

1-2 X선은 전자기 방사선 (electromagnetic radiation)

: 빛과 같은 성질이다.

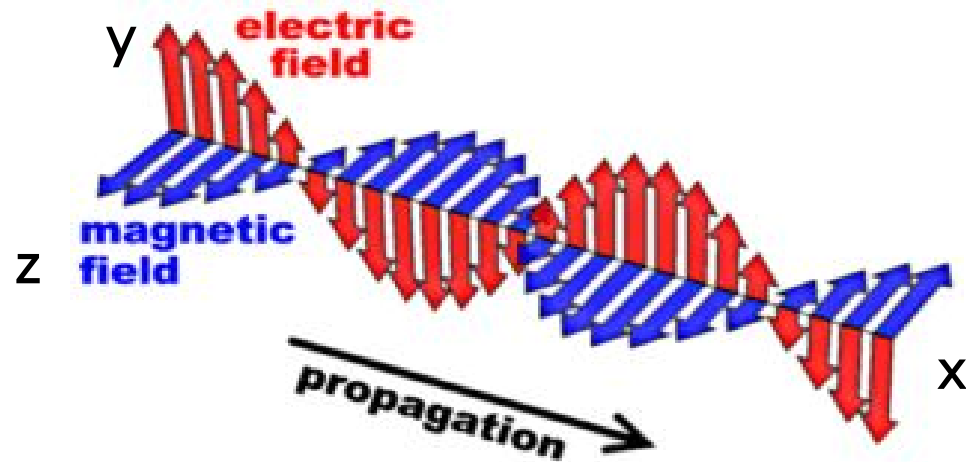
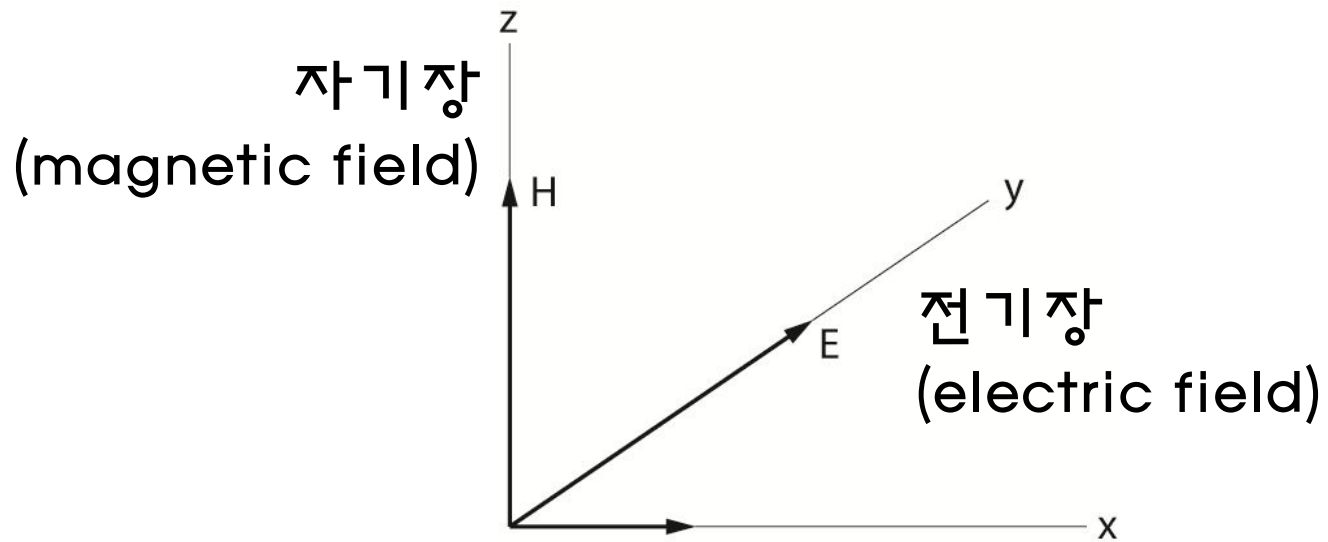
: 빛보다 파장이 매우 짧다.

