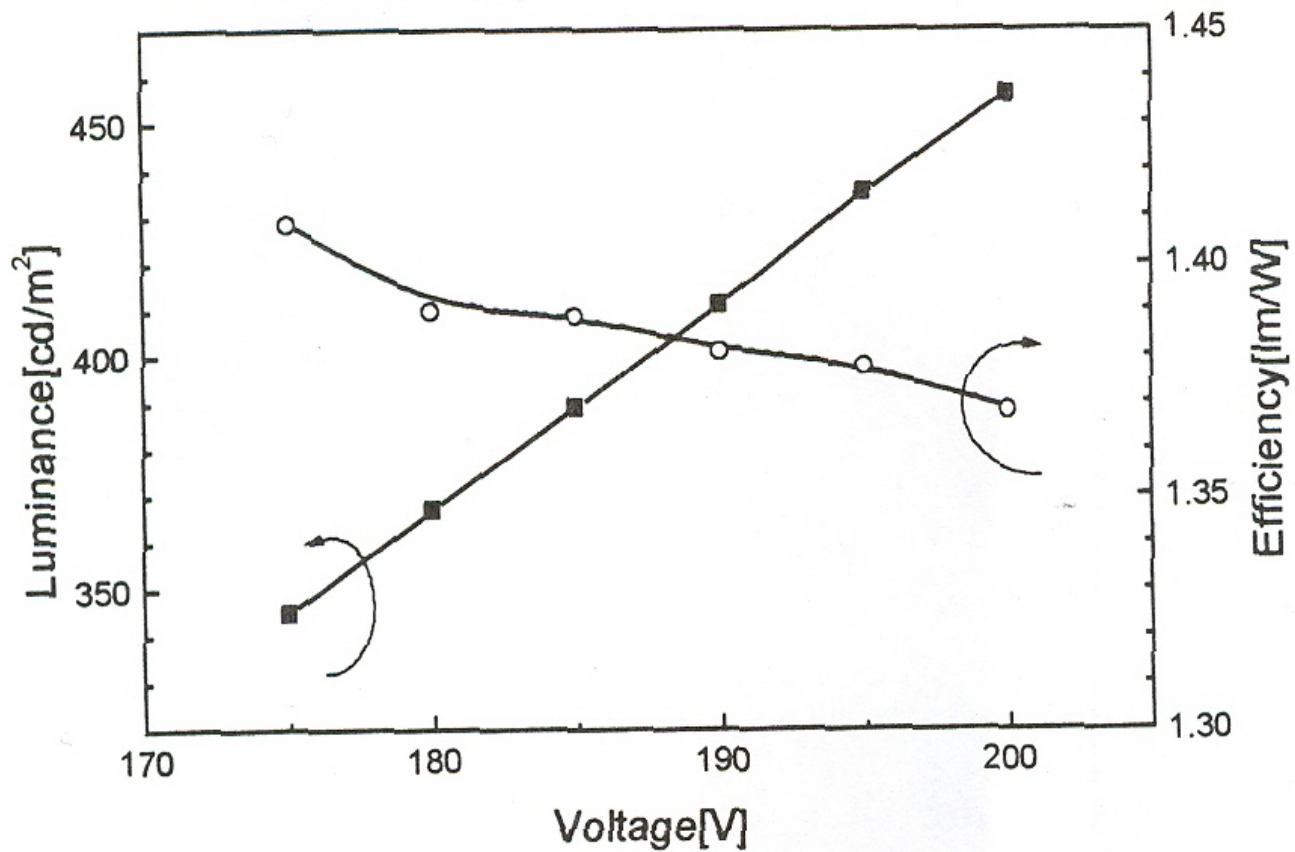


그림 3-3. 방전전압에 따른 휘도와 효율 특성, Ne-Xe(5%) 400Torr

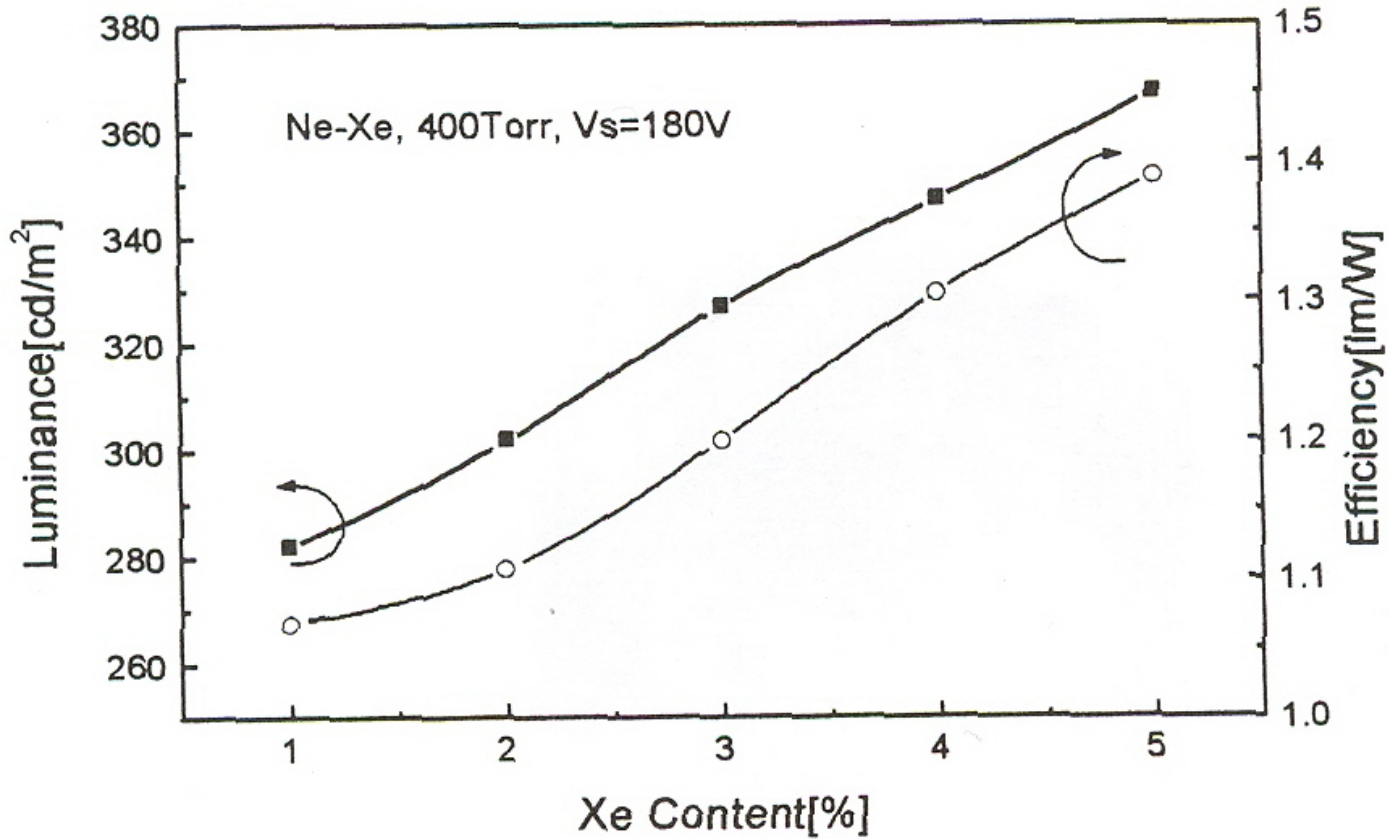


그림 3-4. Xe의 부분압에 따른 휘도와 효율 특성



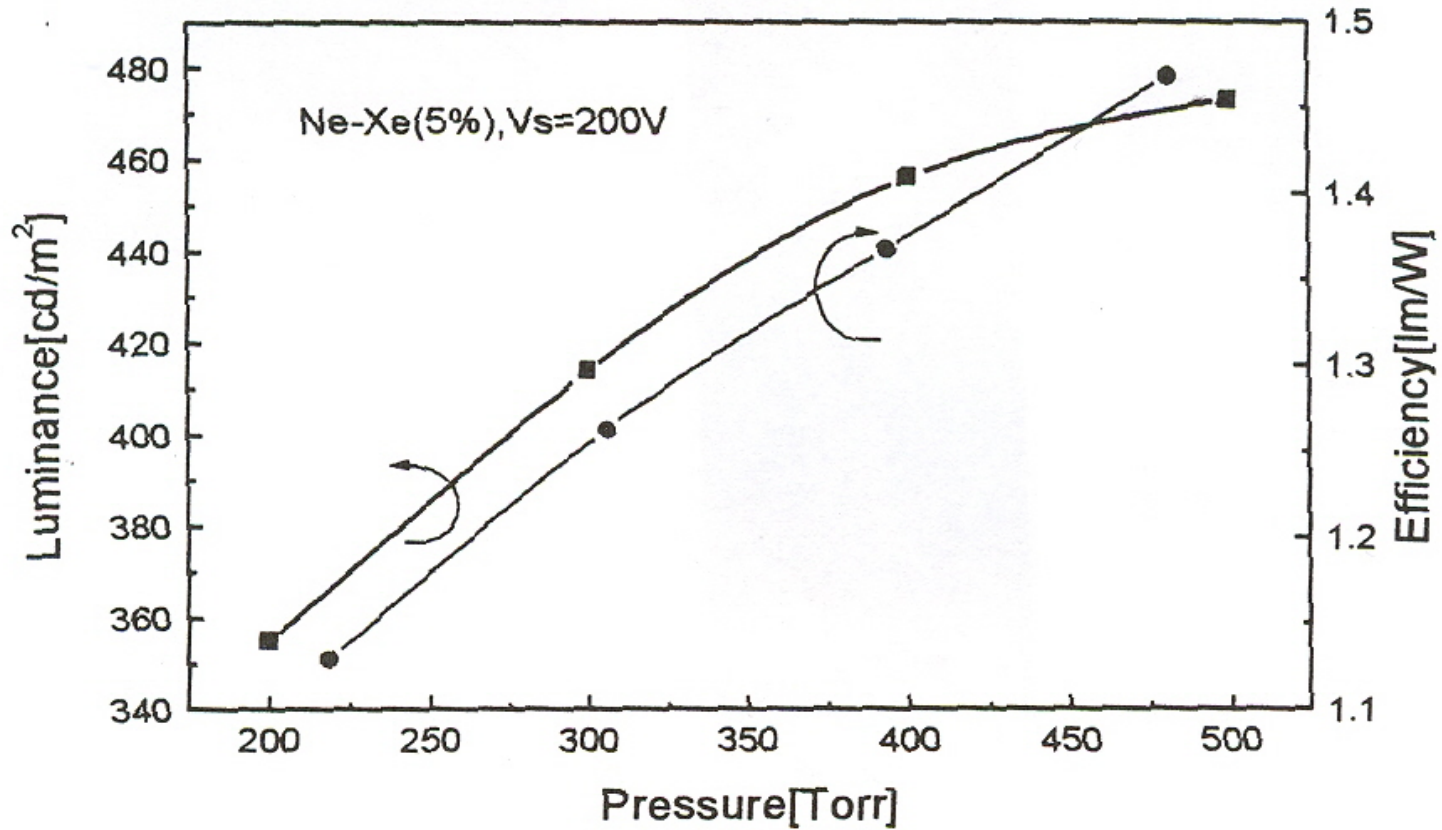


그림 3-5. 압력에 따른 휘도와 효율 특성

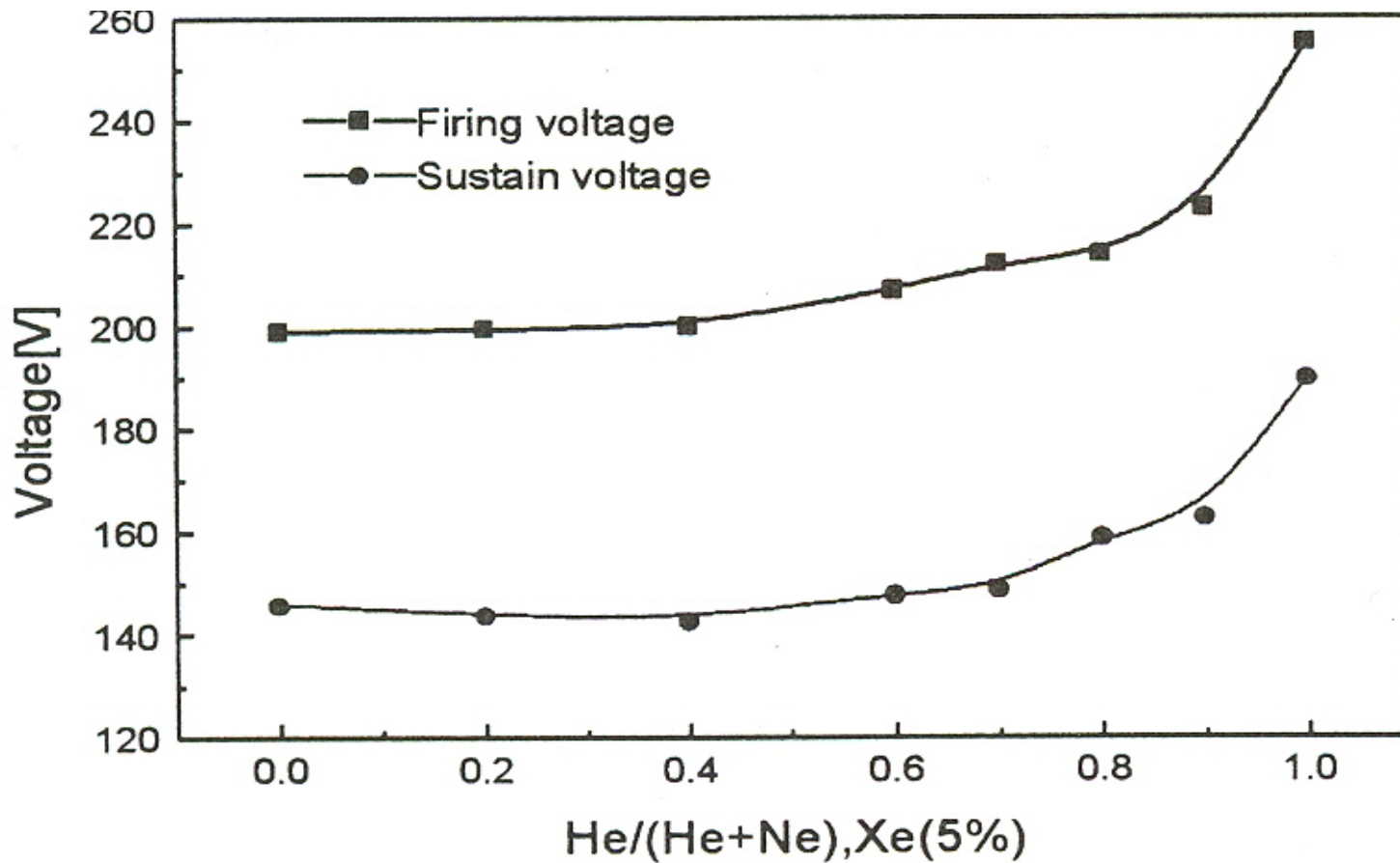


그림 3-6. He-Ne-Xe의 방전 전압 특성, 300Torr



Xe(5%)-He/Ne

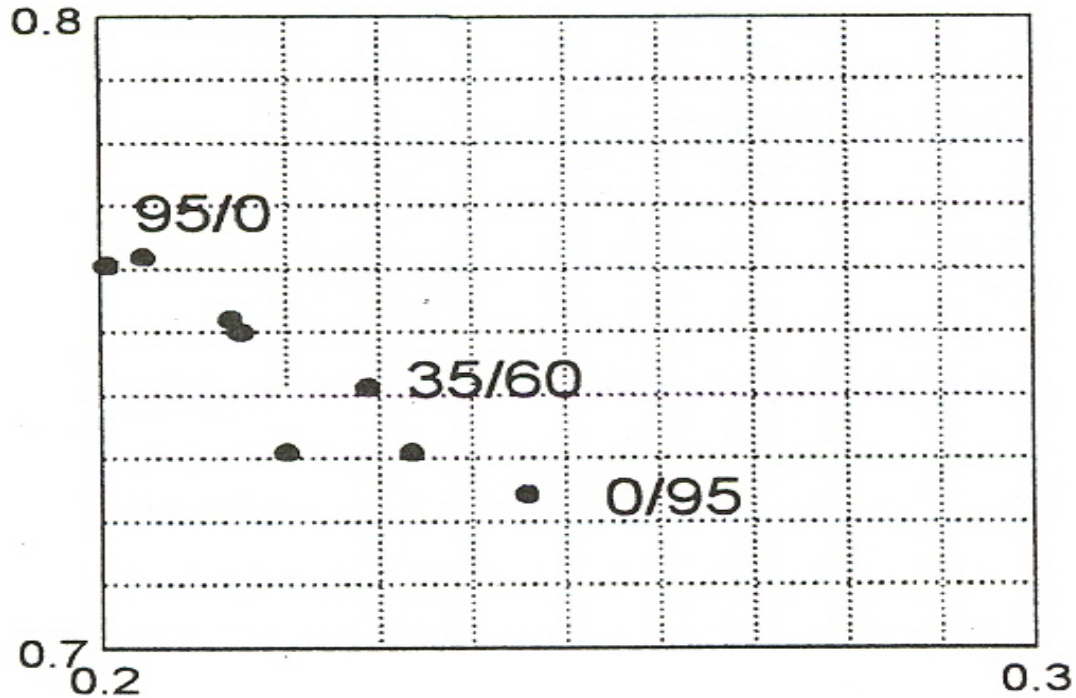


그림 3-7. 녹색 형광체를 사용하였을 경우에 He:Ne-Xe(5%)의 비율 변화에 따른 색좌표의 변화

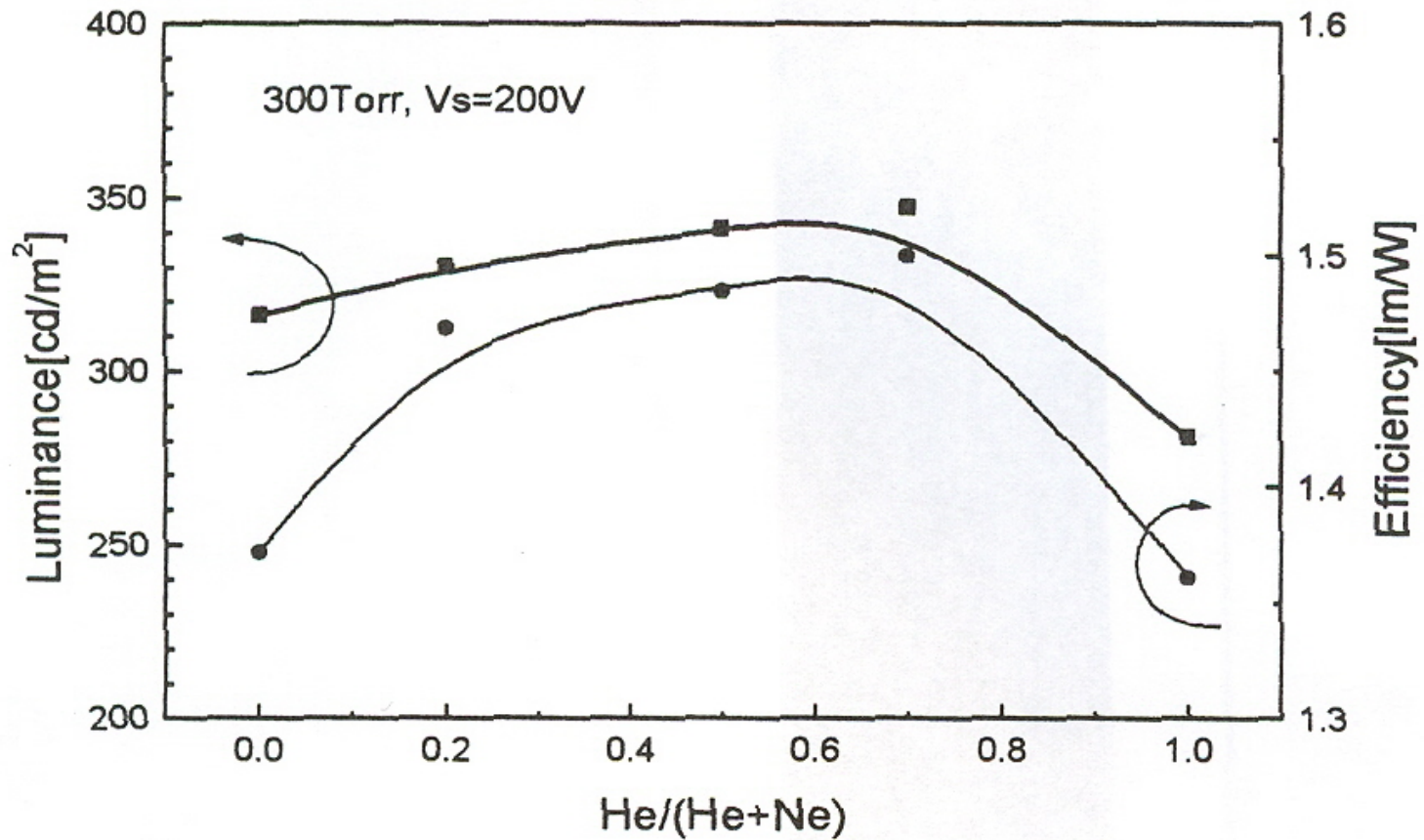


그림 3-8. He-Ne-Xe(5%)의 휘도와 효율 특성

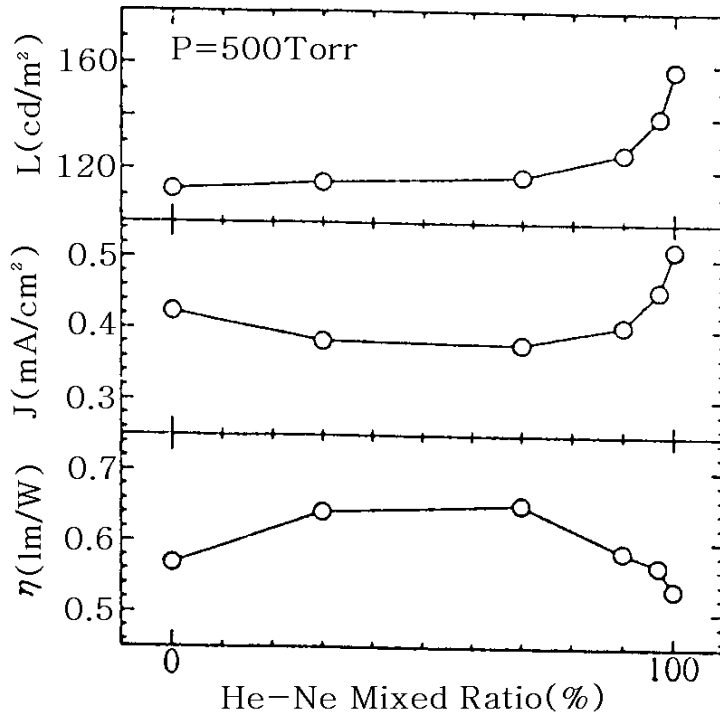


그림 4.3.11

Luminance L , 방전 전류밀도 J ,
Luminous Efficiency η 의
He-Ne 혼합비 의존성

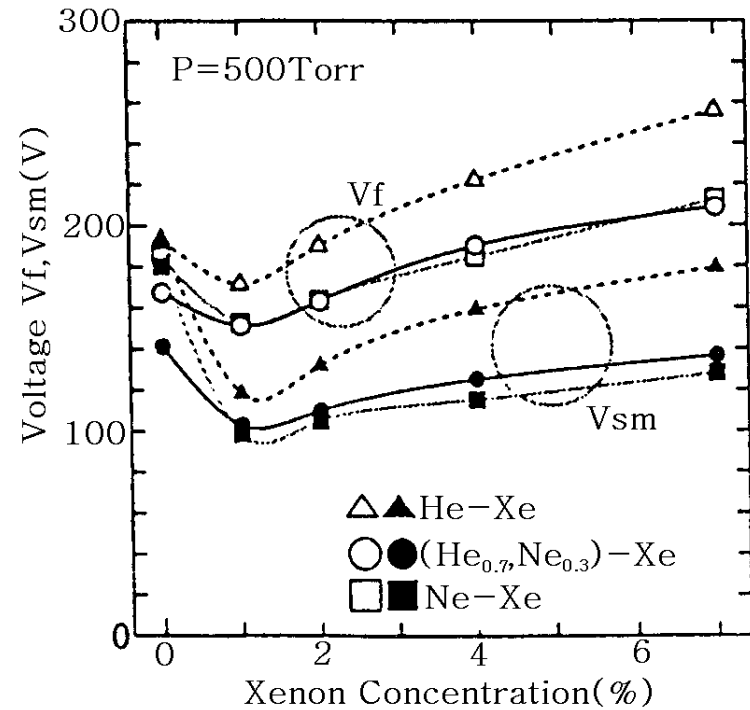
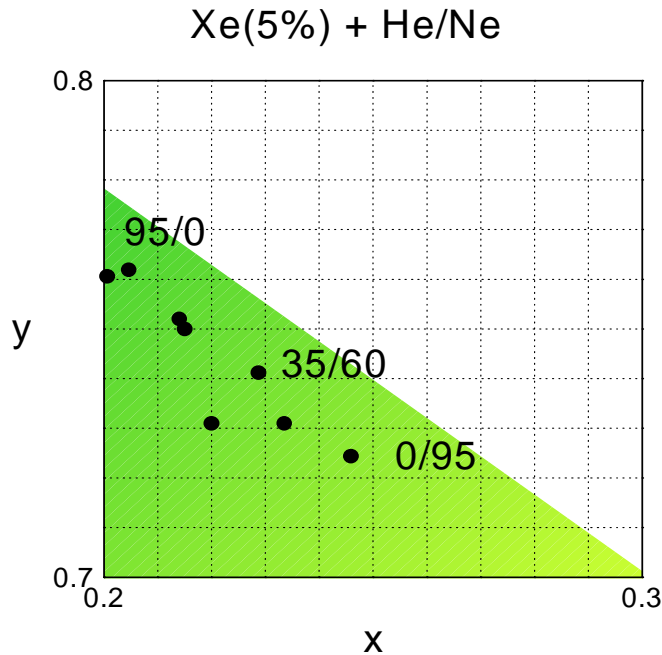


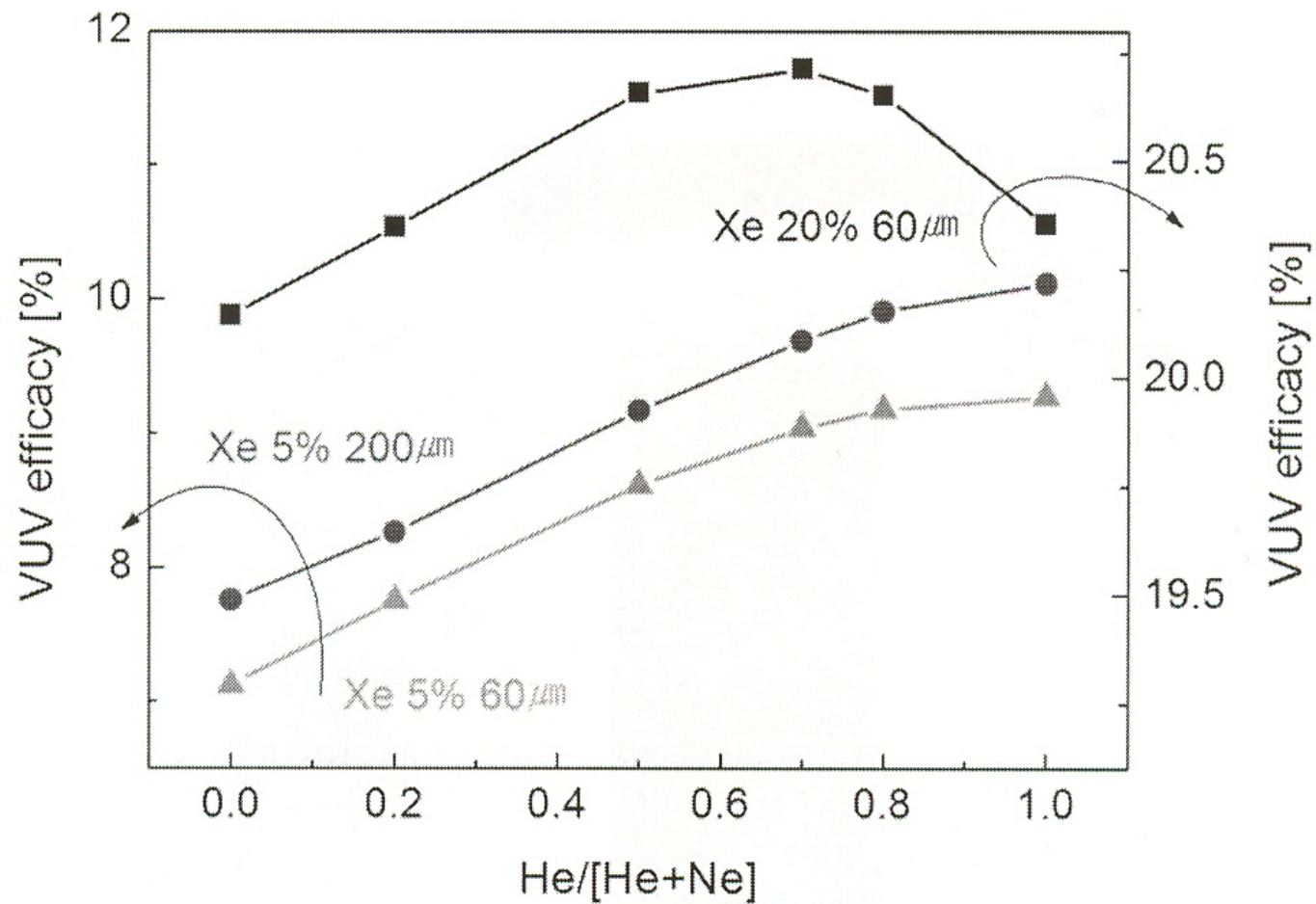
그림 4.3.12

Xe의 농도에 따른 He-Ne-Xe
혼합가스 및 He-Xe, Ne-Xe의
 V_f 와 V_{sm}

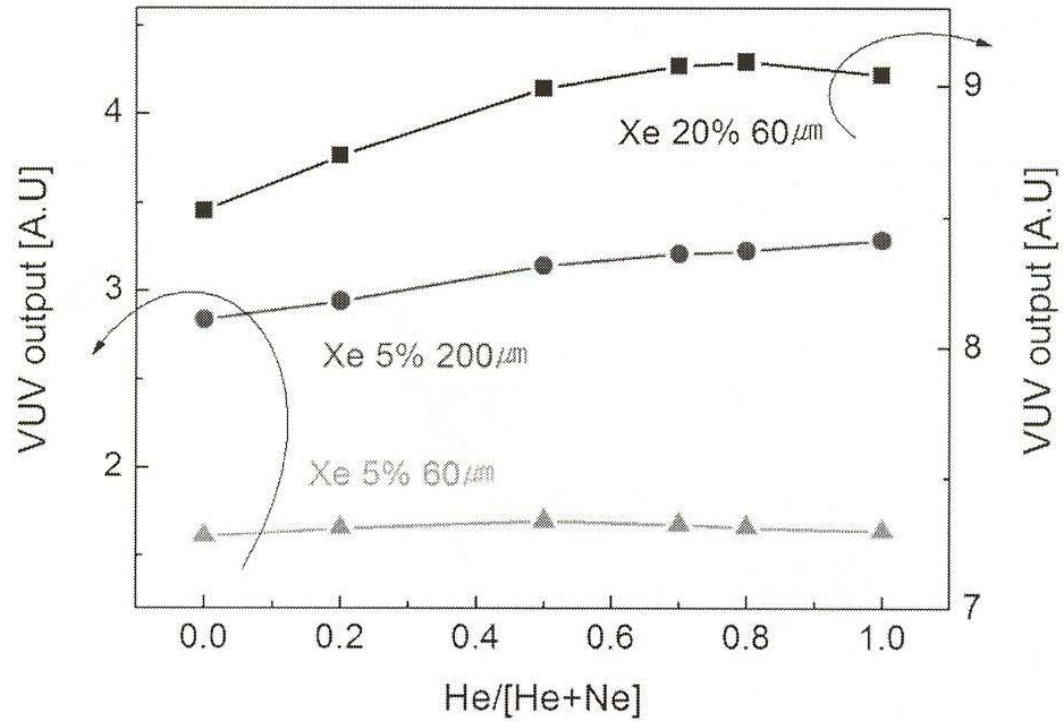


- P=300Torr
- Ne increase-> Color gamut becomes bad

그림 4.3.13 He-Ne-Xe (5%) 방전가스의 He-Ne 혼합비에 따른 녹색 색도 좌표 변화
P=300 Torr

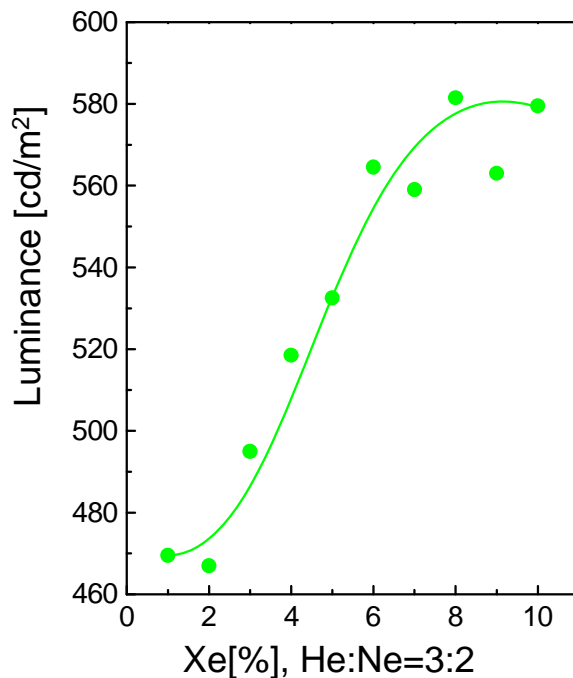


(a)



(b)

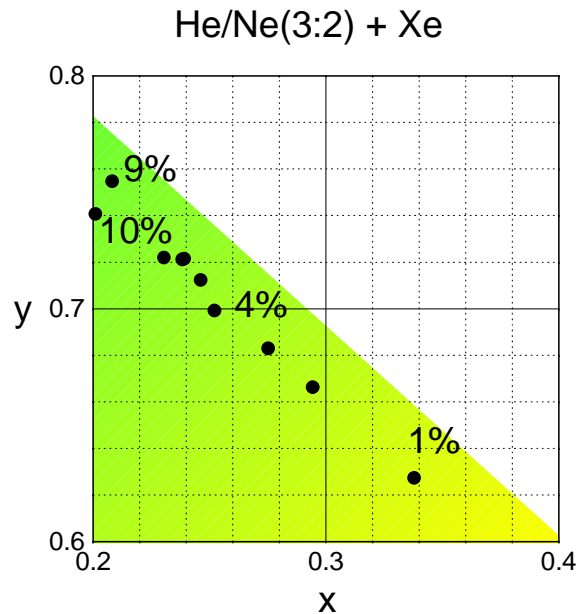
Figure 3. (a) VUV efficacy and (b) VUV output in He-Ne-Xe gas mixture with the increment of He content ratio for low Xe content and short gap condition (Xe 5%, 60 μm), low Xe content and long gap condition (Xe 5% 200 μm) and high Xe content and short gap condition (Xe 20%, 60 μm).



- P=300Torr
- Xe partial pressure increase->Luminance increase

그림 4.3.14 He-Ne (3:2) 혼합가스에서 Xe의 혼합비 변화에 따른 휘도 변화
P = 300 Torr





- P=300Torr
- As the Xe partial pressure becomes higher, Color purity becomes better

그림 4.3.15 He-Ne (3:2) 혼합가스에서 Xe의 혼합비 변화에 따른 녹색순도 변화
P = 300 Torr



4.4 방전형성 기구 해석

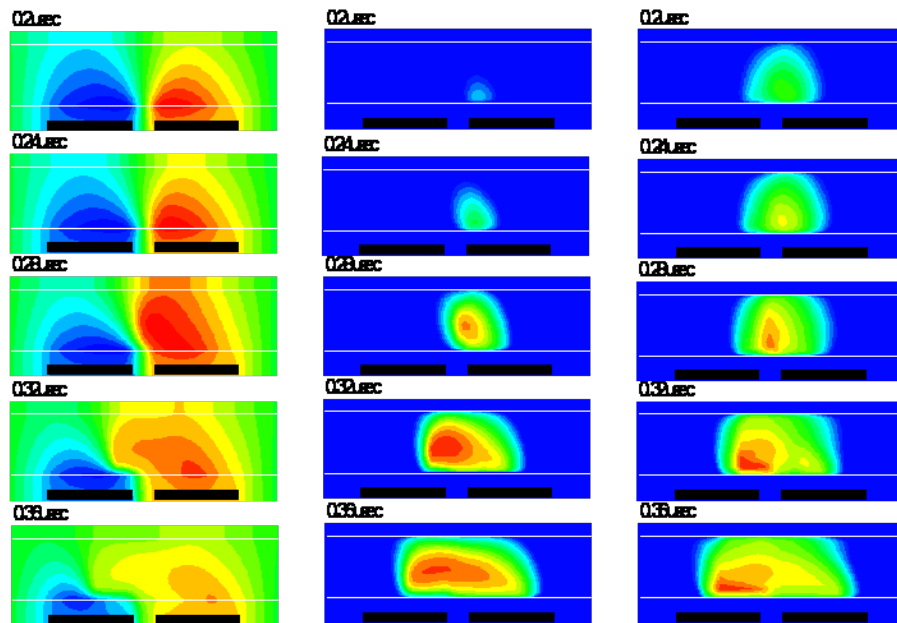
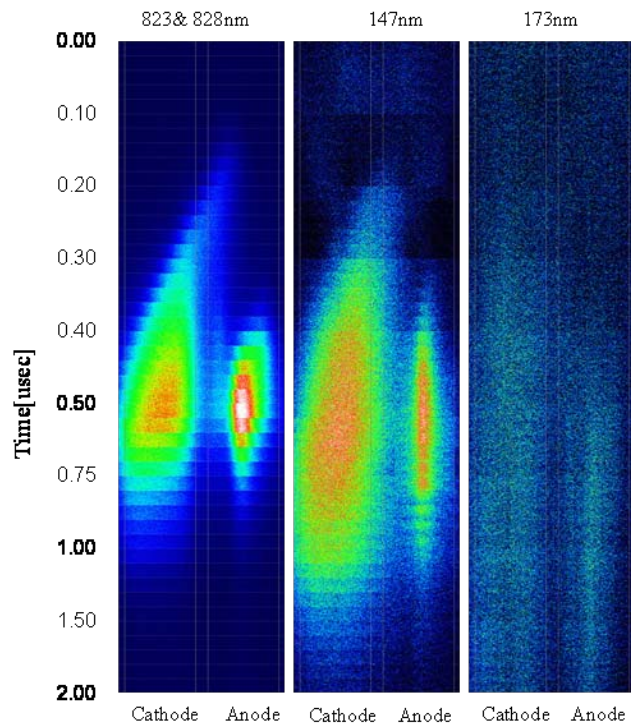


그림 4.4.1 ICCD에 의해 관측된 IR과 VUV의 시공간 변화
Ne-Xe(1%) 300Torr(左)

그림 4.4.2 Simulation에 의해 구해진 시공간적인 전위분포 및
전자와 이온밀도 분포(右)

- PDP내에서의 micro discharge는 직접적인 측정이 불가능하므로 셀에서 방출되는 VUV나 IR의 시공간적인 변화나 simulation이 필수적
- * 초기의 방전은 양극쪽에서 시작되어 점차 음극으로 이동하여 음극에서는 전극의 가장자리로 점점 넓어지며, 동시에 양극쪽의 강한 발광이 관찰 됨 (ICCD 결과)
- * 방전 초기 음극 근처에서 출발한 전자는 avalanche에 의해 양극으로 이동하며 중성입자를 이온화 시킨다. 그러므로 초기에는 양극 위에 많은 전자가 존재하여 발광이 시작되고, 시간이 흐름에 따라 양극 위에서 생성된 이온이 전계에 의해 음극으로 이동하여 음극 위에서 방전이 강해지고 벽전하 형성에 의해 방전이 외곽으로 이동한다. (simulation 분석)



