

### 3-5 평행판 축전기 실험

#### 1. 실험목적

평행판 축전에서 평행판의 넓이, 판 사이의 간격, 전위, 유전체 등에 따라 변화하는 충전 전하량을 측정하여 축전기의 전용량, 전장 저장된 전기에너지 등의 기본 개념을 이해한다.

#### 2. 실험이론

- 가까이 있는 두 도체의 한쪽에는 양, 다른 쪽에는 -양의 전하가 대전되어 있고 두 도체 사이의 전위차가  $V$ 이면 전하량 양은  $V$ 에 비례하며,  $Q=CV$ 로 표현된다. 이때 비례상수  $C$ 를 두 도체의 전용량이라고 하며, 단위는  $\text{farad(F)}$ 이며, 특히 평행하게 놓인 두 도체판을 평행판 축전기라 한다.

- 넓이가  $A$ 인 두 평행판이 간격  $d$ 만큼 떨어져 있다고 하자. 두 판에 각각 전하 양과 -양이 대전되면, 이 전하를 도체판의 표면에 균일하게 분포하여 두 평행판 사이에는 Gauss 법칙에 의하여 균일한 전장  $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0 A}$ 가 형성된다. 여기서  $\epsilon_0$ 는 유전상수이며  $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Vm}$ 이다. 따라서 두 평행판 사이의 전위차  $V$ 는  $E d = \frac{\sigma d}{\epsilon_0 A}$ 로 주어진.  $Q=CV$ 와  $V=E d = \frac{\sigma d}{\epsilon_0 A}$ 로부터 평행판 축전기의 전용량  $C = \frac{Q}{V} = \frac{\epsilon_0 A}{d}$ 가 되며 전용량은 평행판 축전기의 기하학적 모양  $A$ 와  $d$ 에 의해 결정된다.

- 일정한 두께 축전기의 전용량은 평행판 축전기의 값과 같이 그 기하학적 모양에 의해 결정된다.

- 축전기는 충전하는데 필요한 일정한 전하를 저장하고 있으며, 축전기에 저장된 전기에너지  $U = \frac{1}{2} C V^2$ 로 전용량과 전위차에 의해 결정되며, 단위 부피당 저장된 전기에너지의 밀도  $u = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2$ 이다.

- 한편, 두 평행판 사이에 유전체를 삽입하면 전용량이  $k$ 배 만큼 증가하는데 이  $k$ 를 유전체의 유전율이라 하며 이 때의 전용량은  $C = k \frac{\epsilon_0 A}{d}$ 로 표현되며, 축전기에 저장된 에너지 밀도  $u$ 는  $u = \frac{1}{2} k \epsilon_0 E^2$ 로  $k$ 배 증가한다.

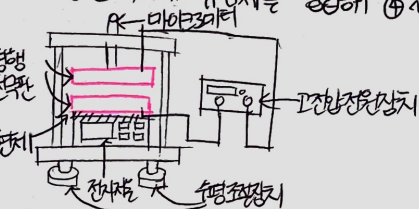
- 전용량  $C$ 는  $C = \frac{Q}{V}$ 로도 표현 가능하다.

#### 3. 실험장치 및 실험 과정

- |           |             |               |                  |
|-----------|-------------|---------------|------------------|
| (1) 실험 장치 | - 장전기 실험 장치 | - 직류 고압 전원 장치 | - 도체 평행판 2조      |
|           | - 전자저장      | - 장전용         | - 유전체 판(아크릴, 유리) |
|           |             |               | - 절연체            |