: 가시광선 파장은 약 6000 Å, X선 파장은 약 0.5 – 2.5 Å

$$1 \text{ nanometer} = 10^{-9} \text{ m} = 10 \text{ Å}$$

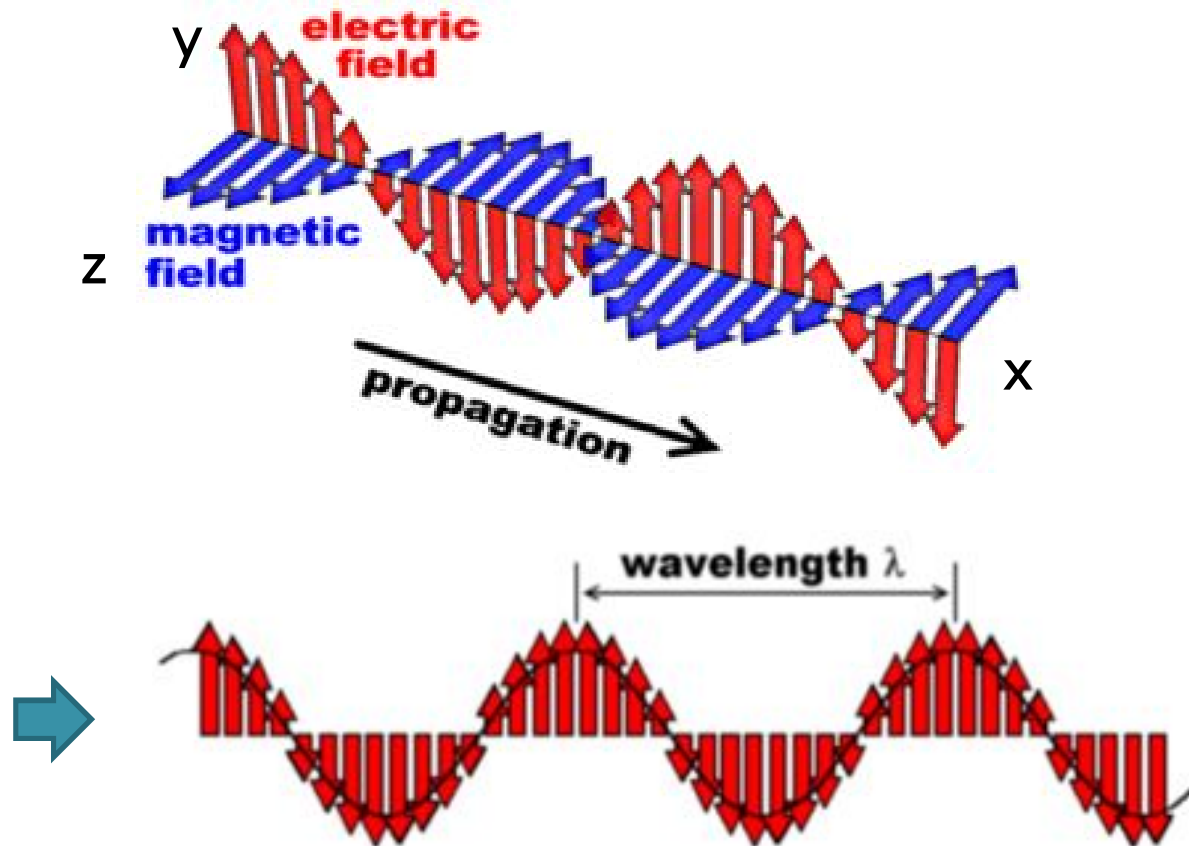
전자기 방사선 (electromagnetic radiation)

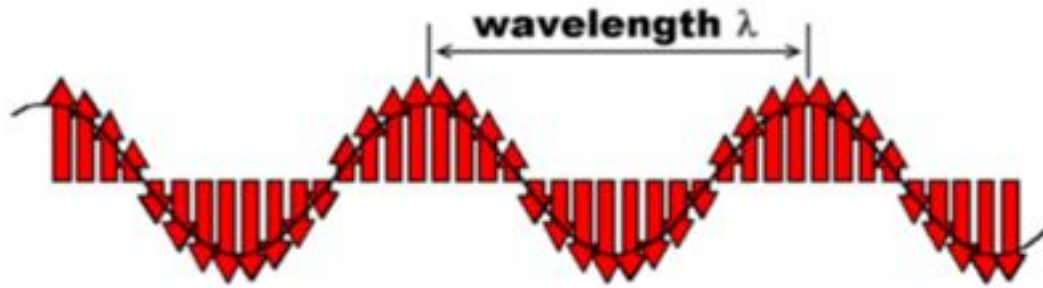
: x 방향으로 움직이는 파에 수반하는 전기장(E)과 자기장(H)



면편광 (plane-polarized)

: x선 파가 진행하는 동안 전기장이 xy 평에만 한정하여 있는 경우.