5. PDP 셀 구조

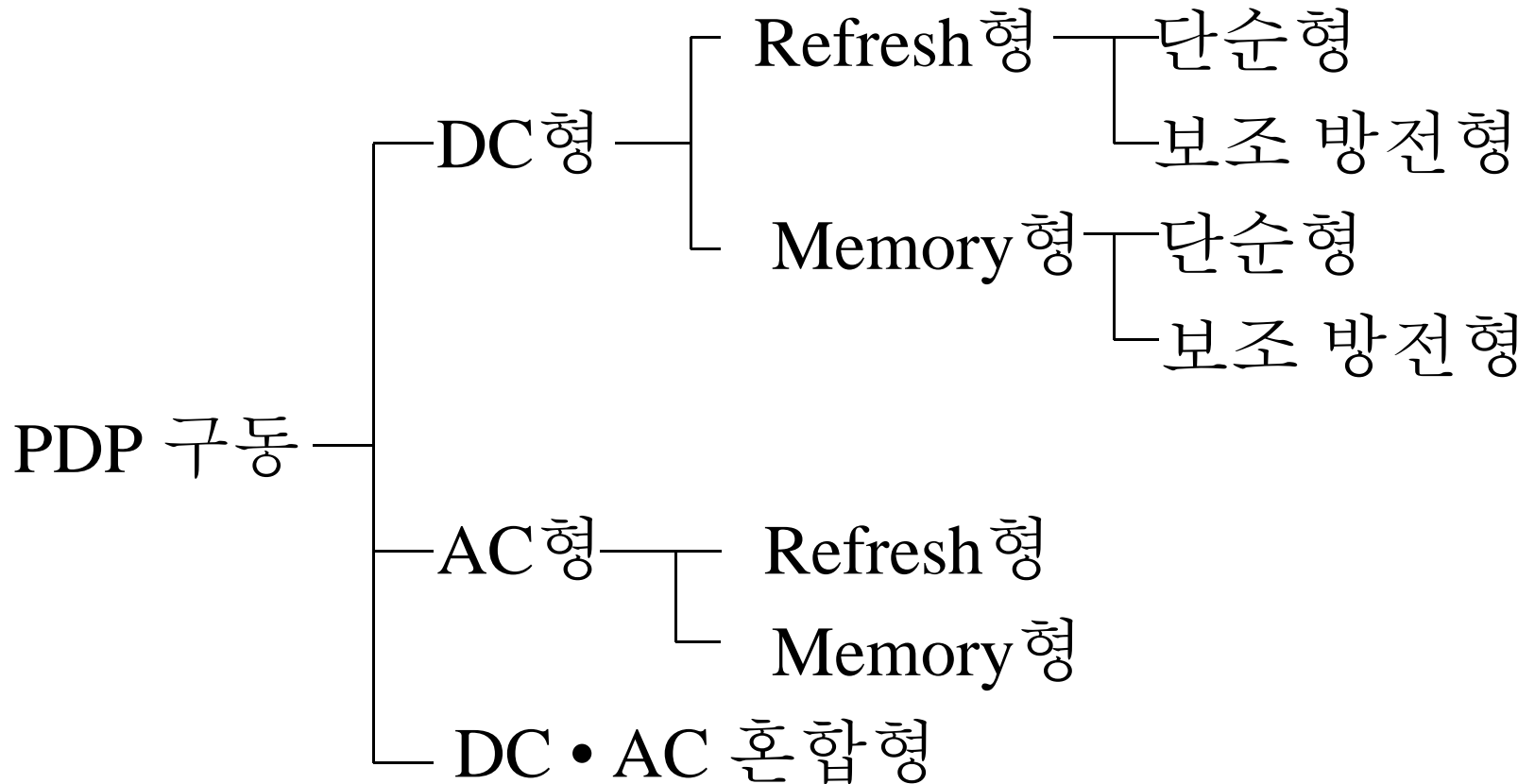


표 5.1.1 구동 방법에 따른 PDP의 분류



5.1 DC PDP의 셀 구조

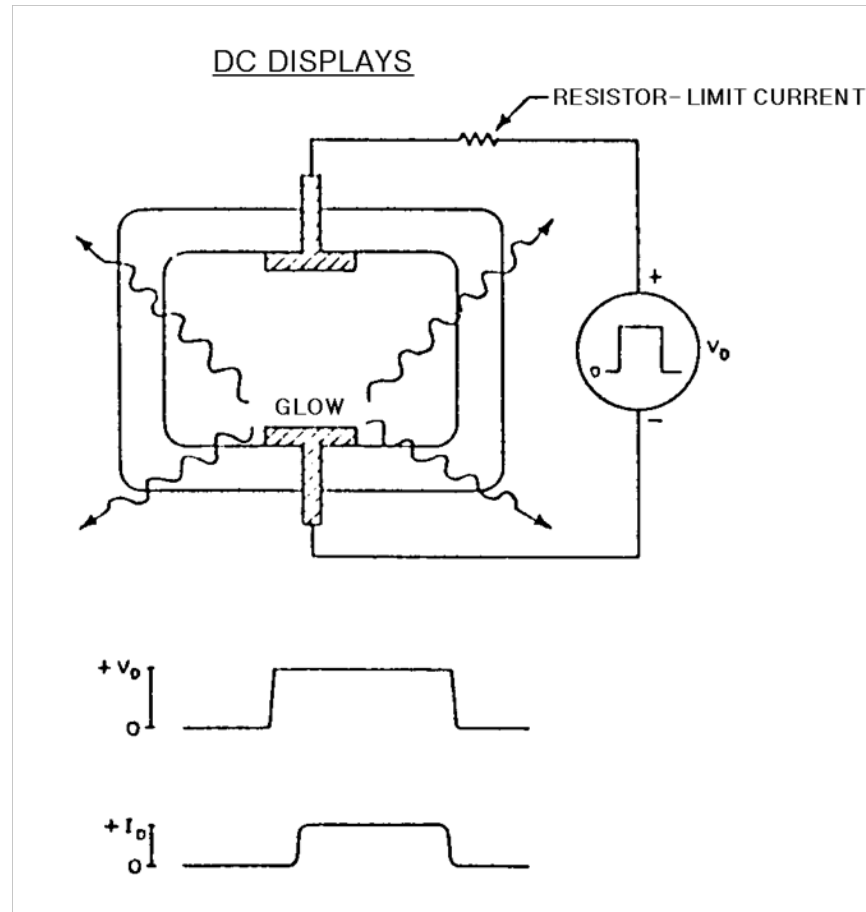


그림 5.1.6 DC PDP의 셀 구조



5.1.1 Refresh형 DC PDP의 구동

가. 단순 Scan형

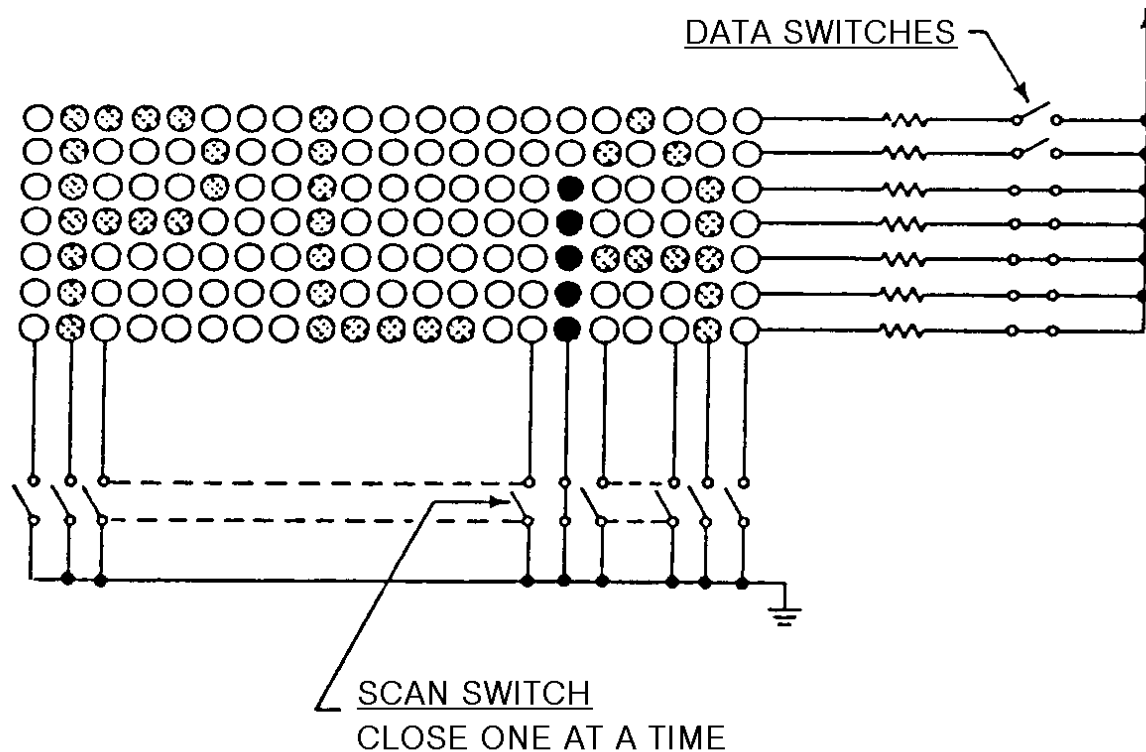


그림 5.1.7 단순 Scan형의 구동회로

나. Self-scan형™

Scan 스위칭을 플라즈마의 논리 기능을 이용한
플라즈마 스위칭이 역할

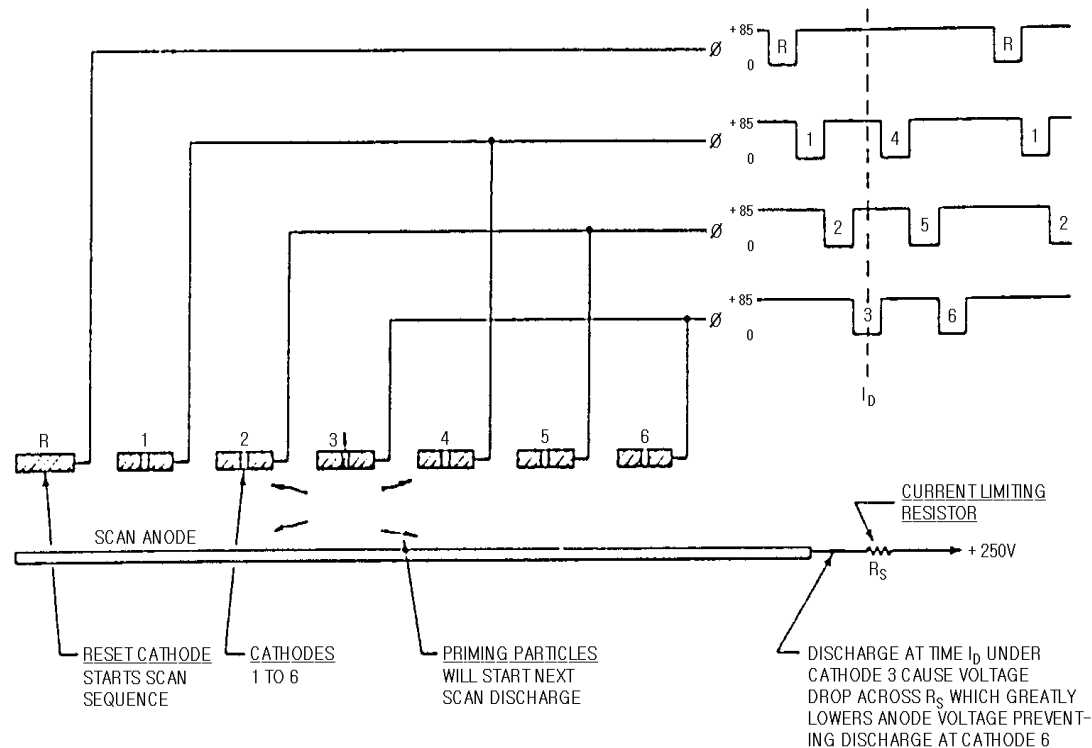


그림 5.1.8 Self-Scan™ 구동의 Scan 방전

5.2 최신 PDP의 구조

5.2.1 최신 DC PDP의 구조

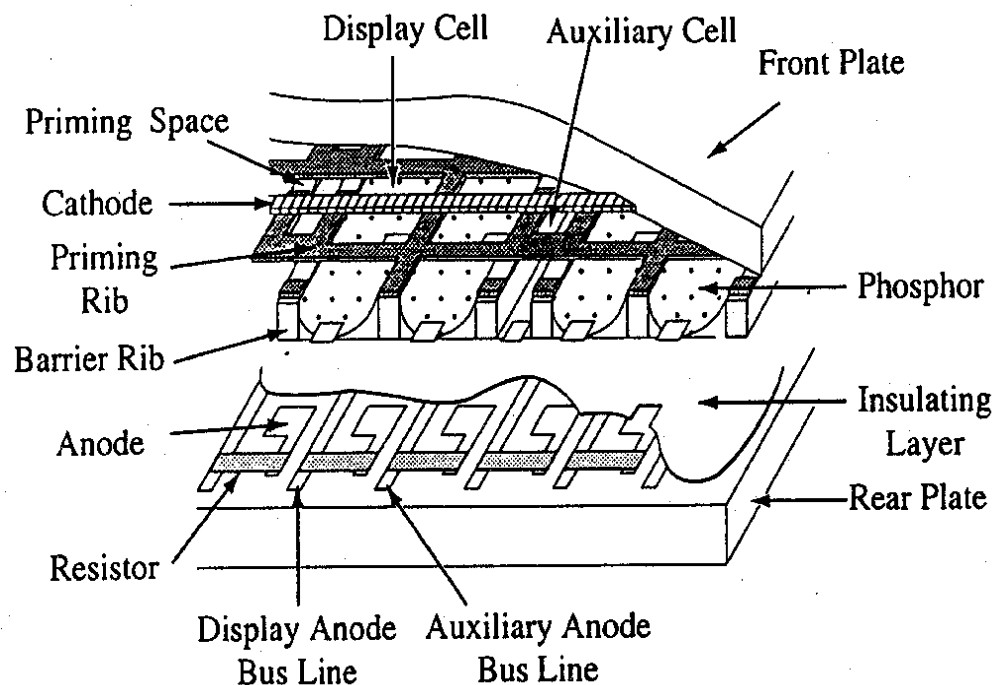
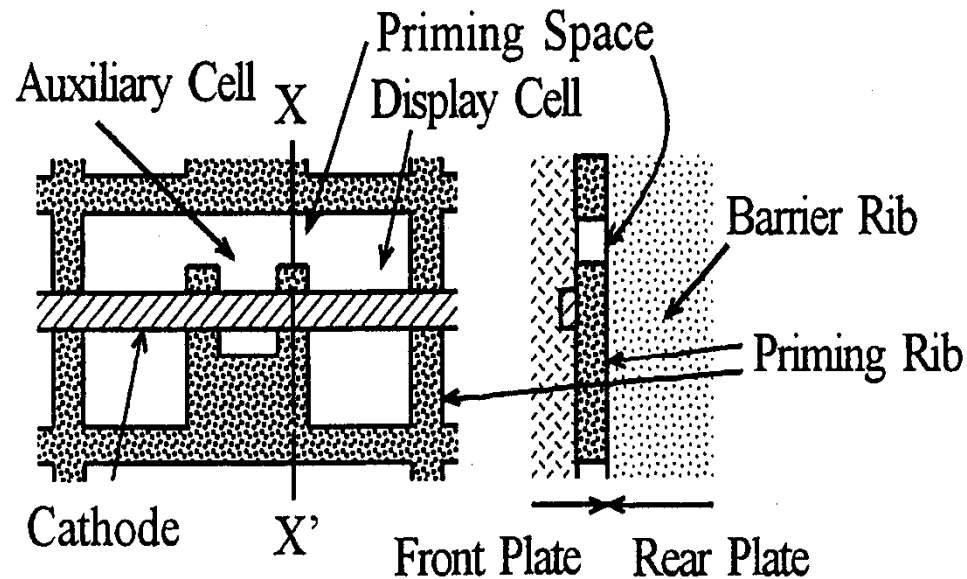


그림 5.3.1 42인치 DC PDP의 패널 구조

* Priming effect – DC PDP에서의 동영상 구현을 위한 memory 구동을 위해서 필요



Plane figure of front plate Cross-section view of X-X'

그림 5.3.2 Priming space의 구조

5.3 Memory형 DC PDP의 구동

플라즈마의 소멸

- ① Ambipolar 확산을 통한 벽에서 재결합 : 수 us
- ② 하전입자 간의 재결합 : 수 ms
- ③ Metastable 종의 수명 : 수십 ms ~ 수초

펄스 형태의 구동전압인가

- off time < metastable 종의 수명
- 잔류하전입자 및 metastable 종의 Priming 효과
- “Memory 기능”



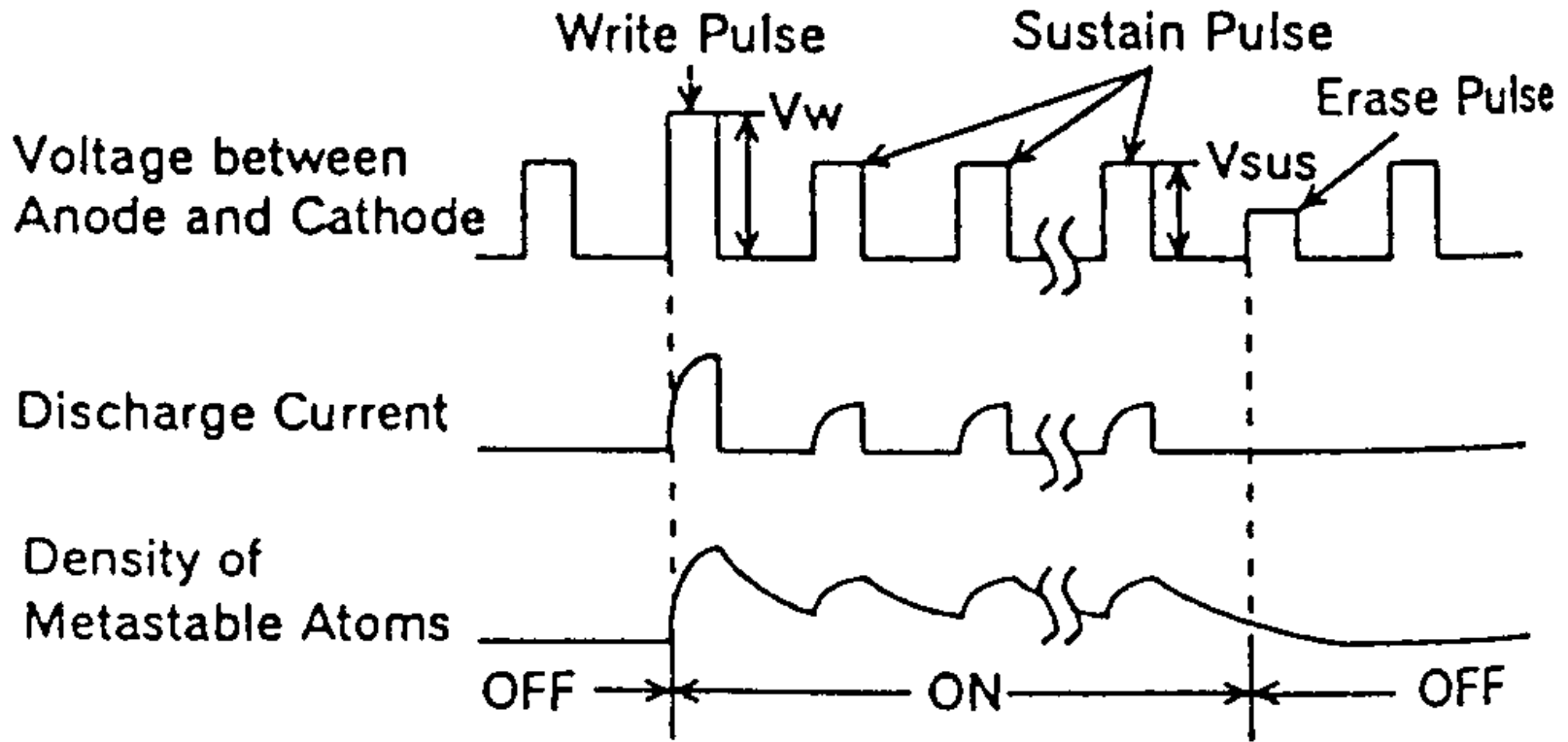


그림 5.1.10 Pulse memory 구동의 원리

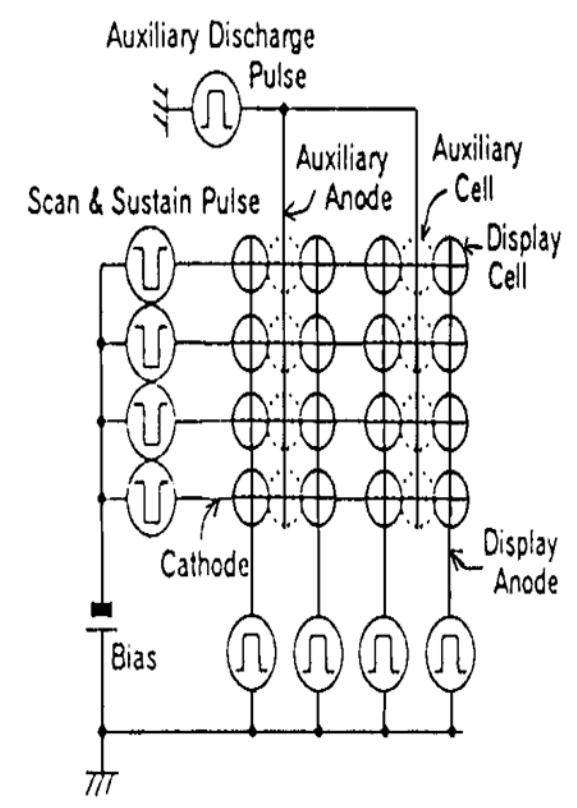
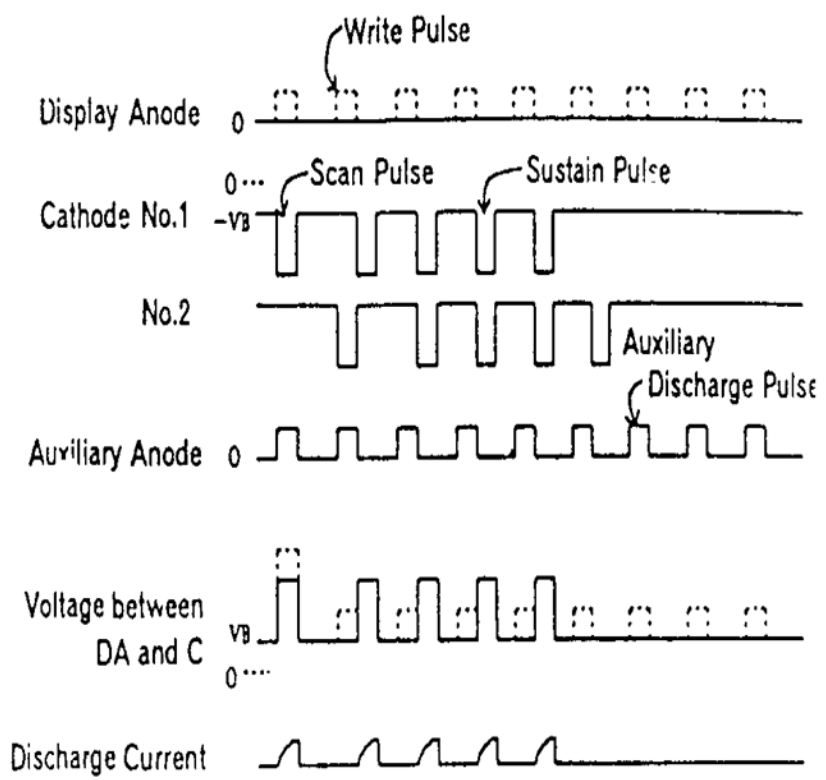


그림 5.1.11 NHK의 DC PDP에 이용되는 구동회로와 pulse wave form

5.2.2 Memory형 AC PDP

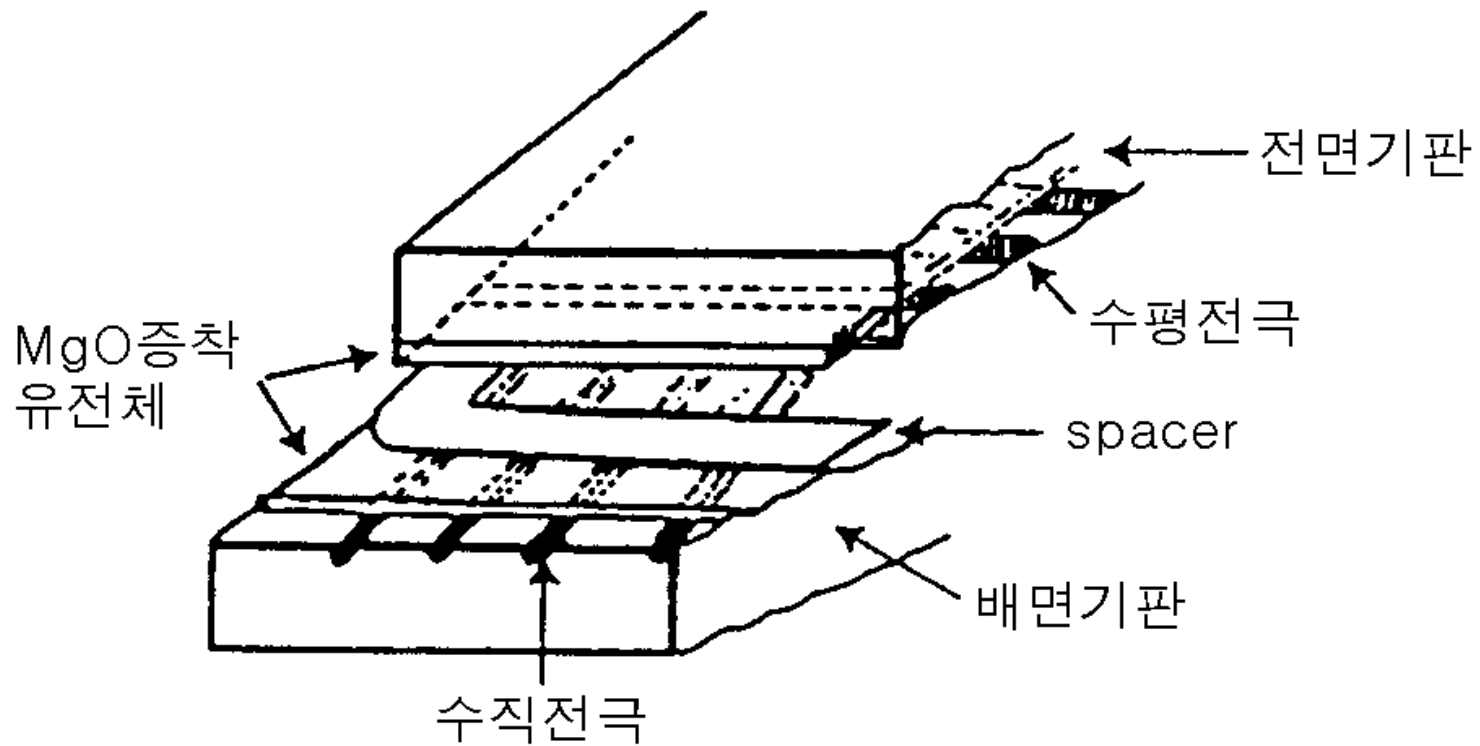
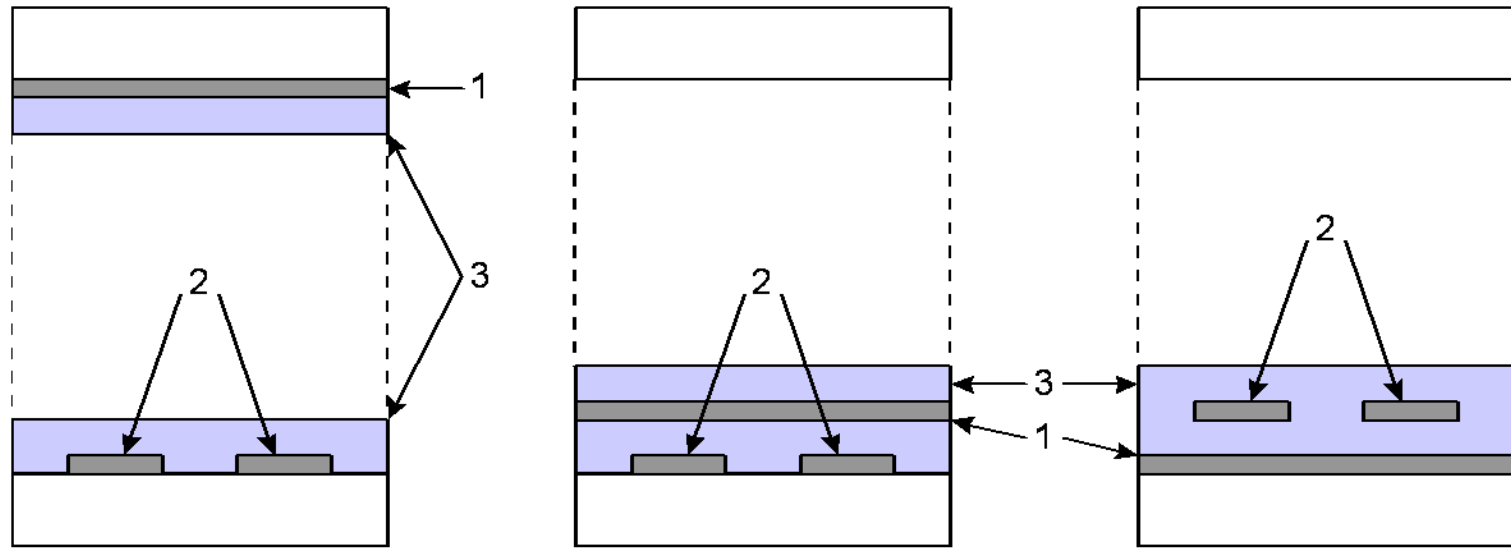


그림 5.2.2 대향형 AC PDP 단면 구조

Surface Discharge형 AC PDP

1 - write electrode, 2 - sustain electrode, 3 - dielectric layer



FWE

UWE

LWE

(a) 전면구동방식

(b) 상부구동방식

(c) 하부구동방식

그림 5.2.5 Surface Discharge AC PDP의 기본전극 구조

가. 일반적인 3전극 구조

* 면방전형 구조(surface discharge type)

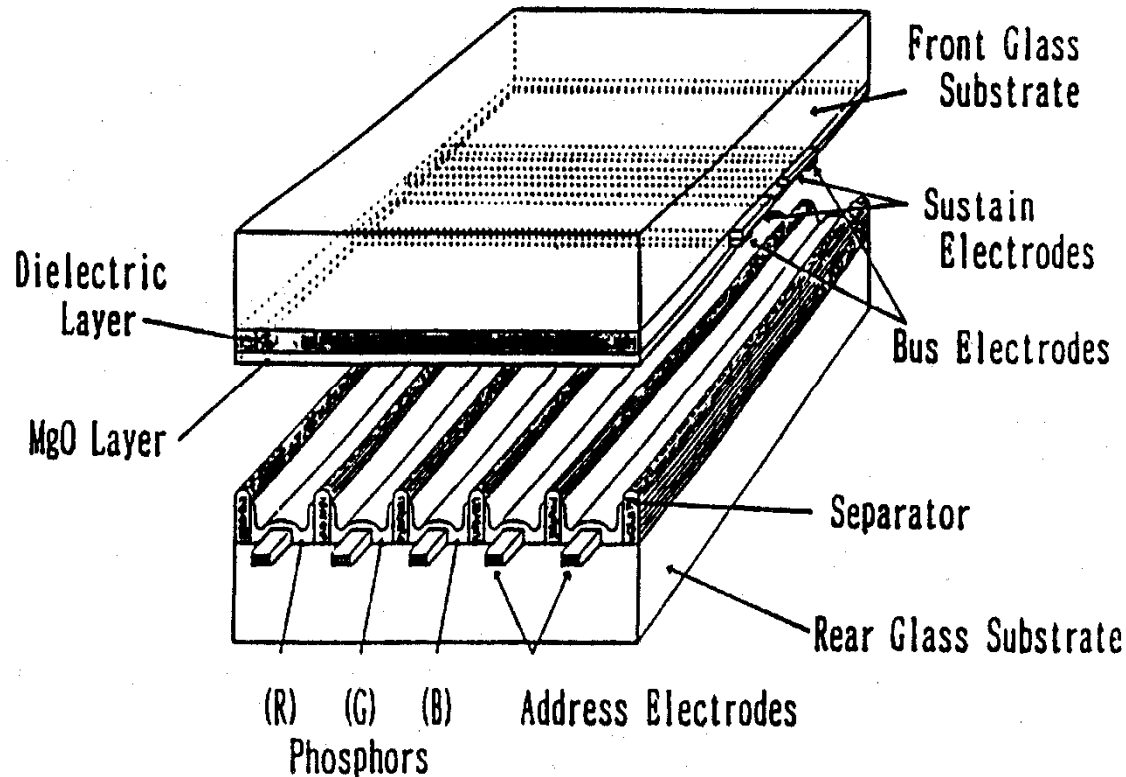


그림 5.3.4 기본적인 AC PDP의 구조

나. 방전유지전극을 변화시킨 구조

* ITO 투명전극에서 필요 없는 부분을 제거

→ 회로 전류의 감소로 발광 효율 증가

* 균일한 ITO 식각과 상·하판의 정확한 조립 필요

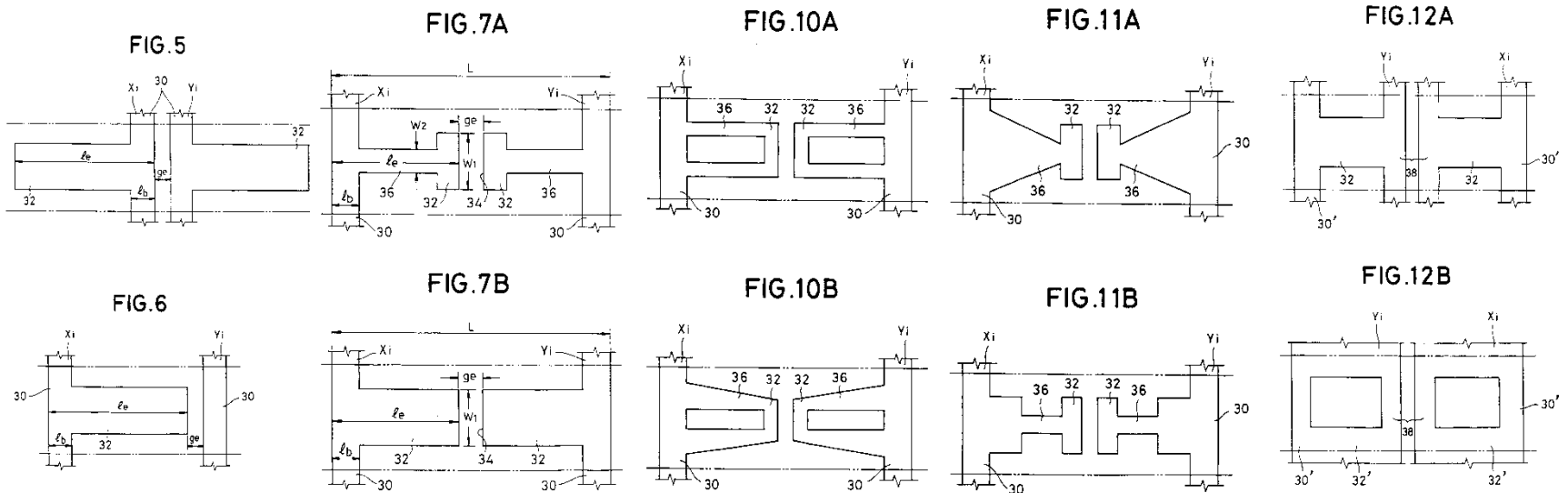


그림 5.3.6 다양하게 변화시킨 방전유지 전극의 모양

다. Interlace 구조

ALIS(Alternate Lighting of Surface) 방식

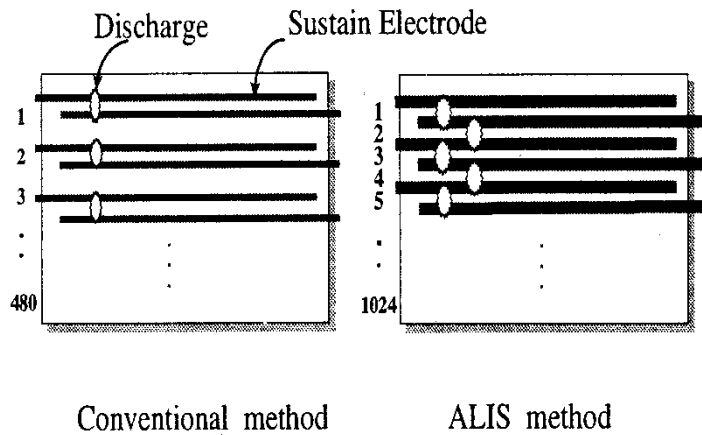


그림 5.3.7 방전 위치의 비교

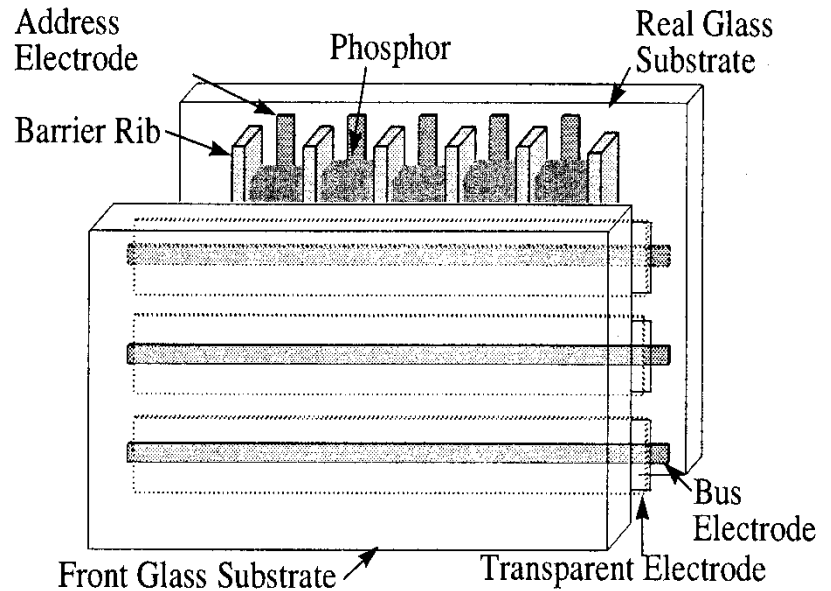


그림 5.3.8 ALIS 방식의 패널 구조

장점 : 수직해상도 증가, 절대 휘도 증가
 단점 : 동화상 화질 저하, contrast 감소

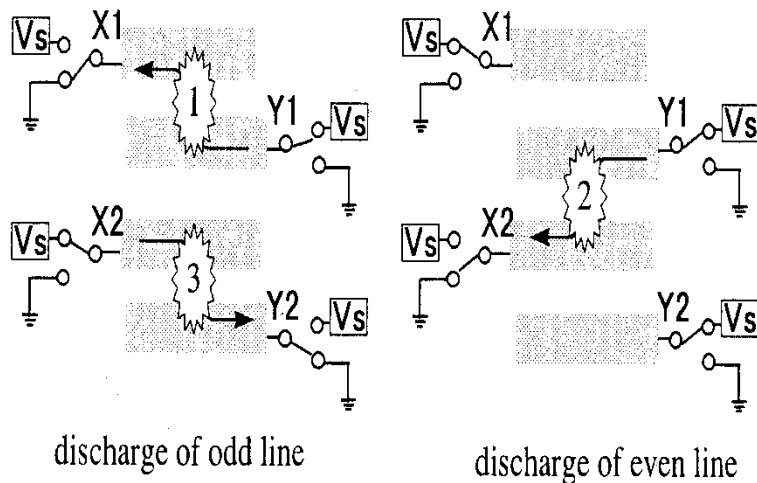


그림 5.3.9 Interlace
구동의 원리

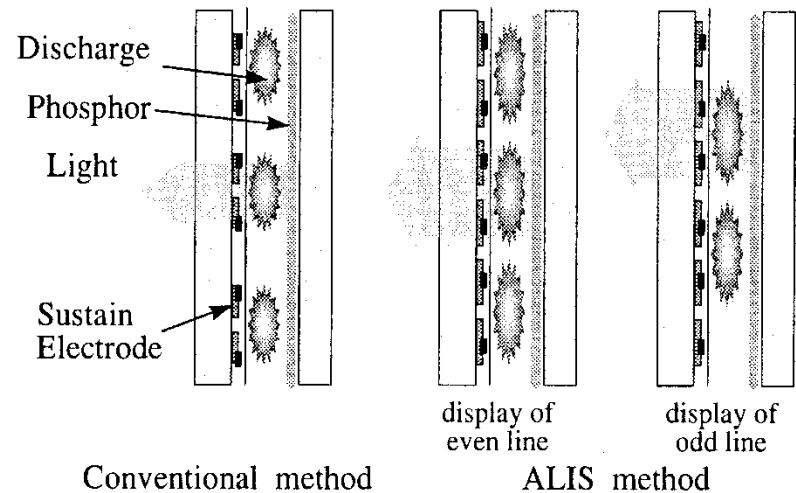


그림 5.3.10 방전의 수와
위치 비교

라. 배면판의 격벽을 변화시킨 구조

- * 형광체 도포 면적의 증대, 공간의 효율적 사용
- * 제작상의 어려움, 일반적으로 Interlace 구동 필요

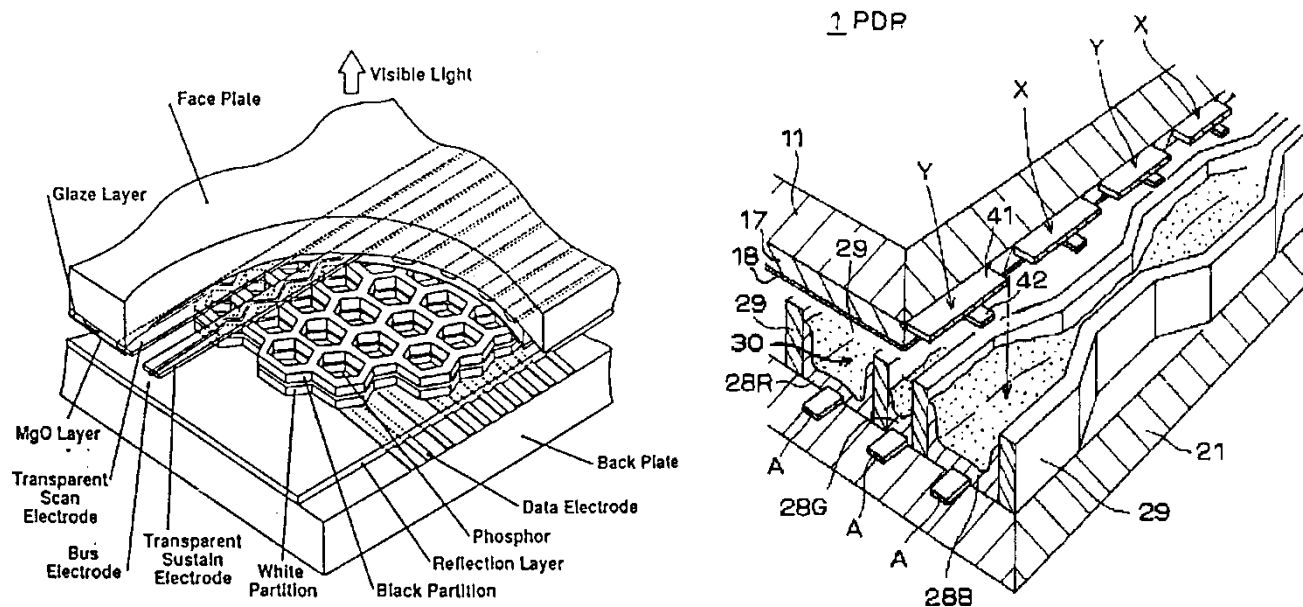


그림 5.3.11 다양한 AC PDP의 격벽 모양

비대칭 선형 격벽 구조 (Matsushita)

* 형광체에 따라서 단위 방전셀이 다른 면적을 가지도록 설계 → 백색 휘도와 색온도 개선

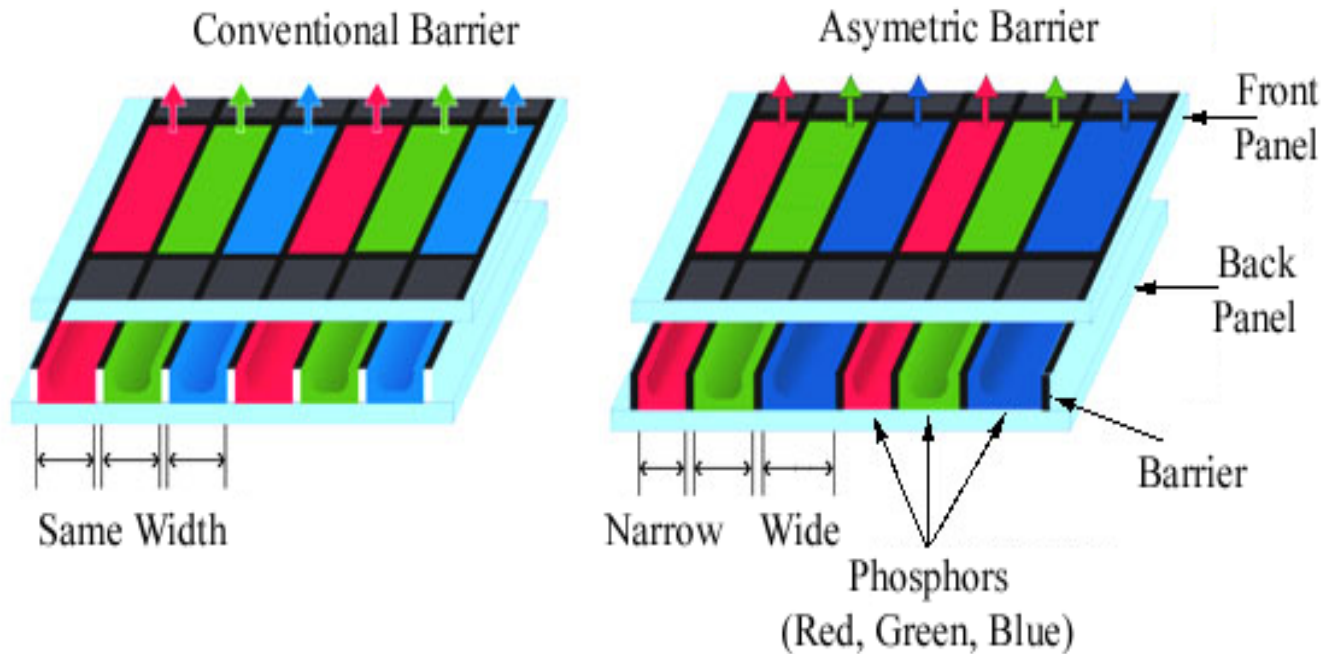


그림 5.3.12 비대칭 선형 격벽 구조

6. PDP의 구동

구동 : ① 선택 (Addressing) 단계
② 유지 (Sustain) 단계
③ 소거 (Erase) 단계

* Addressing 기술의 종류

Direct Addressing

Scan Addressing

Grid Addressing

Shift Addressing

Matrix Addressing



가. Direct Addressing

개개의 pixel을 개개의 구동 소자와 연결
 m 열 $\times n$ 행 패널 구동에 필요한 구동소자의 수 = $m \times n$
단점 : large $m \times n$!

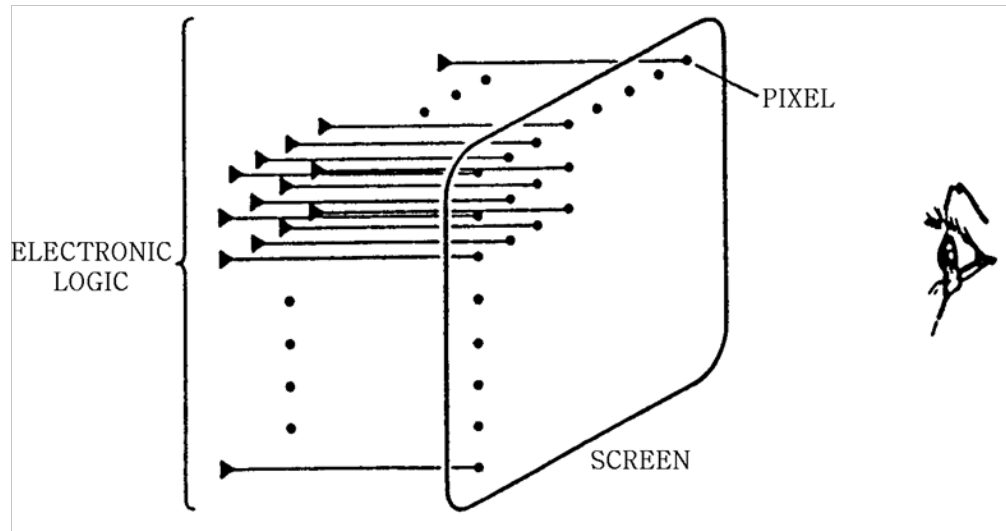


그림 5.1.1 Direct Addressing

나. Scan Addressing

CRT 구동 방법

구동 소자 : 수평 Scan 편향, 수직 Scan 편향,
빔의 세기 조절

장점 : 빠른 구동 속도
적은 구동 소자 수

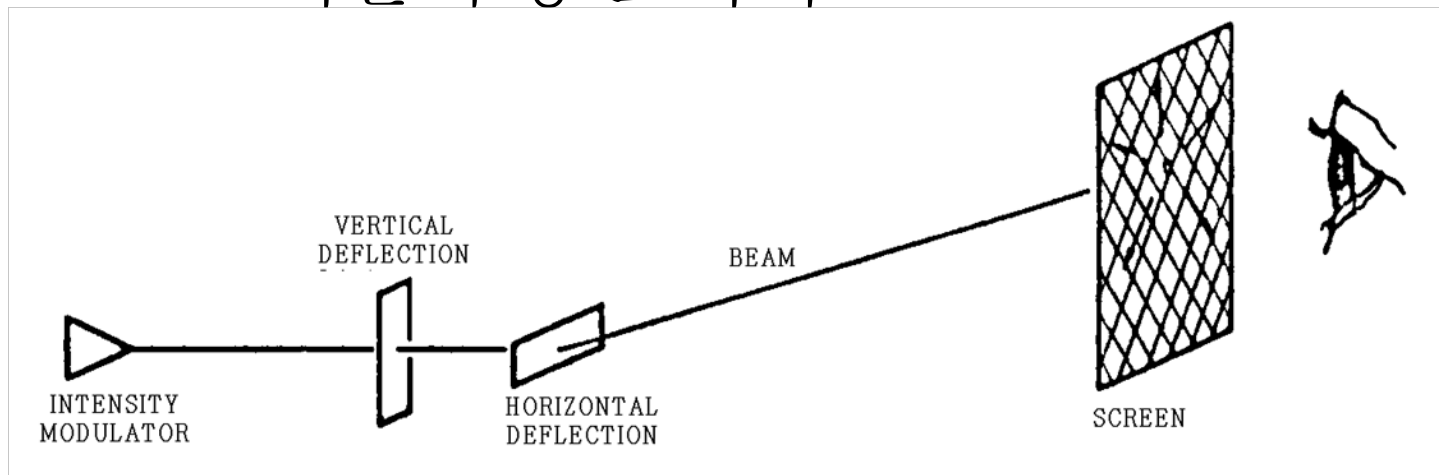


그림 5.1.2 Scan Addressing

다. Grid Addressing

Grid 사용 : VFT

단점 : 복잡한 구조

장점 : 적은 구동소자로 구동 가능

pixel-at-a-time 혹은 line-at-a-time

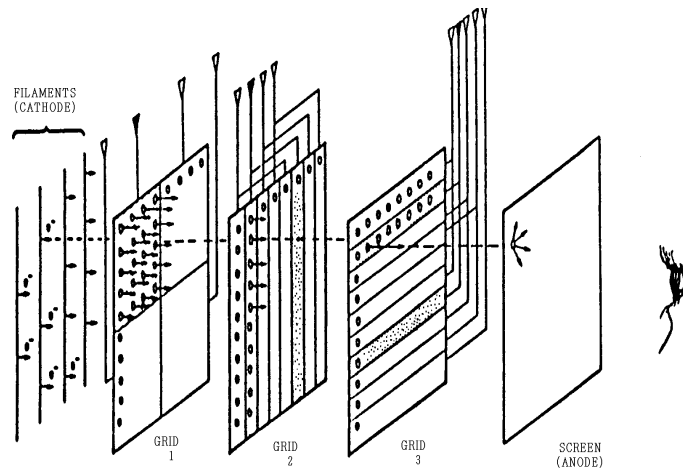


그림 5.1.4 Grid Addressing

라. Shift Addressing

한 행과 수 개의 열이 동시에 연결
열이 순차적으로 이동

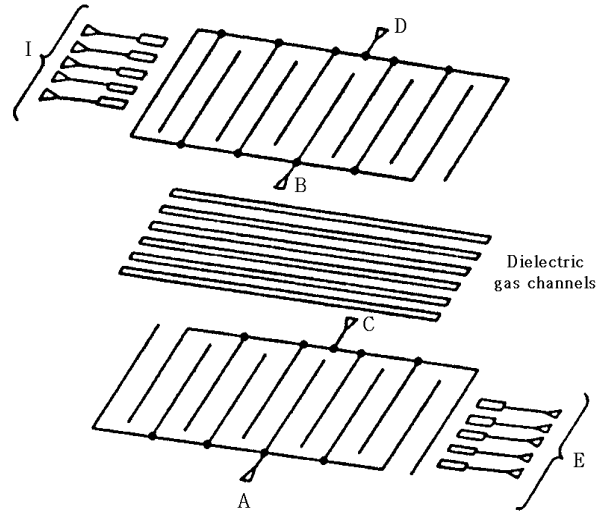
m열과 n열이 패널의 구동에 필요한 구동소자의
수 = $n + N$

$$N = 3 \text{ or } 4$$

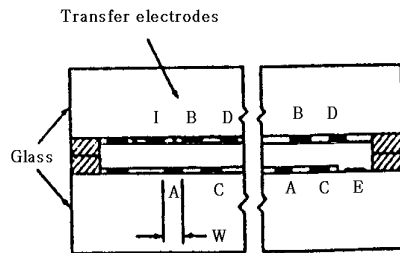
장점 : 구동소자의 수가 적음.

단점 : pixel dwell time이 짧음.

