비이상적 축전기 (10점)

전기용량 측정 방법:

먼저 점퍼선 W2로 축전기를 전압원에 연결하여 축전기가 도달할 수 있는 가장 높은 전압을 측정한다. 각 측정 전에, 점퍼선 W2로 축전기를 시작 전압원에 연결하고 저항 R1을 거쳐 점퍼선 W1로 최종 전압원(U_f)에 연결한다. 축전기 C2는 그런 방식으로 최소 10 s 동안 준비해야 하며, C1의 측정은 점퍼선 W2를 시작 전압원에서 떼어내는 것만으로 곧바로 시작할 수 있다. 최종 전압 U_f 의 정확한 값을 정하려면, 축전기를 R1을 거쳐 최종 전압원에 오랫동안(최소 3분) 연결한 뒤에 측정해야 한다. 그러면 전기용량을 다음 식으로 계산할 수 있다.

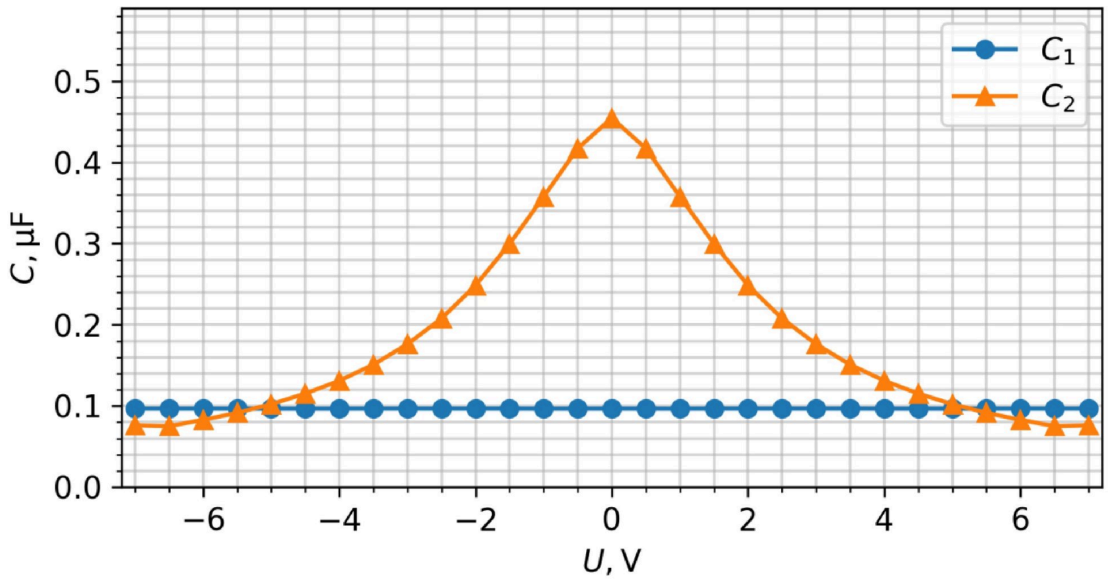
$$C(U) = \frac{U_f - U(t)}{R1} \Big/ \frac{\mathrm{d}U}{\mathrm{d}t}$$

C2를 측정할 때 충전 전류의 변화를 최소로 하려면, U_f 와 $U(t)$ 의 극성이 서로 다른 조건에서만 전기용량을 계산해야 한다. 이렇게 하면 전기용량의 전압 의존성이 0 V를 중심으로 대칭이 되어야 한다.

파트 A: 실온에서의 축전기 (4점)

A.1 (2.3 pt)

그래프 $C_1(U)$ 는 일정해야 하고, $C_2(U)$ 는 0 V에서 가장 커야 한다.
실온 29 °C에서 측정한 결과의 예.