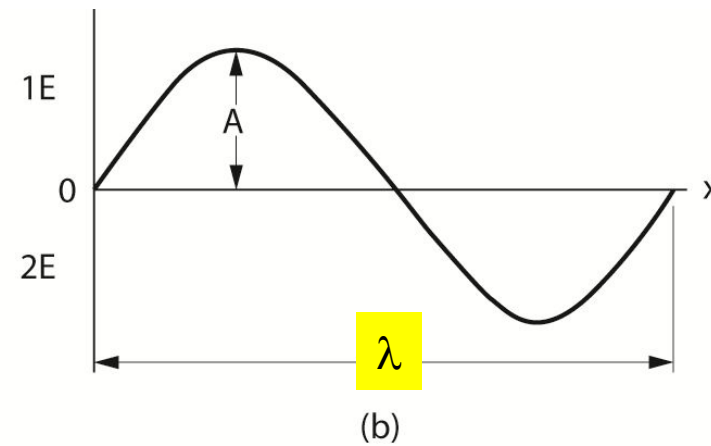
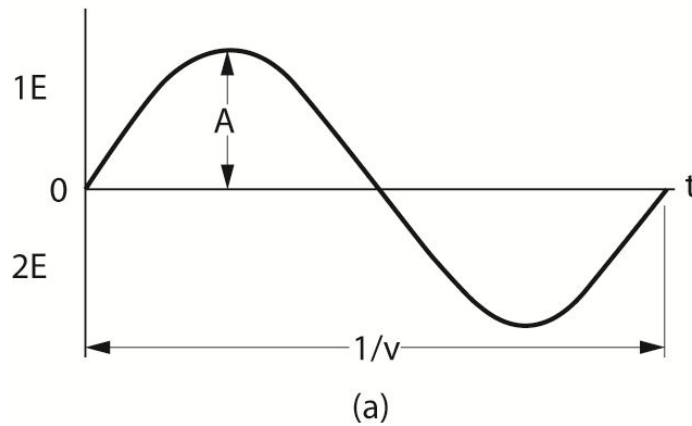




전기장

$$E = A \sin 2\pi \left(\frac{x}{\lambda} - \nu t \right)$$

A : amplitude of the wave 진폭
 λ : wavelength 파장
 ν : frequency 진동수
 t : time 시간

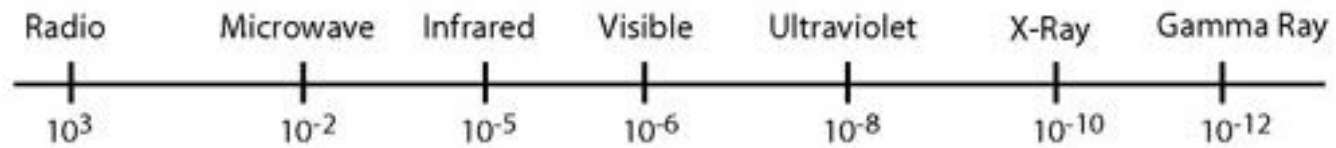


$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$

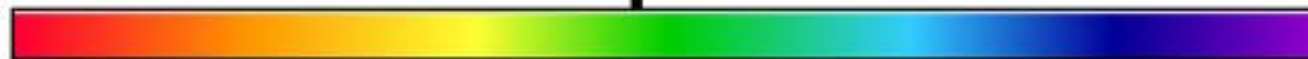
$c = 3.00 \times 10^8 \text{ m/sec}$
 빛의 속도

THE ELECTRO MAGNETIC SPECTRUM

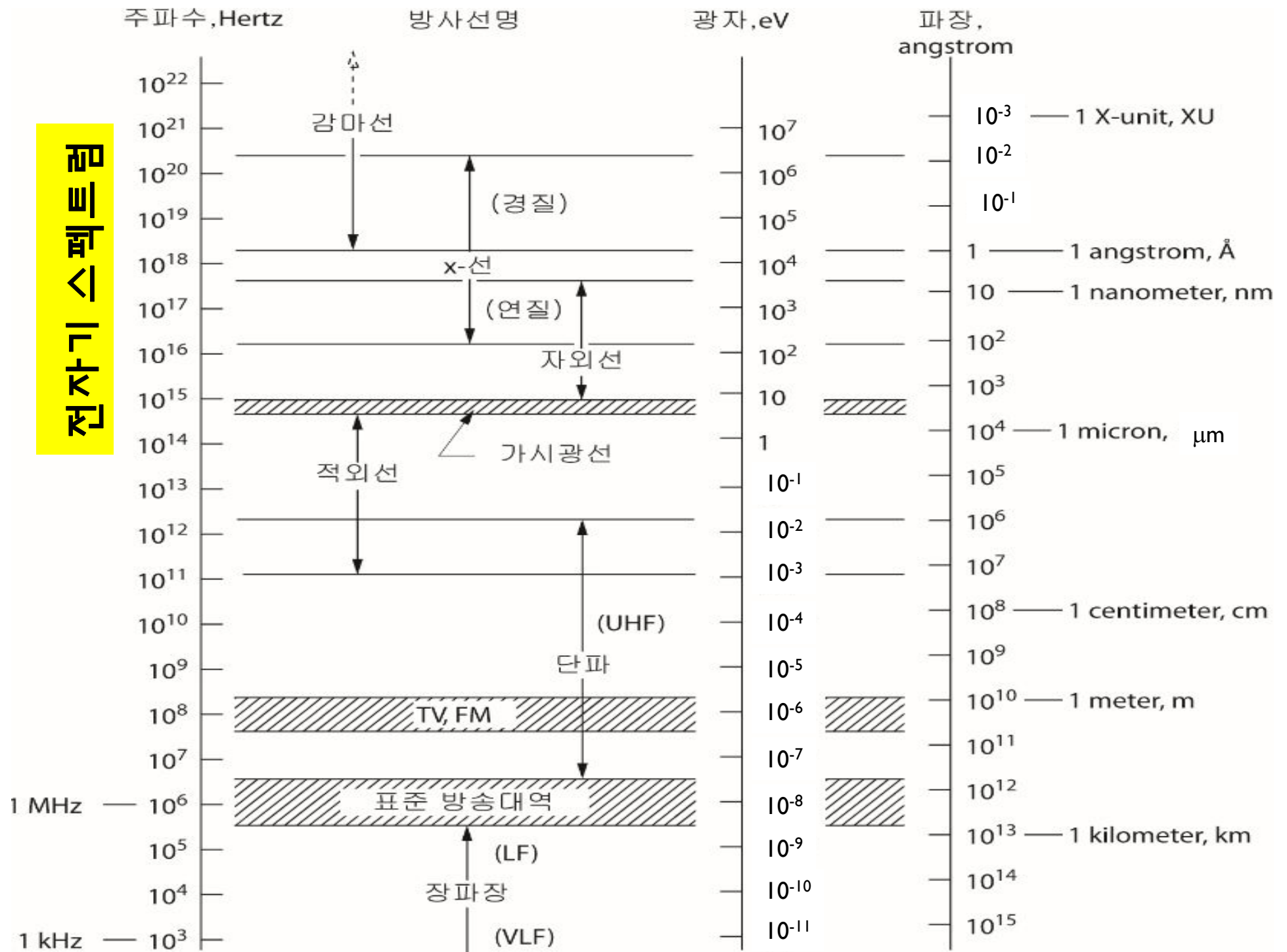
Wavelength
(metres)