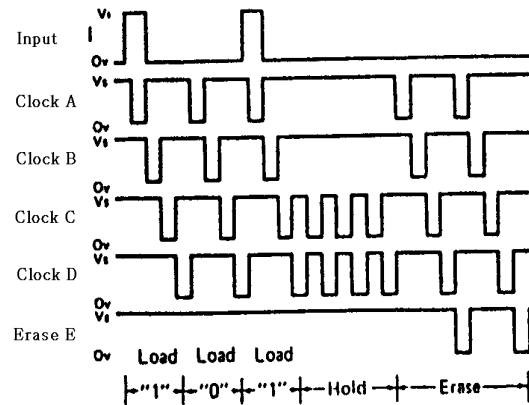




(a) Exploded view showing channels and electrodes



(b) Cross-sectional view of a single-channel



(c) Voltage pulses for input, shift, hold, and erase

그림 5.1.5 Shift Addressing

마. Matrix Addressing

개개의 열과 행이 개개의 구동 소자에 의해 구동
 m 열 \times n 행 panel 구동에 필요한 구동소자 수 = $m+n$

비선형 소자 성질 필요 - PDP

pixel-at-a-time 혹은 line-at-a-time

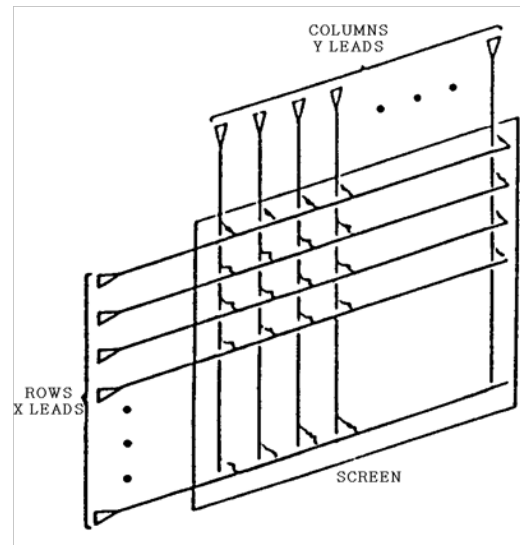


그림 5.1.3 Matrix Addressing

- 구동 방법의 분류

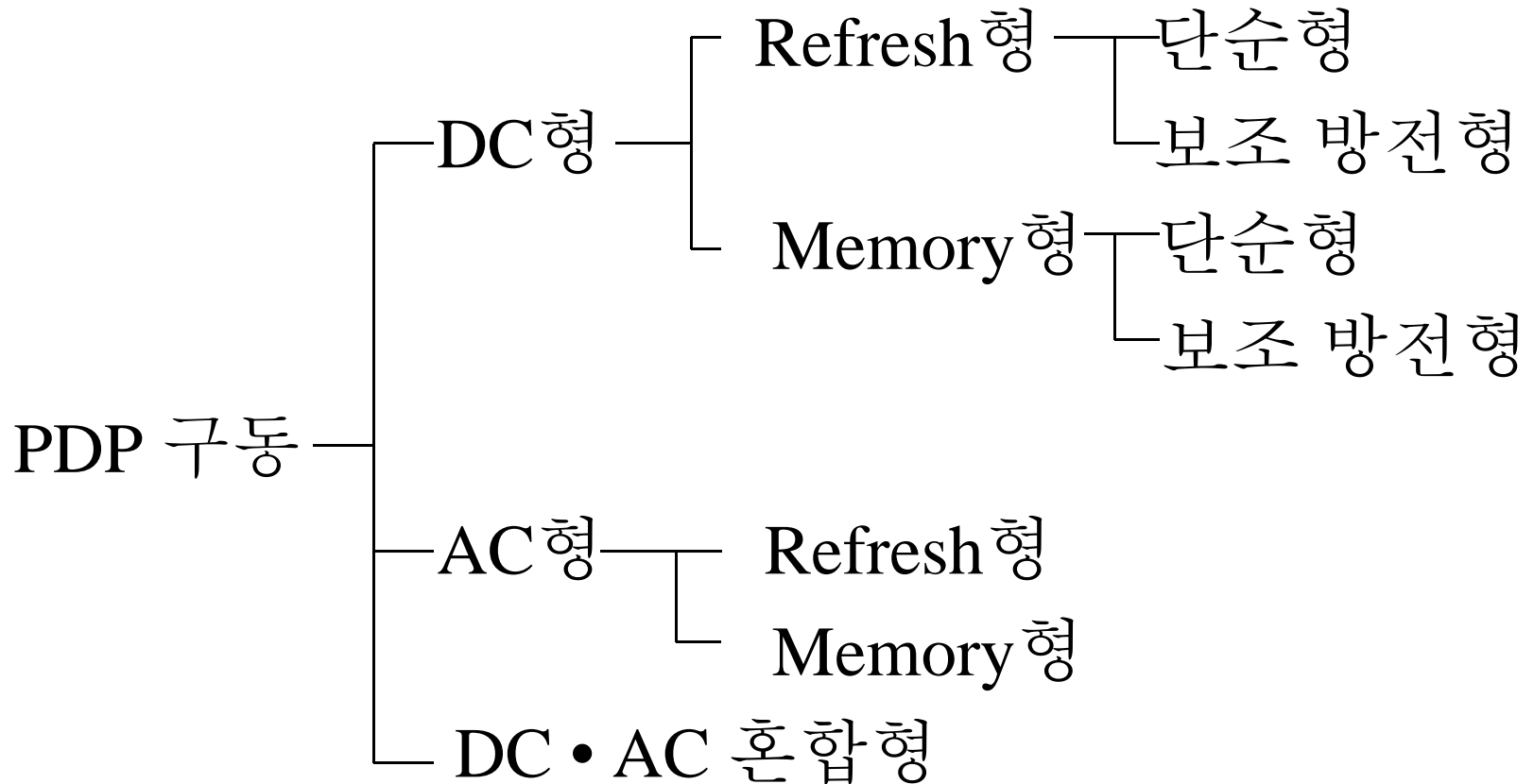


표 5.1.1 구동 방법에 따른 PDP의 분류



- PDP의 구동방식
 - Memory 효과를 이용하여 데이터 기입
 - DC PDP: Pulse memory effect
 - AC PDP: Wall charge effect
 - DC PDP:
 - Pulse Memory 구동방식
 - AC PDP:
 - ADS(Address-Display Separation) 구동방식
 - Reset 방식에 따라, Fujitsu, Matsushita, Pioneer, NEC 방식 등이 있다.
 - AWD(Address While Display) 구동방식



5.4 PDP의 구동기술

5.4.1 Gray scale의 구현

□ Gray Scale : 中間階調

□ 현재 display 기준

□ 24bit color 구현, 1 초당 60 frame의 화상

□ R:8bit × G:8bit × B:8bit 의 데이터

=> 256 계조 필요

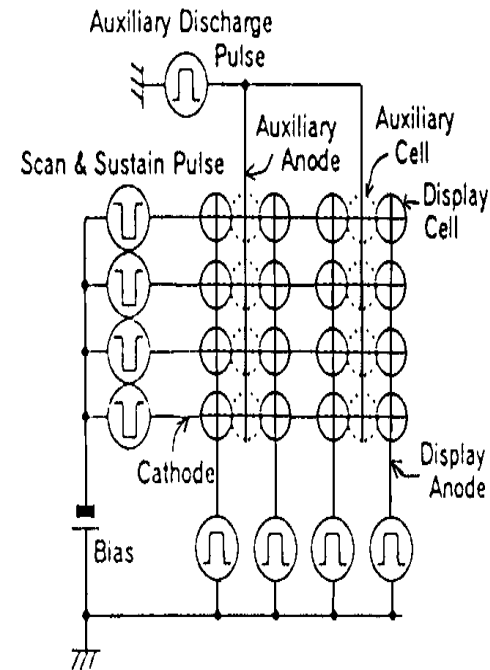
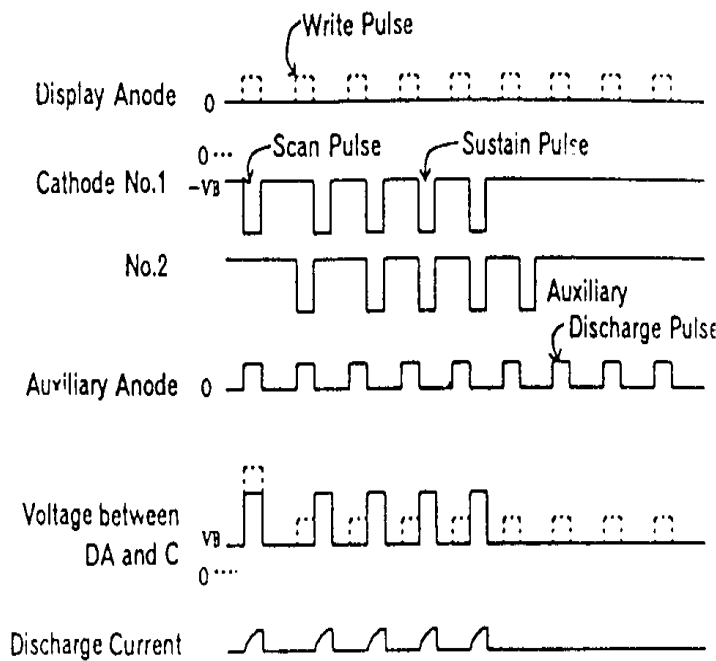
□ Sub-pixel

□ 한 개의 pixel은 Red, Green, Blue 등을 각각 빛을 내는 독립적인 pixel 들의 집합. 그 각각의 작은 pixel.

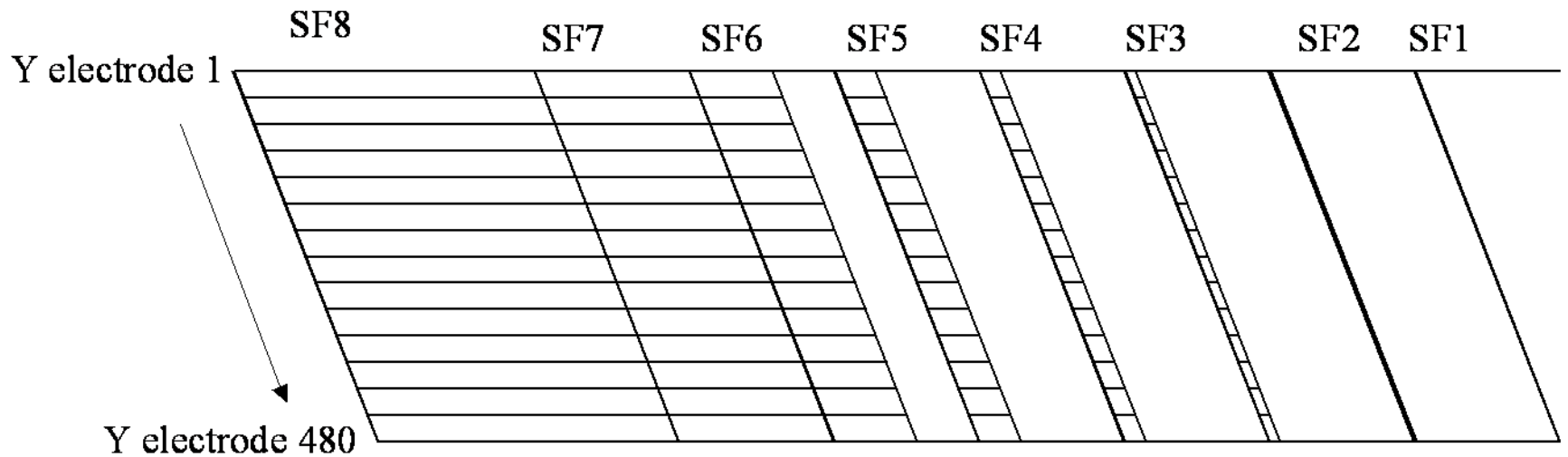


나. Pulse Memory 구동 방식

- DC PDP 에서 쓰이는 방식
- 하전입자와 metastable 종을 이용하는 메모리 효과를 사용하므로 빠른 주파수로 펄스 인가해야



Pulse Memory 구동방식의 timing



• PDP의 화상 구현 원리

- PDP sub-pixel 의 방전의 특성

- 한번의 방전으로 방출되는 가시광의 크기가 작음
- 방전이 끝나는데 걸리는 시간은 μs 단위로 매우 짧음=>다른 display 와 가장 큰 차이점
- 1회의 방전에서 방출되는 가시광의 양을 전 화면에 걸쳐 고르게 조절하기 힘들

- 결과

- 256단계의 빛을 내기위한 방전 량
 - 256단계 \times 1단계 빛에 필요한 방전횟수
- 256단계의 데이터를 넣는 횟수: 최소 8회

- PDP는 디지털로 처리된 화상데이터를 가장 디지털화한 방식으로 화상을 표시하는 소자



- 8단계(3bit 데이터)표시방법

데이터	Sub-field1	Sub-field2	Sub-field3	상대적인 빛의 양
000	방전 없음	방전 없음	방전 없음	0
001	방전 2회	방전 없음	방전 없음	1
010	방전 없음	방전 4회	방전 없음	2
011	방전 2회	방전 4회	방전 없음	3
100	방전 없음	방전 없음	방전 8회	4
101	방전 2회	방전 없음	방전 8회	5
110	방전 없음	방전 4회	방전 8회	6
111	방전 2회	방전 4회	방전 8회	7
시간	20 μ s	40 μ s	80 μ s	



- AC PDP 의 일반적인 전극 배치

Address 전극

데이터 기입전용

Scan 전극

데이터기입시

라인선택,
방전유지 기능

Sustain 전극

방전유지 기능 전용

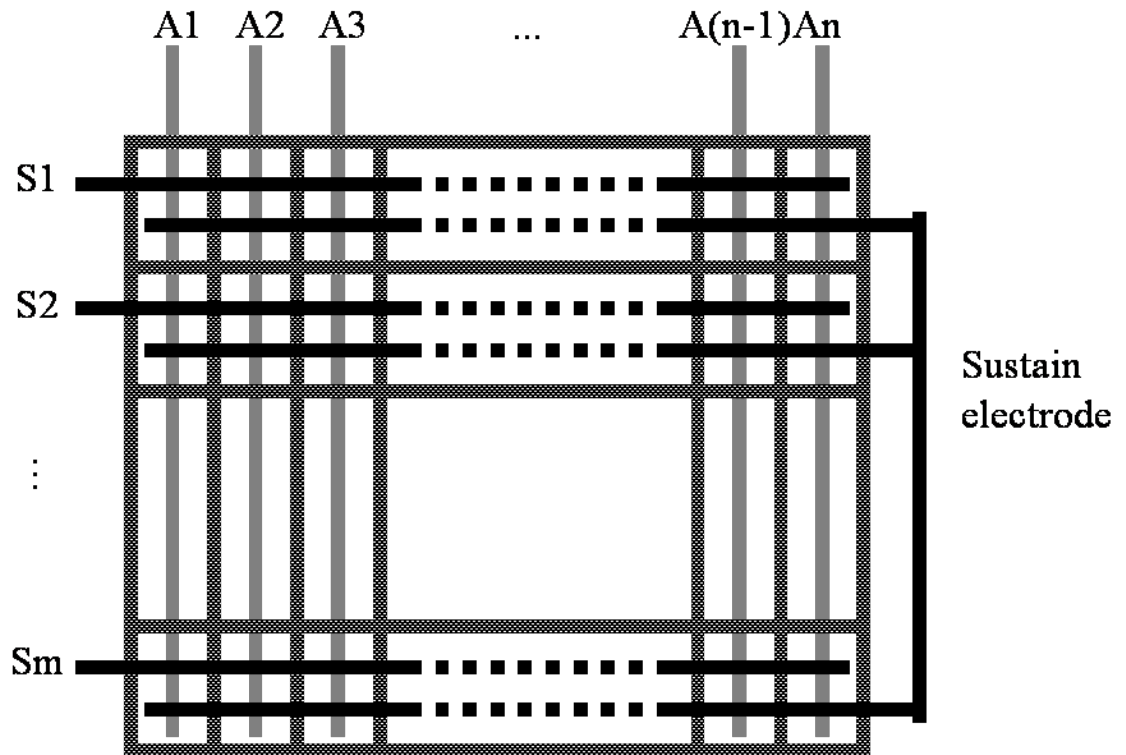


그림 5.4.1 PDP의 일반적인 전극 배치

• 각 구동방식의 시간 분할 방법

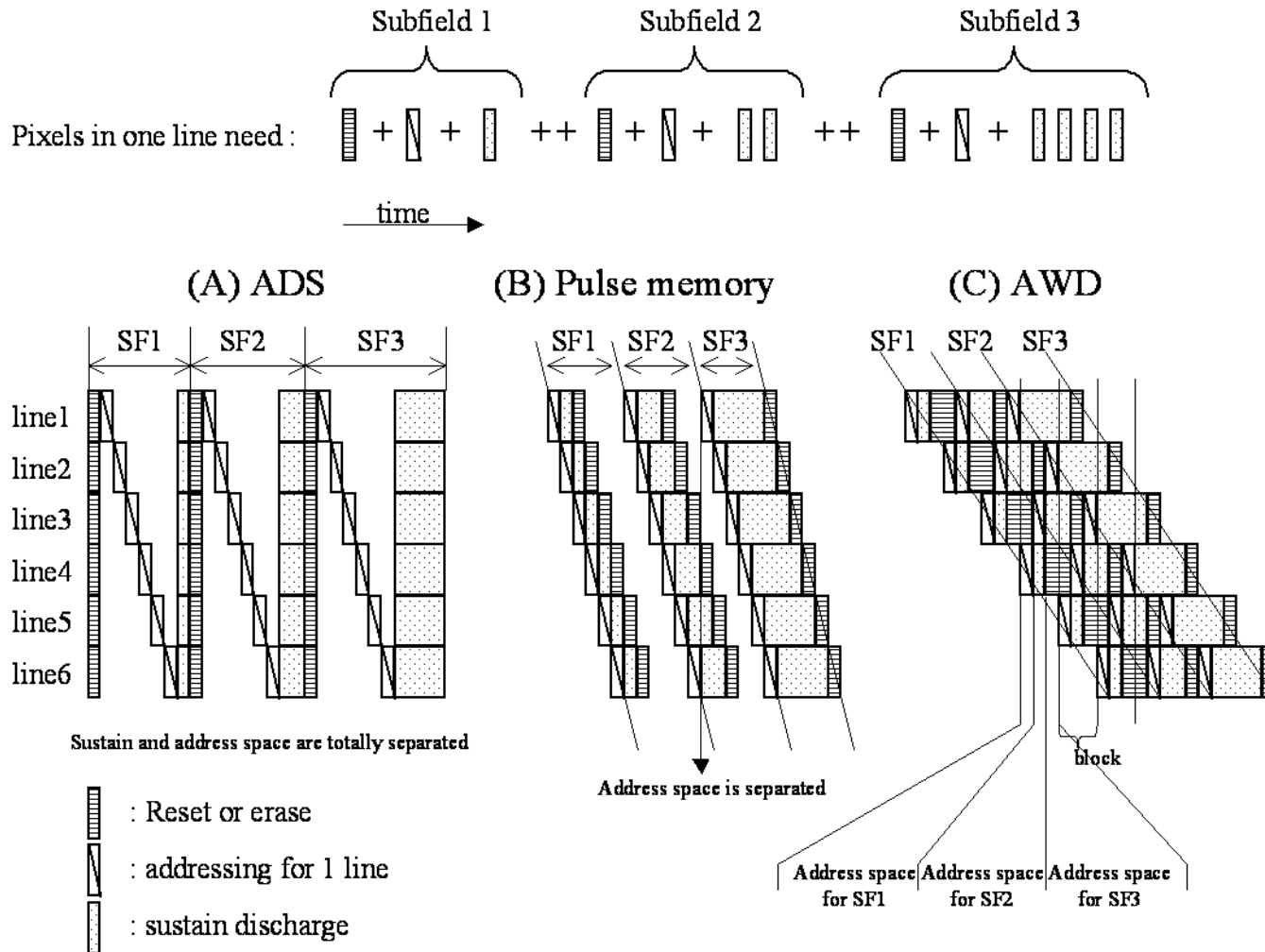


그림 5.4.2 타이밍 방법의 차이에 따른 구동방식의 분류

가. ADS 방식 (Address-Display Separation method)

- 256계조를 표현하기 위한 8개의 subfield 내에서 모든 sub-pixel의 addressing 을 라인별로 연속적으로 하고 나서 모든 sub-pixel 에 동시에 같은 sustain 펄스를 인가함.
- 각 subfield 의 sustain 펄스 수는 그 subfield 의 weight 에 따라 변한다.

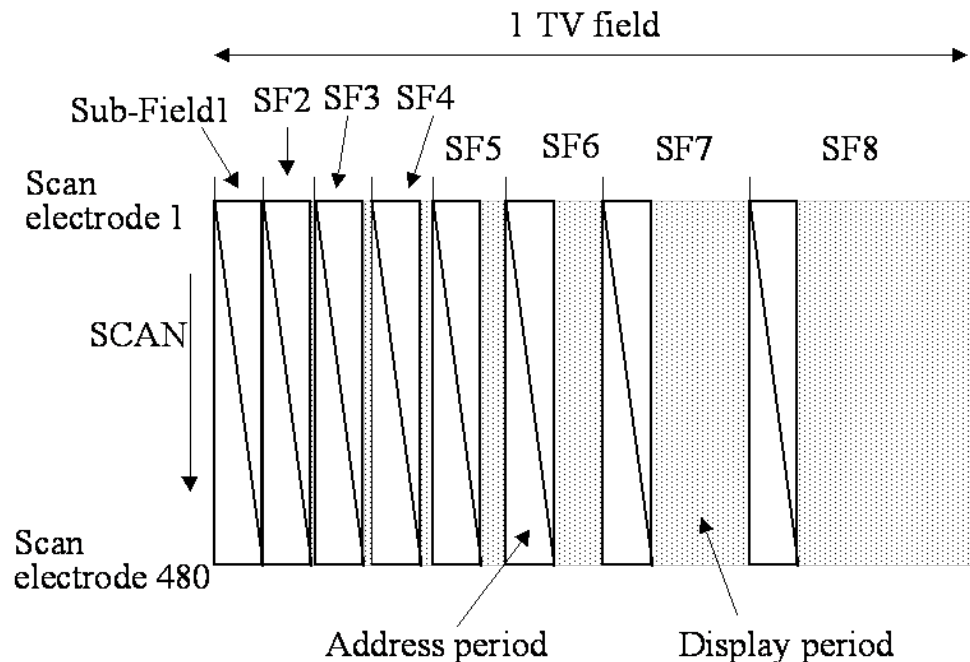


그림 5.4.3 ADS 방식의 시간에 따른 라인별 상태도

- 1 Subfield 의 내부 구성

- Step 1~3: 전 sub-pixel 상태를 고르게 만듦.
- Step 4: Scan전극 순차적 선택⇒address전극 통해 데이터기입
- Sustain period: 데이터 기입된 셀들만 선택적 방전

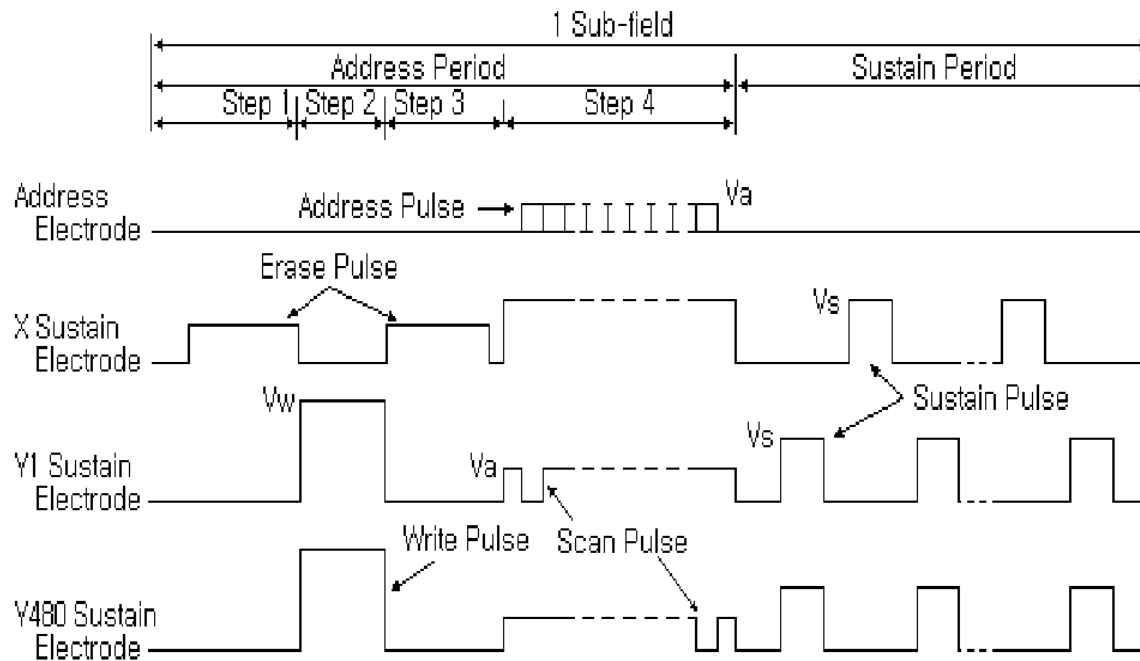
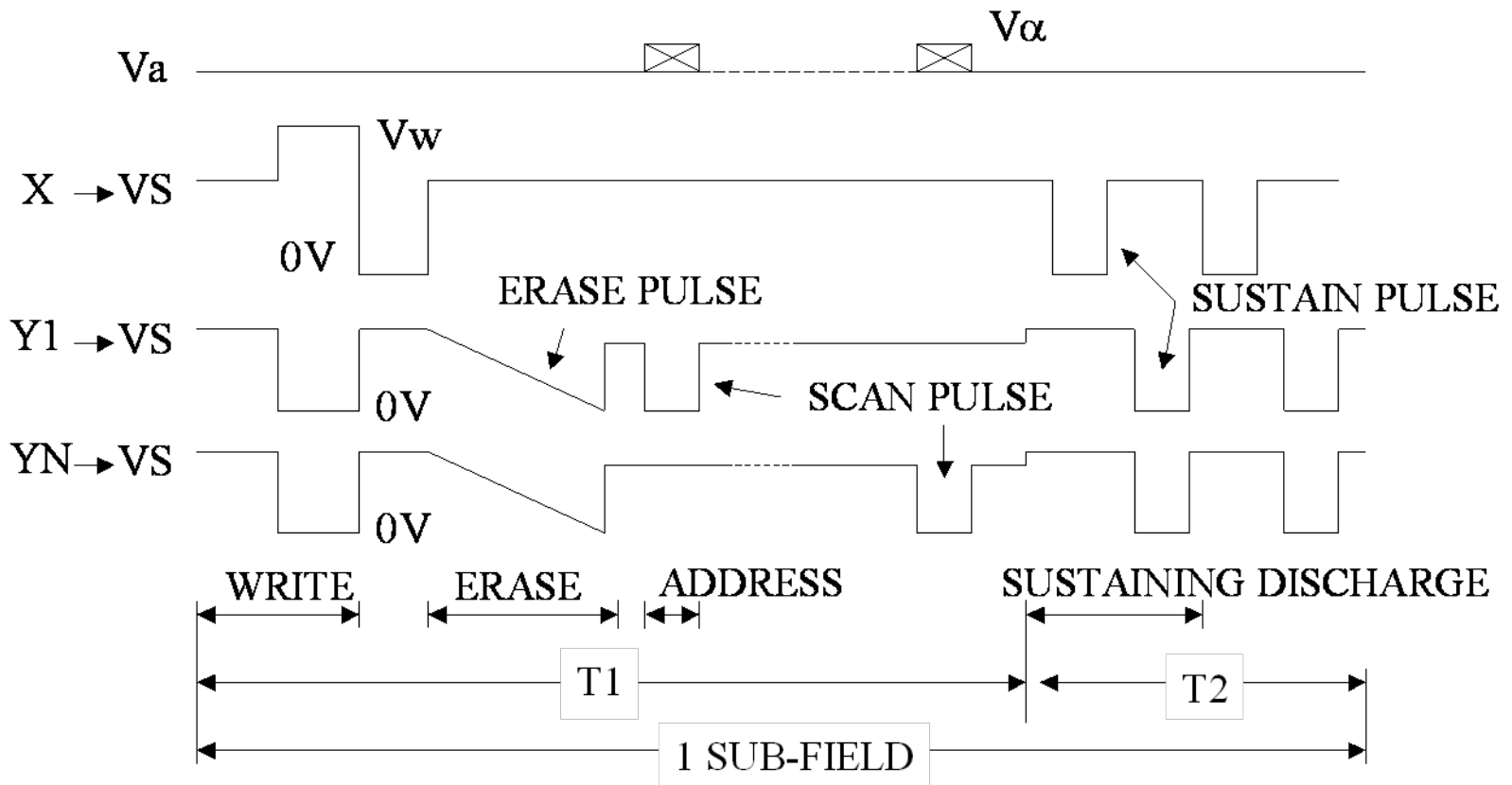


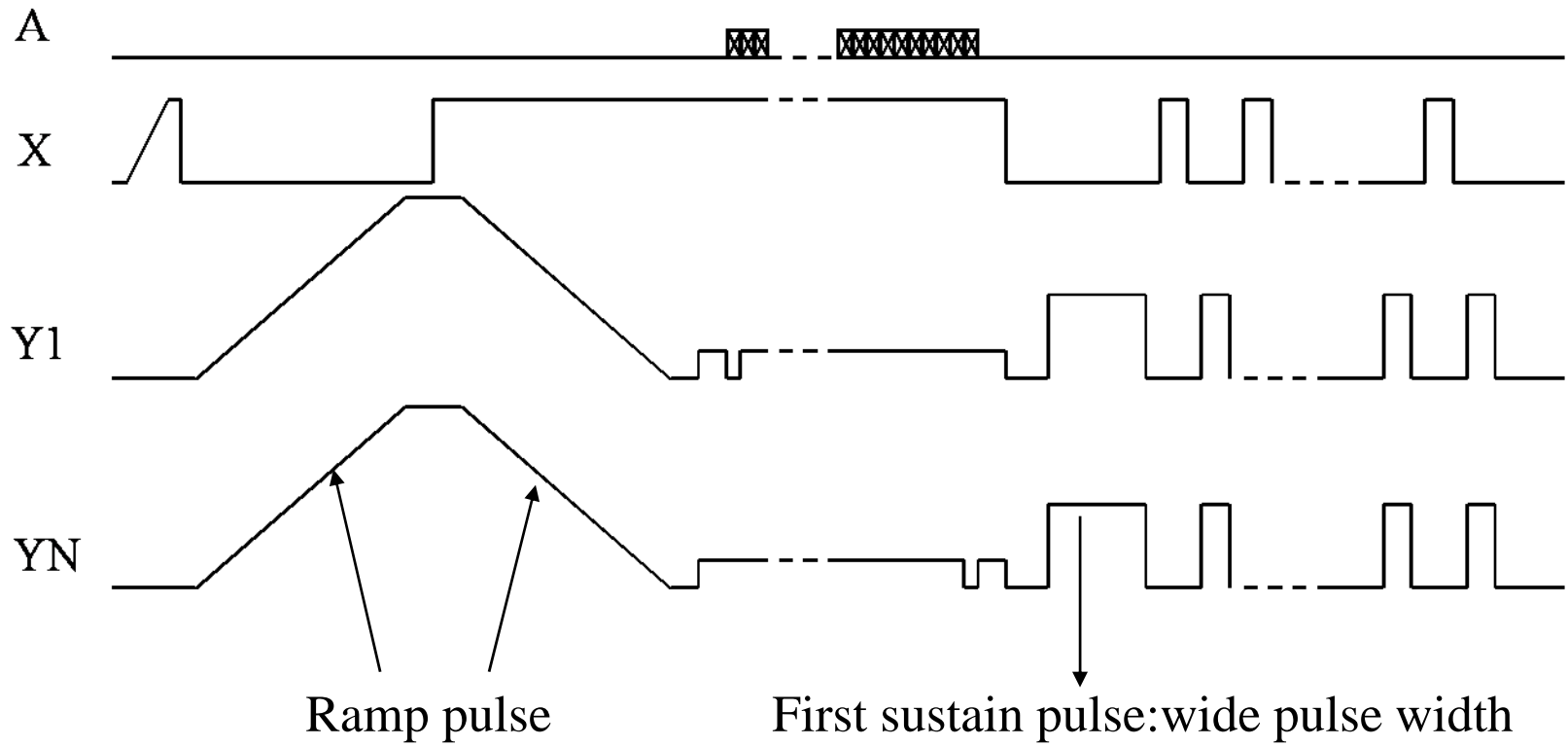
그림 5.4.3B ADS 구동방식의 실제 파형 인가도

- ADS 방식의 여러가지 리셋 파형

1. Fujitsu

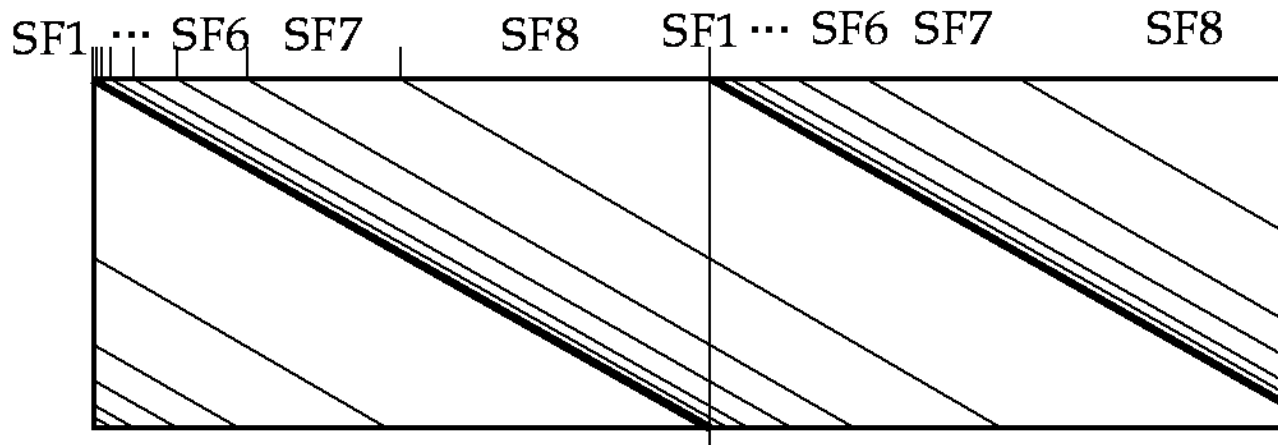


- ADS 방식의 여러가지 리셋 파형
 - 2. Matsushita



다. AWD 방식 (Address While Display method)

- ADS 방식과는 달리 sustain 펄스가 가해지는 틸새를 이용하여 addressing 수행.
- DC 와 AC PDP 양쪽 모두에 적용가능.
- 틸새를 최대한 이용함으로써 시간 효율을 증대



- AWD 방식 적용례

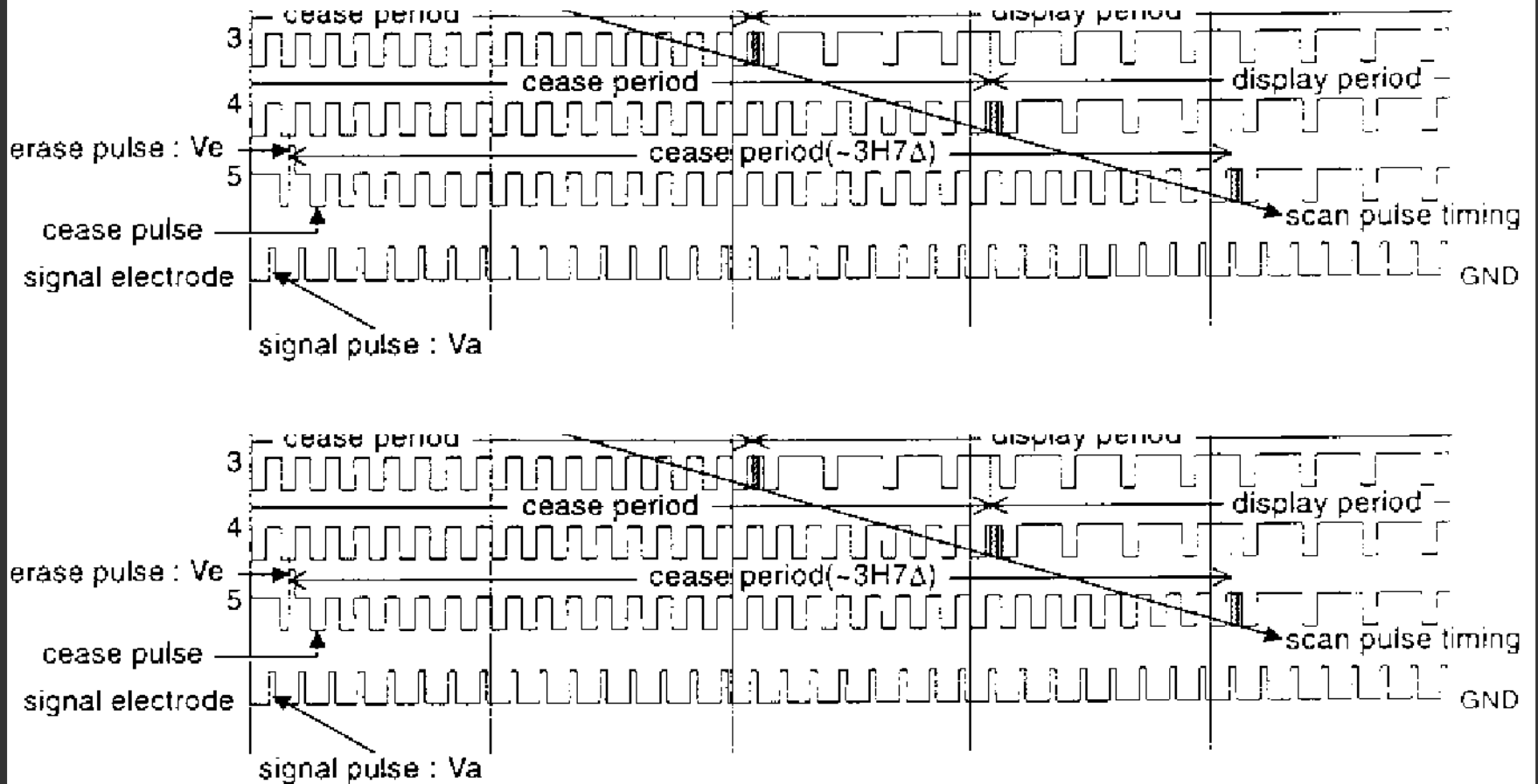


그림 5.4.4 AWD 구동방식의 실제적용례

5.4.2 Energy Recovery 회로

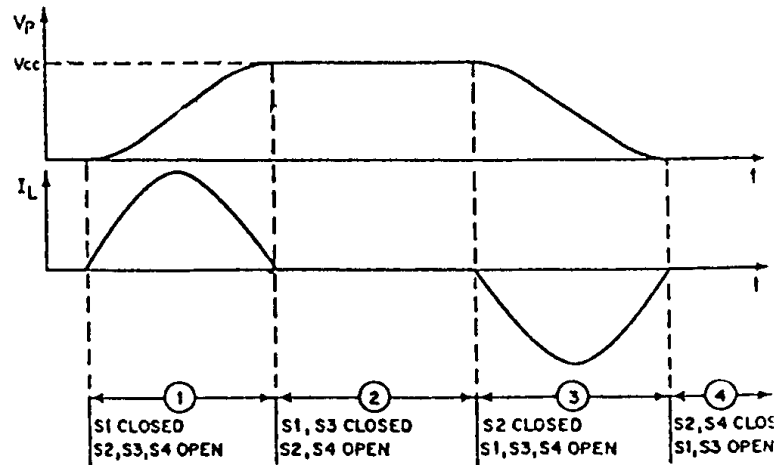
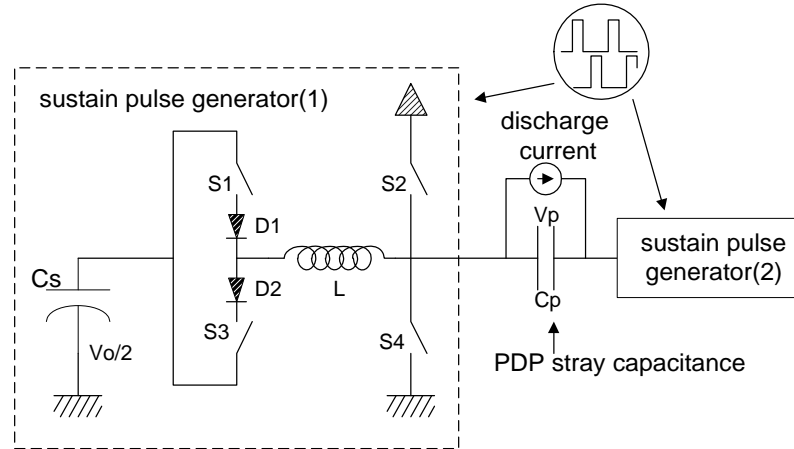


그림 5.4.5 에너지 회수회로와 파형



5.4.3 동화 의사운곽(動畵 擬似輪郭)

가) 동화 의사운곽 발생 분석

- 계조를 표현을 위하여 시간 분할로 방전의 횟수를 조절
→ 정지화상의 경우 화질 매우 우수,
관측자의 시점(視點)이 이동하는 경우 화상이 왜곡
(의사운곽: 화소의 발광시간과 시점의 이동 속도의
곱과 발광의 시간적 비동시성에 의존)
- 의사운곽은 계조의 왜곡이나 color의 왜곡으로 나타남
- 시간 분할 구동법 고유의 특성, 전자빔 세기를 조절하는
CRT구동에서는 관찰되지 않음
- 왜곡의 정도는 발광 시간과 시점의 이동 속도의 곱에 의존



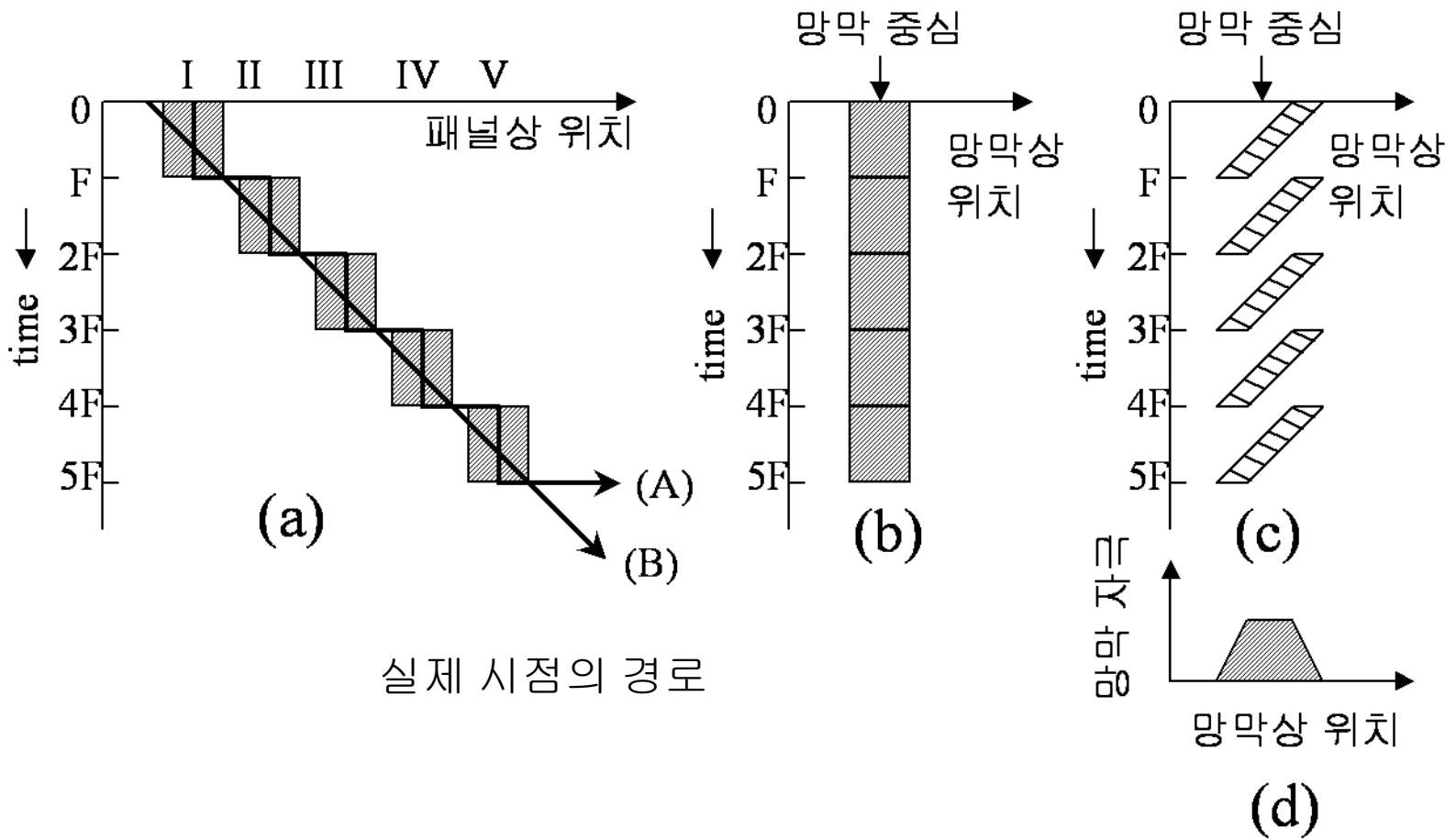


그림 5.4.7 화소발광과 시점 이동에 의한 시각적 자극의 변화

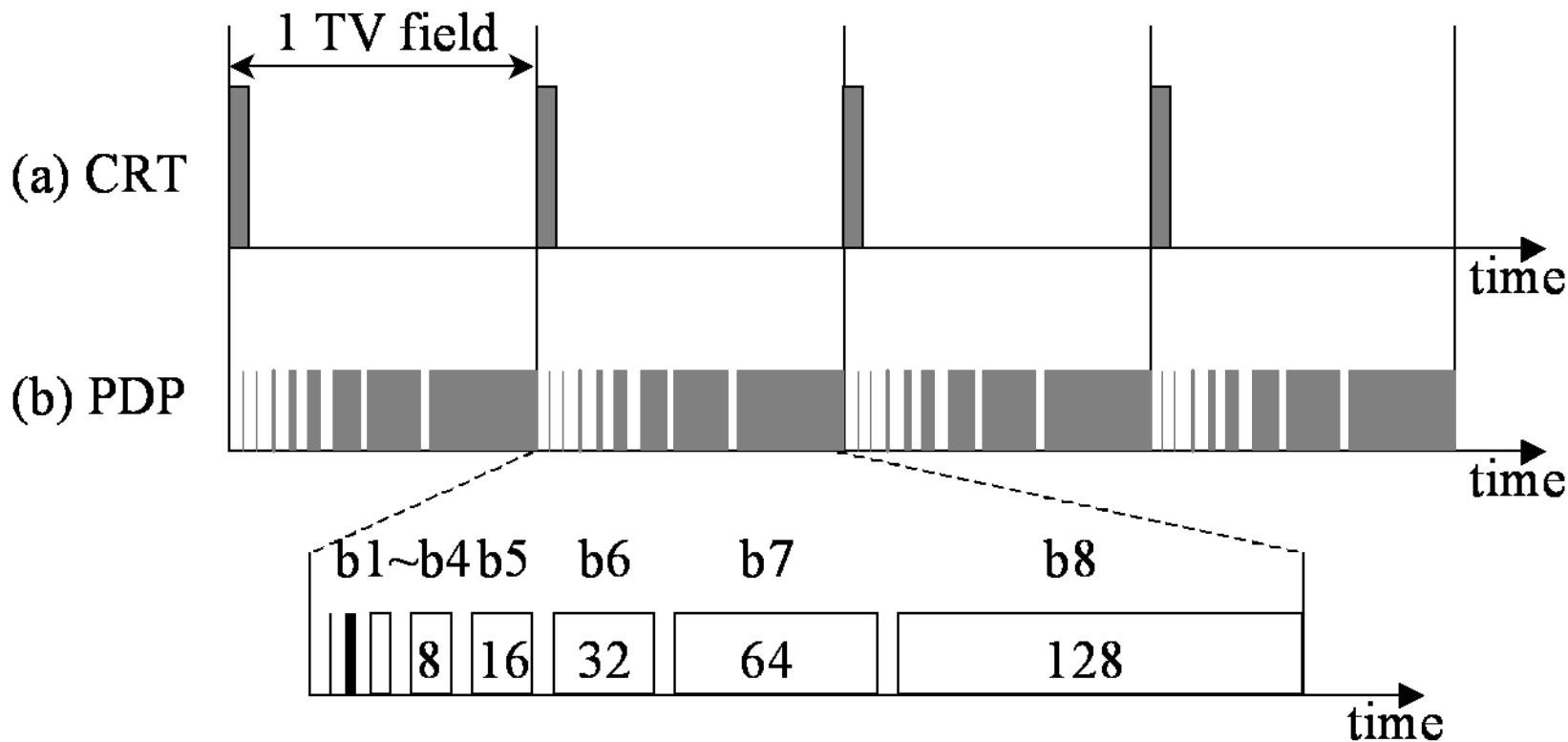
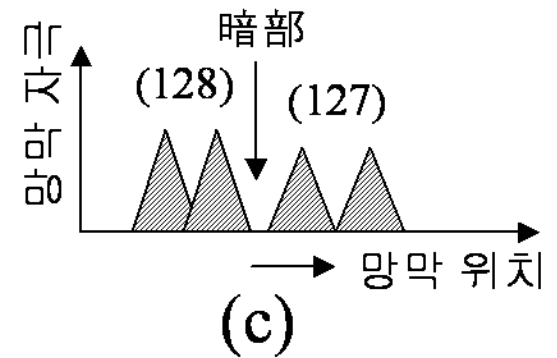
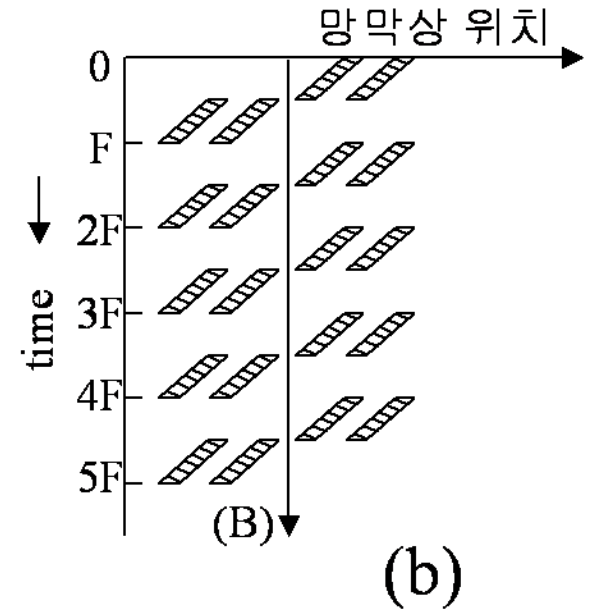
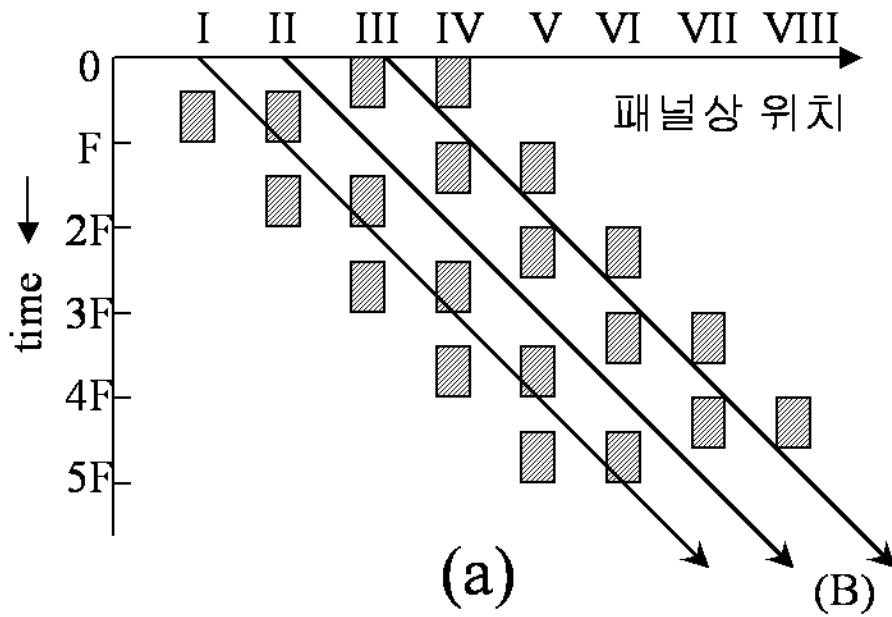
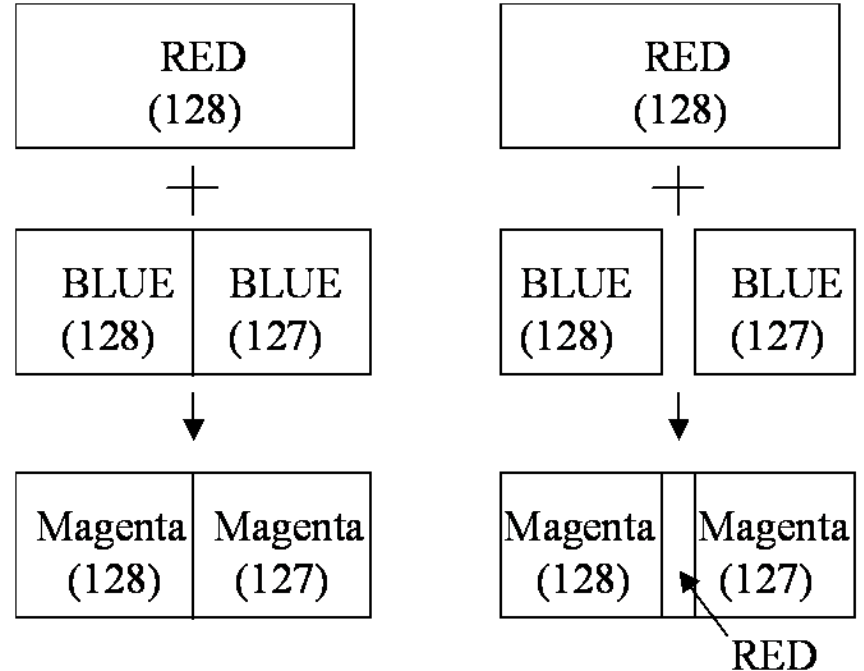
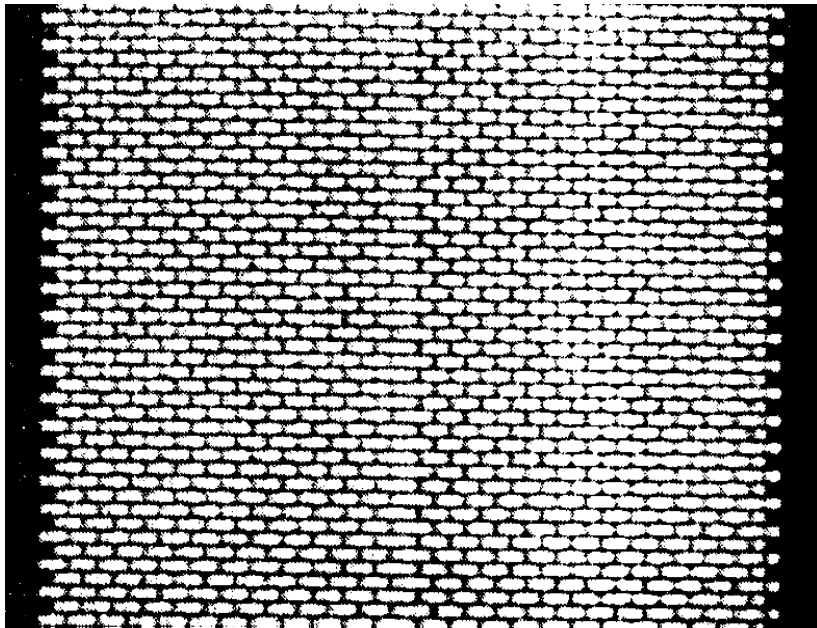