	C_1	C_2
0 V	0.100 μF	0.473 μF
3 V	0.100 μF	0.183 μF
6 V	0.100 μF	0.086 μF

$$C(U) = \frac{U_f - U(t)}{R1} \Big/ \frac{\mathrm{d}U}{\mathrm{d}t}.$$

A.2 (0.5 pt)

$U_{\text{max change}} = 1.6$ V (축전기 C2에서)

A.3 (1.2 pt)

$C(6\ \mathrm{V}) \cdot 6\ \mathrm{V}$ 를 곱하려고만 할 것이 아니라 $\int_{0V}^{6V} C(U)\mathrm{d}U$ 를 계산하는 것이 중요하다

$$q_1 = 0.60\ \mu\mathrm{C}; \quad q_2 = 1.3\ \mu\mathrm{C}$$

파트 B: NCT 서미스터 보정 (1점)

B.1 (1.0 pt)

$$R_0 = \frac{U_{T0} R_3}{U - U_{T0}} \mathrm{e}^{-B/T},$$

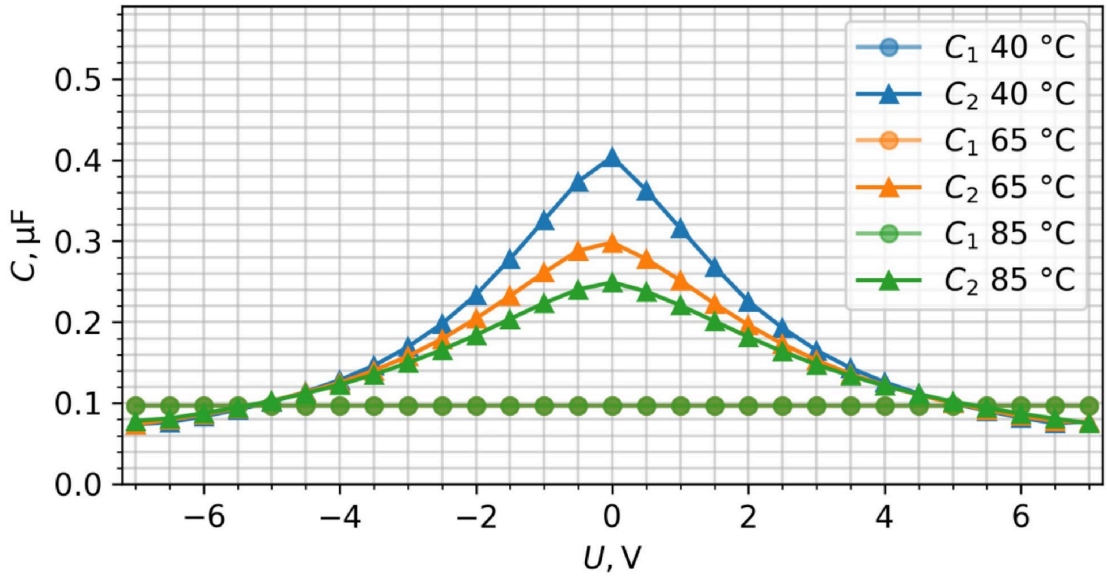
여기서 $U = 3.3$ V, U_{T0} – 실온에서의 uT, T – 켈빈 단위의 실온

$R_0 = 0.0341\ \Omega.$

파트 C: 서로 다른 온도에서의 축전기 (3점)

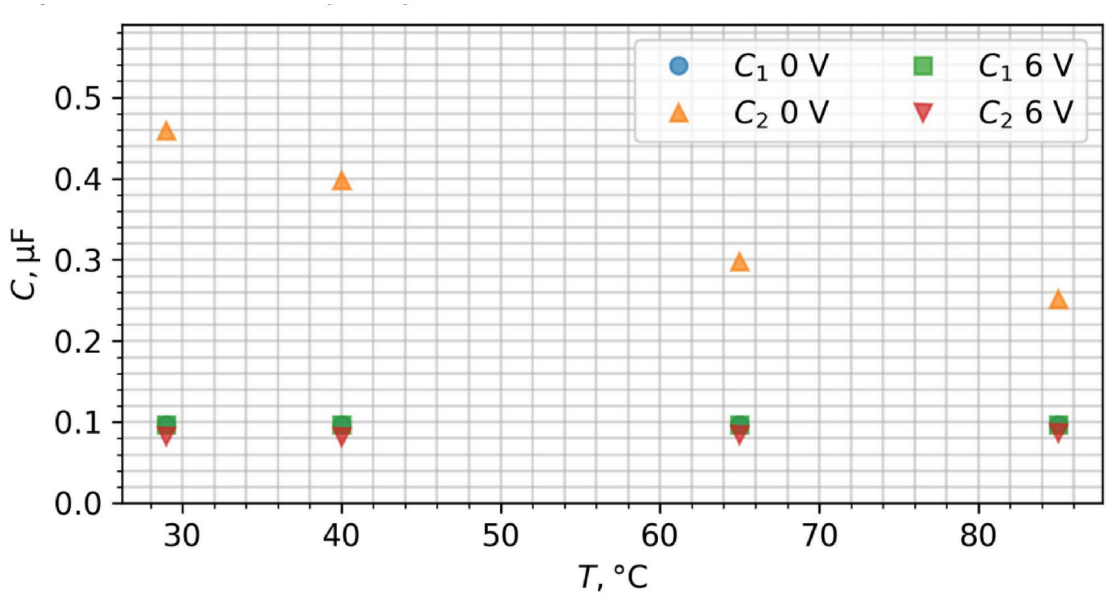
C.1 (1.3 pt)