Frequency
(Hz)



전자기 스펙트럼



빛은 파동과 입자의 이중성 !!!

전자기파를 양자(quantum)와 광자(photon) 입자의 흐름으로 정의.

$$E = h\nu$$

h = Plank 상수 (6.63×10^{-34} joule · s)

1-3 연속스펙트럼

1.7 X선의 발생

: 고속전자가 금속 타겟에 충돌 → X선 발생

: X선관 (X-ray tube) : (a) 전자발생원(필라멘트관)

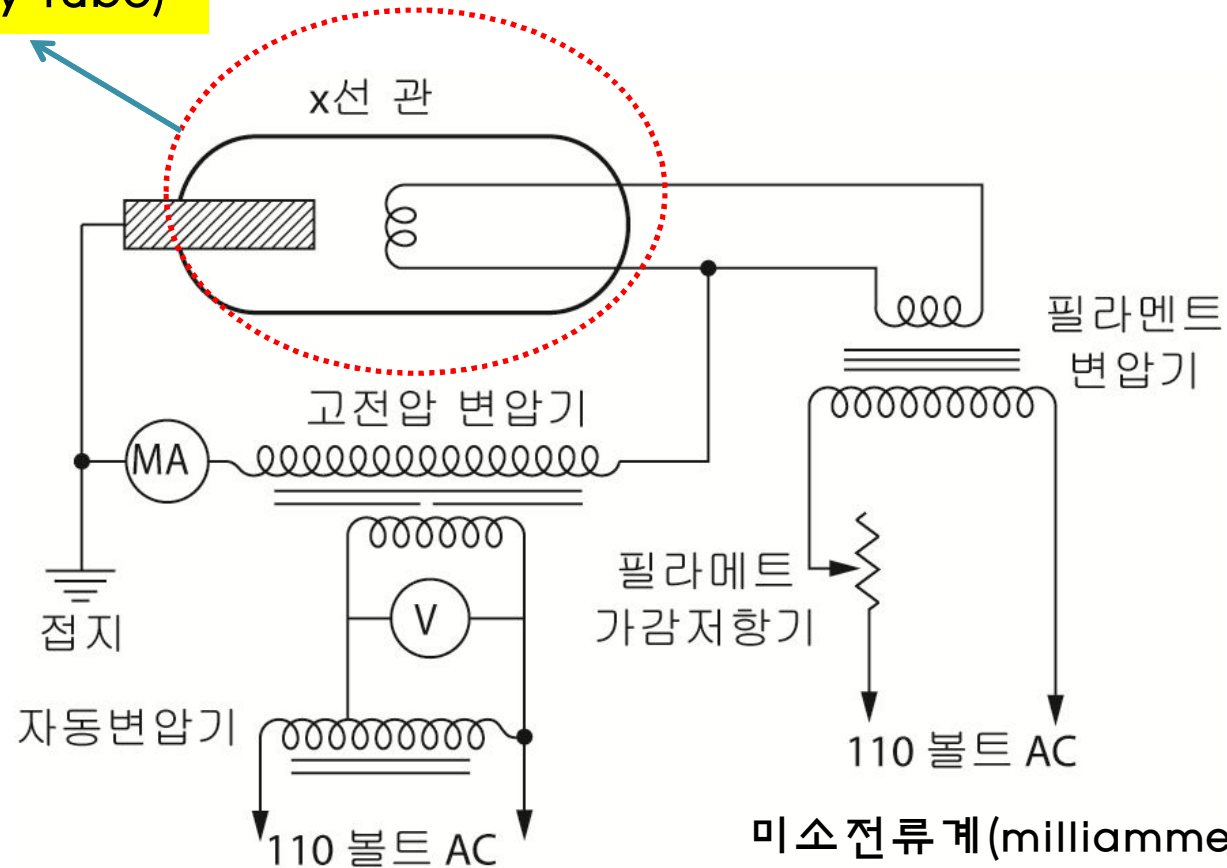
(b) 높은 가속전압 (30,000 ~ 50,000V)

(c) 금속 타겟(양극)

: 전자의 대부분 운동에너지가 타겟 내에서 열로 전환.