#### (2) 실험과정

- 전자저장이 두 평행판 안 쪽 마다에 안정되게 놓여있음을 확인한다. (불안정한 경우에는 수평으로 안정되게 놓이도록 한다.)
- 전원 장치의 스위치는 OFF 상태로 있어야 한다. 그리고 전원 장치의 스위치를 ON으로 하기 전에 전압 조정 손잡이를 최대로 돌려 놓는다.
- 전압과 같이 설치하고, 전원 장치와 평행판 사이에 고압 연결선을 연결한다. 전원 장치와 평행판의 접지선을 단락한다. (이 선들이 전자저장 위에 놓거나 평행판의 수평 상태를 방해하지 않도록 배치한다.)
- 상단 평행판에 부착된 마이크로미터를 천천히 약하게 돌려서 위판을 아래 판 쪽으로 밀착시켜 서로 평행하게 되도록 맞춘다. 마이크로미터를 돌려서 균형을 잃어 두 판 간의 사이 간격을 조정한다.
- 전원 장치의 전원을 전후 두 평행판의 앞쪽 끝, 전압이 걸리지 않은 상태에서 전자저장이 나타내는 무게를 기록한다.
- 전용량의 전원 스위치를 ON으로 하고 전압을 1kV에서 4kV까지 천천히 증가시켜 저울에 나타나는 무게를 표로 기록한다. (전압을 너무 많이 올리면 스파크가 일어나지 않도록 주의한다.)
- 전후 전압 조정 손잡이를 최대로 한 후 전원을 끈다. 전원을 이용하여 전극판에 놓여있는 전하를 없앤 다음 판 사이의 거리를 천천히 가면서 0.1mm의 간격을 단락한다.
- 전원 장치와 평행판 두 판 사이에 작용하는 힘의 크기를 구하고, 식  $C = \frac{Q}{V}$ 를 이용하여 전용량을 구한다.
- 두 평행판 사이에 유전체를 삽입해 0.1mm의 간격을 단락한다.



#### 4. 예제

2  
12201856  
김다영

- 도체에 전류를 흘리면 전위가 높아지며, 도체에 저장된 전하량이 2배가 되면, 주위의 전기장이 전하를 이동시키는데 필요한 일 ( $W = Fd = qEd = qV$ )도 2배가 된다.
- 평행판 축전기의 두 극판 사이의 거리가 가까울수록, 전하량이 커지면 커질수록 극판사이의 전기장이 세진다. 평행한 축전기에 전하량은 극판안쪽에만 분포한다.
- 전기장이 평행판의 전하량에 작용하는 힘의 크기는  $F = qE = \frac{qV}{d}$ 가 된다. 한편 아래쪽 평행판의 무게 변화는  $\Delta mg$ 와 동일하고 위의 힘과 평형을 이루므로  $\Delta mg = \frac{qV}{d} = \frac{C}{2d} V^2$ 이 될 것이다. 기온은  $g/100$ 이므로  $\Delta m/\sqrt{2}$ 가 되고,  $q$ 와  $C$ 는 상수이므로 기온가는  $V$ 의 변화에 따라 달라지게 된다.
- 두 평행판 사이의 전기장은  $E = \frac{q}{\epsilon_0 A}$ 일지 가우스 법칙을 이용해 알아보자.  
면전하밀도  $\sigma$ 인 균일하게 대전된 평면에 가우스 면으로 채등을 설정하면, 채등의 둘 쪽 면은 전기장과 면벡터가 수직이므로 0이 되고, 채등의 양쪽 단면에 의해  $\oint \vec{E} \cdot d\vec{r} = \int \vec{E} \cdot d\vec{A} = 2EA = \frac{q}{\epsilon_0}$ 이므로  $E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$ 가 된다. 이는 단 : 판에 대한 전기장이므로 두 평행판에 의한 전기장은  $2E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$ 가 되는 것이다.
- 평행판 축전기 내부에 유전체를 넣으면 전용량( $C$ )이 커진다. 이는 유전상수  $K$ 의 유전체를 넣으면 전위가  $K$ 배 강하게 돼. 평행판 사이의 전장 또한 강하게 된다. 따라서  $C = \frac{Q}{V}$ 에서 ( $Q$ 는 불변) 전위가 작아지면 전용량이 커지는 것이다.
- 상황에서 생기는 이온화  $C$ 와 축전압  $F$ 도 계산해 구하는  $Q$ 사이에는 차이가 존재할 것이다. 그 이유의 원인은  $C$ 에서는  $\epsilon_0$ 이 진공에서의 유전율이지만  $Q$ 에서는 대기의 유전율인 것, 또 평행판이 육안으로 평행인지 확인됨으로써 정확히 평행을 이루지 못한 것, 면적, 각경을 계산하는 데에서 차이가 발생한 것, 실험을 할 때 처음 평행판이 전하를 띠고 있었던 것 등으로 미생할 수 있다.

#### 5. 참고문헌

- 1) 양해태, 물리학과 「기초물리실험II」 북원 2020
- 2) 권정희 17인, 「대학물리학 6판」 북원 제 18장