그림 5.4.8 CRT와 PDP에서 계조 표현을 위한 발광의 시간적 분포



- (a) 화소 I~VIII의 발광상태
- (b) 망막상의 화소의 궤적
- (c) 잔상 효과에 따른 망막상의 자극 분포

그림 5.4.9 화소의 발광과 시점이 좌에서 우로 움직이는 경우의 망막 자극



(a) 움직임이 없을 때 (b) 움직임이 있을 때

그림 5.4.6 의사 윤곽의 예

그림 5.4.10 의사 color의 발생



나) 동화 의사 율곽 대책

1) 발광의 시간적·공간적 균일화

- CRT와 같이 1 field 내에서의 발광 시간을 단축

: 휘도의 감소를 초래, 동일 휘도를 유지하기 위해서는
고주파 구동을 하여야하는 단점

- 발광 기간을 시간적, 혹은 망막상에서 공간적으로 균일화

: 발광 block의 순서를 교체하는 방법,

MSB(Most Significant Bit)를 두 block으로 나누거나

bit7(계조 level 64) + bit8(계조 level 128)을 계조 level 48
의 4개 block으로 나누는 방법.

(늘어난 subfield의 수만큼 reset과 addressing시간이 늘어
나 sustain 구간이 차지하는 비율이 줄어드는 단점)



2) 의사 윤곽의 확산

- 발생한 계조의 흐트러짐을 시각적으로 확산하는 방법
: 지나치게 밝은 점 주위를 그만큼 어둡게 만들어 흐트러짐을 확산하는 방법
- 계조 level 48의 4개 block을 이용하는 경우에 이 block을 field 내에 띄엄띄엄 배치(흐트러짐을 상하좌우 공간적으로 확산)하거나 매 field마다 계조 level 48의 4개 block 중 선택되는 block을 바꿈(흐트러짐을 시간적으로 확산)

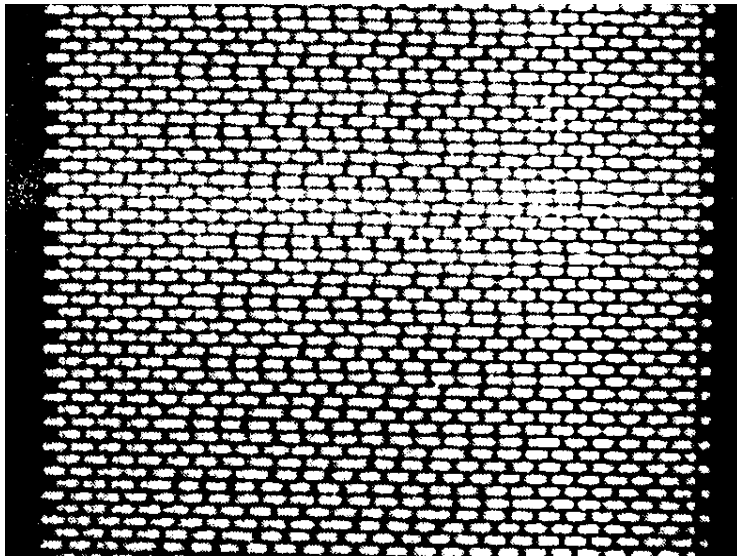


그림 5.4.11 의사 윤곽의 확산

3) 원화상과 시각적 화상의 밝기를 동등하게 하는 방법
 - 제조의 흐트러짐을 미리 예측하여 등화 pulse를 인가

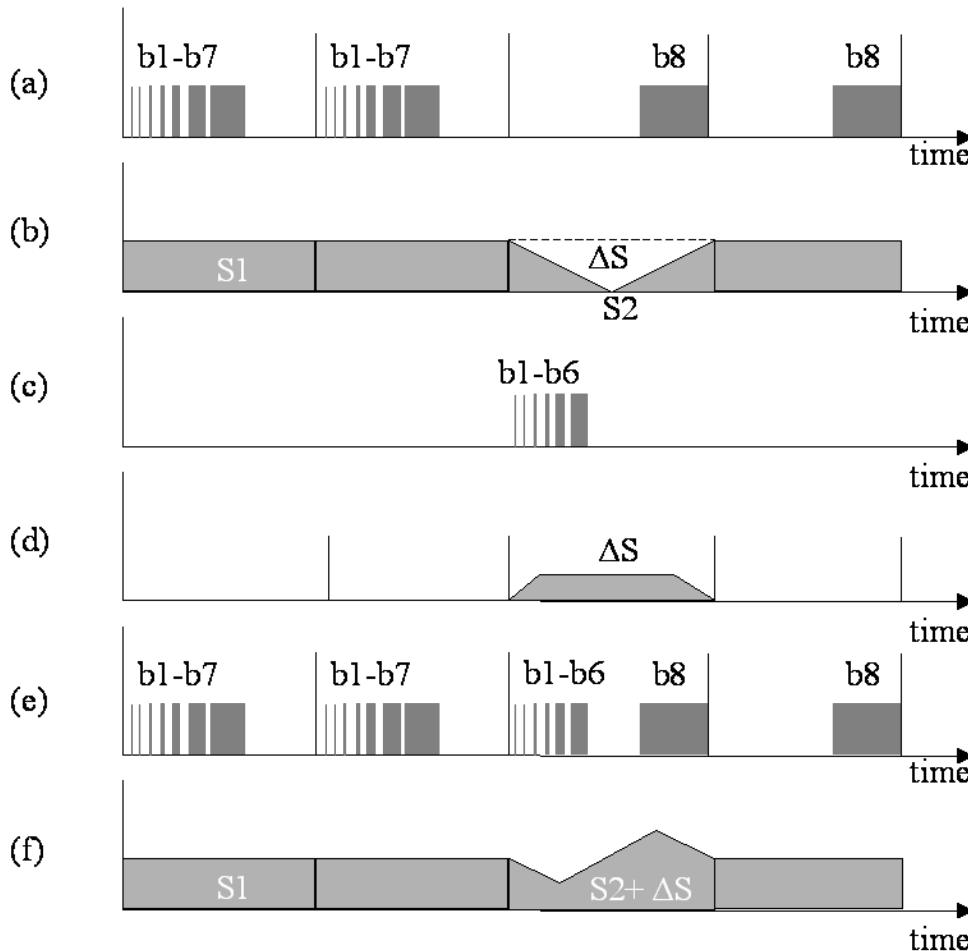


그림 5.4.12 등화펄스 인가에 의한 동화 의사윤탁 감소

- (a) 원래의 발광 강도
- (b) 예상 망막상 자극
- (c) 추가된 pulse
- (d) 추가된 발광
- (e) 보정된 신호
- (f) 보정된 휘도



7. PDP 제작에 사용되는 재료 및 제조기술

7.1 PDP 유리기관

Float법에 의해 제작되는 두께 1.8~2.8mm 정도의 소다유리

열변형, 열수축이 중요한 특성 (500~600 °C)

① 열변형

	歪点	徐冷点	軟化点
점성 (poise)	$10^{14.5}$	10^{13}	$10^{7.6}$
온도 (°C)	511	554	735

歪点~徐冷点 부근에서 外力에 의한 변형 생성



② 열수축

가열된 유리의 온도 저하 → 체적의 변화

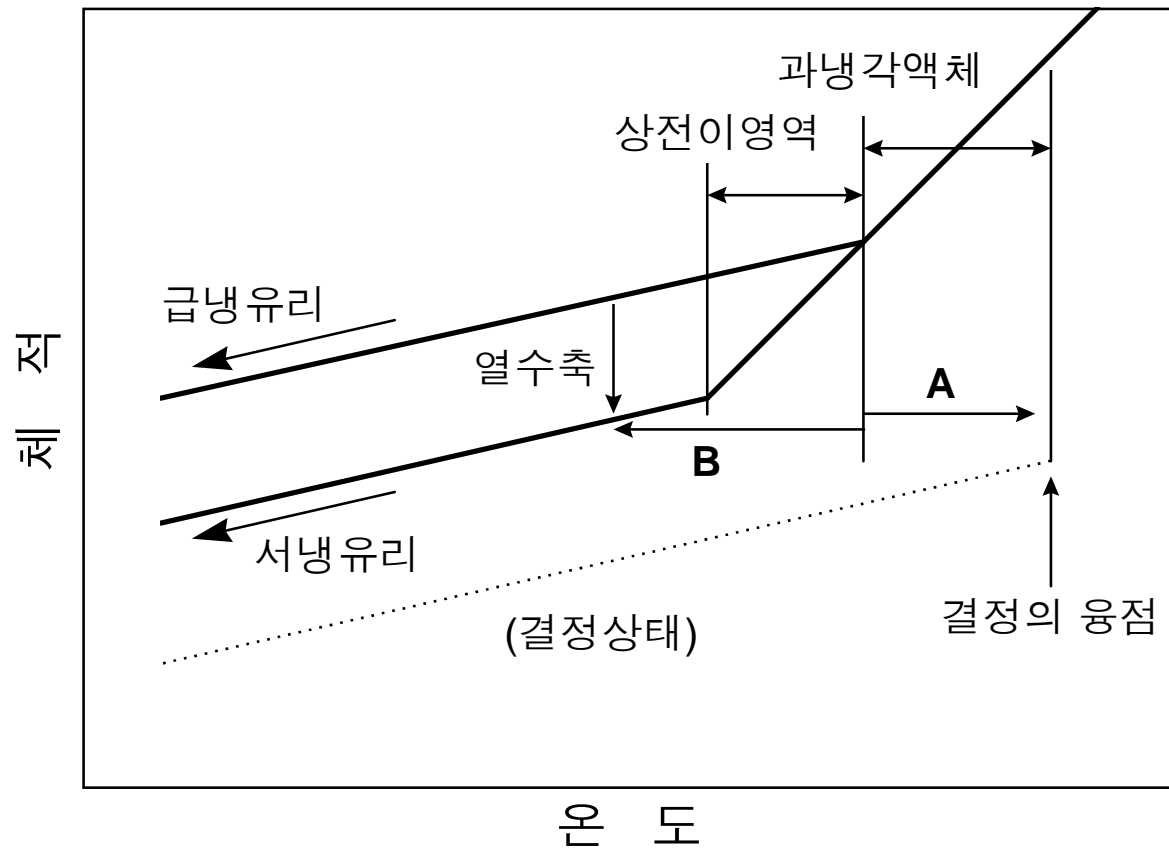


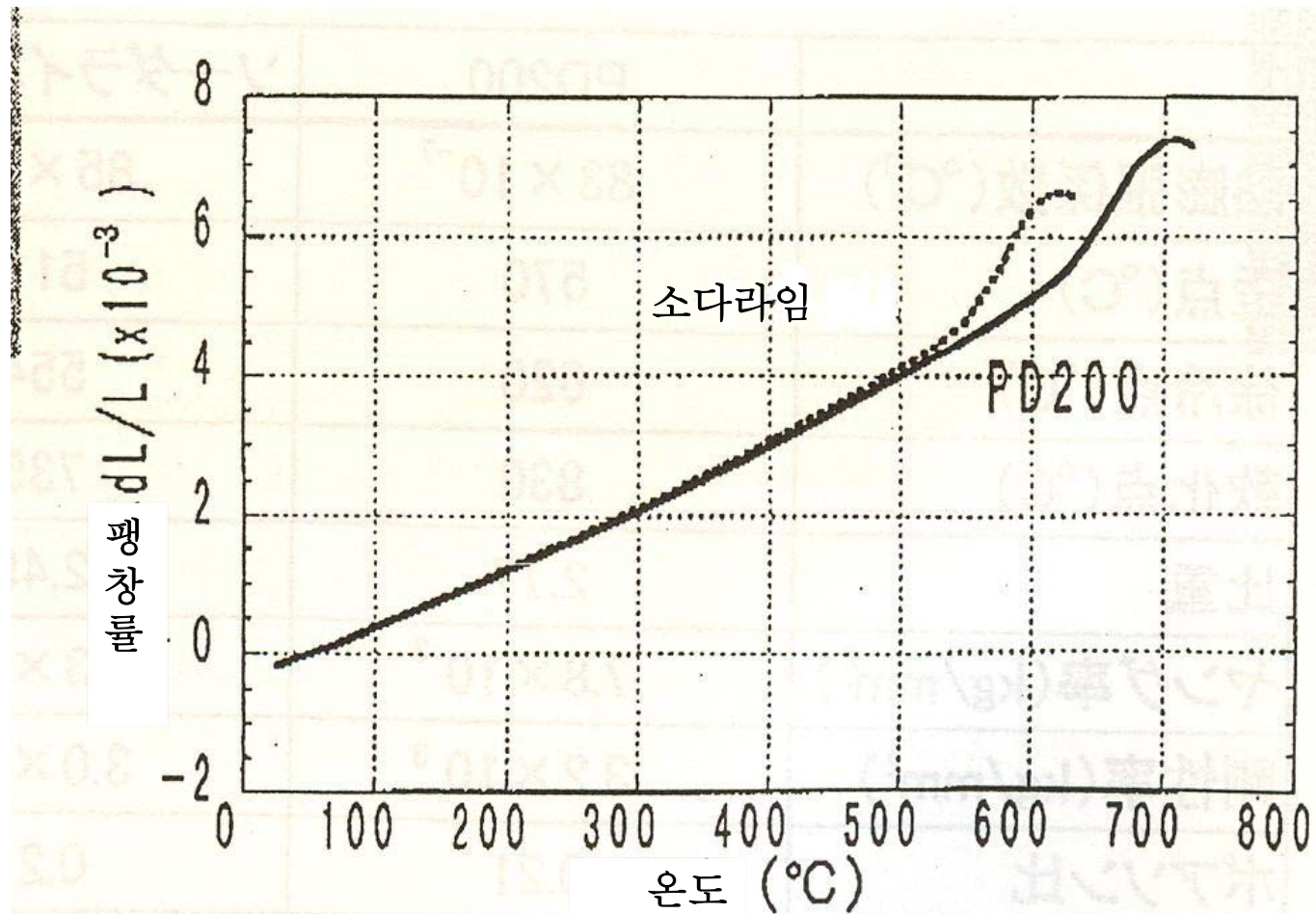
그림 7.1.1 유리의 온도 - 체적 관계도

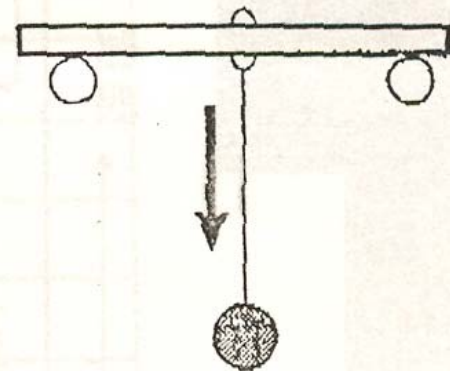
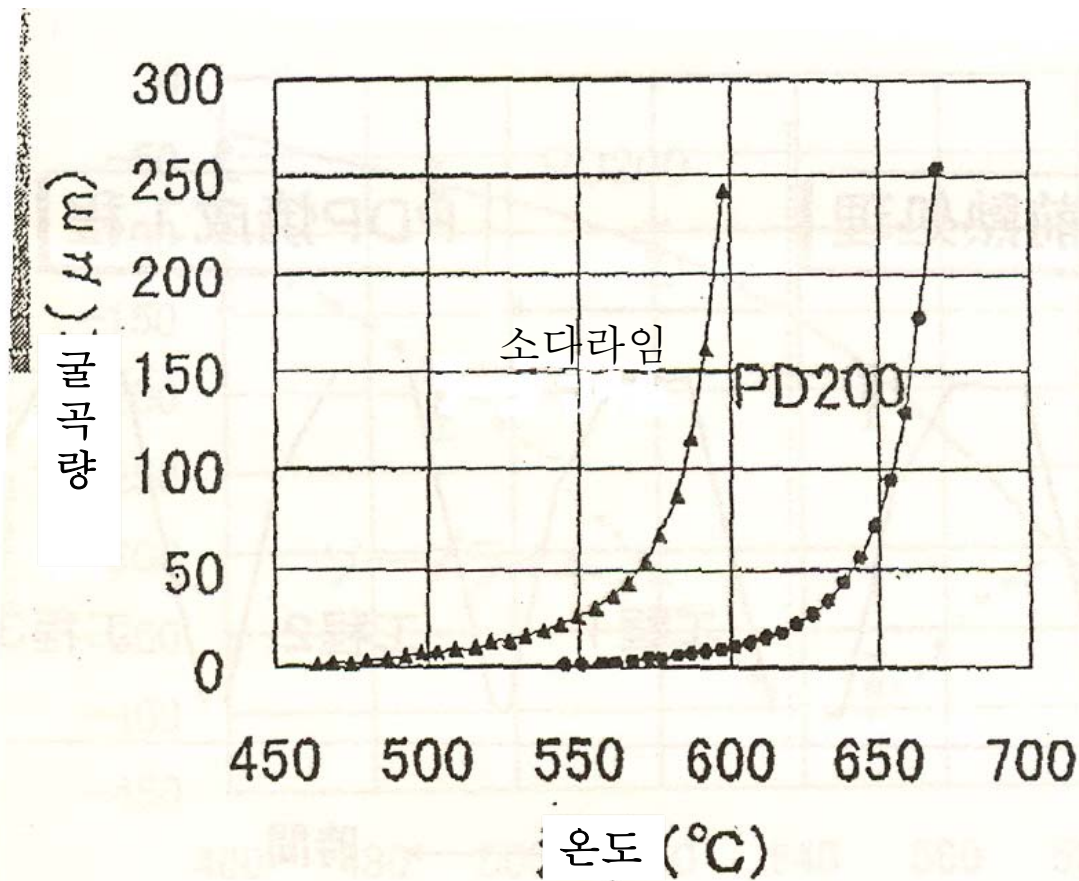
PDP용 高歪点 유리기판(PD 200, Asahi glass co.)

유리 組成 : $SiO_2 - Al_2O_3 - R_2O - RO$ 系

	PD 200	소다 라임 유리
열팽창계수($^{\circ}C^{-1}$)	83×10^{-7}	85×10^{-7}
歪点 ($^{\circ}C$)	570	511
徐冷点 ($^{\circ}C$)	620	554
軟化点 ($^{\circ}C$)	830	735
비중	2.77	2.49
Young율(kg/mm^2)	7.8×10^3	7.3×10^3
剛性率(kg/mm^2)	3.2×10^3	3.0×10^3
Vickers 硬度(kg/mm^2)	580	550







폭 : 5mm

두께 : 2.8mm

스팬 : 52mm

중심하중 : 137g

승온속도 : 4°C/분

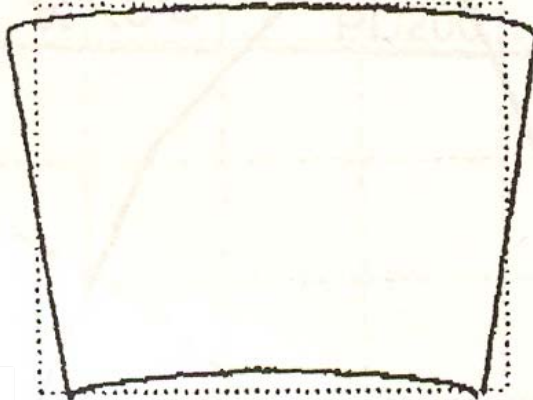
* 소다라임 유리는 550~600°C 일때

외력에 의하여 용이하게 변형된다.

580°C 로 소성시킨 유리의 변화



소성 진행 방향



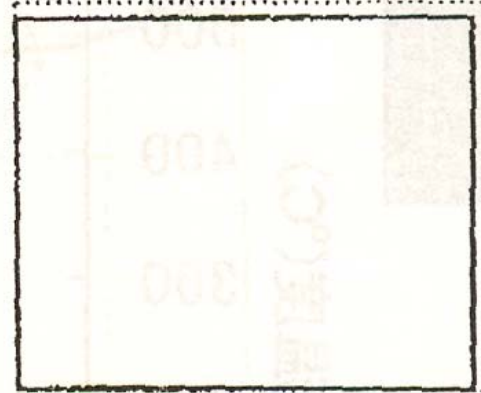
소다라임 유리

비대칭변형 (선형변형)

(열변형 + 열수축)

외력에 의해 쉽게 변형

→ 온도차에 의한 열변형이 생기기 쉽다.



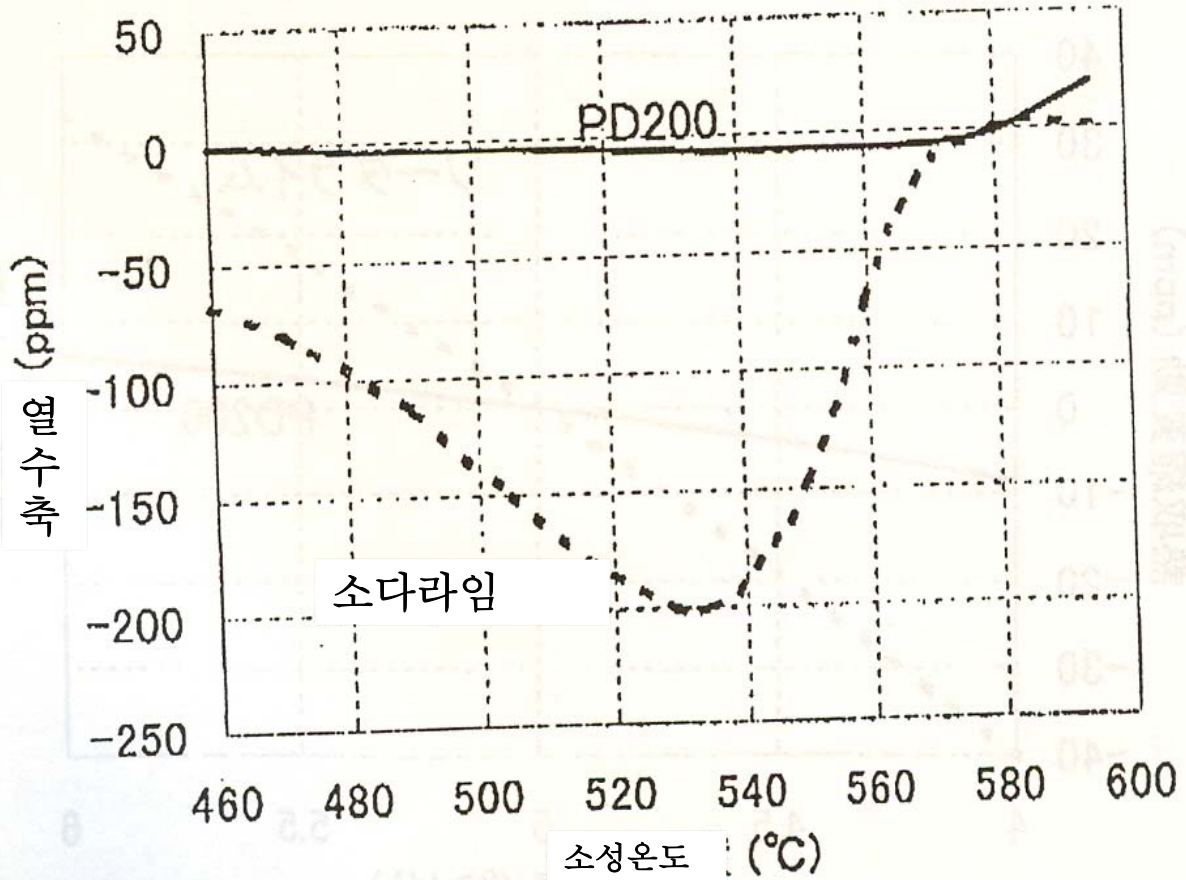
PD200

균등수축

(열수축)

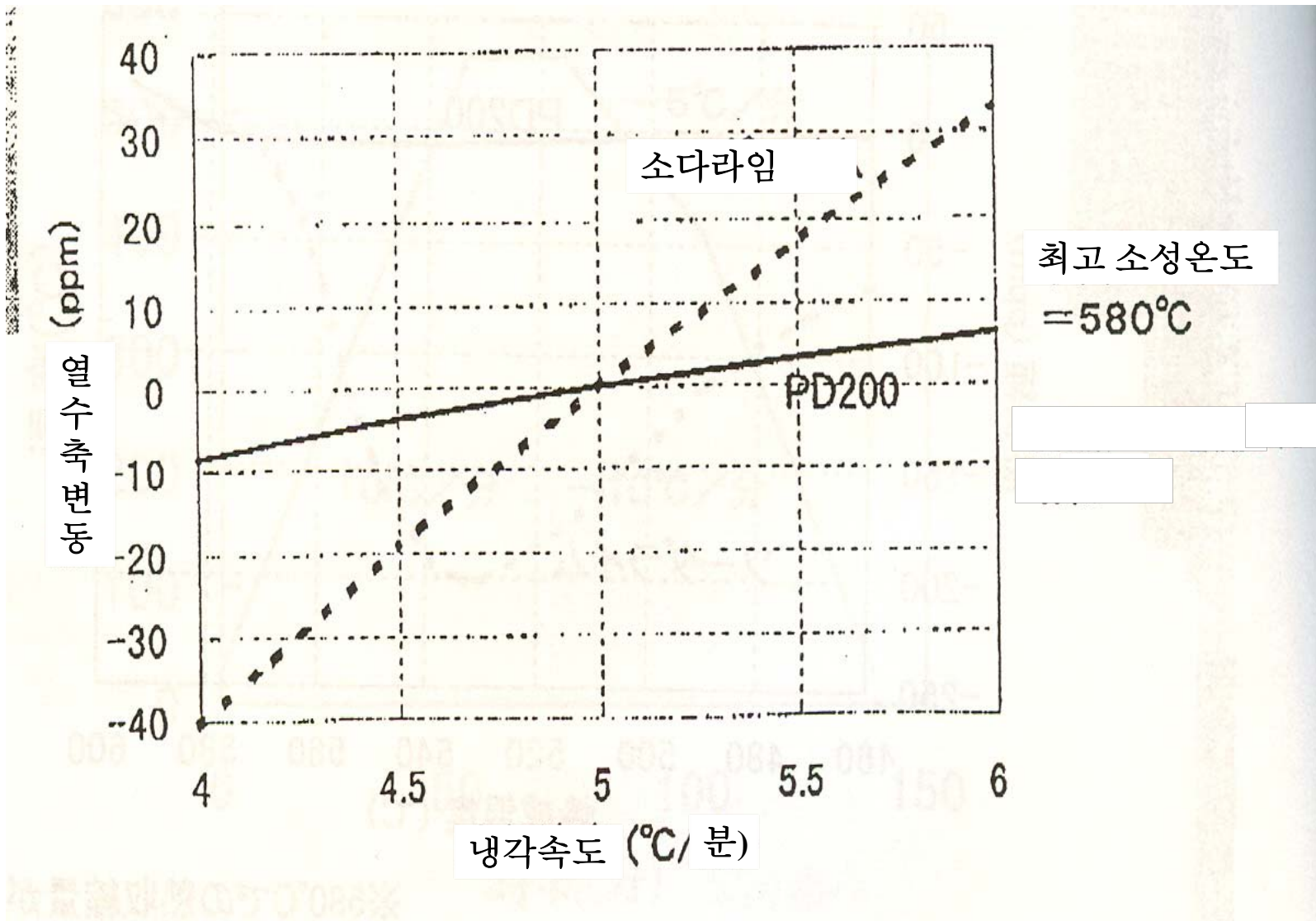
열변형 : 생기지 않는다.





※580°C 때의 열수축량이 0





7.2 형광체

형광체 특성
휘도
발광 스펙트럼
잔광 특성
VUV 양자 변환 효율
VUV 에 대한 포화도
혼합 삼원색의 백색 발란스

<=>

요구 발광 특성
고휘도(各色)
높은발광효율(各色)
좋은순색도(赤)
짧은잔상시간(綠)
긴수명(靑)
공정열화(靑)



발광색	형광체	CIE색좌표		1/10 잔광 시간	문제점	
		X	Y			
Red	(Y,Gd)BO ₃ : Eu	0.641	0.356	11ms	색순도	
	Y ₂ O ₃ : Eu	0.642	0.344	4ms		
Green	Zn ₂ SiO ₄ : Mn	0.249	0.699	14ms	잔광	
	BaAl ₁₂ O ₁₉ : Mn	0.176	0.726	14ms		
Blue	BaMgAl ₁₀ O ₁₇ : Eu	0.145	0.077	<1 ms	초기휘도낮음 열화	

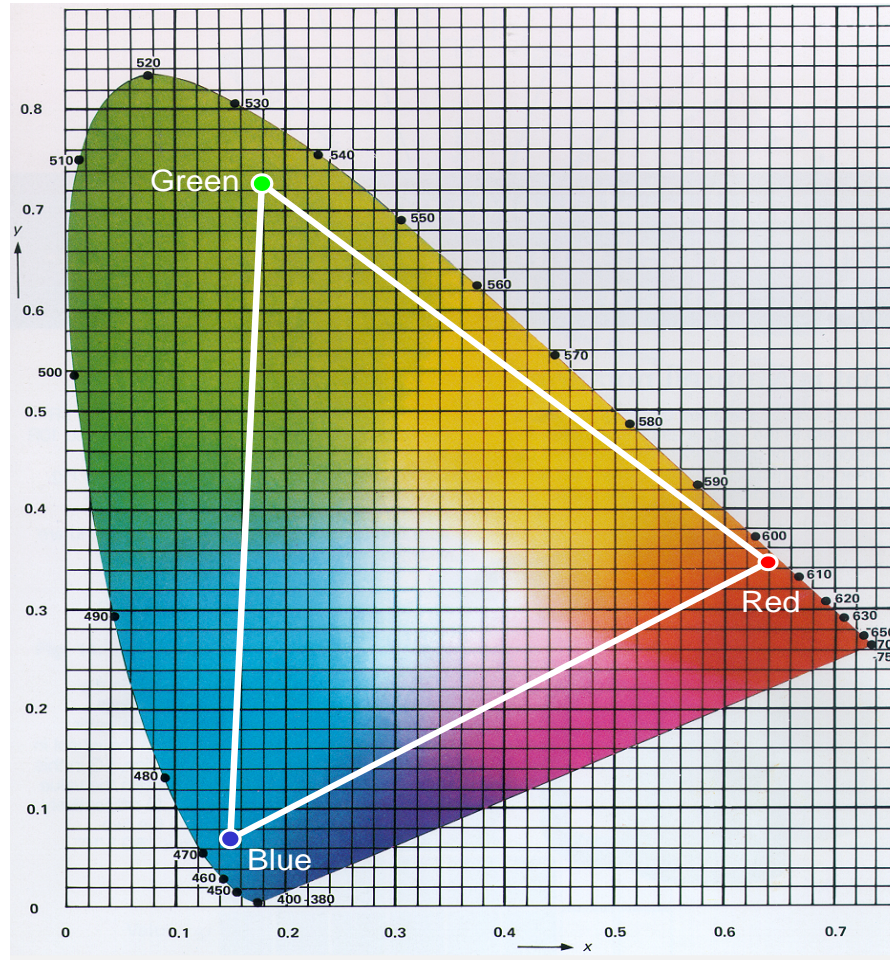
표 7.2.1 PDP용 형광체의 특성



색	형광체	휘도	열화	색도	변색	잔광
Red	(Y,Gd)BO ₃ : Eu Y ₂ O ₃ : Eu	○	○	△	○	△
Green	Zn ₂ SiO ₄ : Mn BaAl ₁₂ O ₁₉ : Mn	○ △	○ ×	○ ○	○ ×	△ ×
Blue	BaMgAl ₁₀ O ₁₇ : Eu	△	×	○	×	○

PDP용 형광체 특성 비교





NTSC
 Red (0.67, 0.33)
 Green (0.21, 0.71)
 Blue (0.14, 0.08)

그림 7.2.2 색좌표계와 PDP에 의해 표현 가능한 색상



양자 효율의 개선

VUV 흡수

Host 결정 \longrightarrow 發光中心 여기

투과 깊이 0.1 ~ 1.0 μm

① Resonance line (147nm)

\rightarrow Dimer Line (173nm)



형광체 수명

↕
현상 : 발광색 변화
휘도 저하

원인 : VUV 쪼임에 의한 Color Center 생성
이온, VUV 충격에 의한 표면 변질



형광체의 잔광

허용천이 d-f 천이 (Eu^{2+}): 짙은, 靑

금지천이 d-d 천이 (Mn^{2+}),

f-f 천이 (Eu^{3+}, Tb^{3+}): *Tb*, 赤, 靑



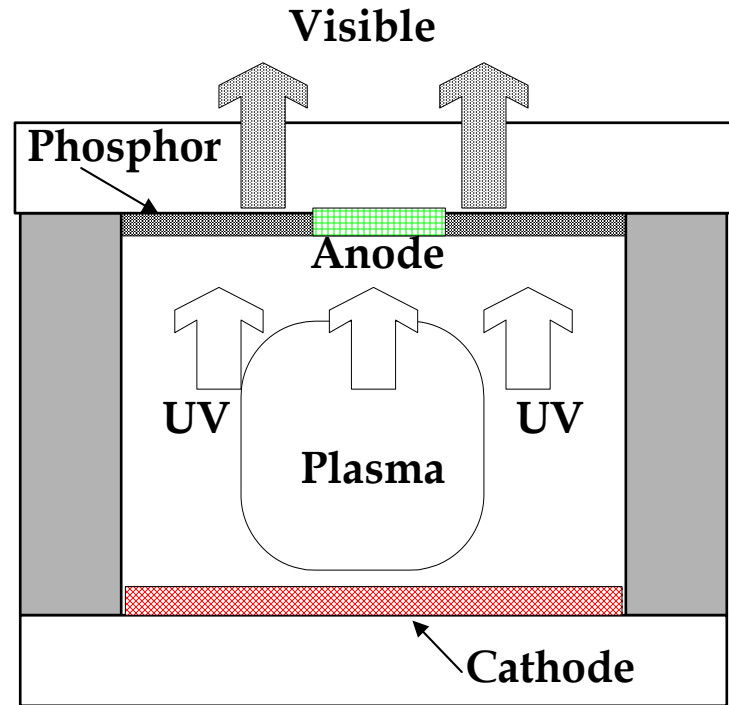
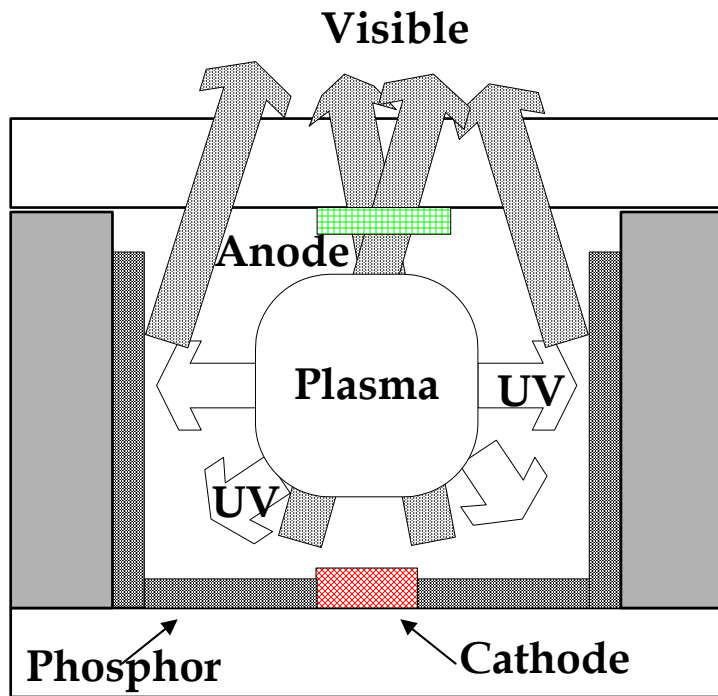


그림 7.2.4 투과형 및 반사형 형광체 도포 구조

7.3 PDP 용 후막 인쇄 재료

고형성분 (도체, 저항체, 유전체)

+ 유리성분 ($\text{PbO} - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$, $\text{PbO} - \text{B}_2\text{O}_3 + \text{ZnO}$)

+ 수지성분 + 용제 = 후막 페이스트

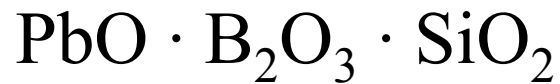
요구특성

- ① 높은 Aspect ratio 를 얻을 수 있는 격벽형성 페이스트
- ② 미세한 셀 구조에 도포할 수 있는 형광체 페이스트
- ③ 음극 및 셀 전류 조절용 저항 재료 개발 (DC)
- ④ 소성 온도 저온화
- ⑤ 낮은 재료비
- ⑥ 친환경 재료 (無鉛)



7.3.1 격벽 페이스트

격벽 : 방전거리 유지, 전기적 · 광학적 혼신 방지
폭 70 ~ 100um, 높이 120 ~ 200um



580°C, 10분

8 ~ 10 회 반복 인쇄 (2~3 종류의 페이스트 사용)

하지층 (1~2층): 평활, 흐름이 적을 것

밀착 강도 확보

중간층 (3~8층): 격벽 높이의 대부분

진동 강도 확보

상부층

: 평탄

전면판과 접촉 및 밀착 강도

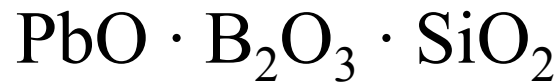


7.3.2 투명 유전체

전극의 절연피막으로 이용

높은 절연 저항 (10^5 V/cm)

높은 광투과율 (80% 이상)



530 ~ 580°C, 10분

Ag 전극과 매칭 필요

기포 생성 배제 유의 - 유리성분의 조성
입자의 직경
제조 조건
소성 온도



7.3.3 전극 재료

DC형 PDP재료

음극

: Ni 페이스트

560 ~ 600°C, 10분 소성

40 ~ 100 mΩ/□ (25um 두께)

음극리드선 : Au 나 Ag 페이스트

520 ~ 650°C, 10 ~ 15분 소성

Au (5 mΩ/□ , 15um)

Ag (5 mΩ/□ , 12.5um)



셀저항 : RuO₂ 페이스트
625°C , 10 ~ 12분 소성
1 Ω/□ ~ 1MΩ/□ (15um)
프린팅으로 15 ~ 20% 저항
정밀도 달성
laser trimming



AC형 PDP 재료

Sustain Bus 전극 : ① Ag 페이스트

개구율이 높기 위해서는 극세선 (~100um 폭) 형성 요구
인쇄(스크린 혹은 그라비아어),
식각



② 스퍼터링 (Cr-Cu-Cr)

산화방지

ITO와의 반응방지

Address 전극 : Ag 페이스트

인쇄(스크린 혹은 그라비아어),
식각



7.3.4 형광체 페이스트

격벽의 가시광 반사 → 아주 낮음

휘도를 높이기 위해 수직 벽에 도포 필요

형광체 입자 크기, 수지 종류, 용제의 종류
최적화

높은 가시광 반사율 → 낮은 Bright Room
Contrast Ratio



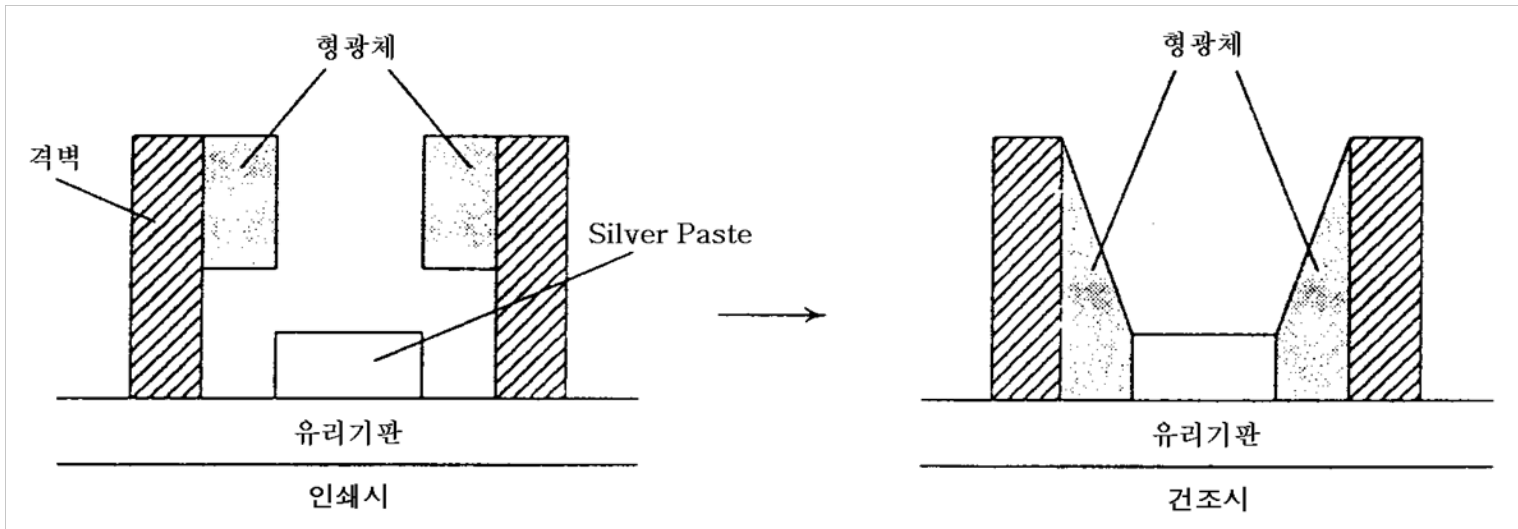


그림 7.3.1 측면상의 형광체 인쇄

7.4 PDP용 박막 재료

7.4.1 투명 전극 재료

· 요구 특성

- ① 높은 전기 전도도 (비저항 $< 10^{-4} \Omega \cdot cm$ 이하)
- ② 높은 가시광 투과율 (90% 이상)
- ③ 인접 재료와의 매칭성 양호
- ④ 대면적 균일성
- ⑤ 쉬운 patterning 성질

· 종류 : ITO, SnO_2 , ZnO, CdSnO



· ITO (Indium Tin Oxide)

$\text{In}_2\text{O}_3 + \text{SnO}_2$ (5~10 wt %)

$\sim 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$

Sputtering 법



7.4.2 AC 형 PDP의 음극 보호 재료

AC형 PDP의 전극 - 유전체로 절연 (20~50um)

고온 열처리, 플라즈마 노출

PbO의 환원에 의한 Pb의 석출

이질층 형성

이상 방전, 높은 방전 전압

보호 재료 필요

- MgO, ZrO, HfO₂, CeO₂, ThO₂

La₂O₃

제작 방법

- e-beam evaporation

Sputtering , Ion Plating



증착방법	증착속도	결정방향	방전전압	erosion특성	stoichiometry
E-beam	~200 A/min	증착조건에 따라 달라짐	차이없음	우수	증착조건에 따라 달라짐
Sputtering	~200 A/min	"	"	우수	"
Ion Plating	~2000 A/min	"	"	우수	"

표 7.4.1 증착방법에 따른 MgO막의 특성

결정성, 결함, Stoichiometry,

⇔ γ 값, 플라즈마 내식각율

증착속도, 균일성, 물성 (결정성, 결함, Stoichiometry,.....)