(물로 냉각)

X선관 (X-ray tube)

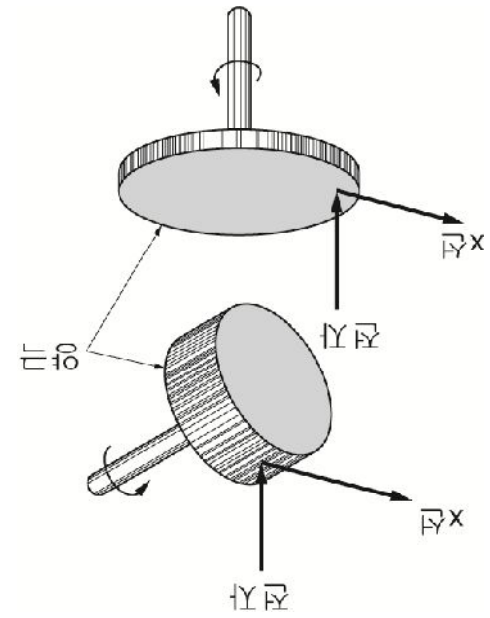
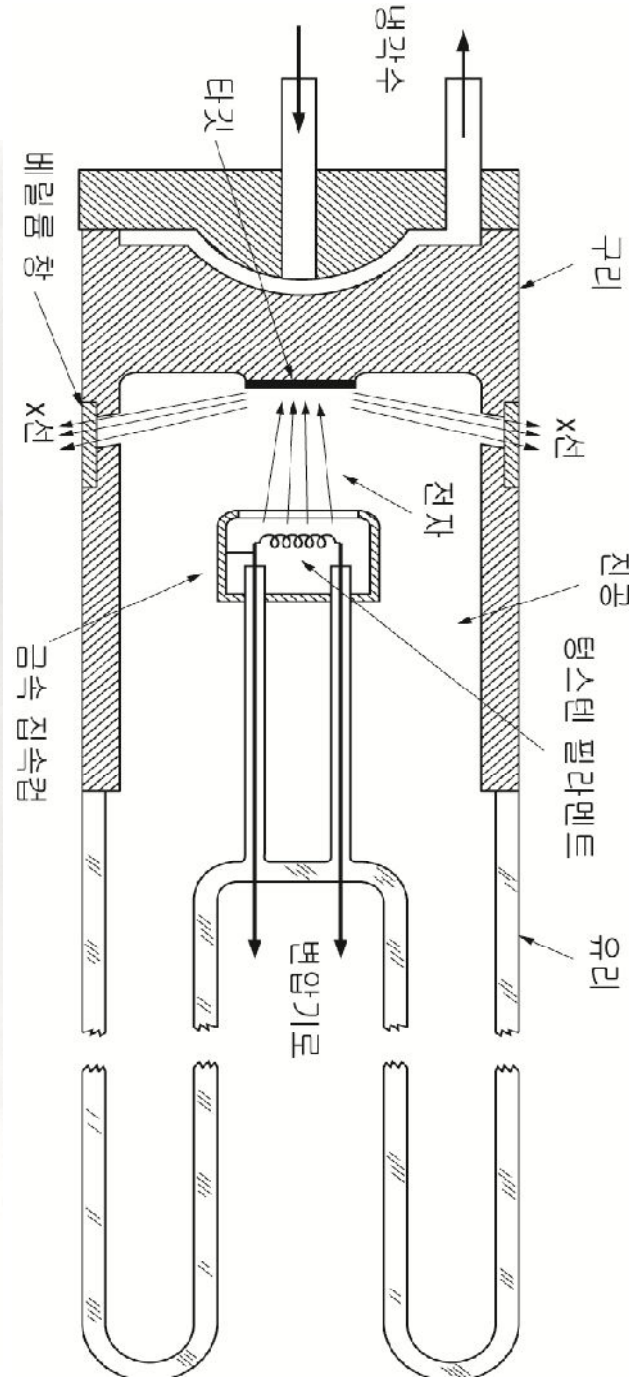
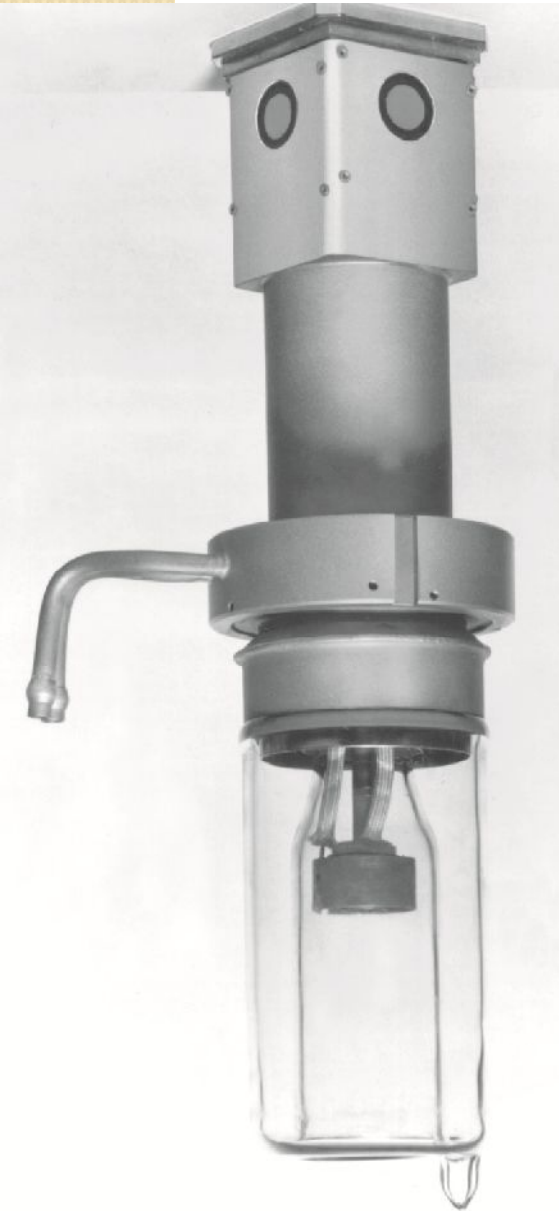


