2. Frank-Hertz 실험

(1) 실험목적

전자를 가속시켜 원자에 충돌시켰을 때 전자들의 에너지 변화를 관찰하여 본다.

(2) 실험원리

열 음극에서 방출된 전자들은 수은 (또는 다른 기체)이 들어있는 관 내의 음극 C와 양극 A사이에서 가속되면서 수은 원자들과의 탄성충돌에 의해 산란 된다. 양극전압이 약 4.9 V가 되면 전자들의 운동에너지는 수은 원자의 가전자들을 비 탄성충돌에 의해 6^3P^1 레벨까지 올려놓기에 충분한 에너지가 된다. 이 때 전자들은 에너지를 잃어버리기 때문에 더 이상 전위가 양극보다 약간 낮은 전극 S까지 다다르지 못하게 된다. 이 때 전류 I_S는 최소가 된다. 양극전압을 더 높여가면 전자들의 운동에너지는 더욱 높아져서 여분의 에너지에 의한 전류 I_S의 증가가 시작된다. 양극의 전위가 $U_A = 2 \times 4.9\ V$ 가 될 때까지 전자들의 운동에너지는 한 전자가 계속해서 두 개의 원자를 여기 시킬 수 있게 된다. 이 때 두 번째의 낮은 전류 상태가 일어난다. U_A에 따른 I_S의 그래프를 그리면 전류가 높은 점들과 낮은 점들끼리의 간격이 일정하게 나타난다.

양극과 음극 사이의 전압 U_A는

$$U_A = U + (\Phi_A - \Phi_C) \qquad (1)$$

로 나타낼 수 있다. 여기서 U는 가해준 전압이고 Φ_A와 Φ_C는 각각 양극과 음극의 일 함수이다. 여기에너지 E_A는 낮은 점들 간의 전위차로 결정되기 때문에 여기서 일 함수들은 별 의미가 없다. 고전적인 이론에 의하면 수은 원자들이 여기 되는 에너지 레벨은 임의적이다. 그러나 양자이론에 의하면 기본적인 과정에서 원자들은 어떤 에너지 간격이 있어야만 한다. 이러한 견지에서 에 다른 곡선의 의미가 처음으로 설명되었고 이것이 곧 양자이론을 뒷받침해 주는 계기가 되었다.

여기 된 수은 원자들은 흡수한 에너지를 빛으로 방출하게 되는데 여기에너지가 4.9 eV일 때 이에 해당하는 광자의 파장은

$$\lambda = \frac{Ch}{E_A} = 253\ nm \qquad (2)$$

가 된다.

여기서 C = 2.9979×108 m/s 이고, h = 4.136×10-15 eV·s 이다.

이 파장은 자외선영역(UV)에 해당한다.

(3) 실험기자재

프랑크-헤르츠 실험 장치(SG-6142)

구성 및 규격

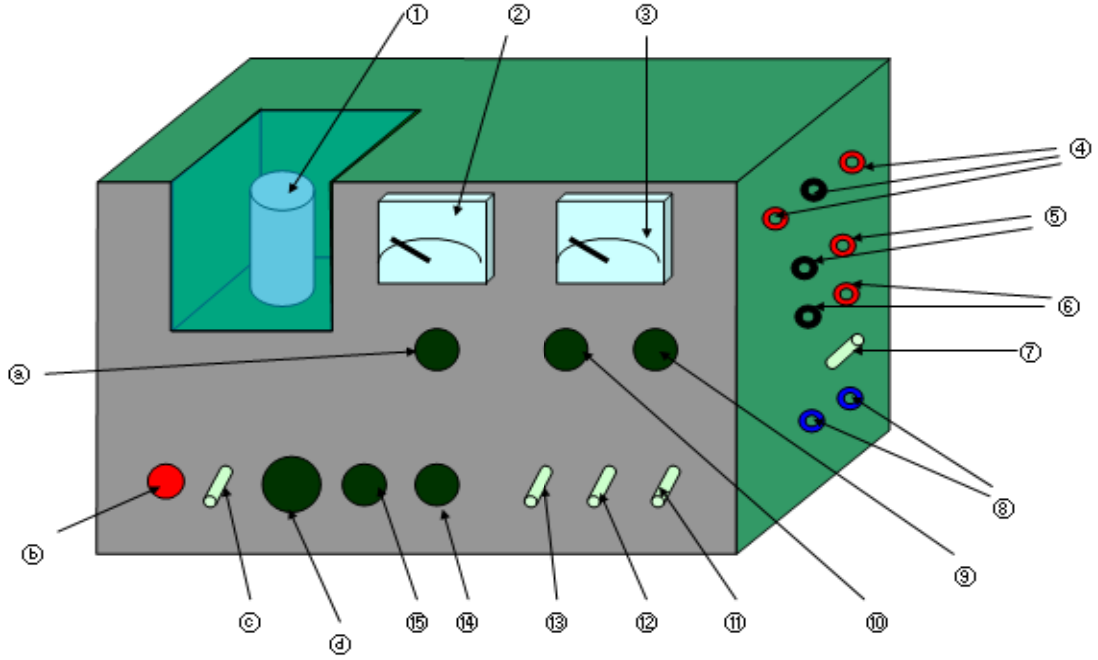

그림 1. Frank-Hertz실험장치의 구성 및 규격

① 프랑크-헤르츠 관 (네온 봉 입)

② 전압계

③ 전류계

④ 오실로스코프 연결 단자

⑤ G1(2)-P전류 외부 측정 단자

⑥ G2-K 전압 외부 측정 단자

⑦ Heater 전류 측정 mode (측정 시 open mode, 미 측정 시 short mode)

⑧ Heater 전류 측정 단자

⑨ Gain 조절 손잡이 : 전류계의 전류 변동 조정 (지시 눈금이 위를 향하도록 하는 것이 적당)

⑩ 영점 조절 손잡이 : 전류계의 영점을 조정한다.