⇔ 양산성



7.5 PDP 제조 기술

40 이상의 대형 유리기판 사용

다면취 (8면취, 42"기준) 공정 도입

➔ PDP 고유의 특수 공정 필요

높은 Aspect ratio 를 갖는 격벽 형성

3차원 형광체 도포

길이 1m 이상의 세선 (폭 200~400um)전극 형성

200만개 이상의 in-cell 저항 형성 (DC형)

① 대화면상 균일도, 정밀도가 높은 미세 구조 형성
(42 " FHD 경우 Cell Pitch 480um)

② PDP의 독특한 부품 형성 기술

③ ㅈㅊ 온도 이상의 고온 Heat Cycle 반복



7.5.1 DC PDP 제조기술

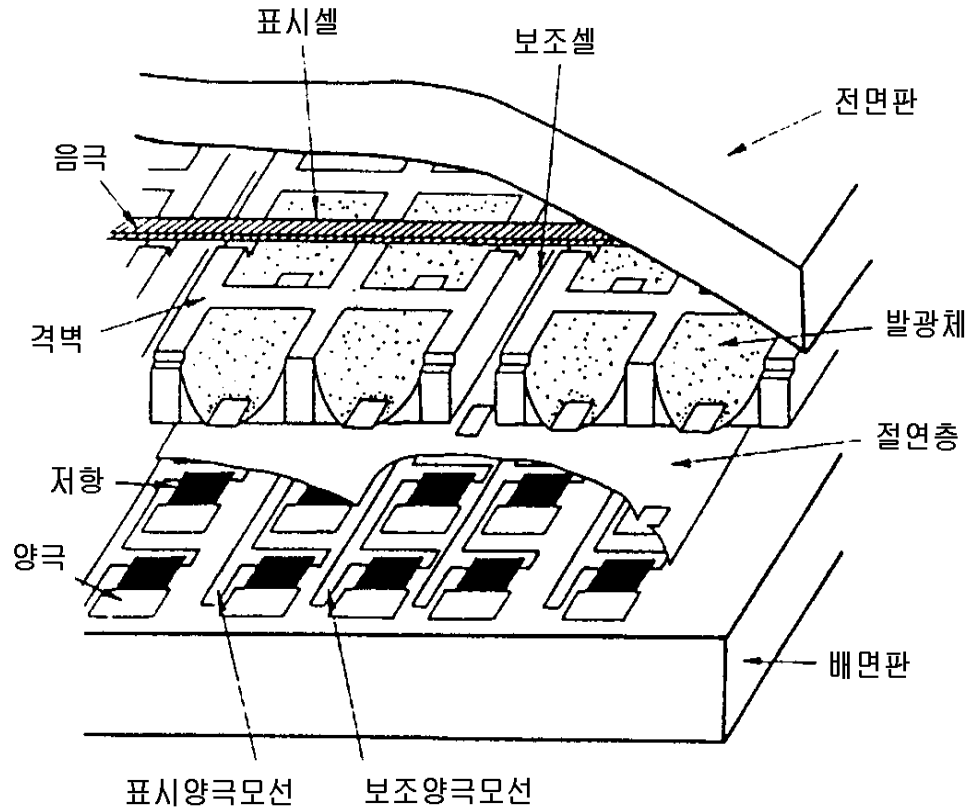


그림 7.5.1 DC 패널의 구조



그림 7.5.2 DC 패널 제작 공정 흐름도



6.5.2 AC PDP 제조 기술

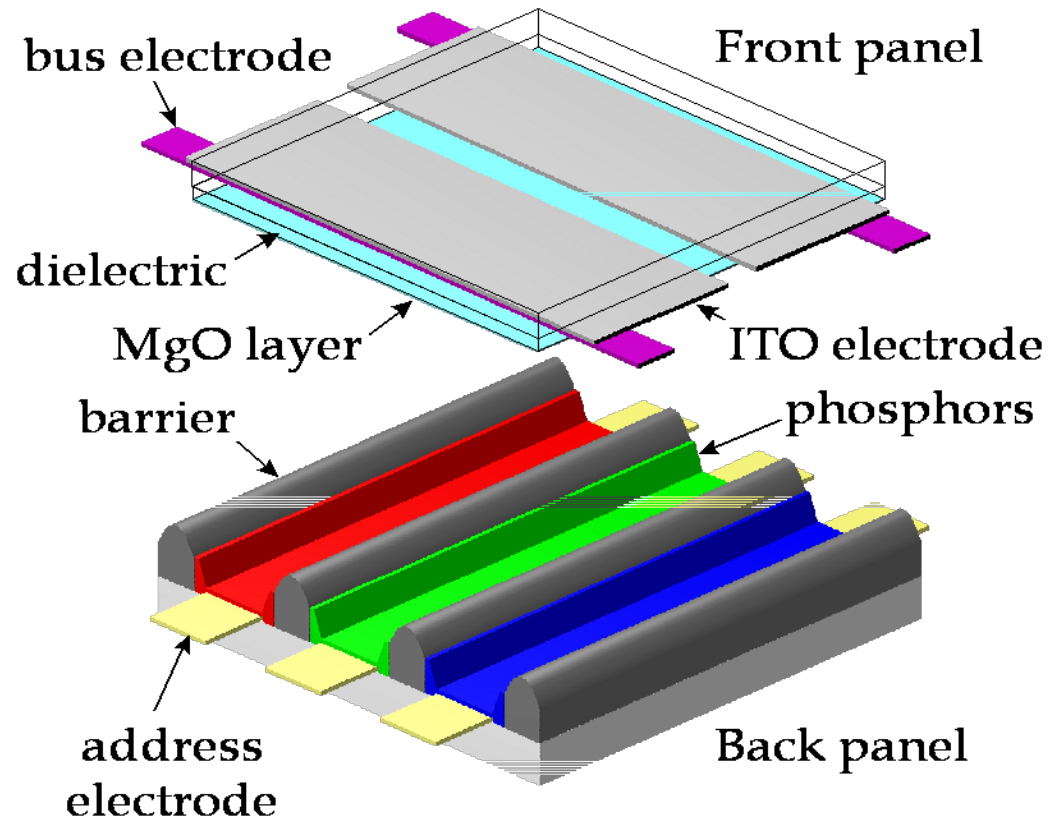


그림 6.5.3 AC 패널의 구조

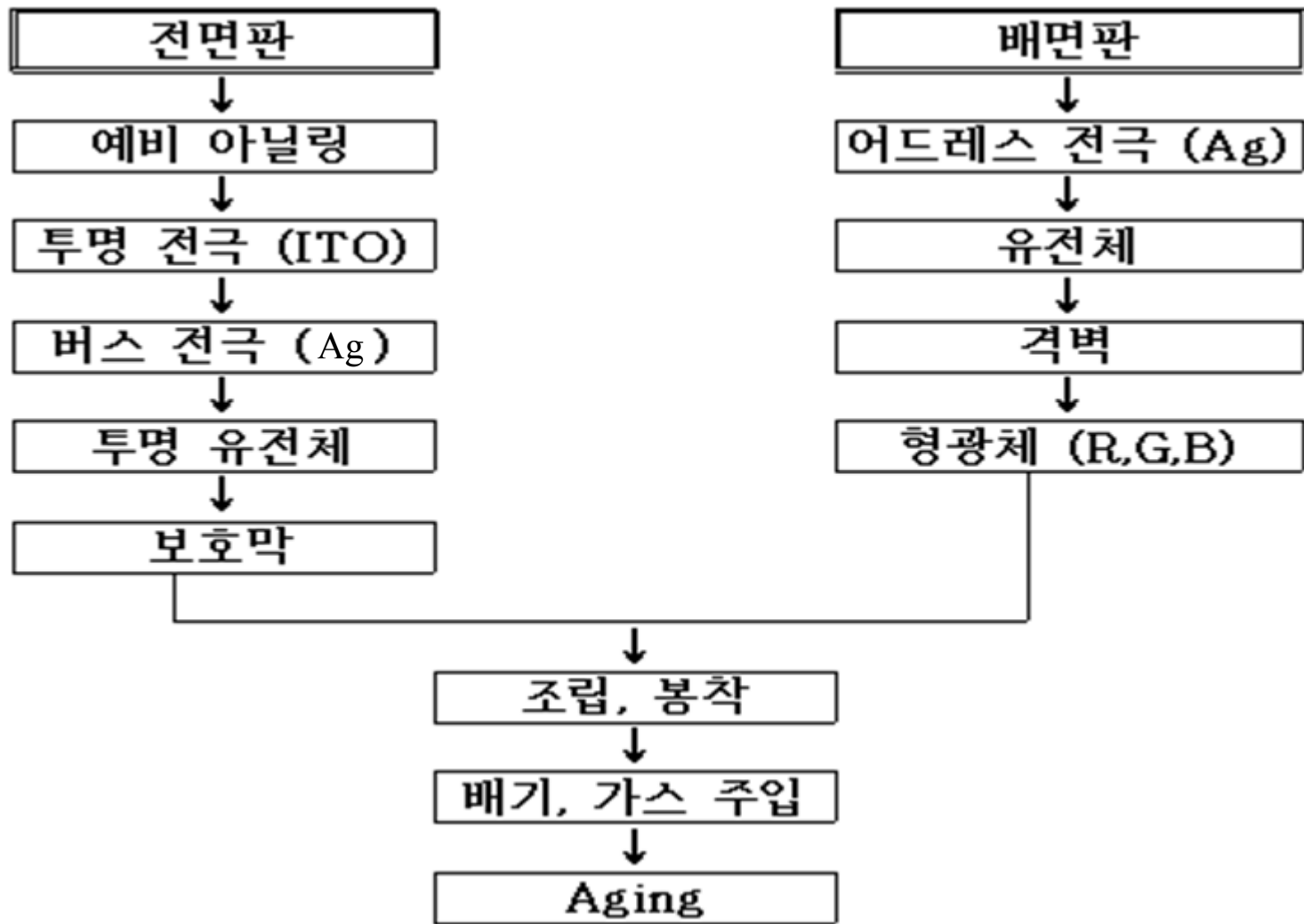


그림 7.5.4 AC 패널 제작 공정 흐름도



7.5.3 스크린 인쇄

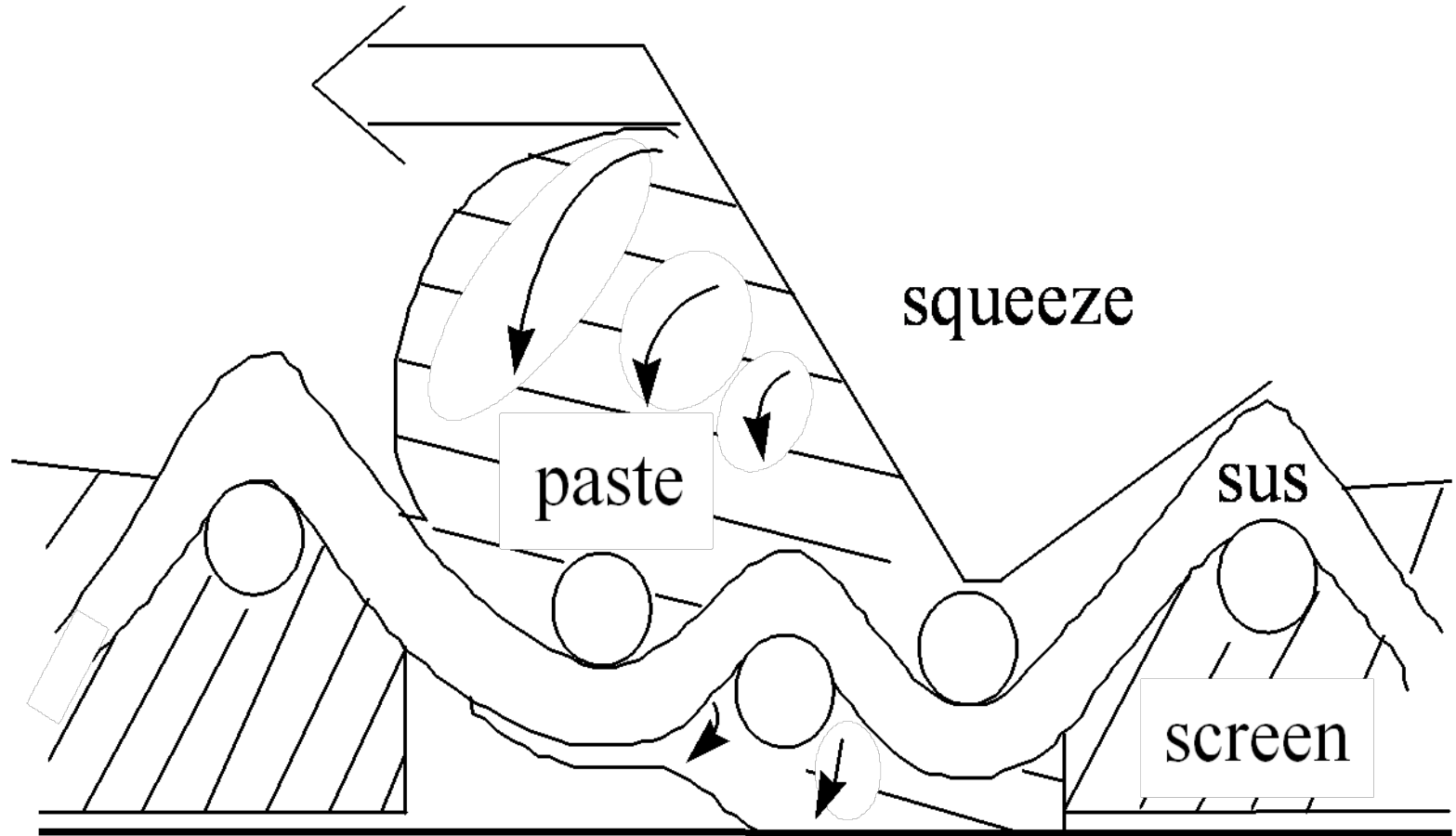


그림 7.5.5 스크린 인쇄법의 원리

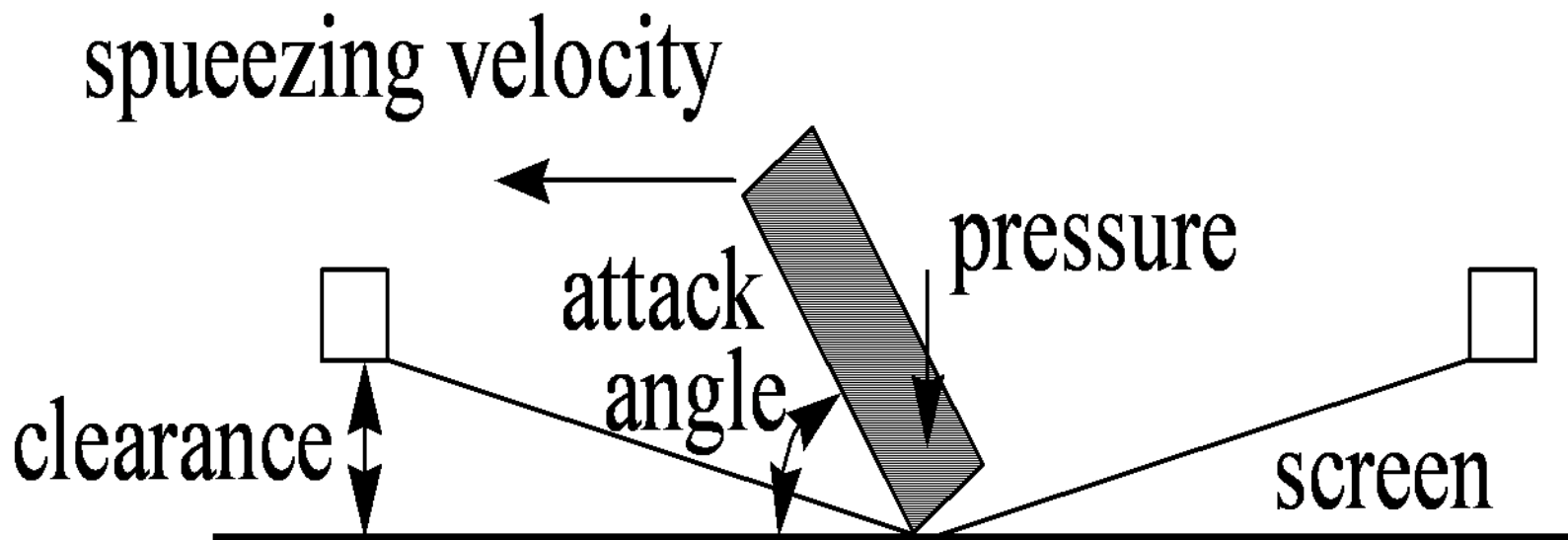


그림 6.5.6 스크린 인쇄법의 주요 변수

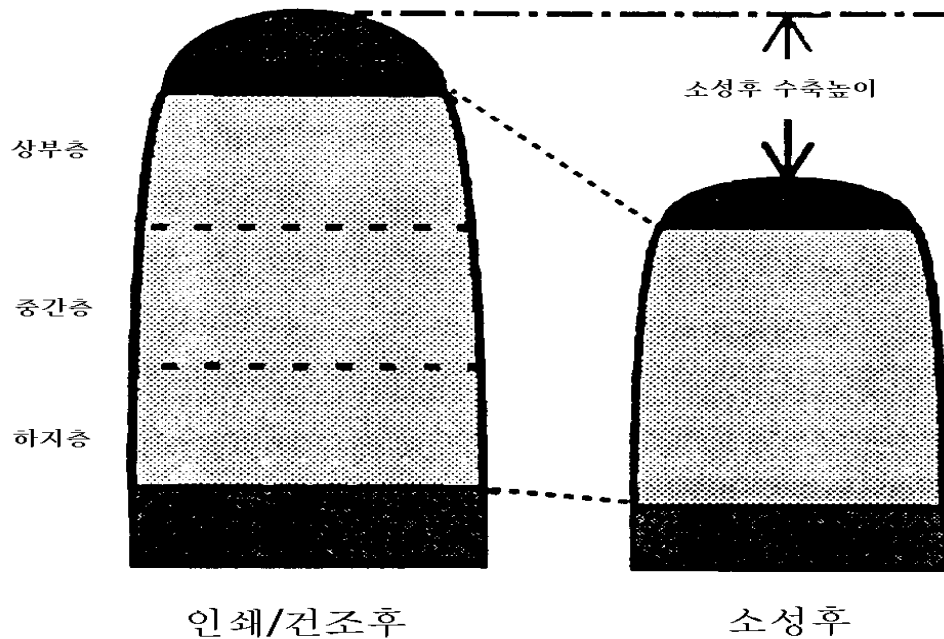


그림 7.5.7 격벽 단면의 소성 전후 형상 변화

- 상부층 : 전면판과의 밀착과 접촉강도를 확보할 수 있는 재료 사용.
- 중간층 : 진동강도 확보할 수 있는 porous 재료 사용.
- 하지층 : 기판과의 접착 강도 확보 재료 사용.

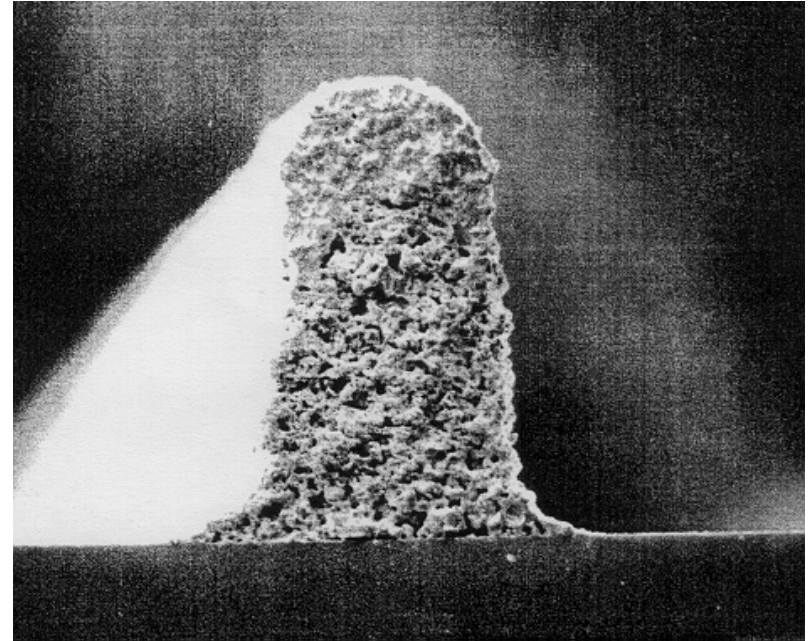
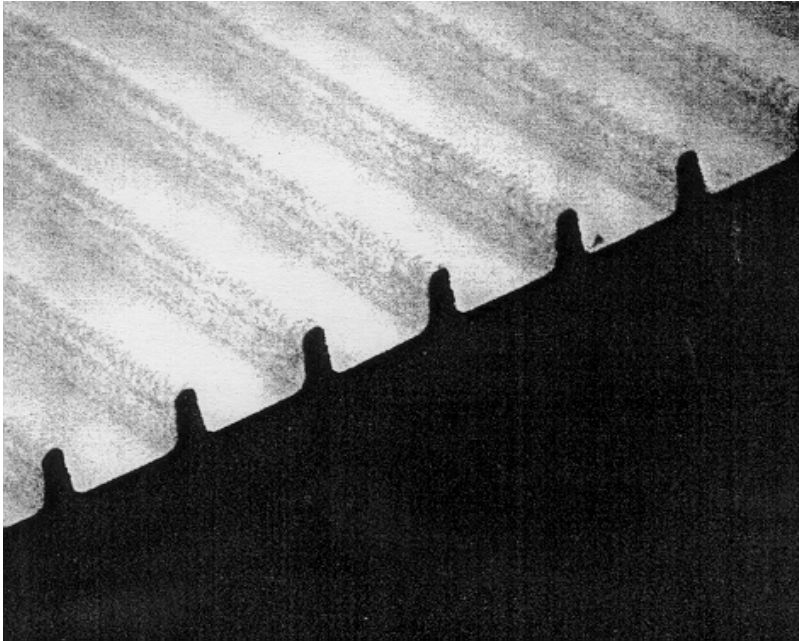


그림 7.5.9 스크린 인쇄법에 의해 형성된 격벽

개선 요구 특성

- ① 대형 기관에서의 정밀도
- ② 자동화
- ③ 재현성
- ④ 양산성



b. Sand Blast 법

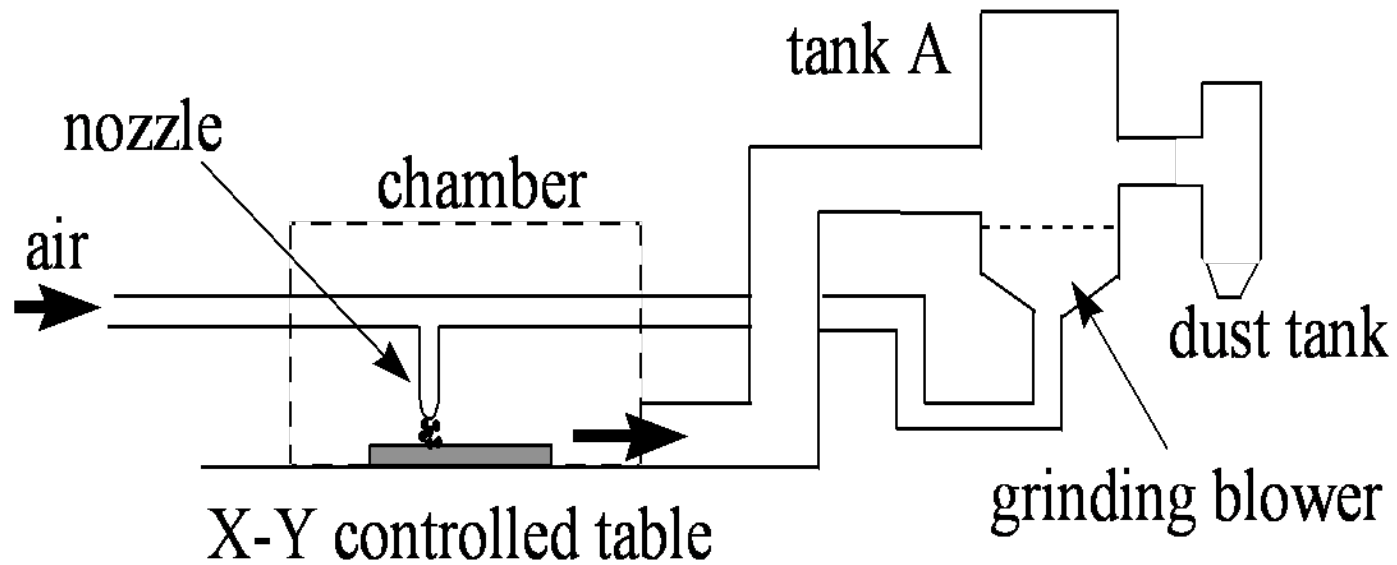
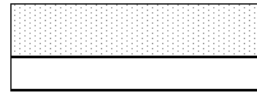
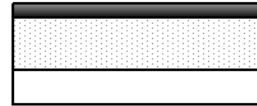


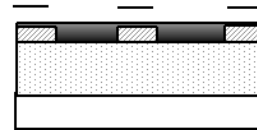
그림 7.5.10 Sand Blast 장치의 개략도



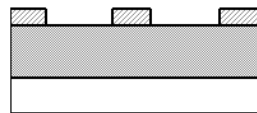
격벽 재료 도포



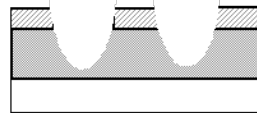
감광 필름 피복



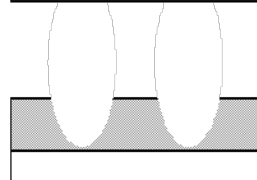
노광



현상



블라스팅



레지스트 제거

그림 7.5.11 Sand Blast 공정의 흐름도



- * 40 인치 이상에서 40um 폭 격벽 형성 가능.
- * 기판 유리 흠집, 소성시 균열 위험 내포
분진 처리, 재료 손실 과다



c. Additive 법 (Squeeze 법)

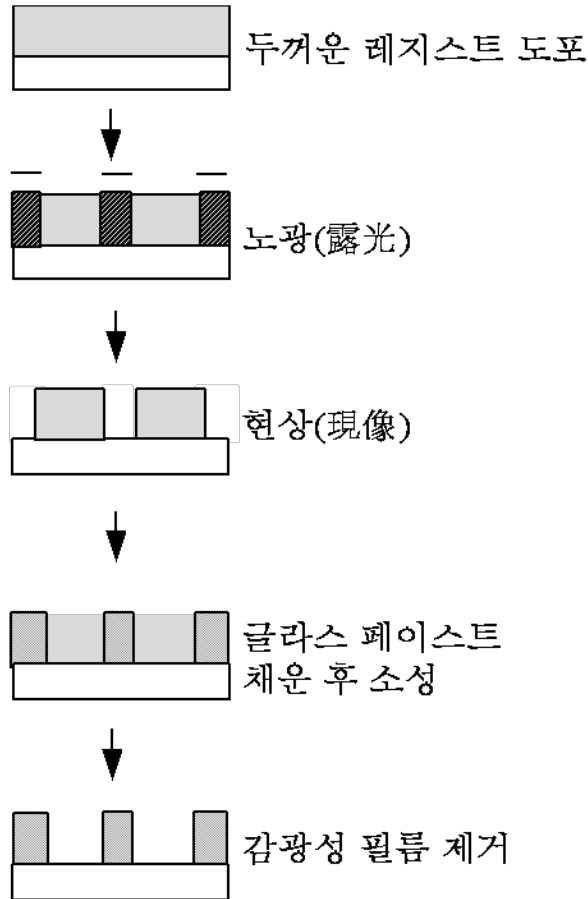


그림 6.5.13 Additive 법

특성

- ① Photo 공정 이용
- 미세 패턴 형성 가능
- ② 유리 기판 손상 無
- ③ 100um 이상의 높이의 형상 형성시 소용시간 과다
- ④ 패턴이 쓰러지거나 균열 위험
- ⑤ 후막 PR의 제거

d. Additive 법 (3M Precision Replication 법)

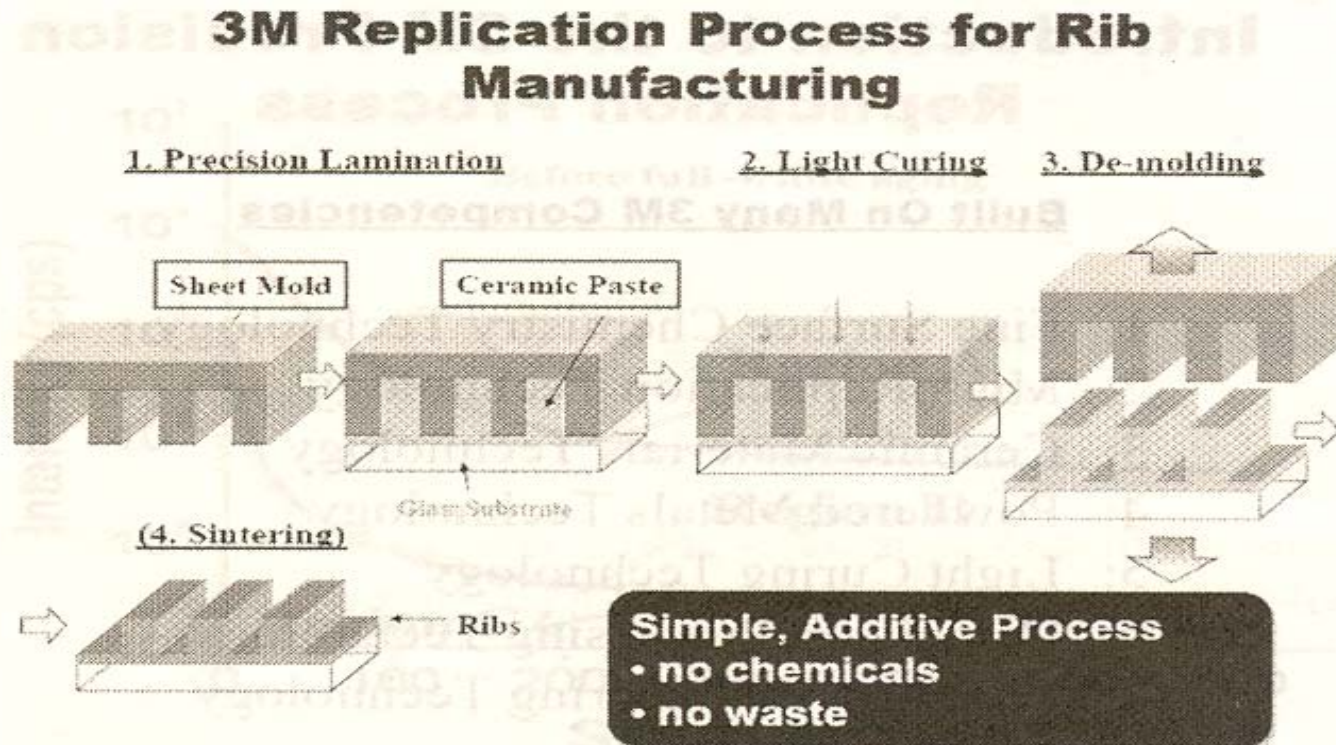
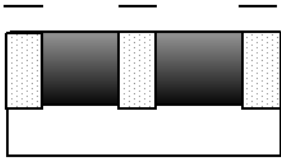


Fig. 2 3M Precision Replication Process Steps

e. Photo Process 법



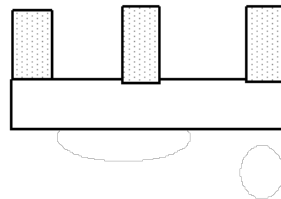
감광성 물질 도포



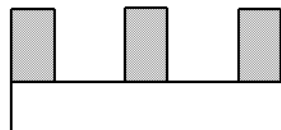
노광(露光)

노광 (UV光)

현상 (Na_2CO_3)



현상(現像)



소성

7.5.4 형광막 재료

a. 스크린 프린팅

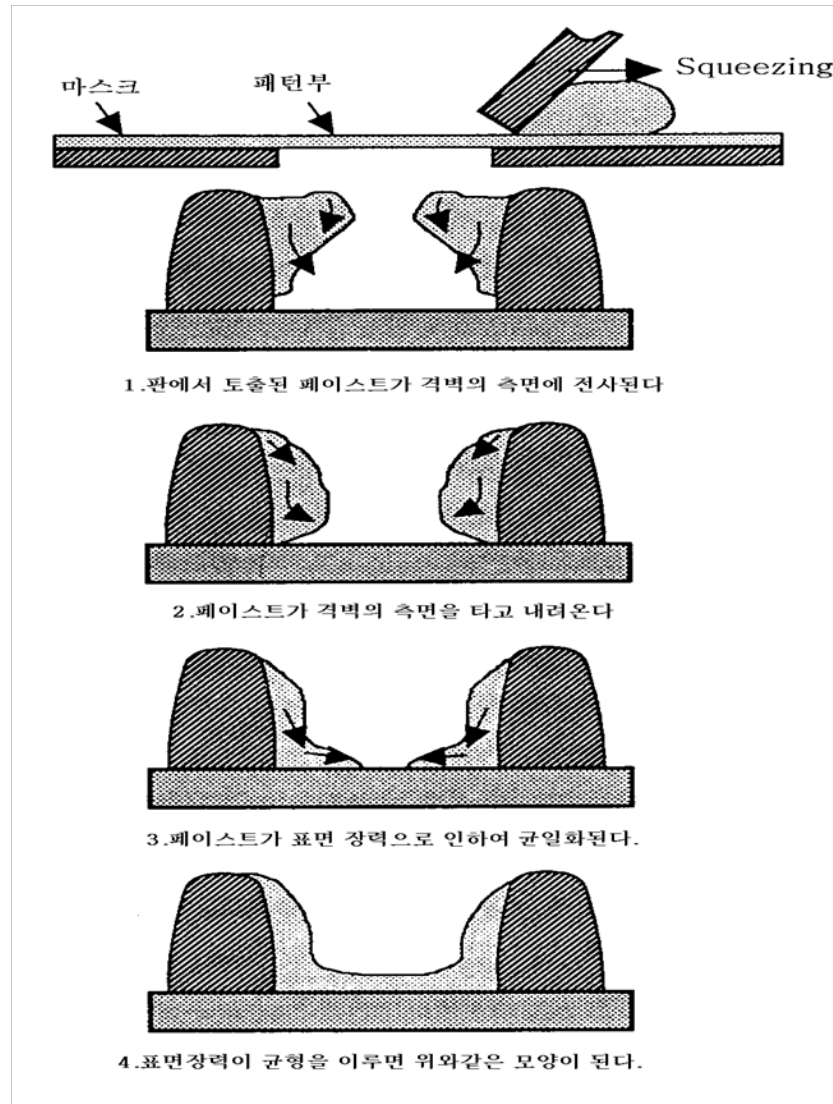
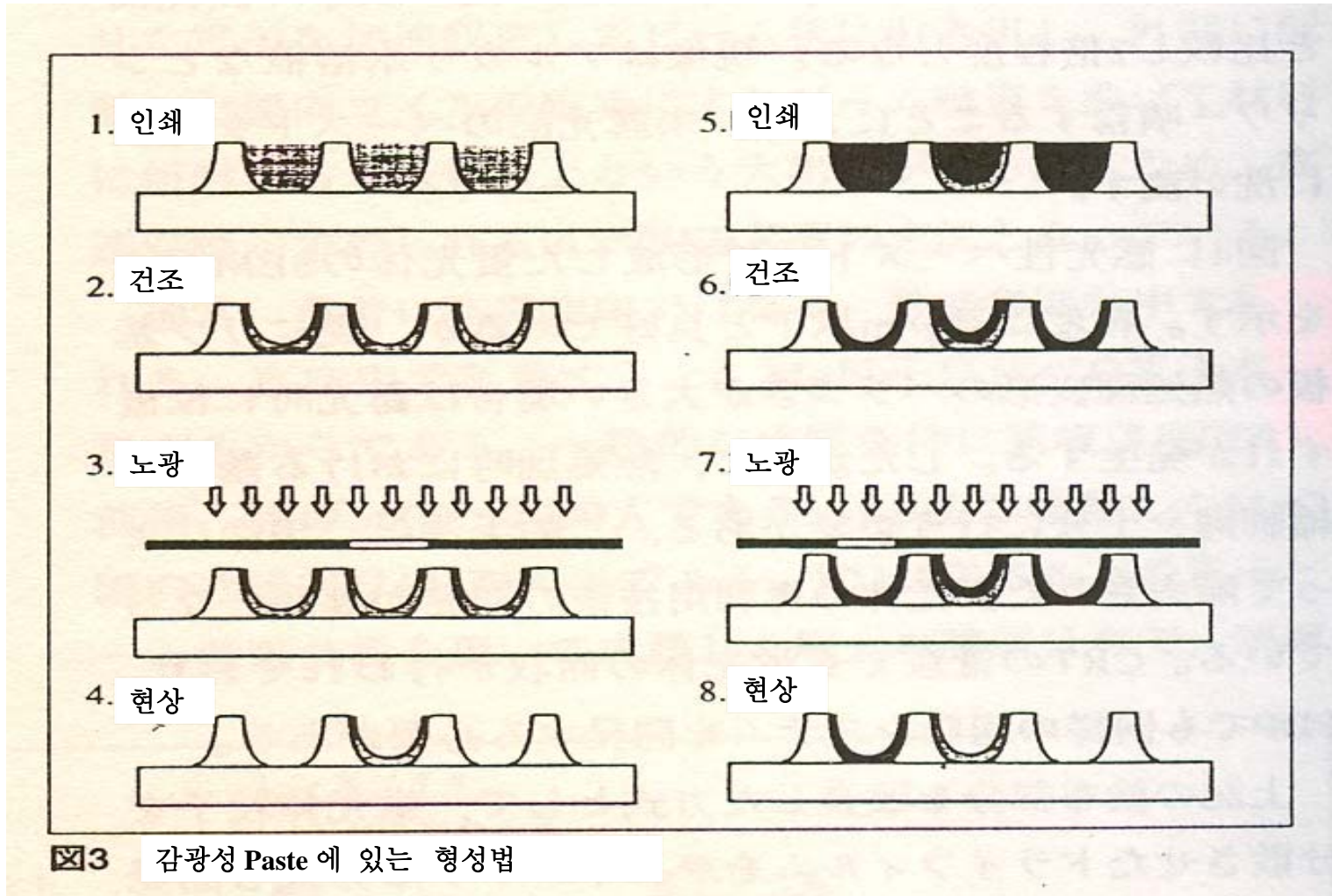
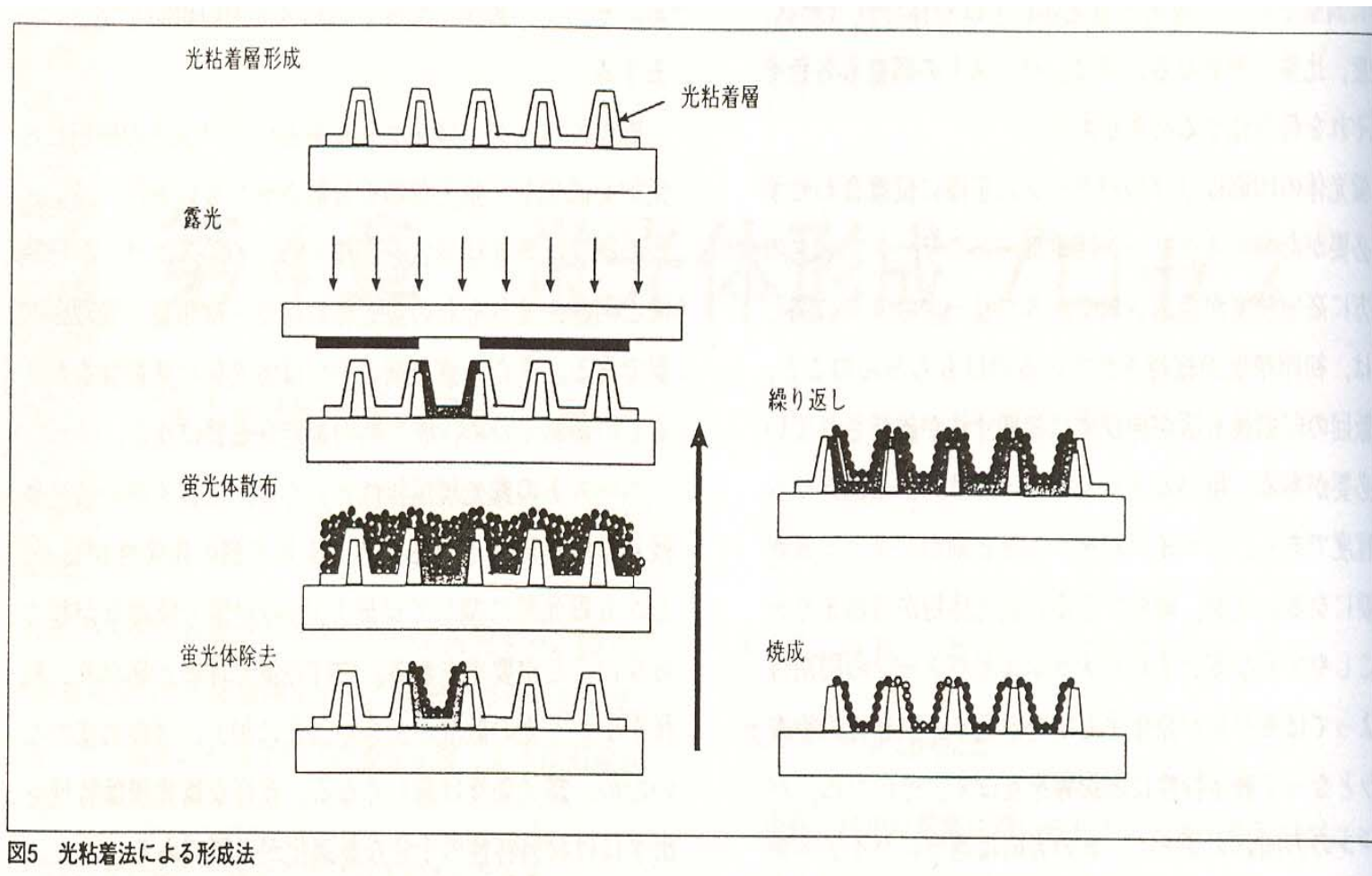


그림 7.5.8 스크린 인쇄에 의해 형성된 형광막

b. 감광성 Paste 법



c. 光粘着法



7.5.5 투명 전극

a. ETCH 법

박막의 미세 패턴 형성 방법

Wet Etch
Dry Etch

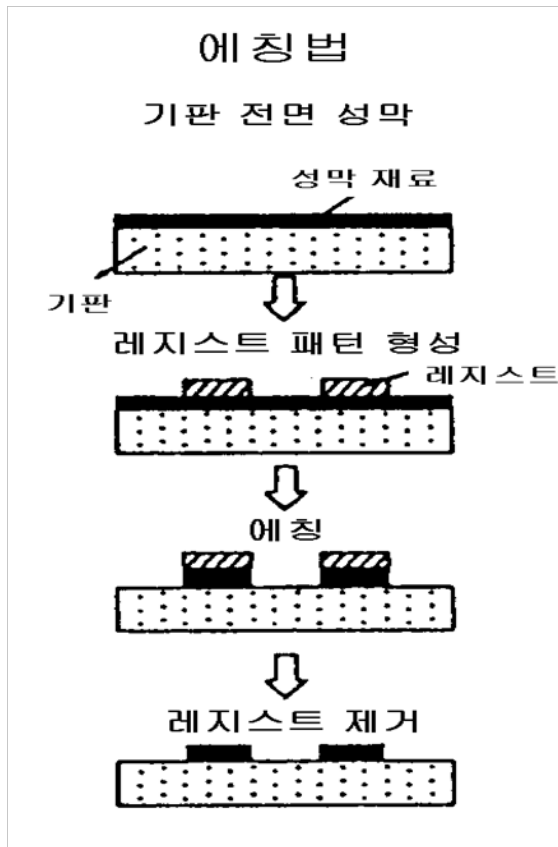
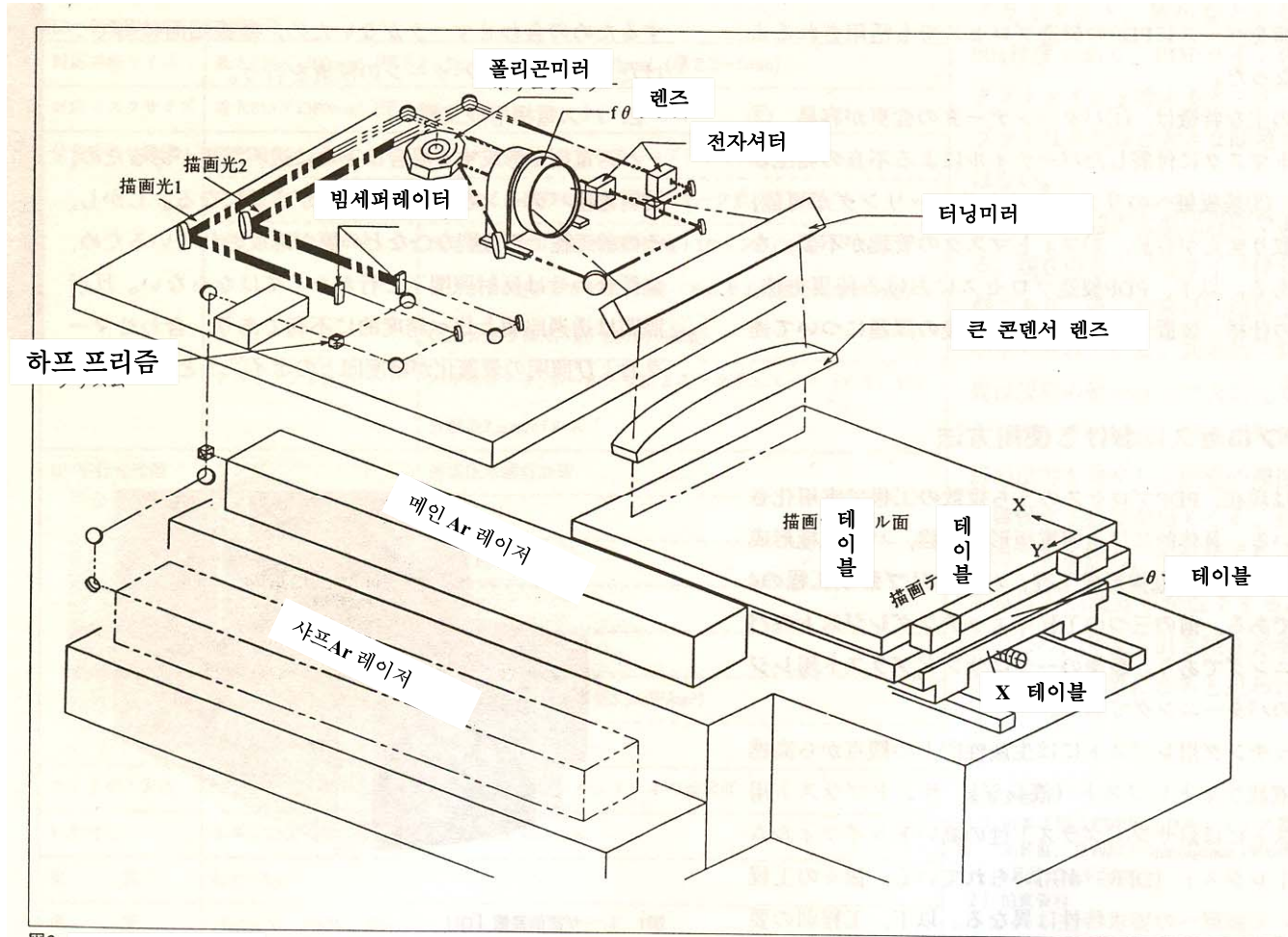