전압계 : 입력전압
(30,000 ~ 50,000V)

미소전류계 (milliammeter)
: 필라멘트에서 타깃으로 흐르는
전자의 흐름인 관 전류를 측정
필라멘트의 가감저항기
(10 ~ 25 mA)

: 필라멘트전류 가열하여 전자를 방출하고, 전자는 관에 걸린 높은 전압으로 타깃에 급속히 끌려간다.

X선관 (X-ray tube)



X선 발생 효율 1% 이내

→ 효율 향상 위해
회전양극판 사용
과열되지 않고 큰 출력

X선 방사 \rightarrow e 전자의 전하 (1.60×10^{-19} coulomb) \rightarrow 운동 에너지
V 전극 사이의 전압 joule

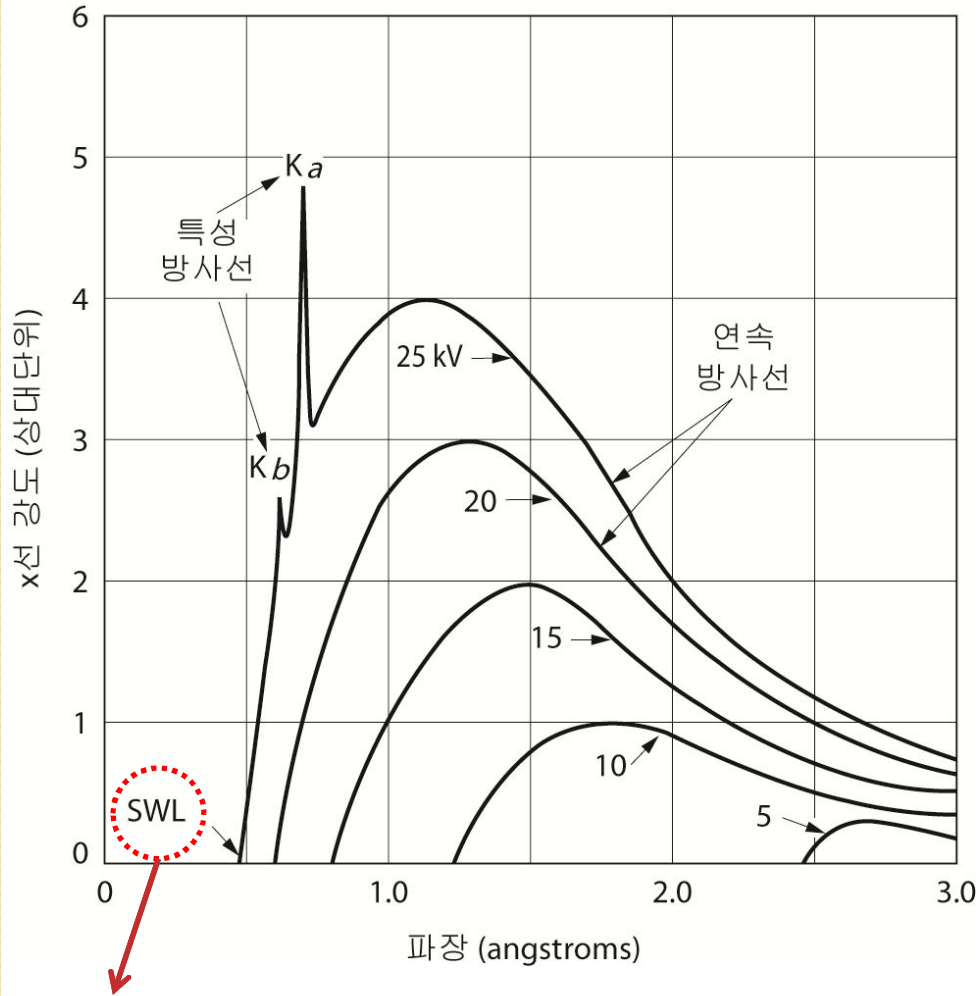
$$\text{운동 에너지 } KE = eV = \frac{1}{2}mv^2$$