그래프 $C_1(U,T)$ 는 항상 일정하게 유지되어야 하고, $C_2(U)$ 는 0 V에서 가장 커야 한다



C.2 (0.5 pt)

그래프 $C_1(T)$ 는 항상 일정하게 유지되어야 한다



C.3 (1.2 pt)

$C_1(85\ ^\circ\mathrm{C})/C_1(40\ ^\circ\mathrm{C})\,|_{0\mathrm{V}} = 1.00$

$C_1(85\ ^\circ\mathrm{C})/C_1(40\ ^\circ\mathrm{C})\,|_{6\mathrm{V}} = 1.00$

$C_2(85\ ^\circ\mathrm{C})/C_2(40\ ^\circ\mathrm{C})\,|_{0\mathrm{V}} = 0.63$

$C_2(85\ ^\circ\mathrm{C})/C_2(40\ ^\circ\mathrm{C})\,|_{6\mathrm{V}} = 1.06$

파트 D: 측정 오차의 원인 (2점)

D.1 (1.0 pt)

초기 설정:

S1 위치	IN 연결
C1	-9V 또는 GND

과정:

단계 번호	S1 위치	IN 연결	지속 시간, s	측정 변수
1	C1	+9V	0.2 s (짧은 시간 이면 어떤 값이든 좋다)	
2	C1	미연결		$\lvert \mathrm{d}u_C(t)\rvert/\mathrm{d}t$
3	C1	+9V	5 s (첫 번째보다 훨씬 길어야 한다)	
4	C1	미연결		$\lvert \mathrm{d}u_C(t)\rvert/\mathrm{d}t$

확인: $\lvert \mathrm{d}u_C(t)\rvert/\mathrm{d}t\,|_2 = \lvert \mathrm{d}u_C(t)\rvert/\mathrm{d}t\,|_4$

주된 오차 원인: 1 (누설 전류.)

D.2 (1.0 pt)

초기 설정:

S1 위치	IN 연결
C2	-9V 또는 GND

과정:

단계 번호	S1 위치	IN 연결	지속 시간, s	측정 변수
1	C2	+9V	0.2 s (짧은 시간이면 어떤 값이든 좋다)	
2	C2	미연결		$\lvert \mathrm{d}u_C(t)\rvert/\mathrm{d}t$
3	C2	+9V	5 s (첫 번째보다 훨씬 길어야 한다)	
4	C2	미연결		$\lvert \mathrm{d}u_C(t)\rvert/\mathrm{d}t$

확인: $\lvert \mathrm{d}u_C(t)\rvert/\mathrm{d}t\,\rvert_2 \gg \lvert \mathrm{d}u_C(t)\rvert/\mathrm{d}t\,\rvert_4$

또는,

$$\frac{\lvert \mathrm{d}u_C(t)\rvert/\mathrm{d}t\,\rvert_2}{\lvert \mathrm{d}u_C(t)\rvert/\mathrm{d}t\,\rvert_4} > 2.$$

주된 오차 원인: 2 (축전기 유전체 매질의 분극 성질)