그림 7.5.15 Etch 공정

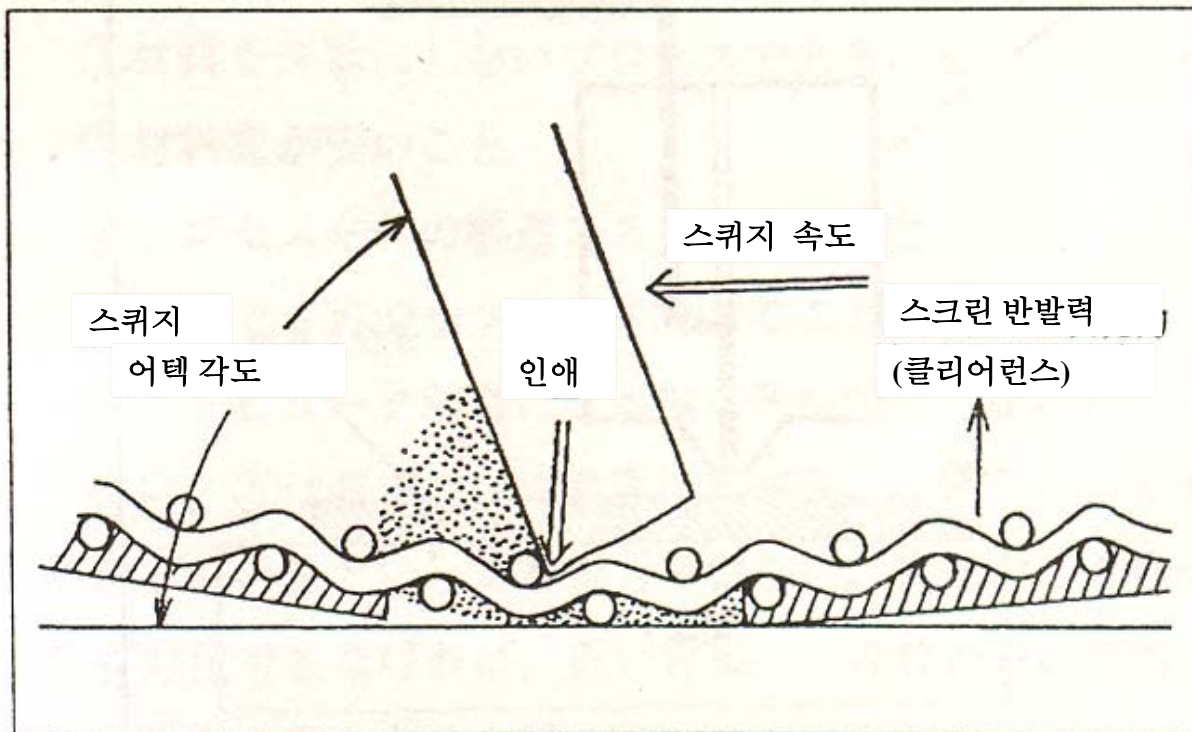
b. Laser Patterning



☒2 DI 의 구조

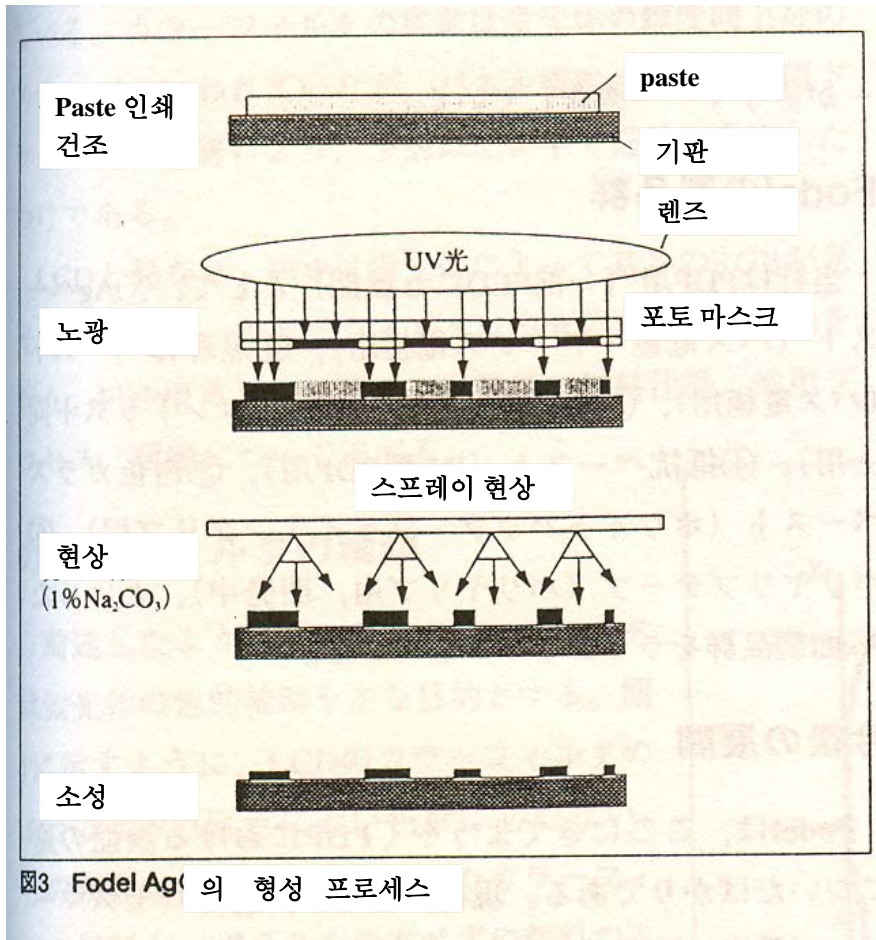
7.5.6 Bus 전극, Address 전극 (Ag 페이스트)

a. 스크린 프린팅



☒1 스크린 인쇄법의 원리도 (마이크로 테크 시공)

b. Photo Etch 법 (FODEL® DuPont 社)



- ① 높은 도전성
Ag Paste $5\text{m}\Omega/\square$
FODEL $1.5\sim 2\text{m}\Omega/\square$
($5\mu\text{m}$ 두께)
- ② 고해상도
인쇄법 $100\mu\text{m}$
FODEL $40\mu\text{m}$

c. Cr-Cu-Cr 전극

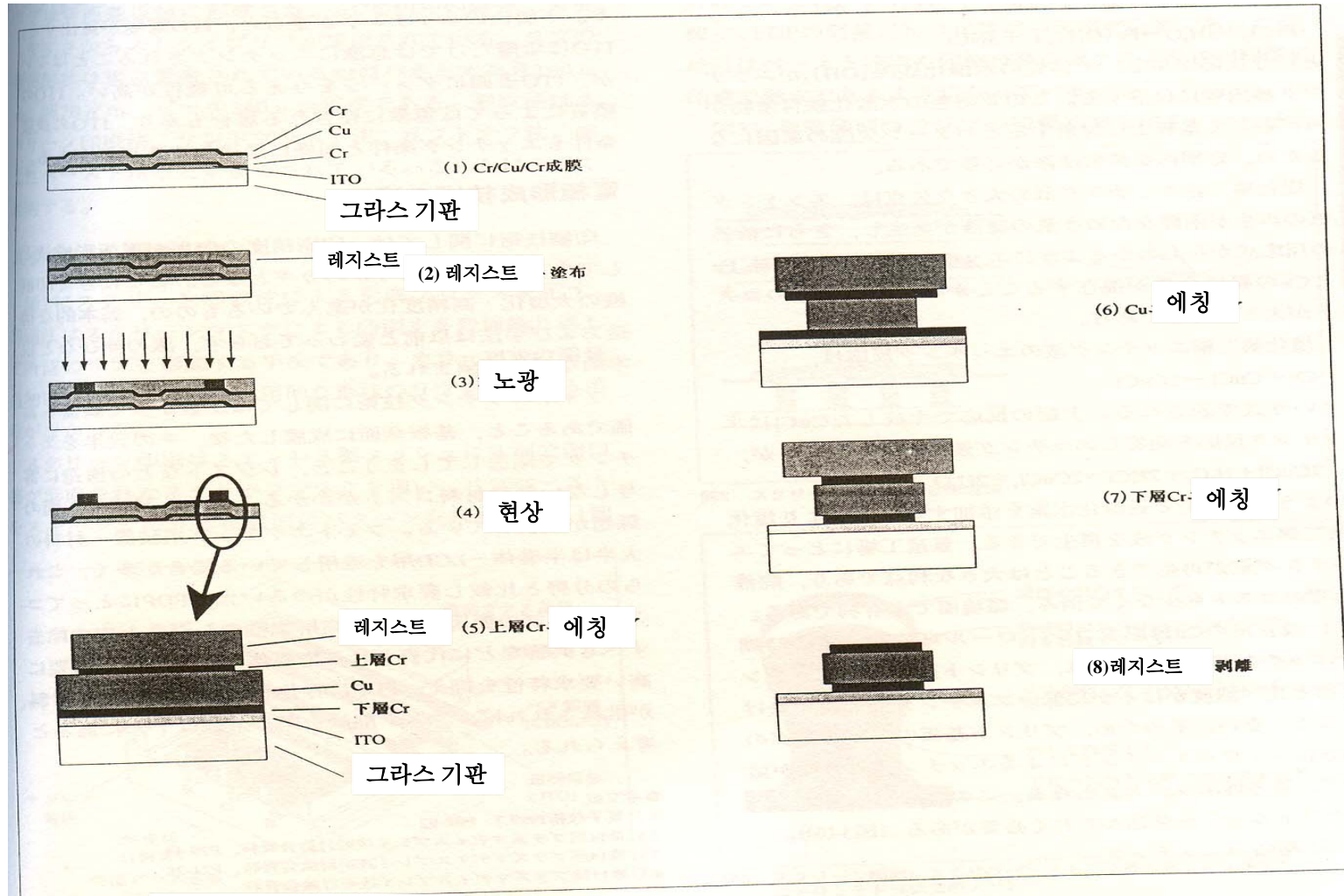


Fig 3 Cr/Cu/Cr 전극 형성 프로세스

d. UV-assisted Roll Forming Process

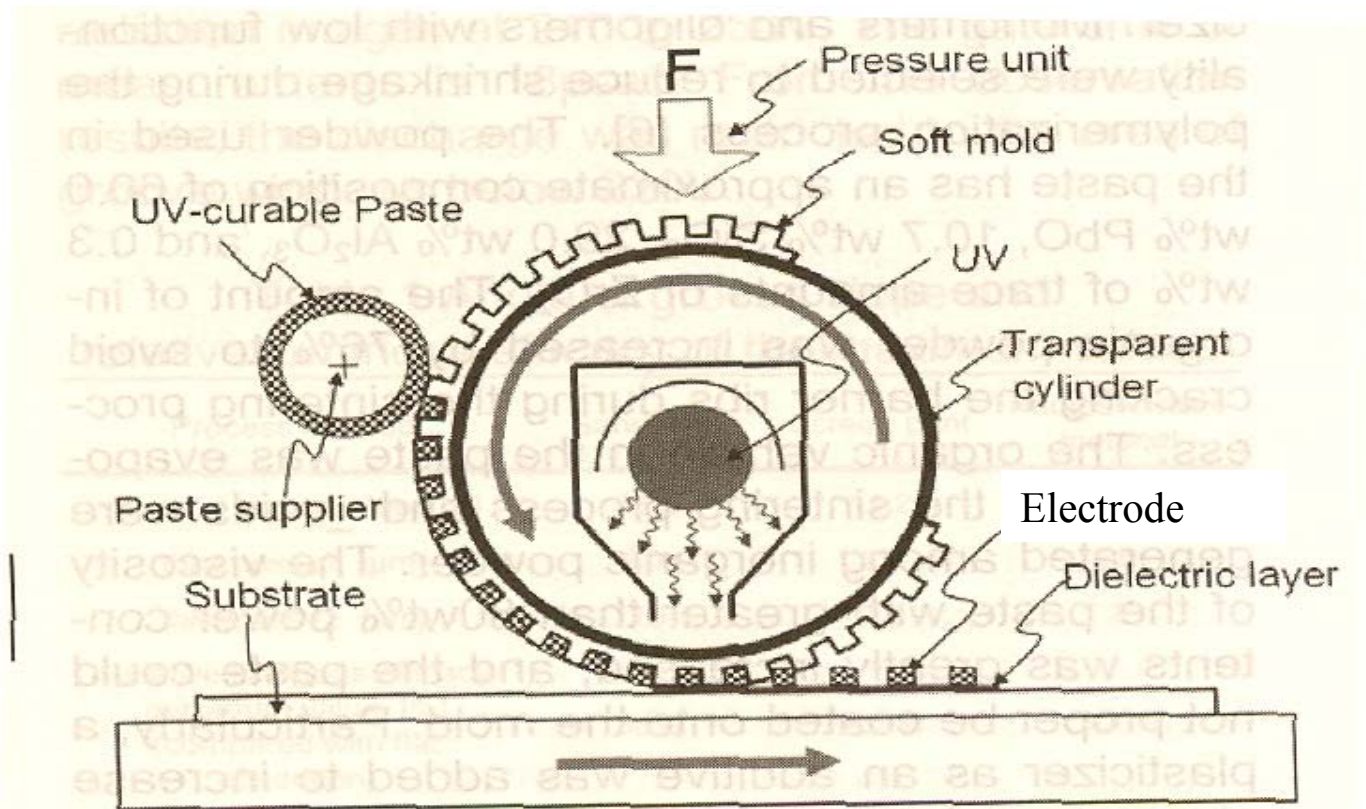
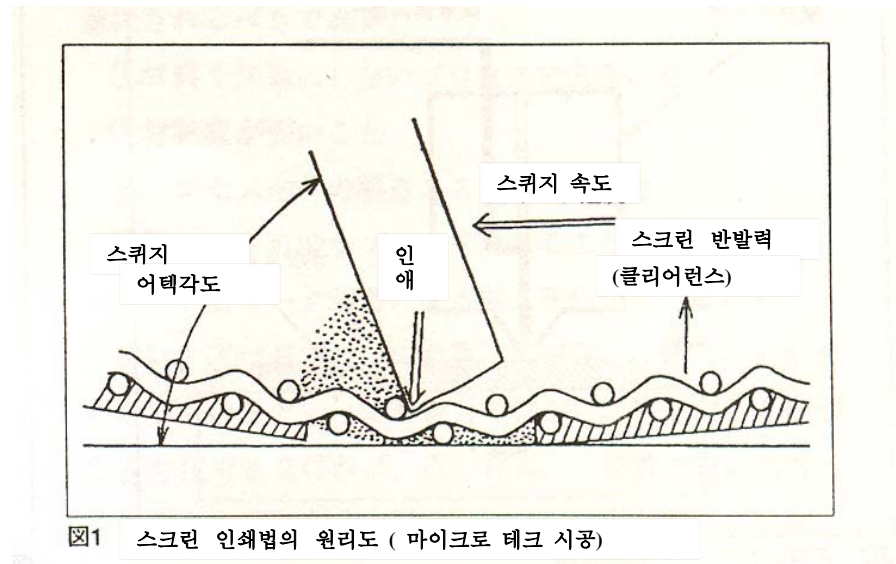


Figure 1. Schematic diagram of the UV-assisted roll forming process

7.5.7 유전막

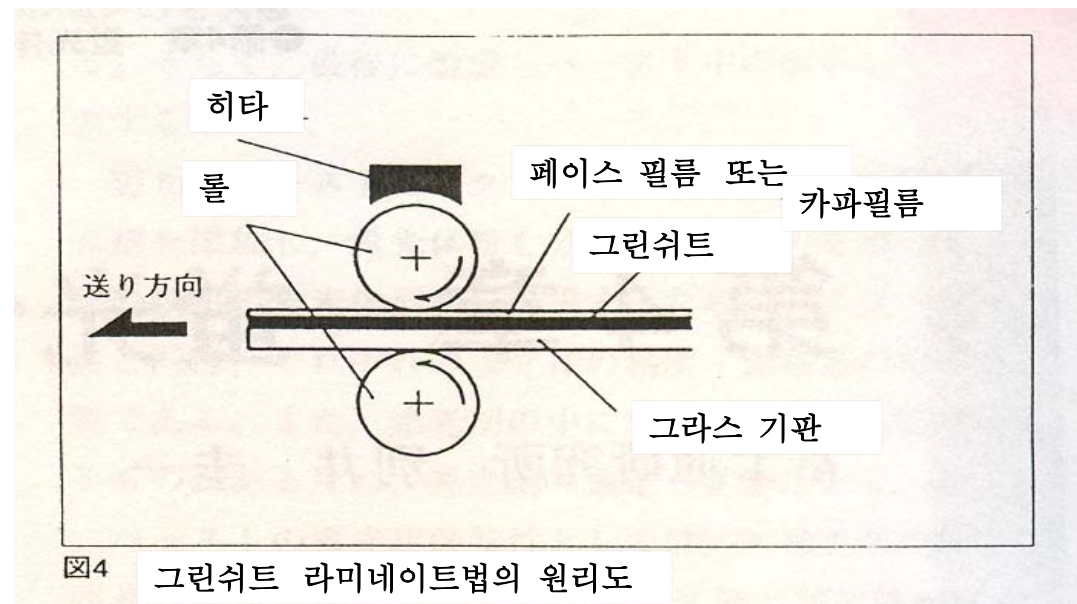
a. 스크린 프린팅

- ① 대면적 고정세
- ② 스크린 수명
- ③ 자동화
- ④ 페이스트 점도 안정



b. 그린 쉬트법

- ① 쉬트화에 바인더 多 필요
- ② 쉬트가공 → 기관
비용 높음



c. Coater 법

① Slot Coater

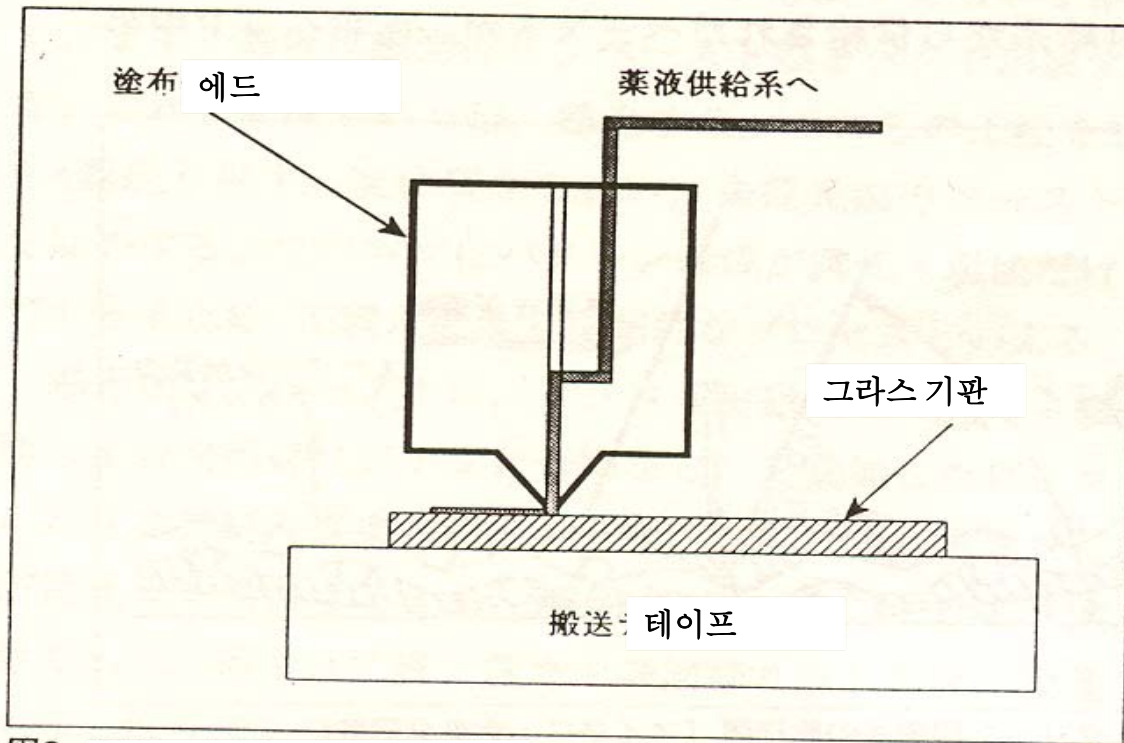
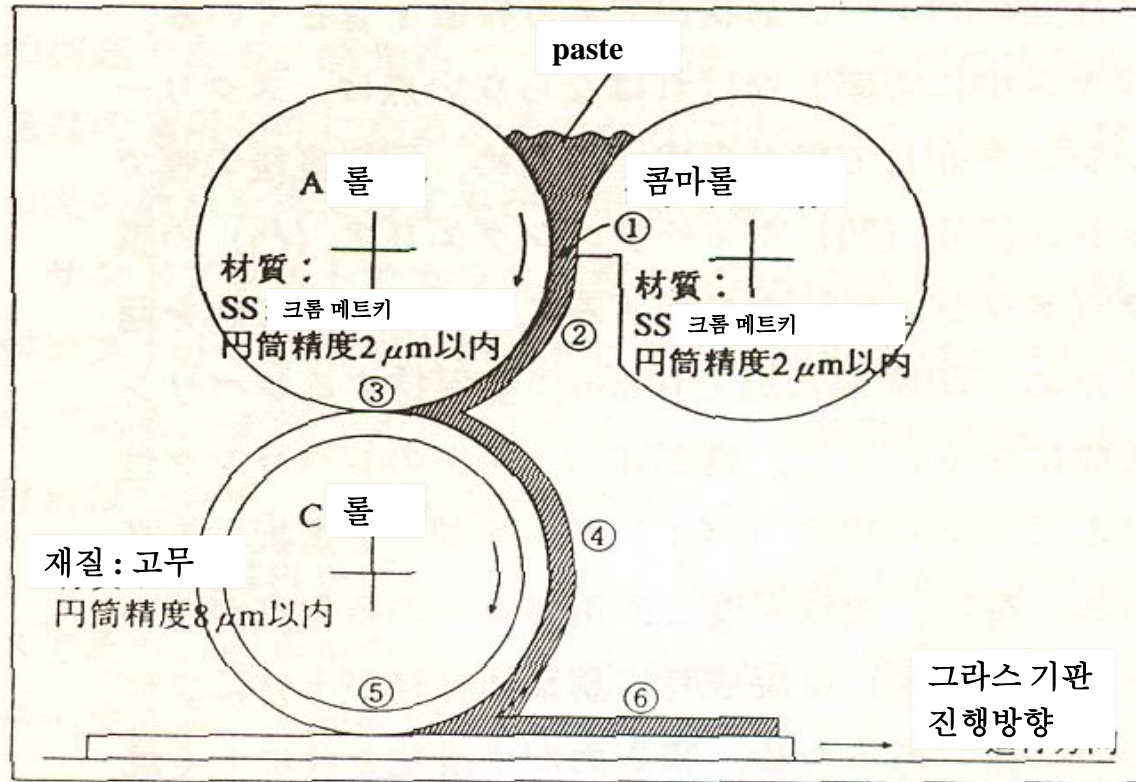


图2 Slot coater의 원리도

② Roll Coater



☒3 Roll Coater의 원리도

7.5.8 보호막

a. E-beam 법

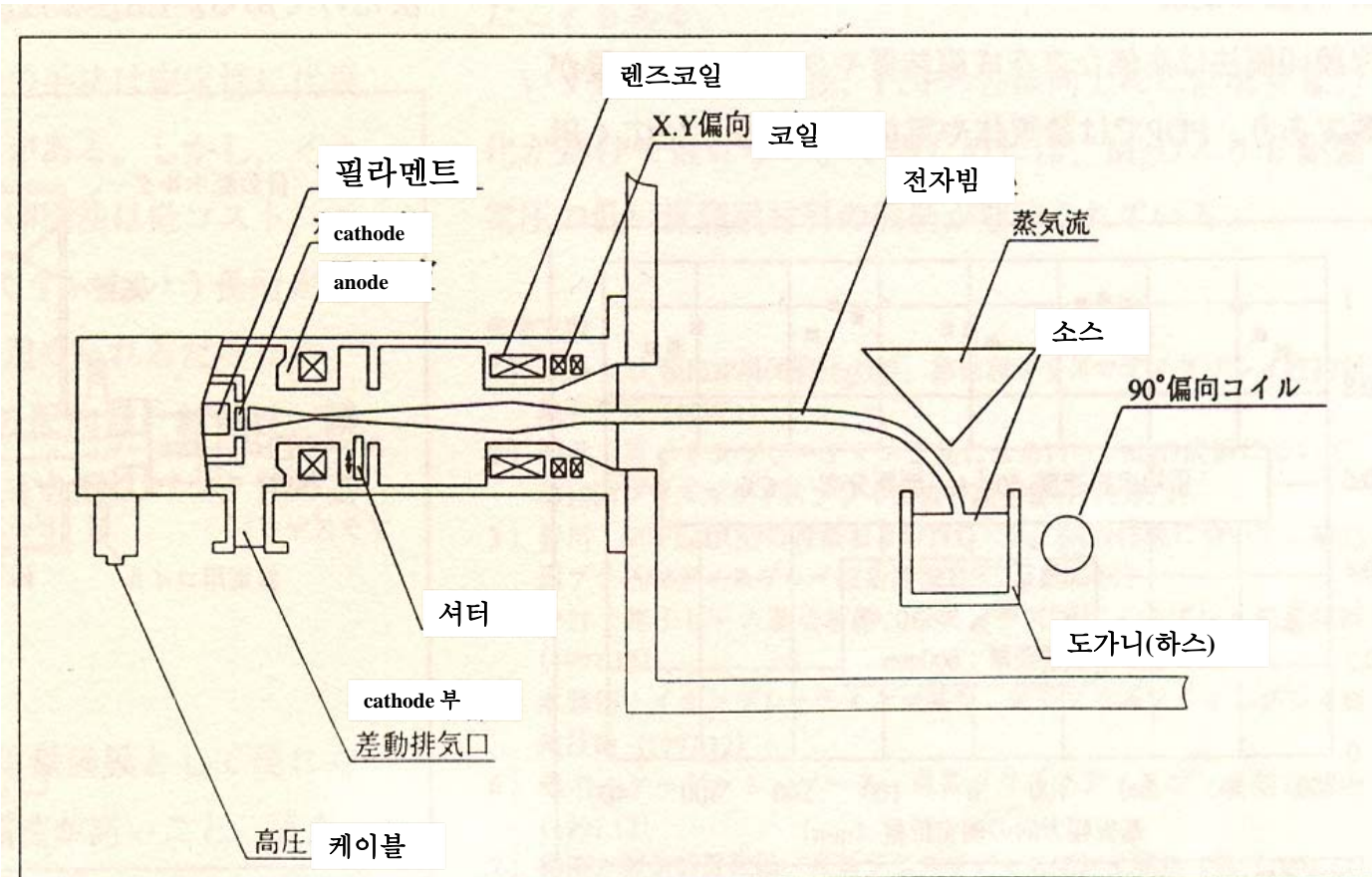


図1 피아스 式電子銃

b. Ion Plating 법

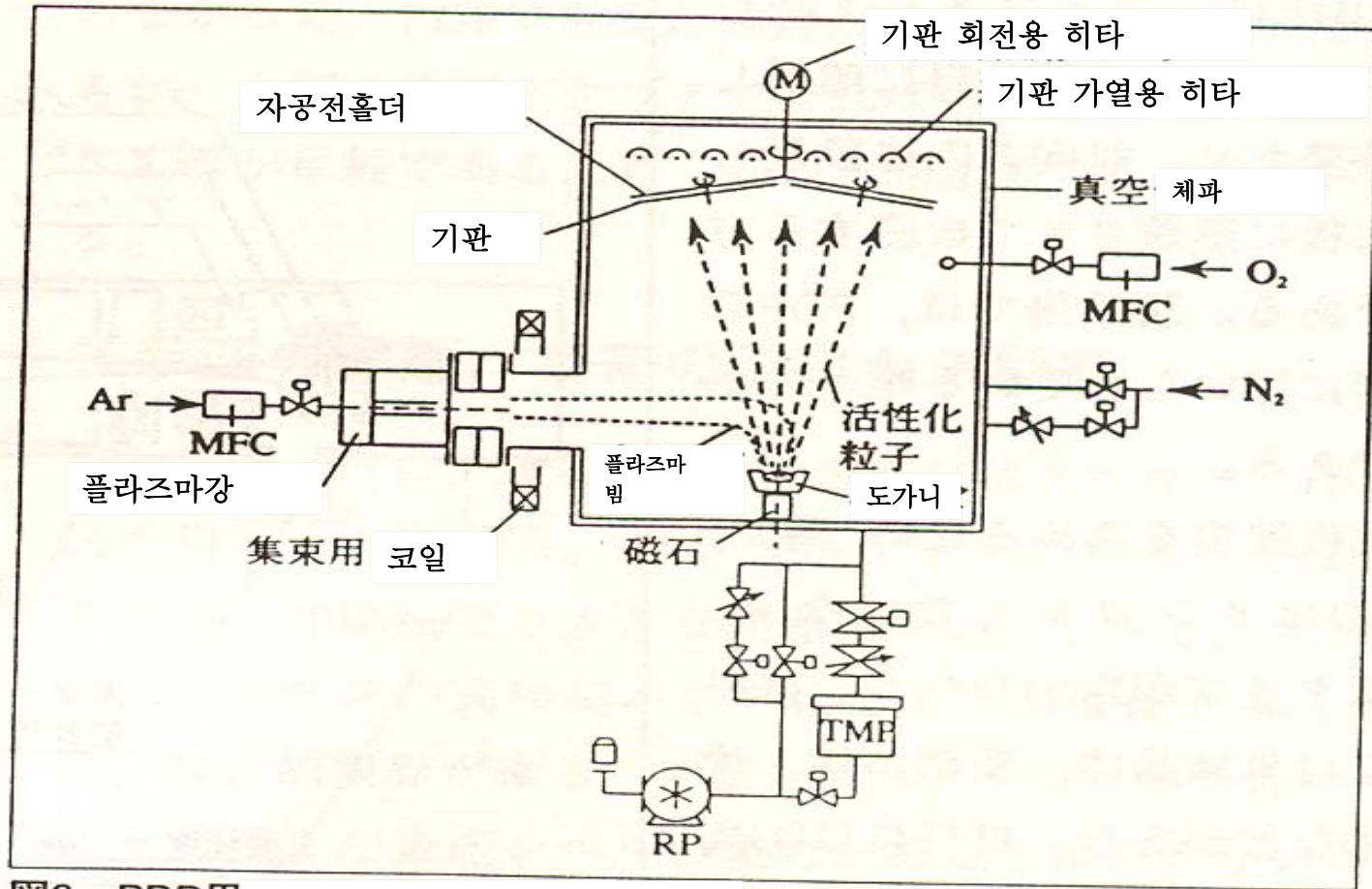
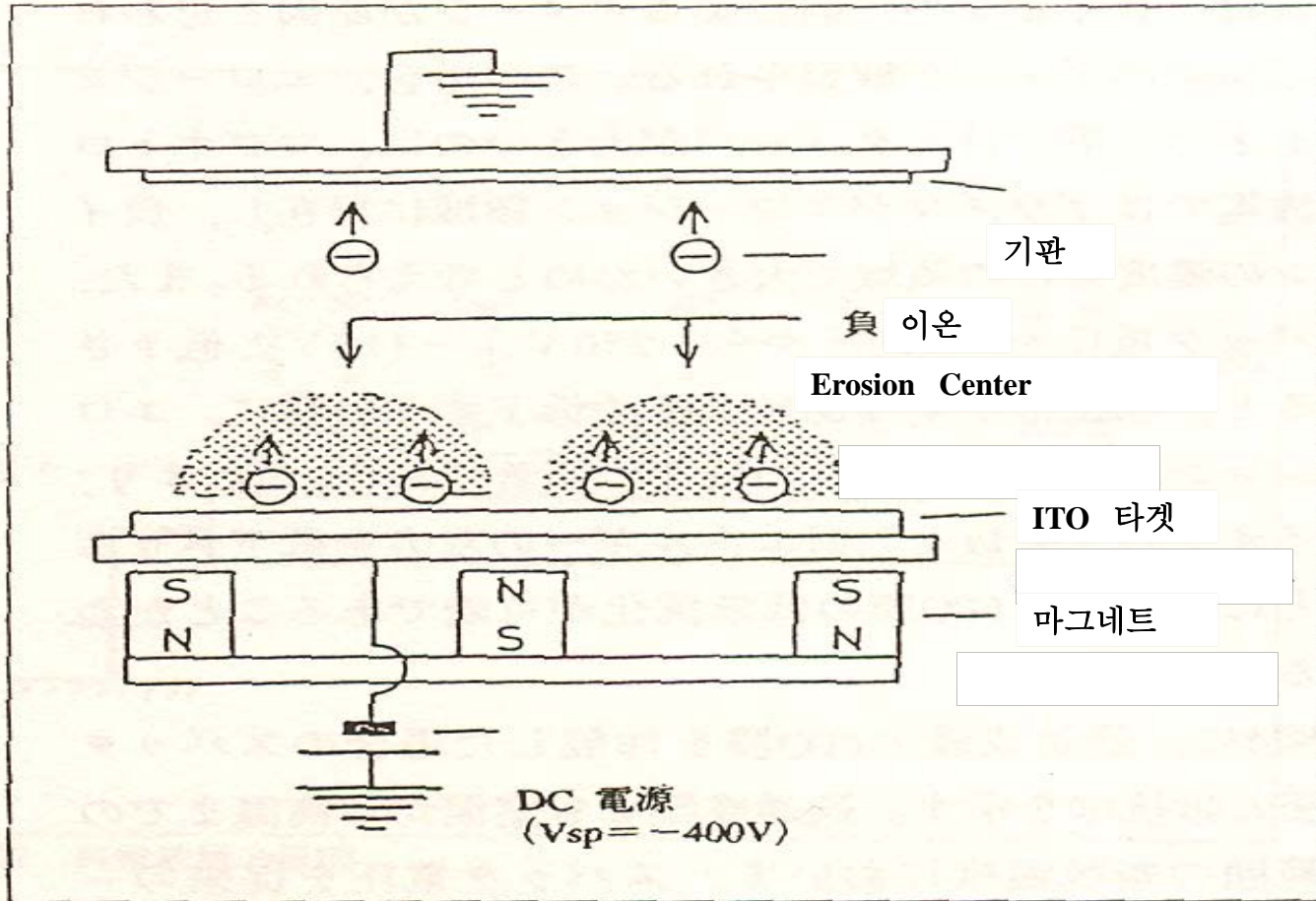


図3 PDP용 이온도금 장치

(出所: 中外炉工業)

c. Sputtering 법



7.5.9 封着, 排氣, 封入 프로세스

① Seal 층 형성 및 封着

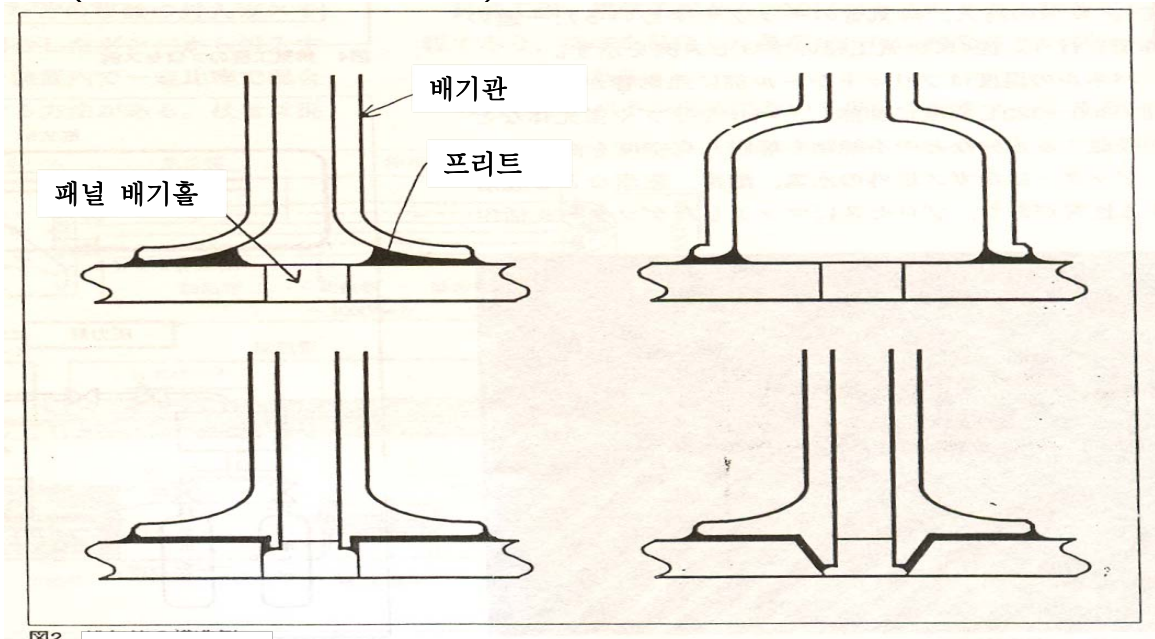
Frit glass 도포 (스크린 인쇄 or Dispenser법)



상하판 정렬 (배기관 봉착)



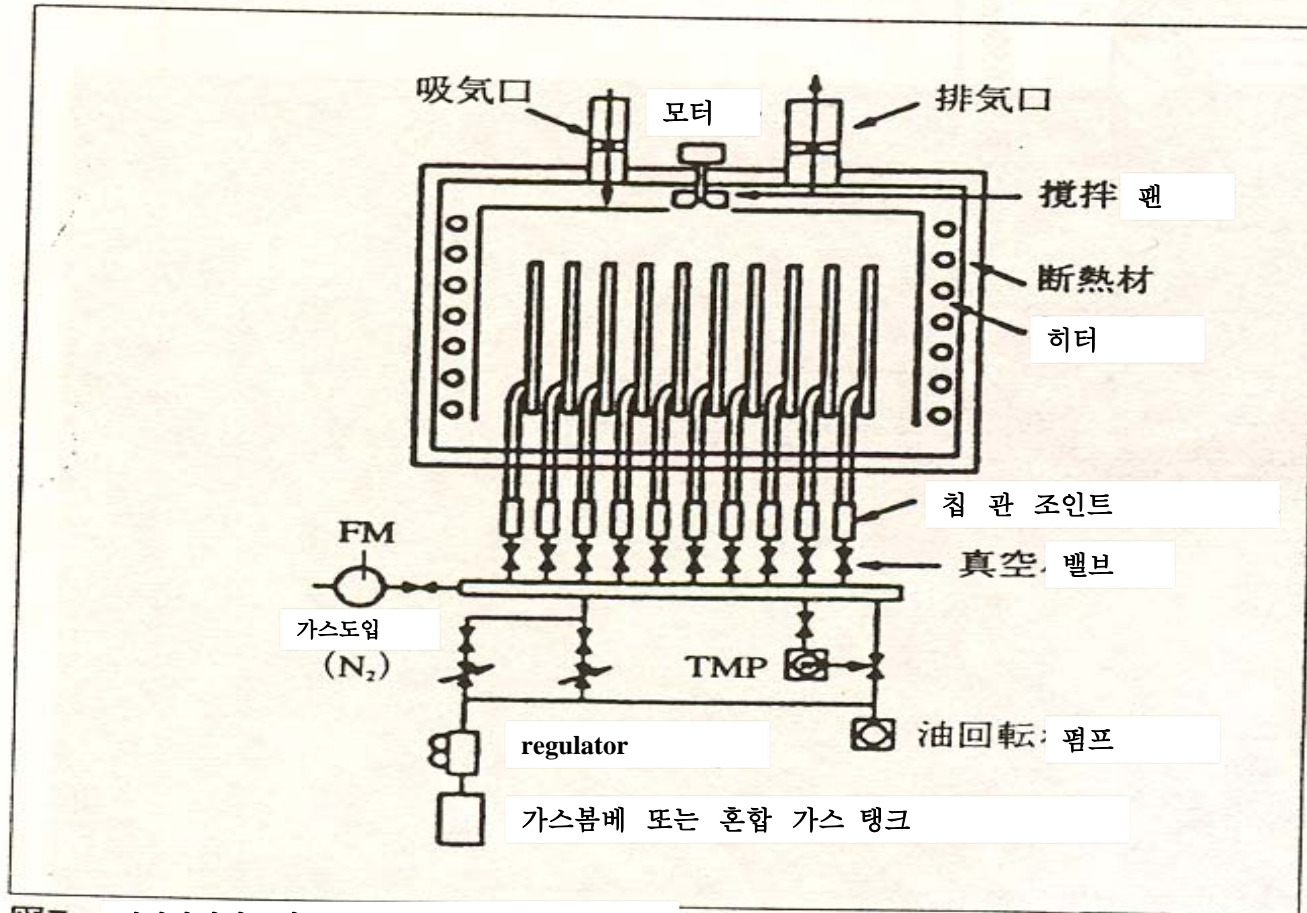
가열



2



② 배기 공정



☒7 배기장치의 예

8. PDP의 現況 , 技術的 課題 및 展望

8.1 PDP의 개발 현황

- 1950년대 Burrough社(미)의 Nixie 관
- 1960년대 Illinois대의 AC PDP 개발
Monochrome PDP 개발
- 1970년대 Color PDP 개발
Burrough社 (Self-Scan™)
NHK 放送技術研究所
Fujitsu
- 1980년대 Multimedia 시대에 요구되는
대형 평판 표시기 요구
NEC color AC형 PDP
개발시작(1988)



Fujitsu 20인치 color PDP 양산 (1989)

Matsushita 전기 color AC형 PDP

개발시작(1989)

1990년대 Pioneer color AC PDP 개발시작 (1991)

NHK의 40인치 HDTV 공동 개발 (1991)

(HD급, color DC형)

Fujitsu의 21인치 PDP 실용화 (1992)

(Full color AC형, stripe 구조, 반사형,

면방전 3전극, ADS 구동)

Matsushita 전기, NHK 공동 26인치

DC Pulse Memory PDP 제품화(1995)



*AC or DC PDP?