⑪ OSC-Meter mode 선택 스위치

⑫ EXT - INT mode 선택 스위치 : 외부 전압계와 전류계 사용 시 EXT mode, 내부 전압계와 전류계 사용 시 INT mode

⑬ AUTO-MANU mode 선택 스위치 : X-Y 기록계를 사용할 때나, 자동으로 전압을 증가 시키며 전류의 변화를 관측할 때에는 AUTO mode를 선택하고, 수동으로 전압을 상승 시킬 때에는 MANU mode를 선택 한다.

⑭ G2-P 조절 손잡이 : 프랑크-헤르츠 관의 제2그리드와 프레이트 간의 전압 조절 손잡이

⑮ G2-K 조절 손잡이 : 프랑크-헤르츠 관의 제2그리드와 캐소드 간의 전압 조절 손잡이

ⓐ G1-K 조절 손잡이 : 프랑크-헤르츠 관의 제1그리드와 캐소드 간의 전류 조절 손잡이

ⓑ 전원 램프

ⓒ 전원 스위치

ⓓ Heater 전류 조절 손잡이

사용 주의사항

■ 프랑크-헤르츠 관을 다룰 때에는 관이 파손되지 않도록 주의하고, 관의 유리부분을 손과 직접 접촉되지 않도록 주의한다.

■ Heater전류는 많이 흐르지 않도록 하여 실험하도록 한다.

(4) 실험방법

① 장치는 다음과 같이 초기 설정을 한다.

전원 스위치는 OFF, 각각의 조절 손잡이는 최소, 모드 선택 스위치는 아래로 하여 각각 MANUAL, INT, OSC를 선택한다.

우측 면에 있는 HEATER 전류 측정 선택 스위치는 SHORT로 선택한다. (OPEN으로 선택할 때에는 교류 전류계를 반드시 연결해야 한다.)

② 판넬면의 뚜껑을 열어 프랑크-헤르츠 관을 삽입 한다. (유리관을 삽입할 때는 유리관에 지문이 생기지 않도록 주의한다.)

**장치가 삽입되어 있으므로 눈으로 확인만 한다.*

③ 전원코드를 연결하고, 전원 스위치를 켠다.

④ 영점 조절 손잡이(ZERO. ADJ)를 조절하여 전류계의 영점을 조절한다.

⑤ GAIN 조절 손잡이를 적당히 조절한다. (표시된 부분이 위쪽을 향할 때가 대체로 적합하다.)

이 조절 손잡이는 G2-P 전류의 증폭을 조절하는 손잡이이다.

⑥ G2-K 조절 손잡이를 조절하여 전압계가 약30V가 되도록 한다.

⑦ HEATER전류 조절 손잡이를 중간으로 조절하고, G1-K 조절 손잡이를 조금씩 증가 시켰을 때 전류계의 눈금이 가장 잘 움직이는 위치에서 HEATER와 G1-K의 손잡이를 고정한다. (G1-K 손잡이를 조절하여도 전류계의 변화가 적으면, G1-K 조절 손잡이를 최소로 한 후, HEATER 전류를 조금 증가 시키고, G1-K 조절 손잡이를 조절하여 보아라. 전류계의 눈금이 영역을 벗어나면 HEATER 전류를 감소 시킨 후, G1-K 조절 손잡이를 조절하여 보아라. 단, HEATER 전류는 될 수 있는 한 적게 하는 것이 좋다.)

⑧ 다시 G2-K 조절 손잡이를 최소로 하고, 영점 조절 손잡이를 조절하여 전압계의 영점을 조정한다.

⑨ G2-K 조절 손잡이를 돌려 전압계의 눈금이 30V가 되게 조작한다.

⑩ G2-P 조절 손잡이를 돌려 전류계의 눈금이 30uA가 되게 조정한다. (현재 G1-K 의 전압 조절에 의해 전류계의 눈금은 30uA이상에 있을 것이다. 이때 G2-P를 이용해 전류계의 눈금을 30uA가 되게 조정한다.)

⑪ G2-K 조절 손잡이를 최소로 하고, 다시 영점 조정한다.

⑫ 이제 G2-K조절 손잡이를 돌려 전압을 증가 시키면서 전압에 따른 전류계의 눈금의 변화를 측정 기록한다. 그 결과를 이용하여 전압과 전류에 따른 그래프를 그린다. (X-Y기록계를 이용한 측정 시 : Mode 선택 스위치를 Auto로 조정하고 G2-K스위치를 최대로 하고, 전압과 전류의 변화를 관찰한다.)

⑬ 전압의 증가에 따른 전류의 증가 감소의 변화가 일어나지 않을 때에는 G2-P조절 손잡이와 Heater 전류 조절 손잡이를 조절한다.