m : 전자의 질량 (9.11×10^{-31} kg)

v : 충돌 속도 (m/sec)

X선관 전압 30,000 volt (30 kV) \rightarrow 타겟에 충돌한 전자의 운동 에너지
 \rightarrow 대부분 열로 전환, 1% 이하 에너지가 X선으로 전환

인가전압(Applied voltage)의 함수로 나타낸 Mo X-선 스펙트럼



X선 강도(Intensity)

: X-선 관의 전압에 비례

: SWL 단파장으로 shift

최고점까지 상승 후 감소.

: 20 kV 이하

- 다색(polychromatic) X선

연속(continuous) X선

백색선 (white) X선

- 타깃 충돌 후 전자의

속도 감소

SWL(short-wave-length limit)

: 단파장 한계 λ_{SWL}

: 강도 영, the intensity is zero

$$eV = h\nu_{\max},$$

$$\lambda_{\text{SWL}} = \lambda_{\min} = \frac{c}{\nu_{\max}} = \frac{hc}{eV},$$

$$\lambda_{\text{SWL}} = \frac{(6.626 \times 10^{-34})(2.998 \times 10^3)}{(1.602 \times 10^{-19}) V} \text{ meter},$$

$$\lambda_{\text{SWL}} = \frac{12.40 \times 10^3}{V}. \quad \begin{array}{l} \text{: 단파장 한계를 인가전압의 함수로 표현} \\ V \text{ 인가전압(applied voltage, V)} \\ \lambda_{\text{SWL}} (\text{\AA}) \end{array}$$

1초당 방출되는 X선 강도(에너지)

$$I_{\text{cont. spectrum}} = AiZV^m$$

: 곡선 아래 면적에 비례

: 타깃 원자번호 (Z)

: 전류 i (1초에 타깃에 충돌하는 전자의 수 측정) 에 의존

: A (비례상수), m은 상수 ~ 2.

1-4 특성 스펙트럼

X선관 전압 \rightarrow 특정 임계치 이상 \rightarrow Sharp intensity 극대 발생

\rightarrow 타겟 금속의 고유한 특성선(characteristic lines)

\rightarrow K, L, M...