휘도 부족, 색 나뻘, 계조 표시 열악

Fujitsu의 42인치 PDP 양산 개시 (1996)

Fujitsu WVGA color PDP (1996)

(300 cd/m^2 , 0.36mm cell pitch,

Black stripe (BCR 개선))

Fujitsu ALIS 방식구동(HDTV 대응)

Fujitsu의 50인치 HD PDP 개발(1997)

Fujitsu 고정세 PDP (1998)

(25인치 SXGA)



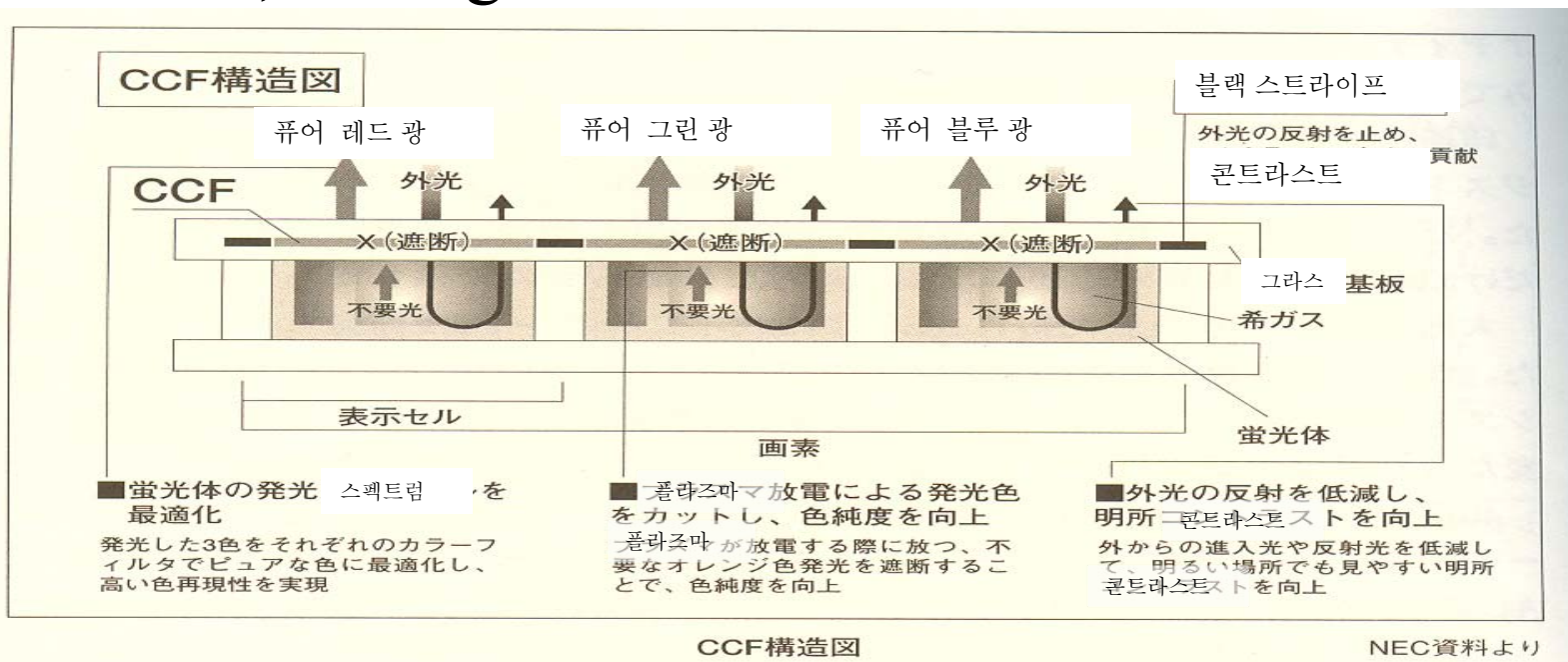
Fujitsu+Hitachi → FHP 설립 (1999)

설비 4만대/월 (2001)

7만대/월 (2002)

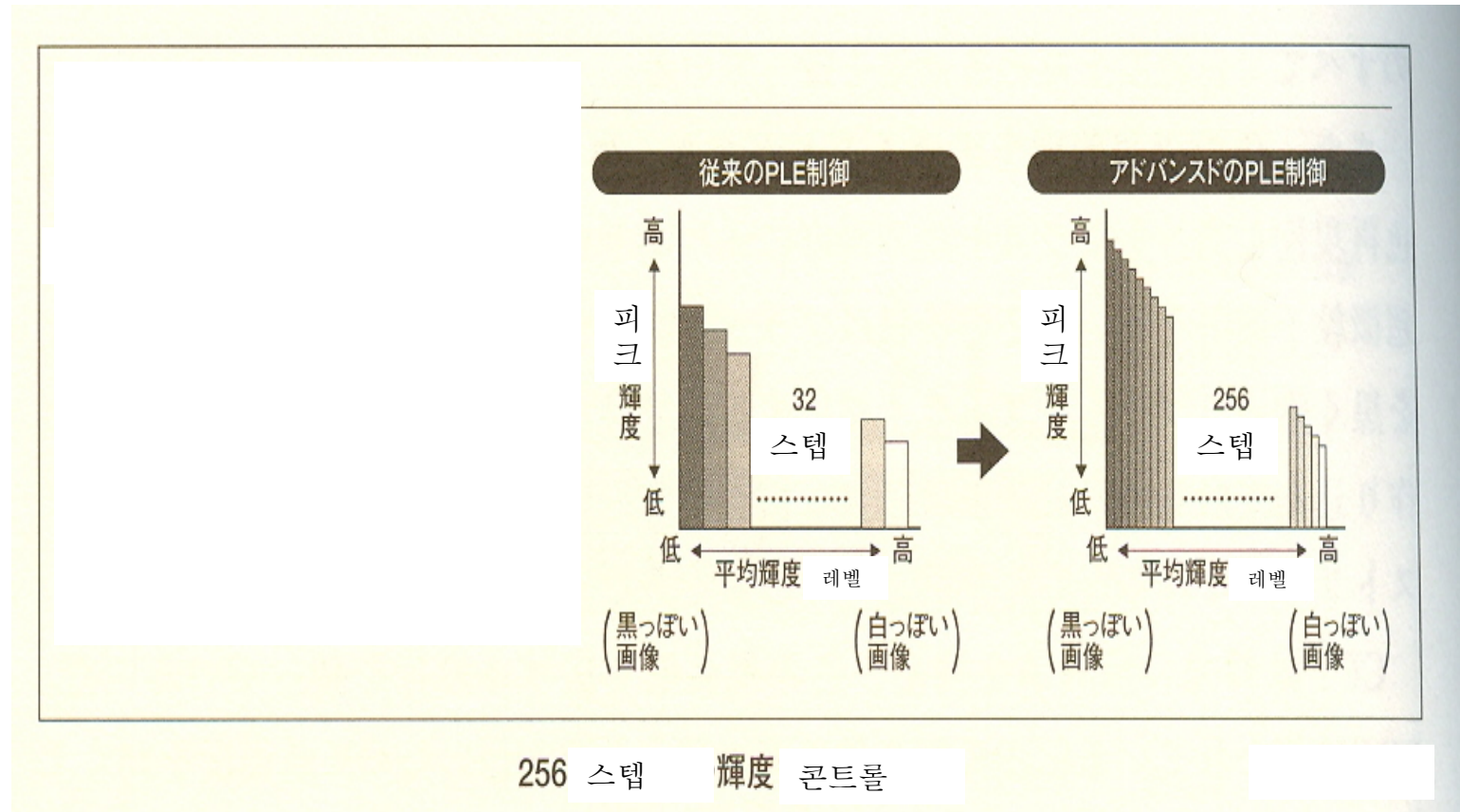
NEC CCF (Capsulated color filter)

Contrast, color gamut 개선



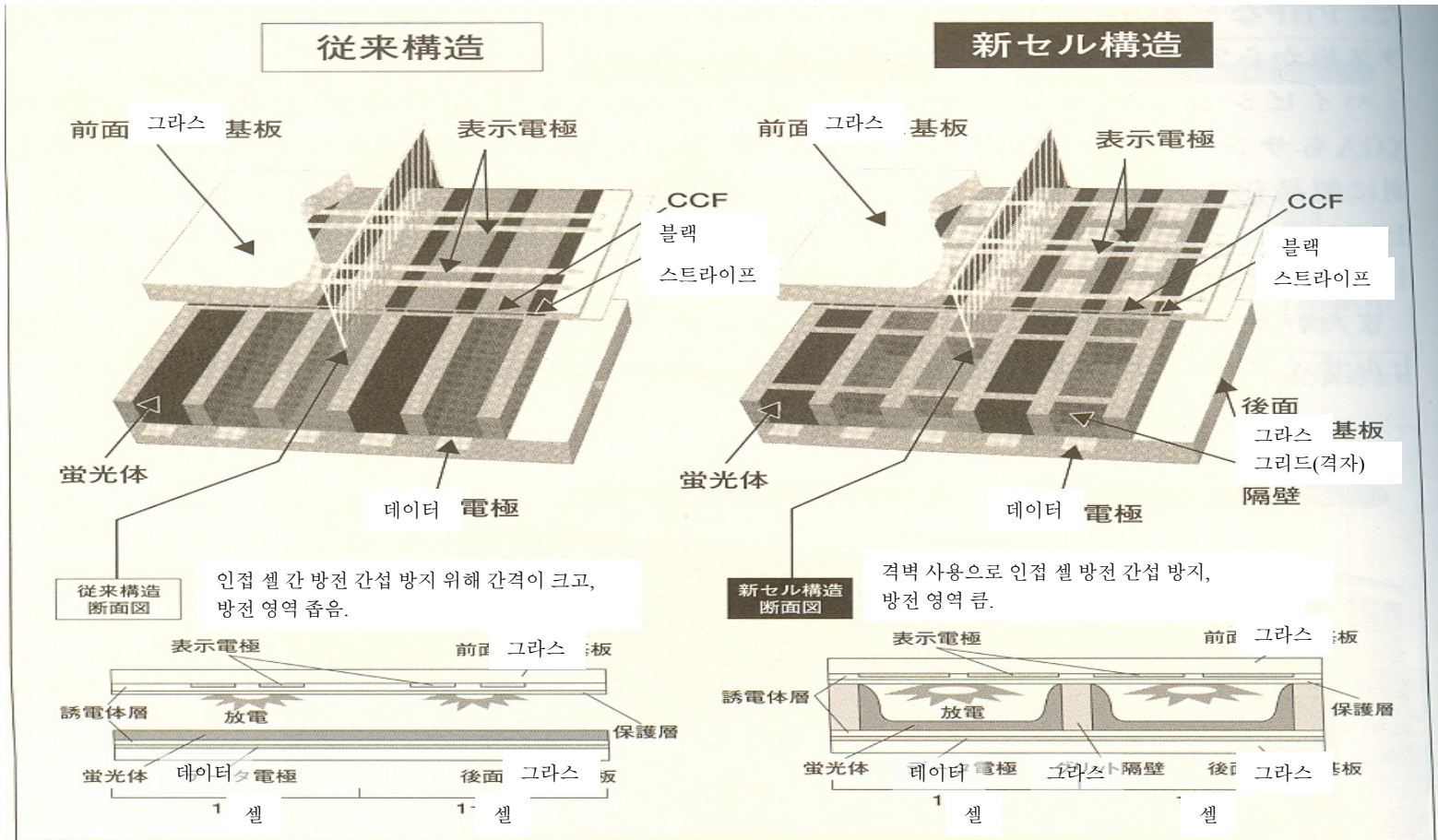
NEC PLE (Peak Luminance Enhancement)

소비전력저감, 저계조 표시능력 향상



NEC New Cell Structure

고효율



새로운 셀 구조는 고휘도, 고효율 특성 제공

Pioneer T자형 전극 (1993)

고효율화

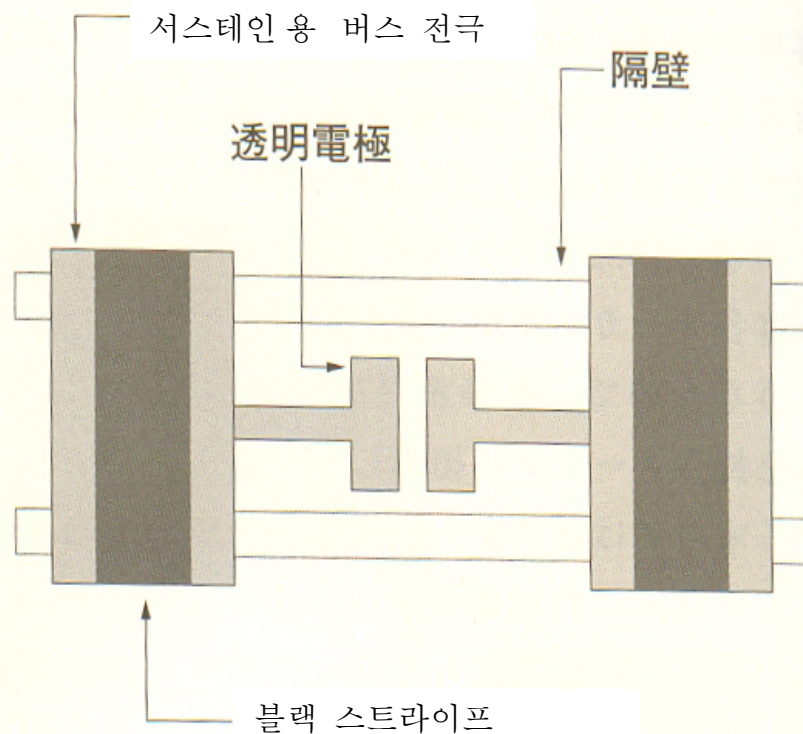
◆ 저전류, 저전압화



◆ 패널 용량 저감
무효전력 감소



고효율화



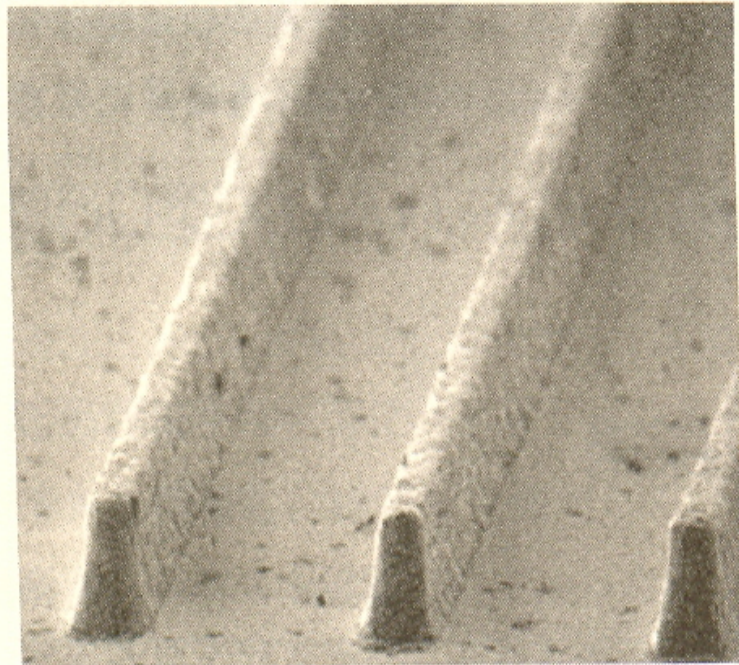
T字型電極の特徴 ~電極特性の改善~

파이오니아 재료 모임

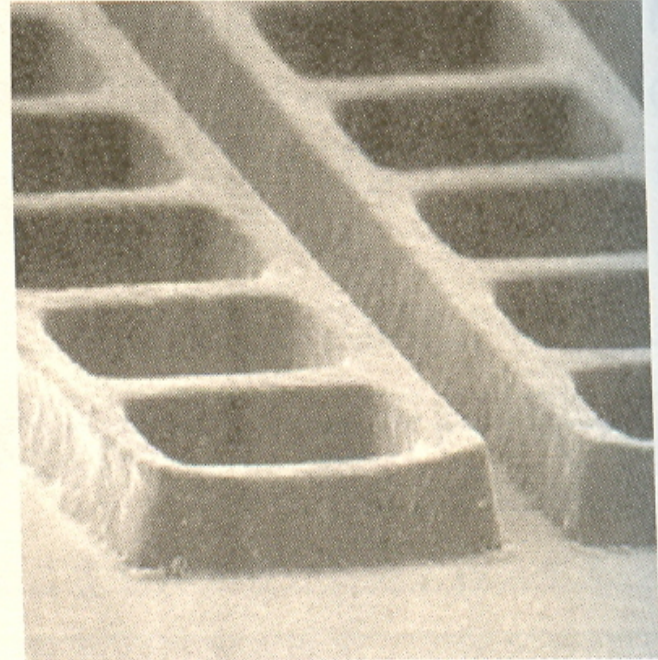


Pioneer Waffle 구조 (1999)

고정세



스트라이프 형 리브

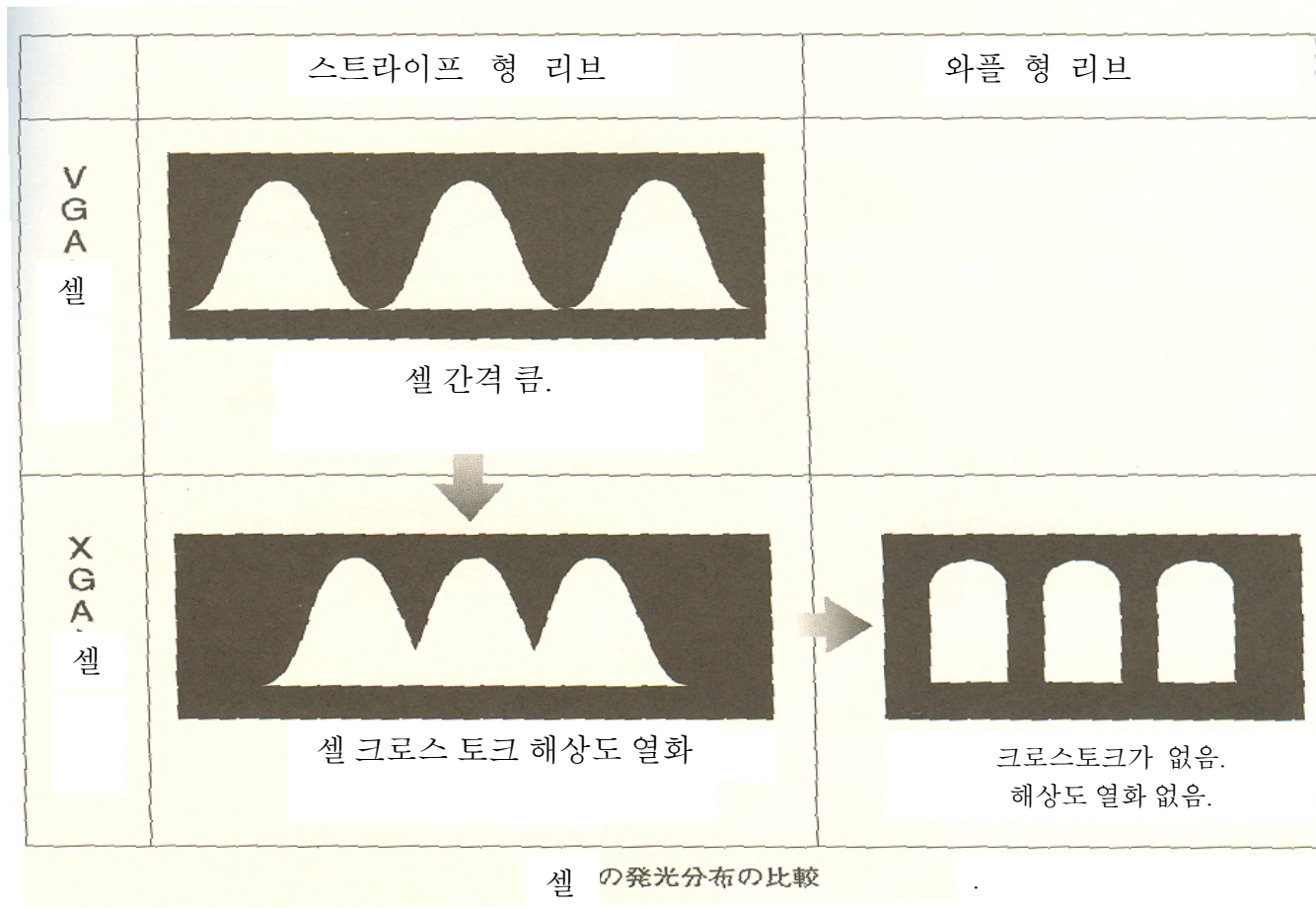


와플 형 리브

리브구조의 변화

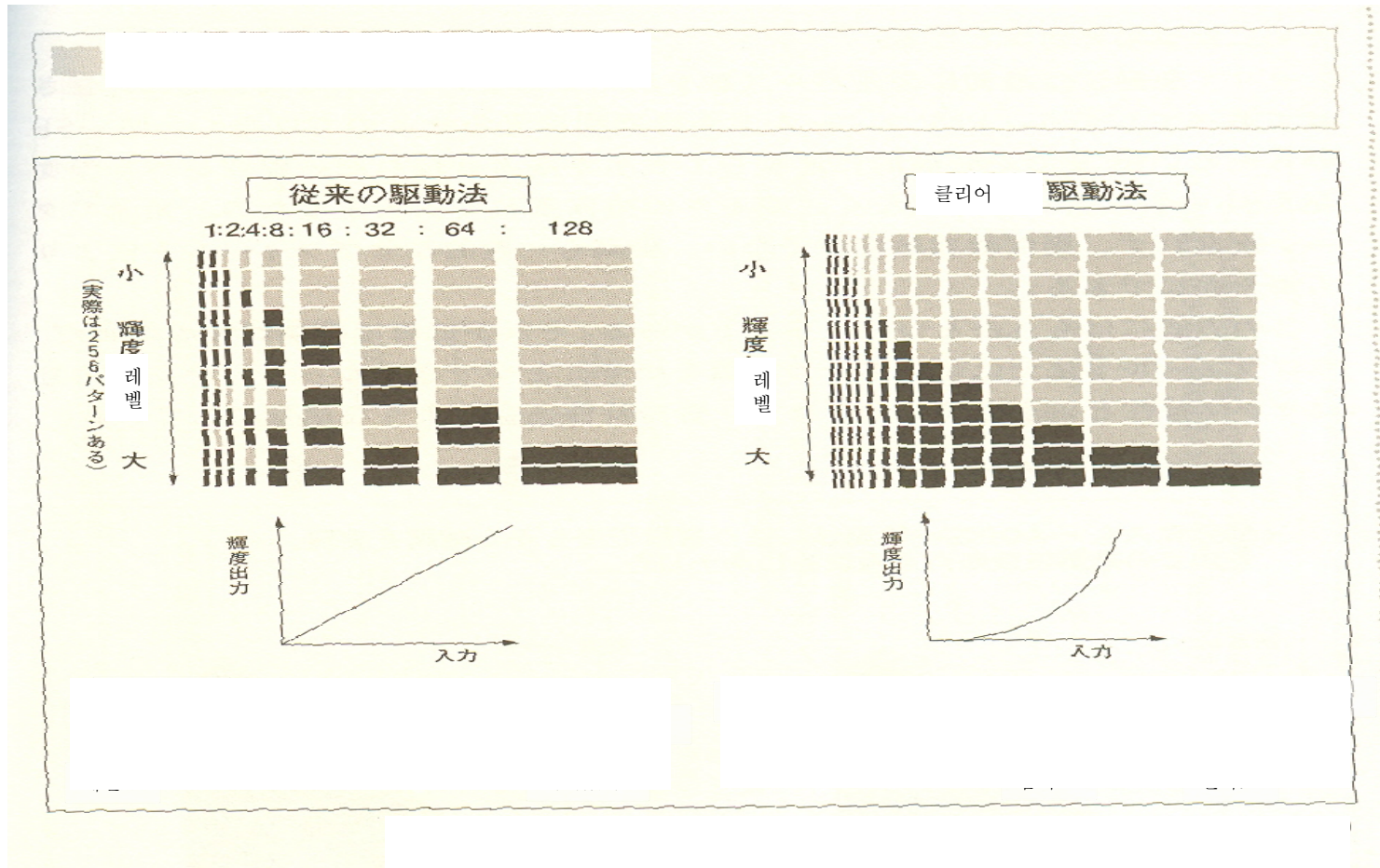
Pioneer Waffle 구조 (1999)

고정세



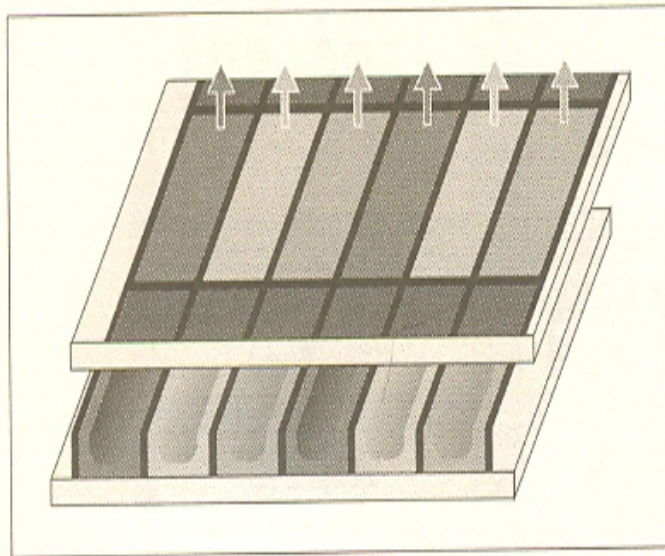
Pioneer Clear 구동 (1999)

False contour 저감

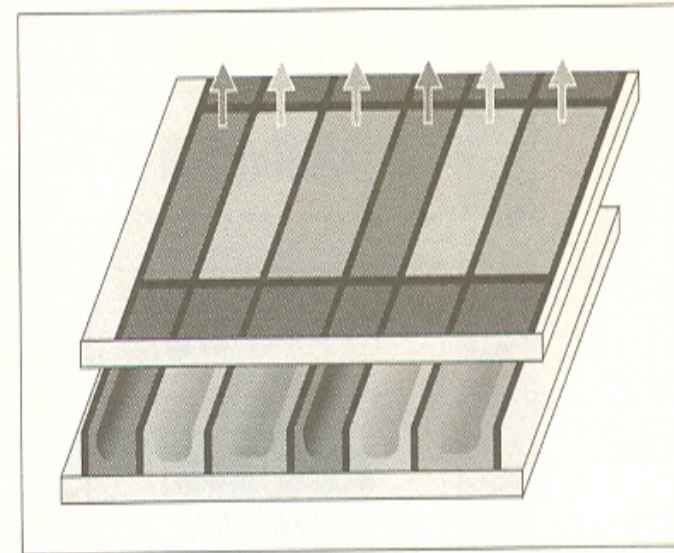


Mastushita Nonsymmetric Cell (1998)

색온도개선 (1,000K)



종래 셀 구조



비대칭 셀 구조



Mastushita Plasma AI (1998)

휘도 1.5배 증가

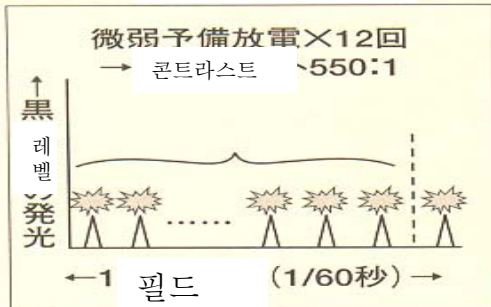
Mastushita Real Black 구동 (1998)

Dark Room Contrast Ratio (3,000:1)

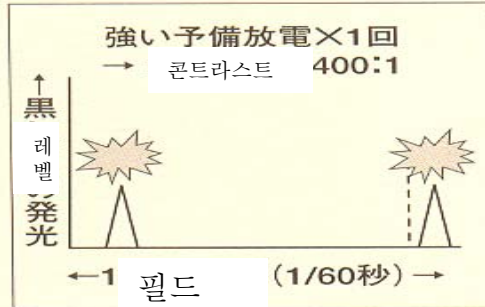
● 微弱予備放電 채용으로 하이콘트라스트 실현

微弱予備放電駆動

구 모델

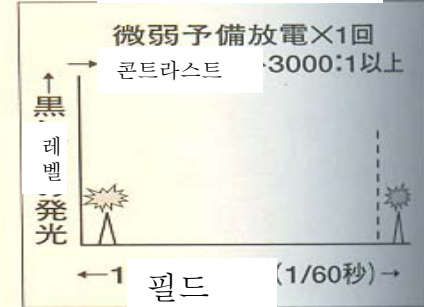


単発予備放電駆動



리얼 블랙 구동

신 모델



리얼 블랙 구동

Mastushita 150인치 PDP (2008)

삼성SDI 3면취 기술 (2003)

4,6면취 기술 (2005)

8면취 기술 (2006)

80인치 FHD PDP (2004)

108인치 FHD PDP (2005)



제1세대 (1996~2000)

각 사 셀 구조, 구동 방법 유사

제2세대 (2001~2005)

각 사 독자 셀 구조, 구동 방법

저가격화 실현 (2005.9 1만₩/인치)

제3세대 (2006~2010)

휘도, 화질, 콘트라스트 CRT 동등 수준

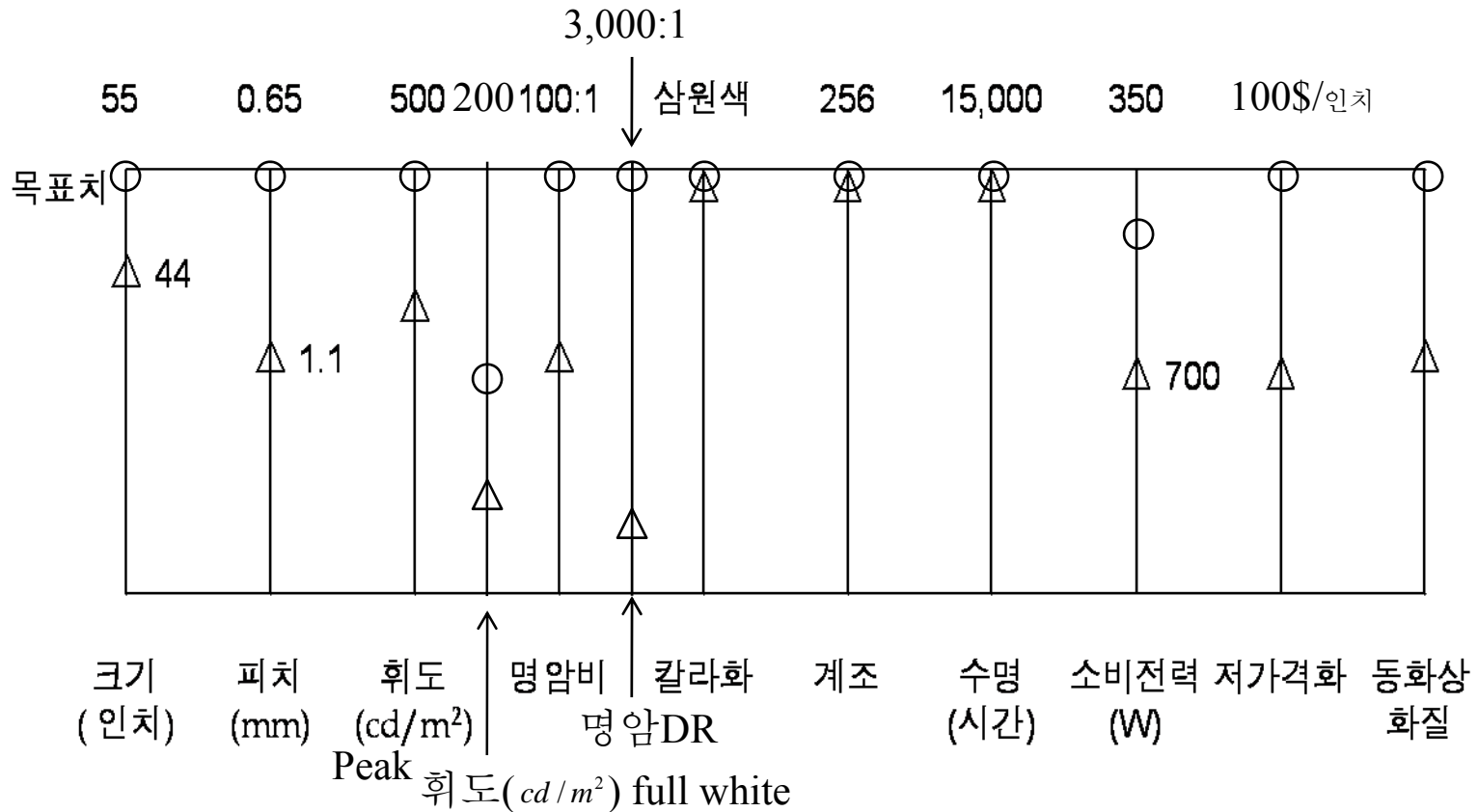
보급확산



		제1세대 (1996-2000)	제2세대 (2001-2005)	제3세대 (2006-2010)
크기		~40인치	20~60인치	30~80인치
발광특성	휘도(cd/m^2)	400	500	700
	CR	20:1	30:1	100:1
	효율(lm/w)	1	1.5	5
제조프로세스	전극	ITO:박막, Bus:후막프린팅	ITO:박막 Bus:Photo Etch	ITO less Bus :Off Set
	유전체	스크린 프린팅	Blade 코팅, Green Sheet	Blade 코팅 Green Sheet
	보호막	MgO 박막	MgO 박막	New Material
	격벽	스크린 프린팅 Sand Blast	Sand Blast	Photo Etch New Additive법
구동회로		고내압 구동 IC	저가 고내압 구동IC	Hybrid 화 방전로직기능도입 저전압화
해상도		640x480	1366x768 1280x1024	1920x1080



8.2 기술적 과제



HDTV PDP의 목표치와 현황치의 비교
 (Δ : 2000현황치, ○:2008현황치)



기술적 과제

- ① Luminous Efficiency 개선
- ② 휘도 개선 (Full white)
- ③ 동화상 화질 개선
- ④ Contrast 비 개선 (Bright Room)
- ⑤ 고정세 패널 제조기술 (40인치이하에서 FHD)
- ⑥ 저가격화



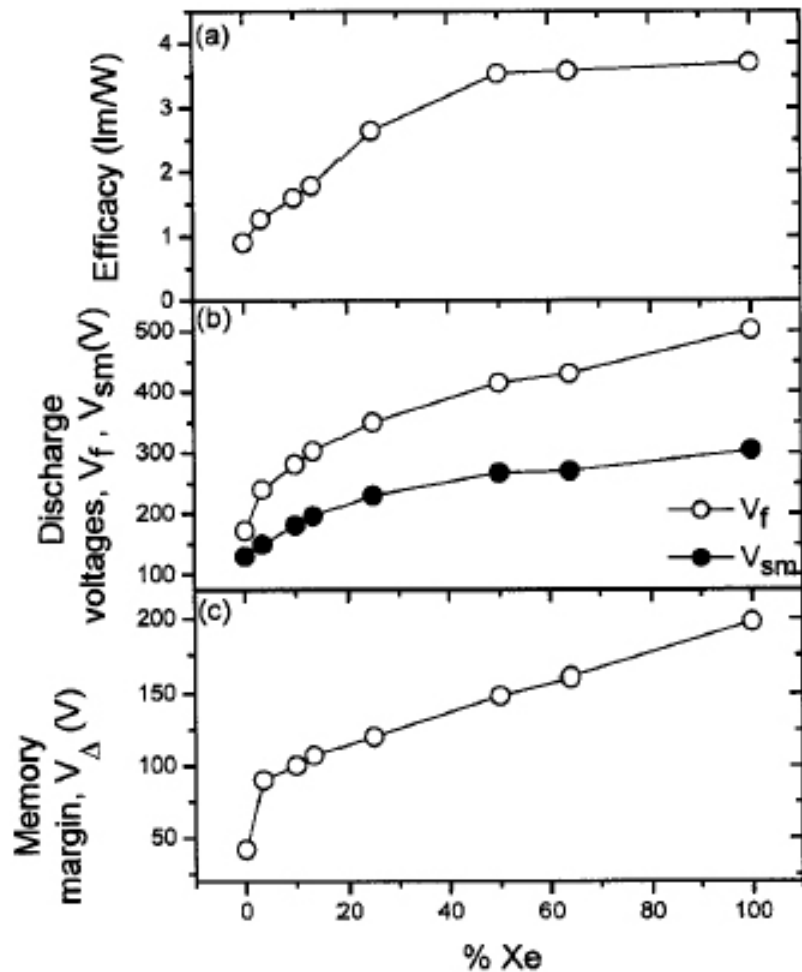
8.2.1 * 광효율(Luminous Efficiency) 개선

$$\eta = \frac{\pi L(cd / m^2) S(m^2)}{P(W)}$$

1. 가스 최적화
2. 구동 기술
3. 셀 구조
4. 신 보호막



1. [Gas composition] High Xe effect



Panel characteristics as a function of Xe concentration in Ne–Xe mixtures

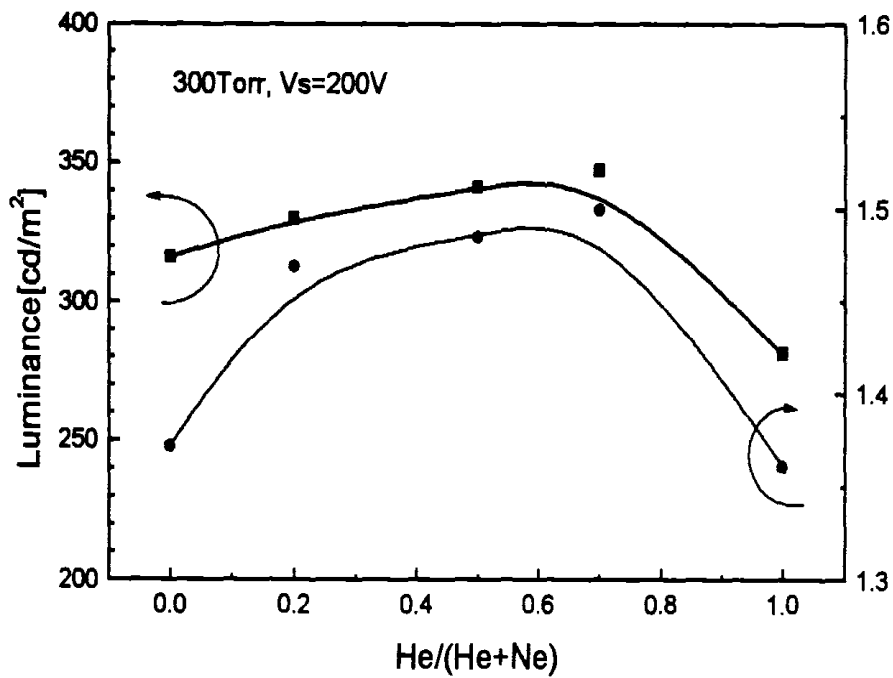
(a) Efficacy

(b) Firing voltage (V_f) and minimum sustain voltage (V_{sm})

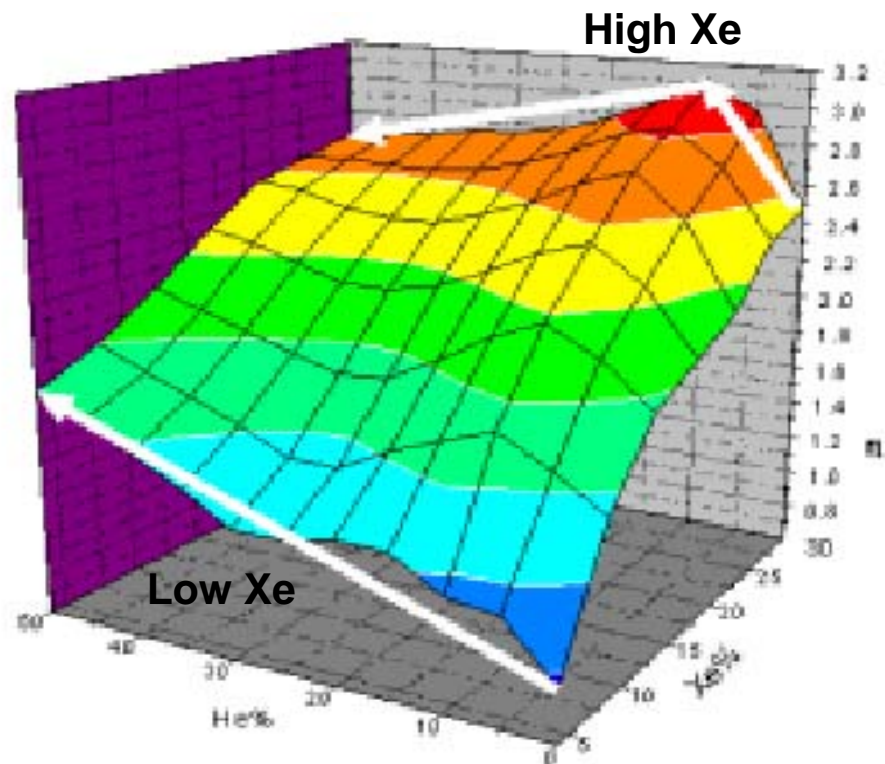
(c) Static margin (VD)

M. Gillies, *et al.*, “Influence of the noble gas mixture composition on the performance of a plasma display panel,” Vol.91, p.6317, *JAP*, 2002 [Philips]

1. [Gas composition] He-Ne-Xe



(a)

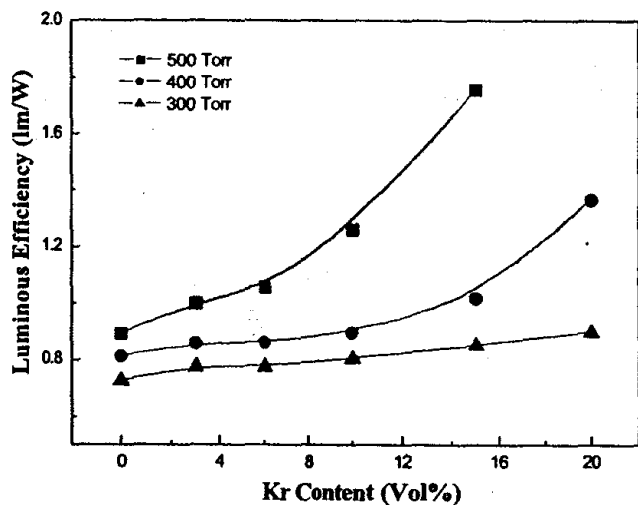


(b)

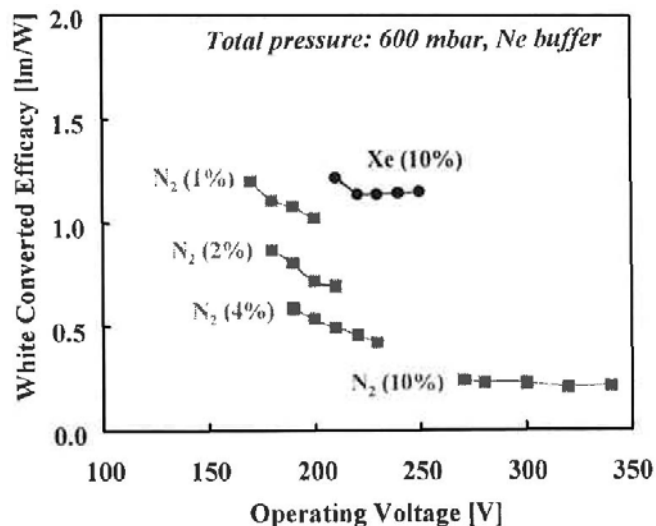
(a) J. H. Seo, *Doctoral thesis*, "A study on the Discharge Characteristics of an AC Plasma Display Panel," 2000 [SNU]

(b) D.-K. Lee, *et al.*, "Influences of Gas Mixing Ratio on the characteristics of Plasma Display Panel in He-Ne-Xe gas system," p.619, *SID'05* [PNU]

1. [Gas composition] Kr, N₂, D₂ gas mixtures

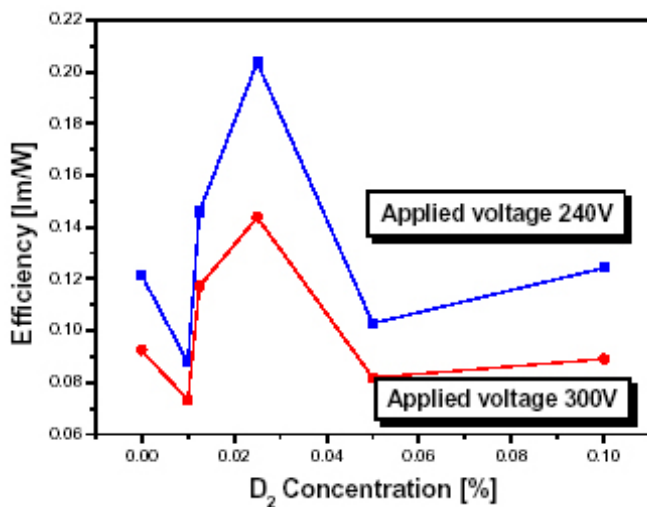


(a)



(b)

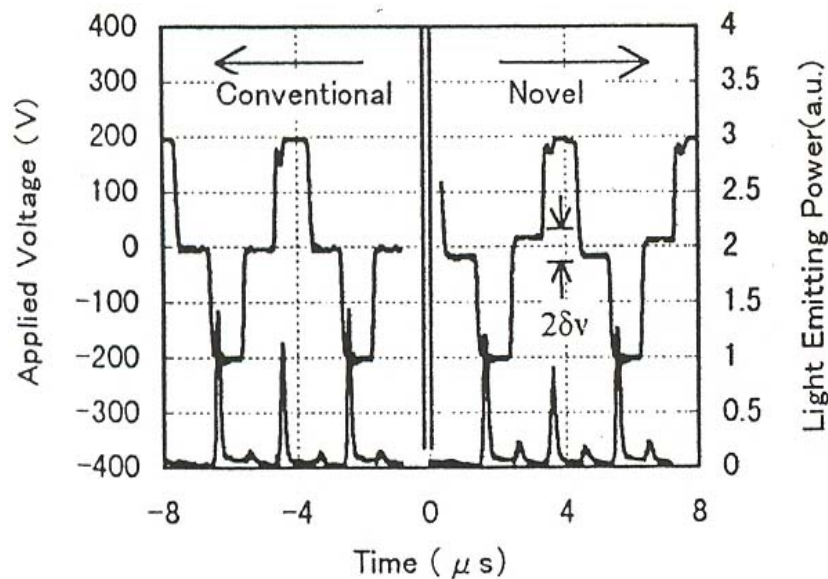
- (a) Y. M. Kim, *et al.*, "Luminous Efficacy of Kr₂* Excimer at 42" PDP," p.57, *EURO'02* [SAIT]
 (b) H. Hatanaka, *et al.*, "Optical characteristics and luminous efficacy of Ne-buffered N₂ AC PDP," p.861, *IDW'03* [SAIT]



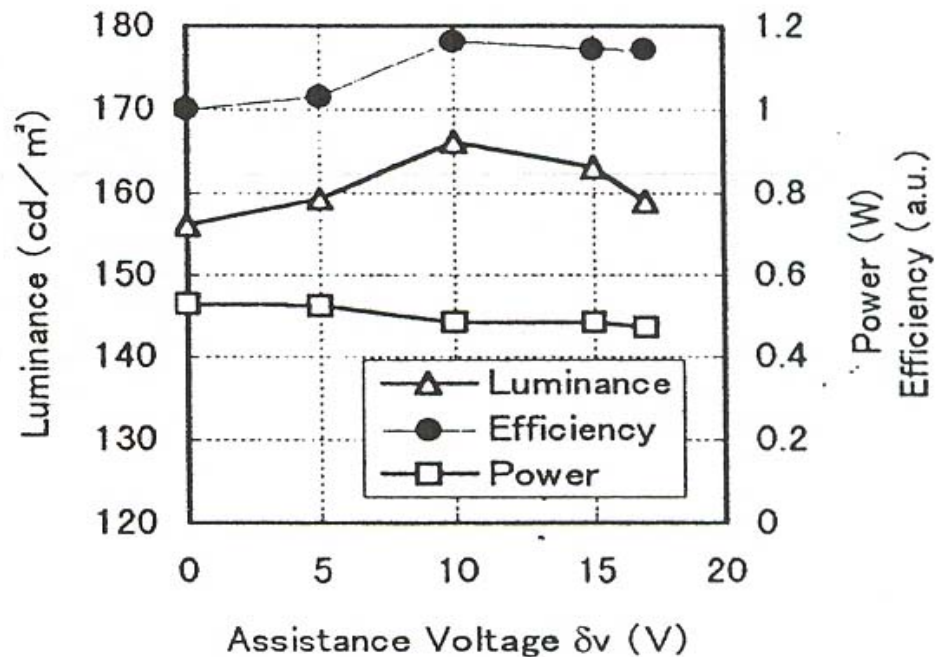
(c)

- (c) S. O. Kwon, *et al.*, "A Study of New Penning Gas for the Improvement of the luminance and luminous efficiency in AC plasma display panel," p.987, *IDW'04* [CAU]

2. [Driving pulse] Self erasing discharge



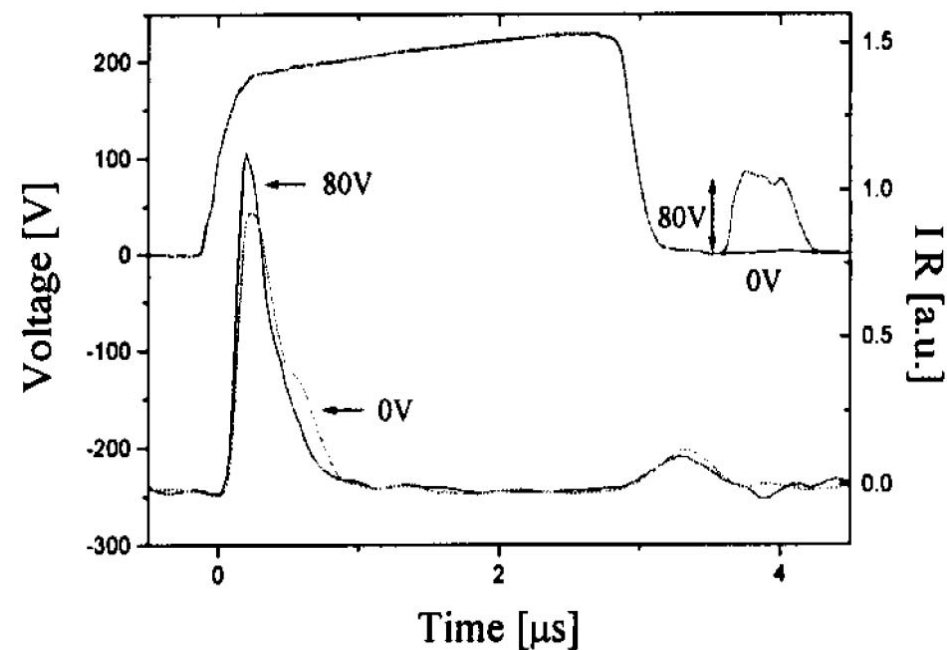
(a) Voltage waveform



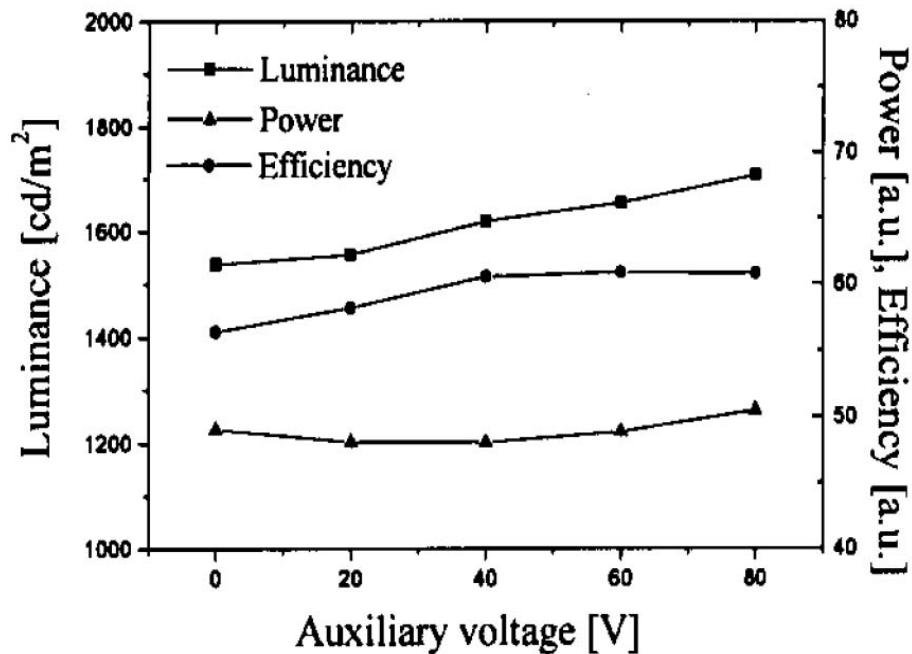
(b) Luminance, efficiency, power

T. Hashimoto, *et al.*, "Improvement of Luminance Efficiency in an AC PDP by Self-Erase Discharge Waveform," p.540, *SID'99* [Mitsubishi]