(예) Mo 타겟(target) K line 0.7 \AA , L line 5 \AA ,

$K\alpha_1$: 0.709 \AA

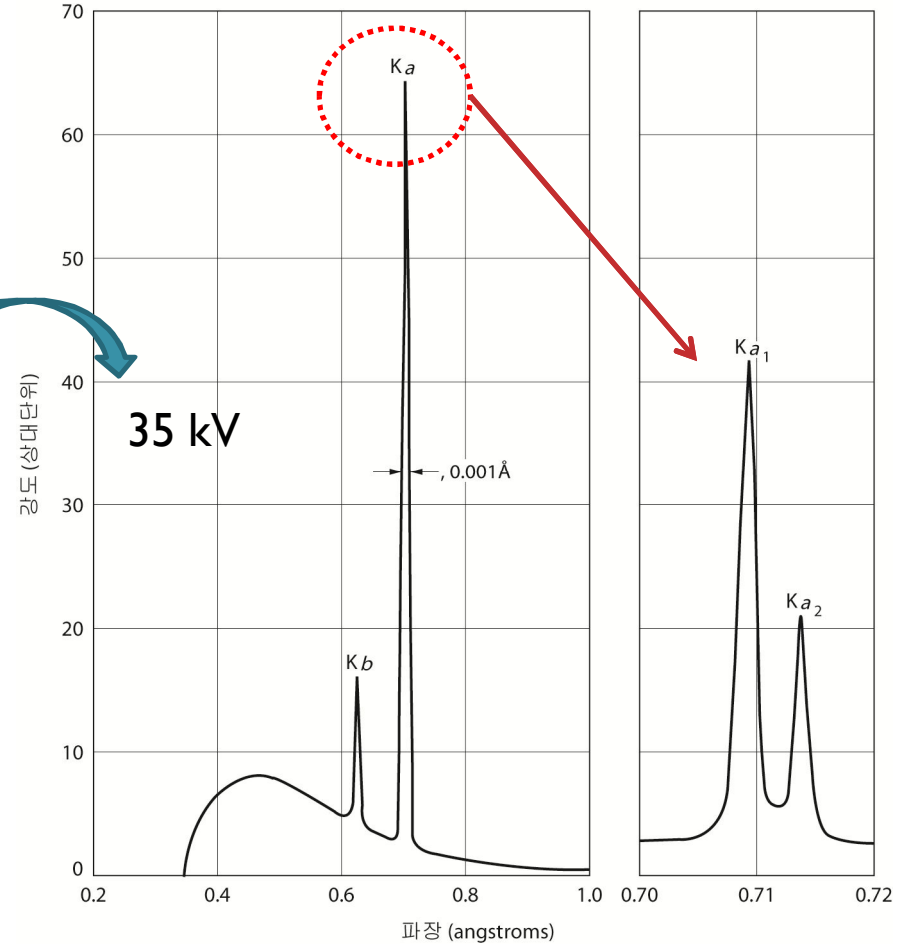
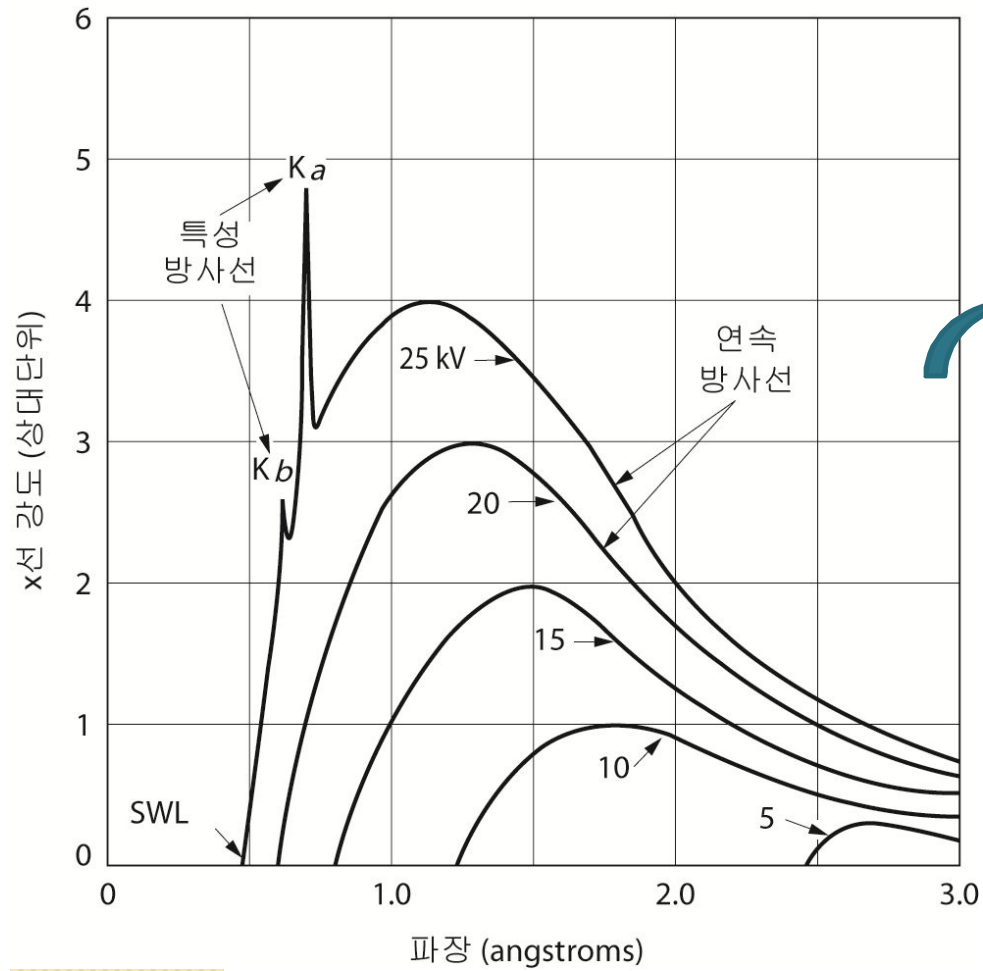
$K\alpha_2$: 0.71

$K\beta_1$: 0.632

K line 만 X선 회절에 유용, L line은 장파장이어서 쉽게 흡수된다.

K line 여기 전압 - 20.01 kV (그림 1-4)

인가전압(Applied voltage)의 함수로 나타낸 Mo X-선 스펙트럼



K선의 강도

: X선의 전류 (i)과 인가전압(V)에 의존

$$I_{Kline} = Bi(V - V_K)^n$$

B : 상수

V_K : 여기전압

$n \sim 1.5$

(30 kV에서 작동하는 Cu target

→ K_α 선은 인접한 파장의 약 90 배 강도 가짐)

타깃 물질의 원자 번호 커지면 특성선 파장은 짧아진다

→ by Moseley (Moseley' Law) : $\sqrt{\nu} = C(Z - \sigma)$

C, σ : 상수