2. [Driving pulse] Self erasing discharge



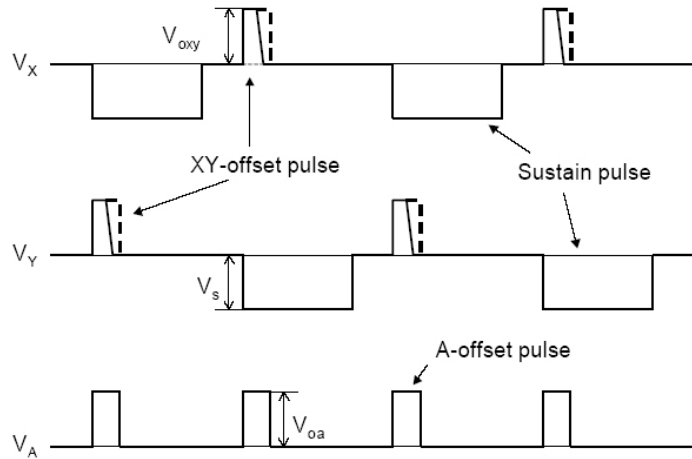
(a) Voltage waveform



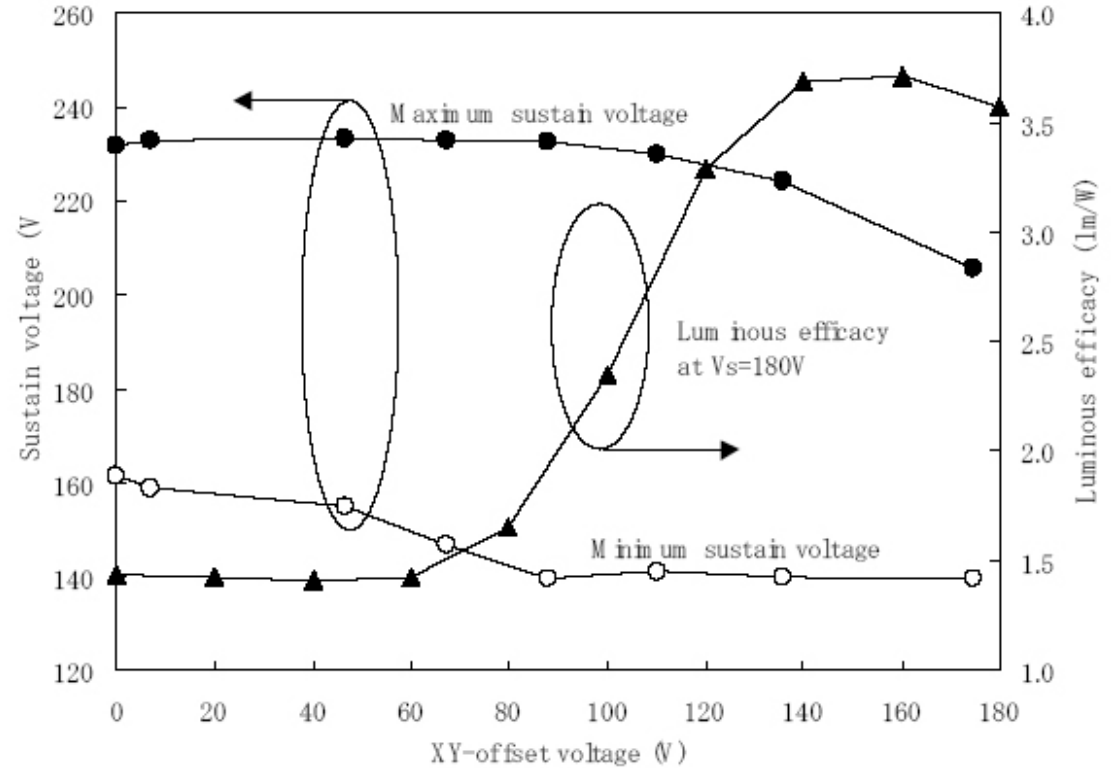
(b) Luminance, efficiency, power

B. G. Cho, *et al.*, "Self-erasing Discharge using Ramped-Square Sustain Pulse with Auxiliary Pulse in AC PDP," p.853, *Asia Display'01* [KNU]

2. [Driving pulse] Auxiliary short pulse to sustain electrode



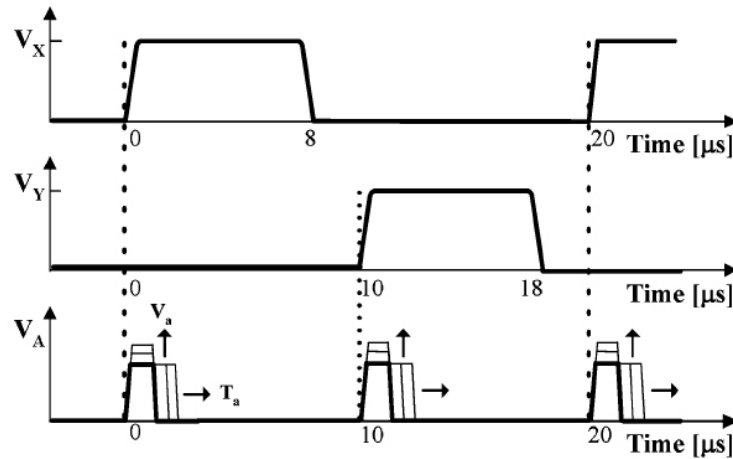
Driving waveform



Dependence of luminous efficacy and sustain voltage on XY-offset voltage

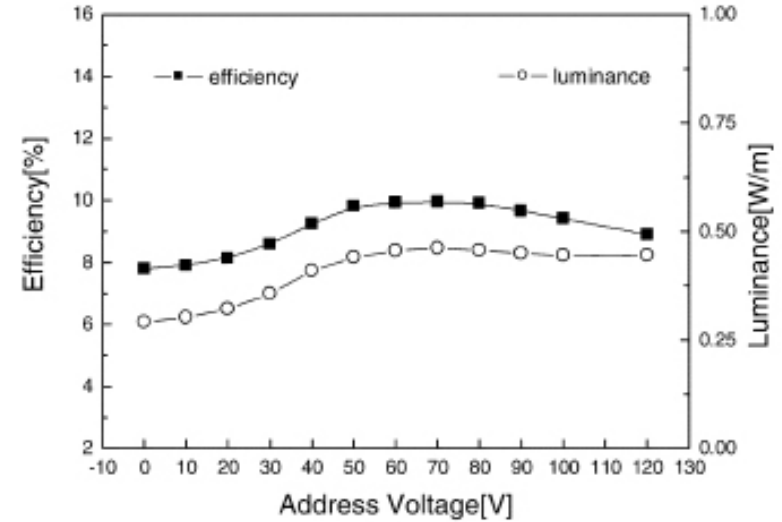
Y. Seo, *et al.*, "Highly Luminous-Efficient AC-PDP with Delta Cell Structure Using New Sustain Waveforms," p.137, *SID'03* [Fujitsu]

2. [Driving pulse] Auxiliary short pulse to address electrode

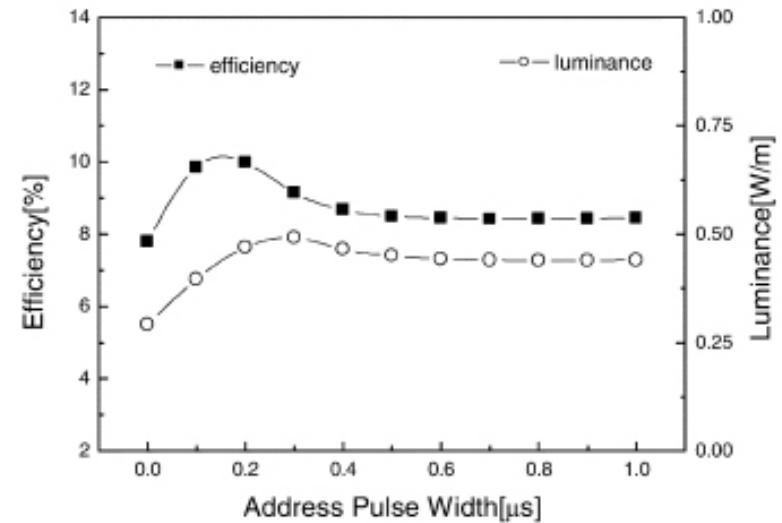


Driving waveform

Luminous efficacy and luminance as a function of (a) voltage on address electrode (b) address pulse width

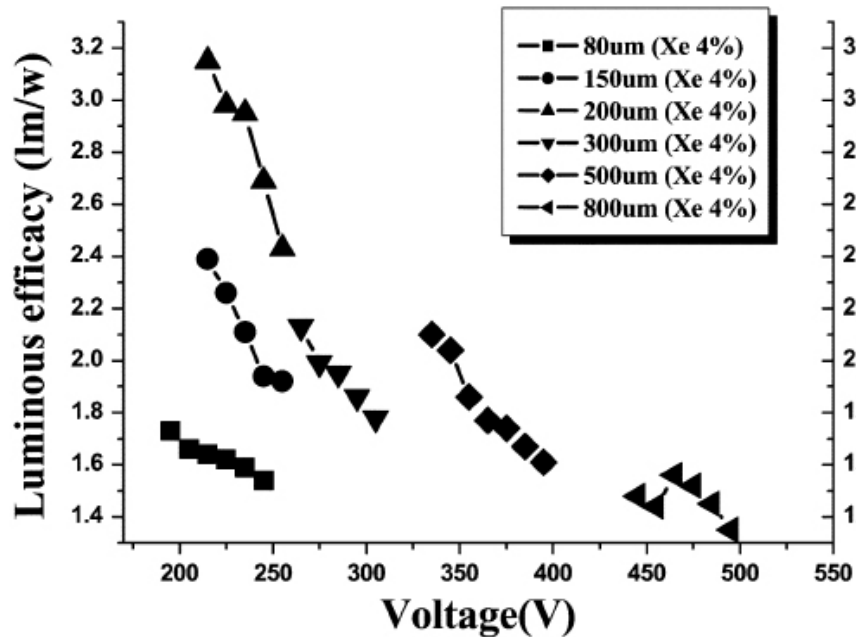


(a)



(b)

3. [Cell structure] Long gap discharge

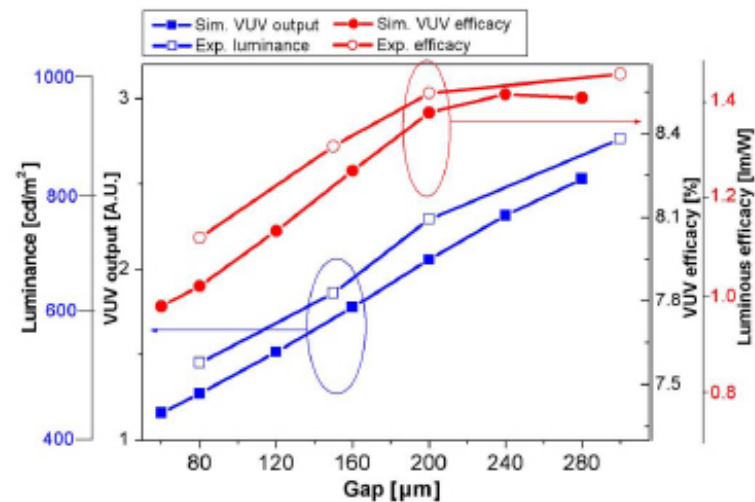


(1)

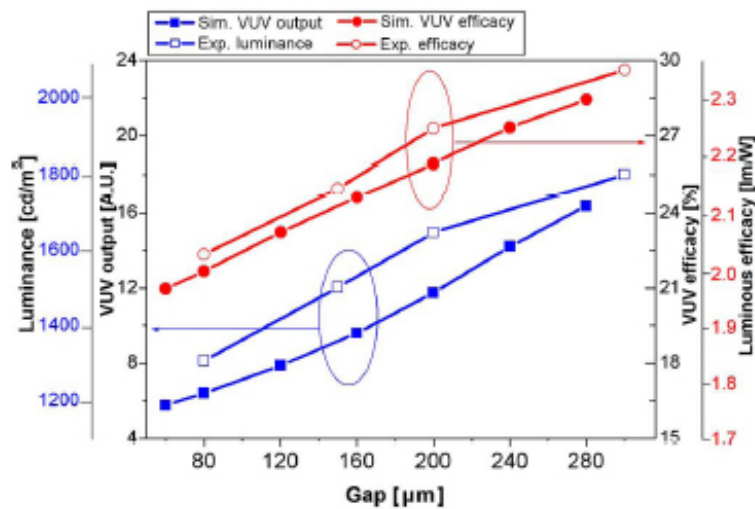
(2) Luminance and luminous efficacy

① Xe [5%] gas

② Xe [20%] gas



(a)

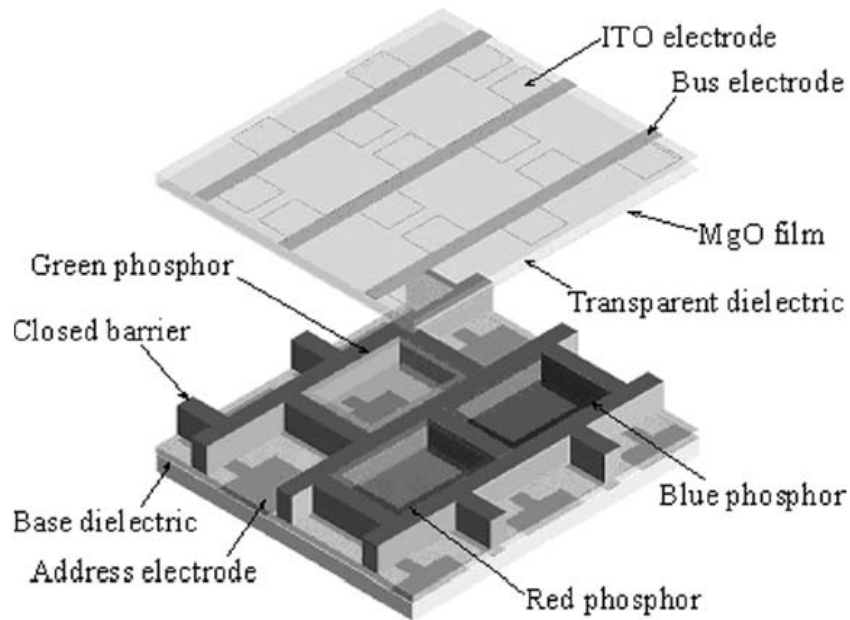


(b)

(1) Kyung Cheol Choi, *et al.*, "Study of Various Coplanar Gaps Discharges in ac Plasma Display Panel," 34(2), *IEEE TPS*, p.385,2006 [KAIST]

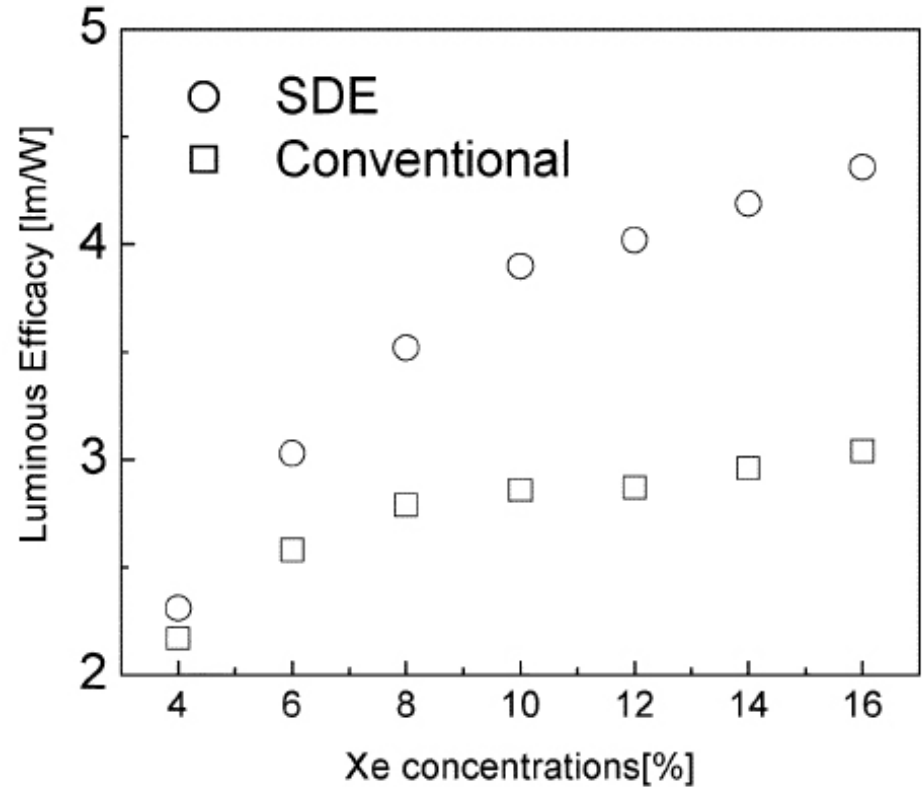
(2) Hyun Sook Bae, *et al.*, "The Effects of Sustain Electrode Gap Variation on the Luminous Efficacy in Coplanar-Type AC Plasma Display Panel Under Low- and High-Xe Content Conditions," 35(2), *IEEE TPS*, p.467, 2007 [SNU]

3. [Cell structure] Delta type



(a) Cell structure of SDE

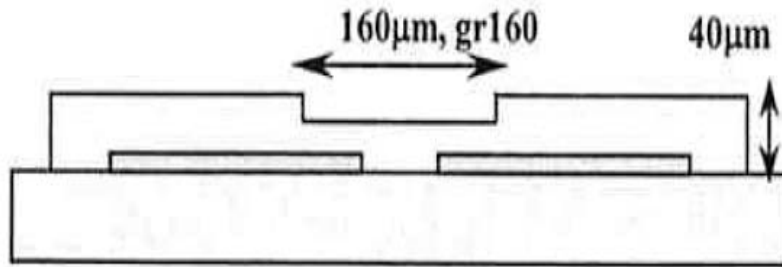
(Segmented electrode in Delta color arrayed, Enclosed subpixel)



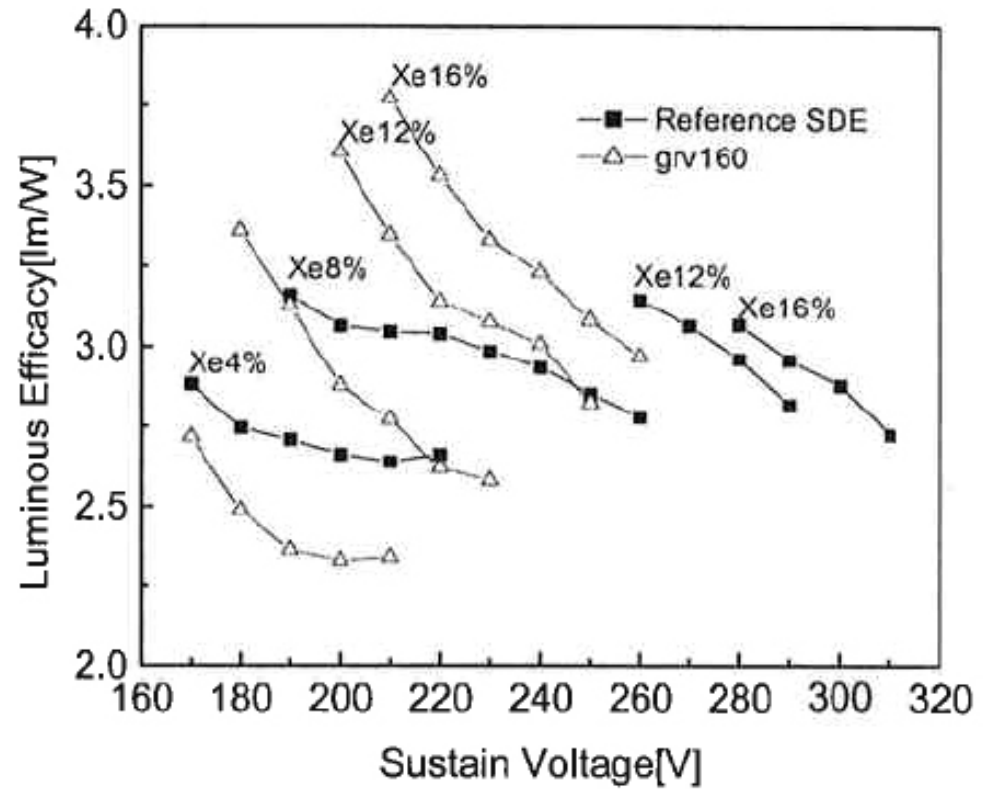
(b)

Tae Jun Kim, *et al.*, "High Luminous Efficiency Characteristics of Alternating Current Plasma Display Panel With Delta Color Arrayed, Enclosed Barrier Rib Structure," 34(3), *IEEE TPS*, p.961, 2006 [SNU]

3. [Cell structure] Grooved structure



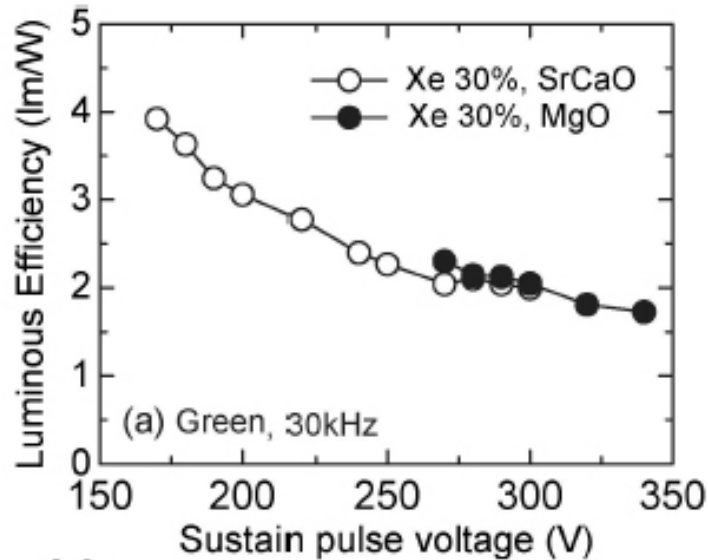
(a) Grooved dielectric layer



(b)

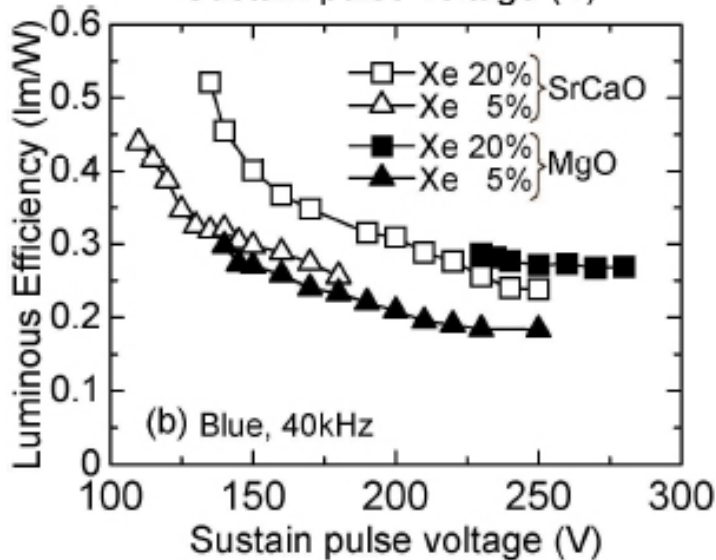
T. J. Kim, *et al.*, "High Luminous Efficient ac PDP optimized for High Xe Discharge Gas," p.1017, *IDW'03* [SNU]

4. [New protective layer] SrCaO layer



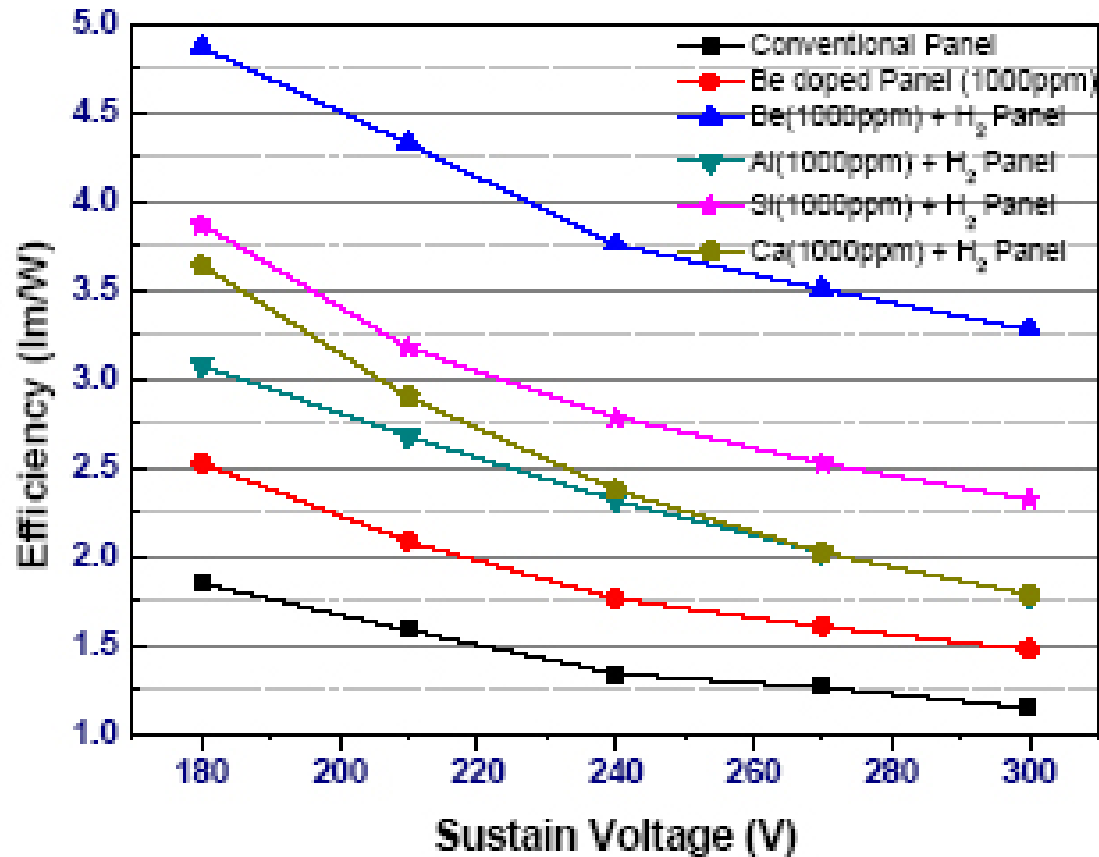
Relationship of luminous efficiency against sustain pulse voltage with SrCaO and MgO protective layer

(a) Green phosphor, Xe 30%



(b) Blue phosphor, Xe 20% and 5%

4. [New protective layer] Be-doped MgO with H₂ feeding



K. H. Park, *et al.*, "Characteristics of Doped MgO Layer Deposited under Hydrogen Atmosphere," p.351, *IDW'06* [HIU]

8.2.2 Picture Quality

1) Dynamic False Contour Noise

발생원인 : Subfield method is used to express
gray scale in PDP

↓ moving object

Distortion in gray scale or color

대책 : (a) 발광의 시간적·공간적 균일화

(b) 에러의 확산

(c) Equalization pulse 인가



2) Bright Room Contrast Ratio

2008 현재 ~ 500:1 (150lux)

원인 : 형광체의 높은 가시광 반사율 + 반사형
셀구조

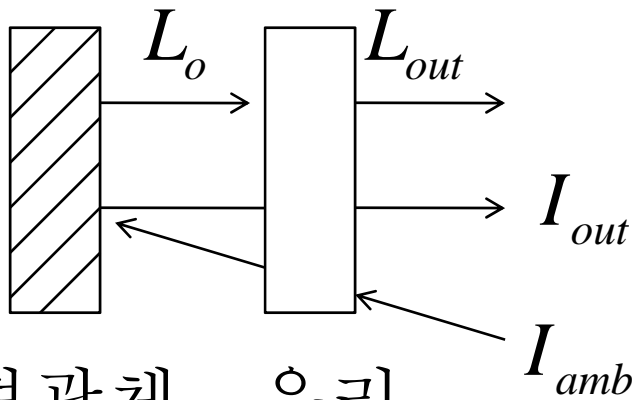
→ 높은 외광 반사율

→ 낮은 Bright Room Contrast Ratio

대책 : (1) EMI 필터, 상판 유리, 상판 유전체의
광투과율 조정

(2) L_0 증가





형광체 유리

Luminance: L_o

Reflectivity : r

Transmissivity: t

$$CR = \frac{L_{out} + I_{out}}{I_{out}} \approx \frac{L_o t}{I_{amb} r t^2}$$

$$= \frac{L_o}{I_{amb} r t}$$

3) Full White 휘도

2008 현재 ~ 80 cd/m^2

현재 대부분 업체 Plasma AI

(Adaptive brightness Intensifer) 채용

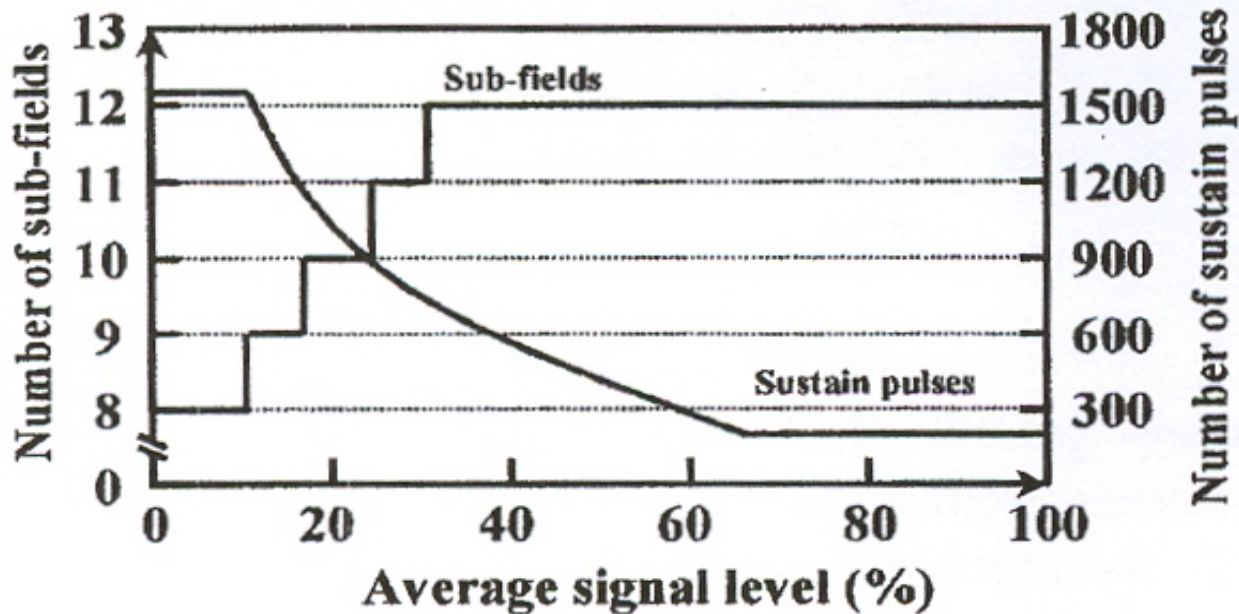


Fig.5 Numbers of sub-fields and sustain pulses



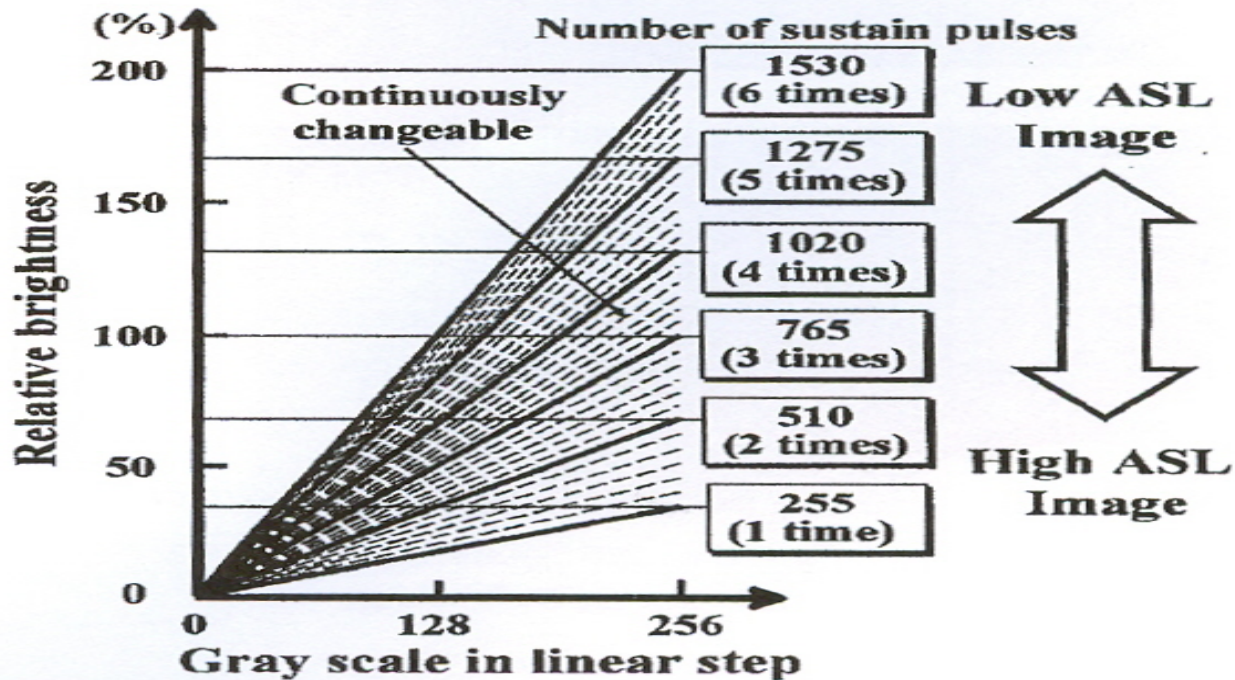
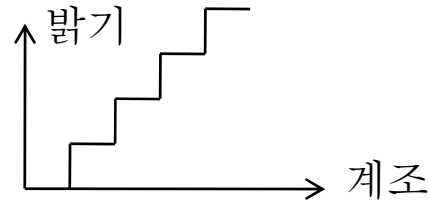


Fig.6 Relative brightness vs. gray scales
(ASL means average signal level)

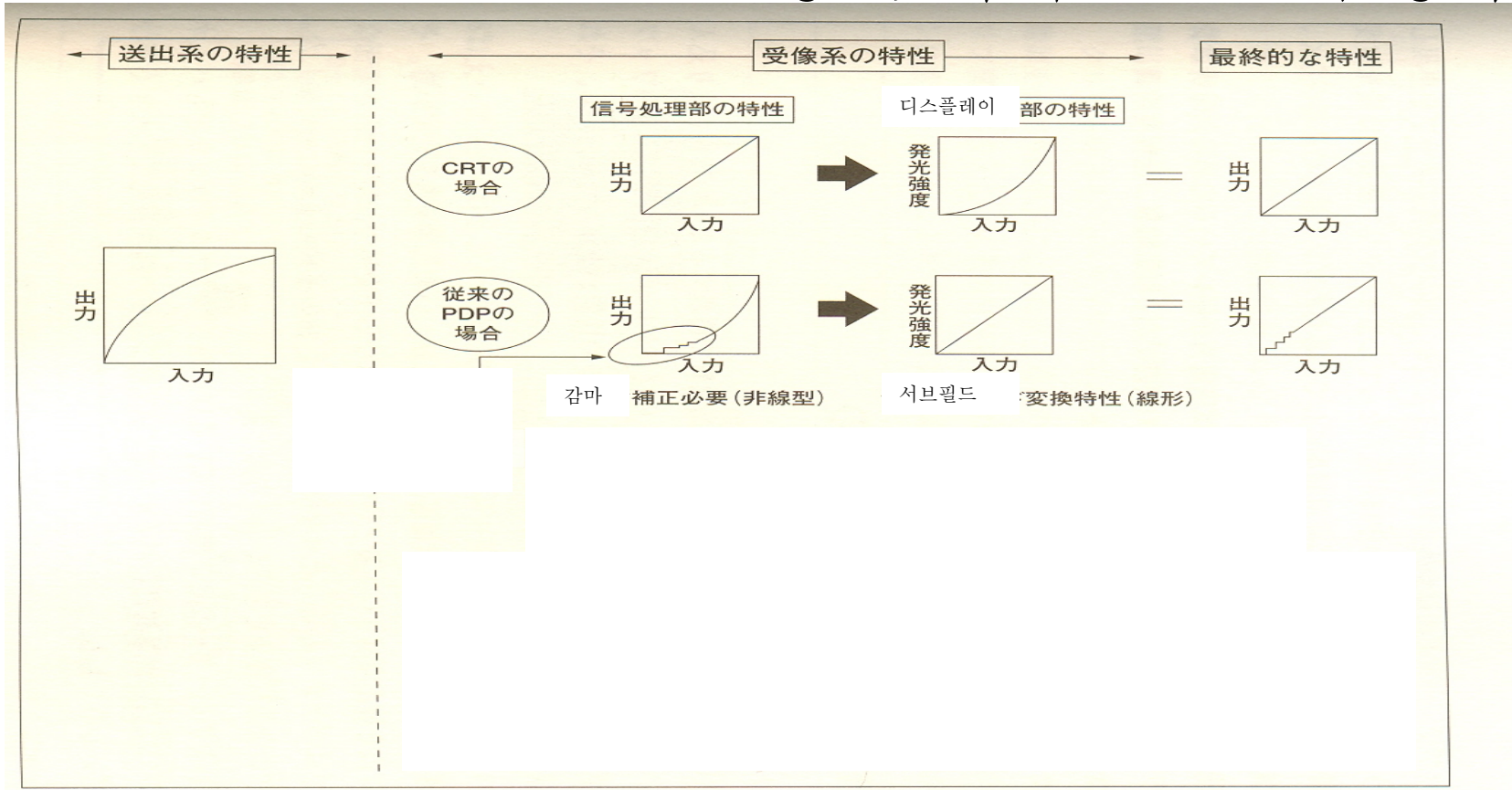
→ High Peak Brightness + Less DFC
but Low Full White Brightness

4) 저계조 표현력

Subfield 방법 →



→ γ 보정時 저계조 표현 부정확



- 대책 : (1) Subfield 개수 증가 (8→10→12)
(2) Usage of reset discharge emission
(3) Error 확산

Floyd-Steinberg Error Diffusion Algorithm

	P	7/16
3/16	5/16	1/16

주어진 픽셀에서의 에러

→주위의 픽셀로 공간적 확산



8.2.3 High resolution

Cell pitch = 486 μm for 42인치 FullHD(1080x1920)

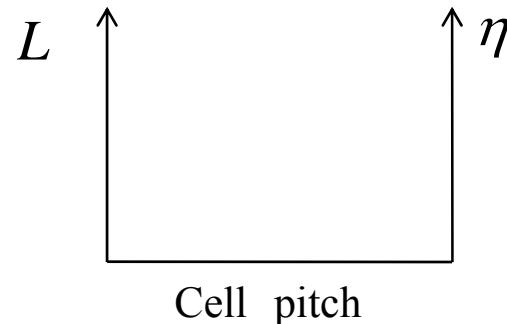
문제점 (1) Fine barriers rib fabrication

Increased bus line resistivity

Increased scan time

cost reduction \rightarrow single scan \rightarrow fine pitch

(2) Low luminance, Low luminous efficacy



8.2.4 구동 회로

ADS 구동 – 낮은 Contrast ratio

낮은 duty factor (< 30%)

낮은 peak 휘도

Non ADS 구동

Sub field 방법 – Dynamic false contour

저계조 표현력

Increased Subfield Number

FHD, Single scan → 짧은 discharge delay time

New discharge mode,

New cathode material



고 효율 → High Xe → High voltage driving

Long gap New discharge mode,
New cathode material



9.3 전망

PDP, LCD, OLED 특성 비교

	CRT	평판 Display		
		TFT-LCD	PDP	유기EL
두께	△	◎	◎	◎
대형화	○	◎	◎	×
중량	×	◎	◎	◎
색도	◎	○	◎	◎
휘도	◎	◎	◎	◎
시야각	◎	○	◎	◎
응답속도	◎	△	◎	◎
고정세	◎	◎	○	◎
소비전력	○	◎	○	◎
신뢰성	◎	◎	◎	△

◎Excellent, ○Good, △Average, ×Poor



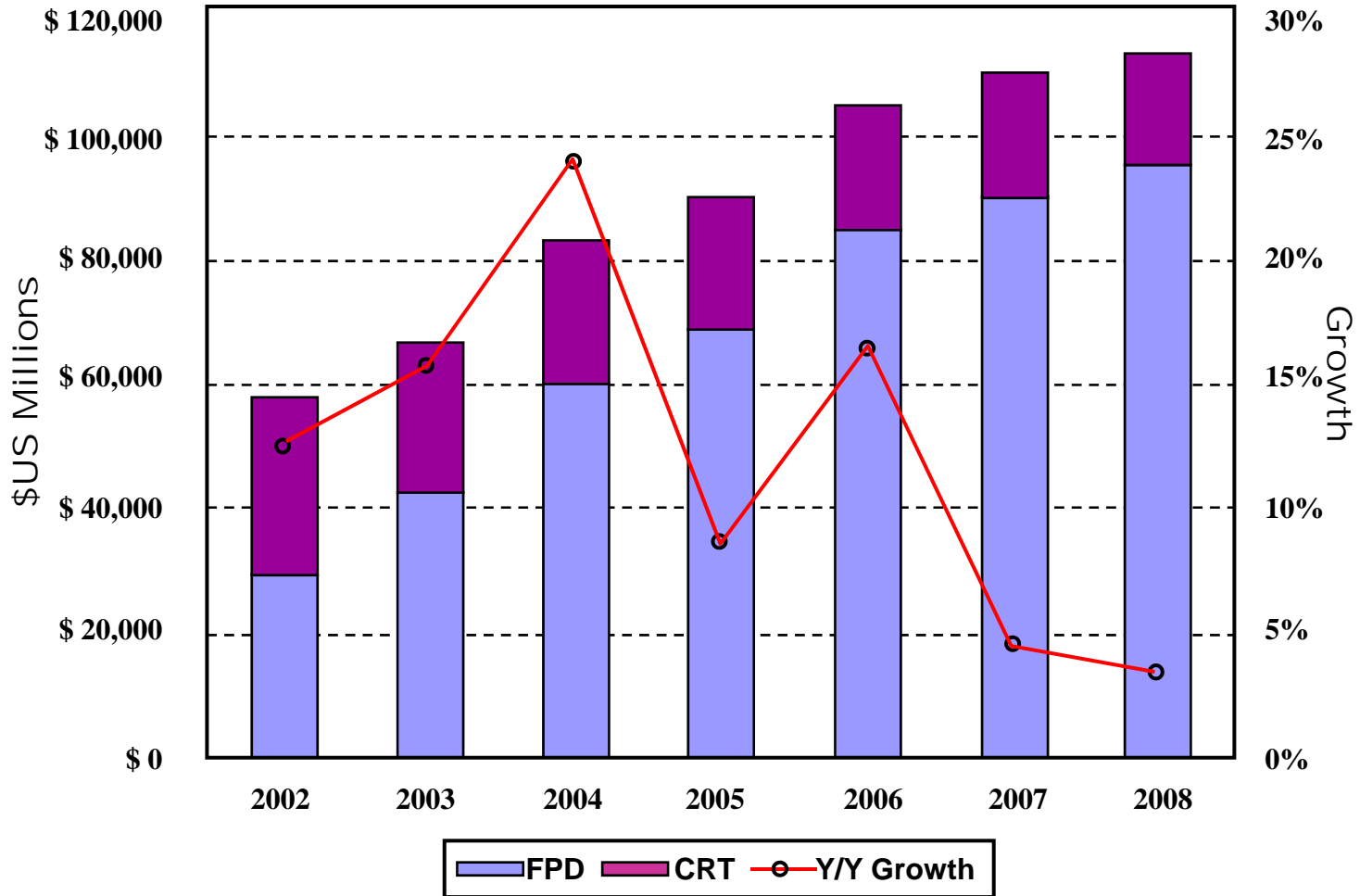
2002 –2008 –2012

FPD 시장크기

PDP 시장점유율(금액, 크기별, 댓수별)



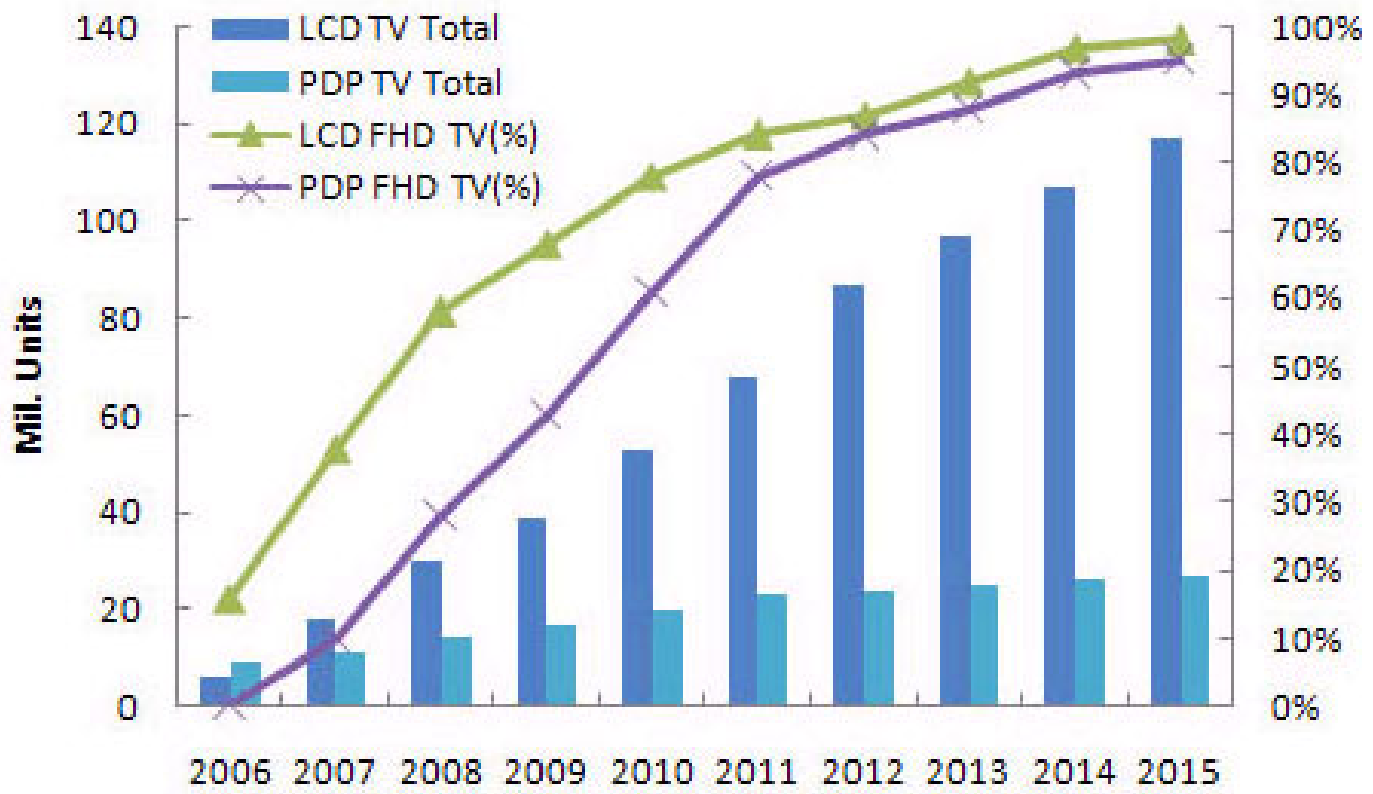
■ FPD and CRT Revenues (\$US Millions)



* 산업 규모면에서 FPD가 CRT를 앞서기 시작했으며, 지속적으로 FPD의 성장이 예상 됨.

■ LCD, PDP TV Market (Millions of Units)

Worldwide LCD, PDP TV Market Forecasts
(LCD : 40-inch and larger, PDP : Total)



Display Search 2007. 12.