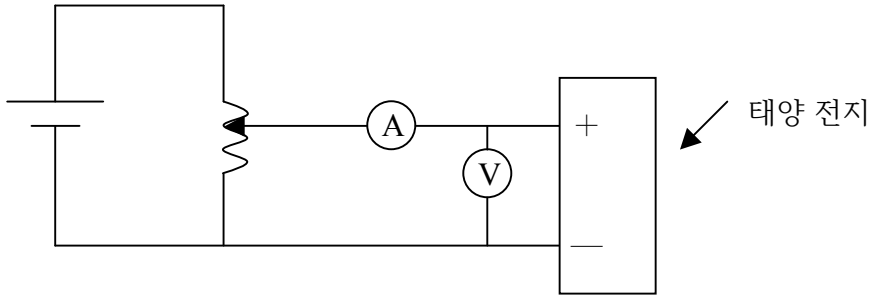
실험 문제 풀이

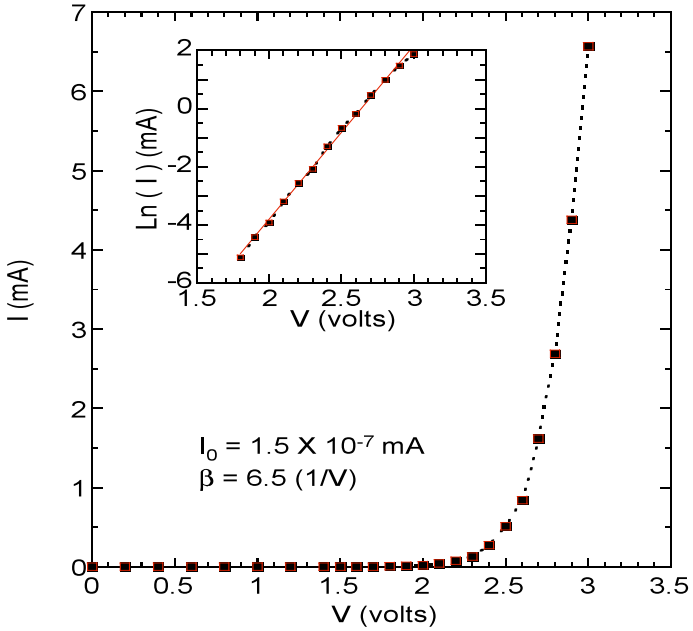
(1) (문제 (1): 3점)
순방향 바이어스를 건 태양 전지의 암 I-V 특성을 재시오.
a. 쓴 전기 회로의 그림을 그리시오.
b. β와 I_0의 값을 정하시오.

a. 회로 그림



올바른 회로 그림 (1점)

b. 암전류-전압 특성 식의 β와 I_0 값을 정하시오.



	I_0	β
1	$(\times\times\times)\times 10^{-\times}$	×××
2		
3		

$\overline{I_0} = \times\times\times \pm \times\times$

$\overline{\beta} = \times\times\times \pm \times\times$

올바른 I-V 곡선 (1점)

- 변수와 단위를 적은 알맞은 데이터 표 (0.2점)
- 실험의 정확도와 범위에 맞게 가로축·세로축의 눈금 크기와 단위를 알맞게 고른다 (0.3점)

- I-V 곡선을 선형 곡선으로 올바르게 바꾸는 것을 포함한 올바른 곡선 (0.5점)

유효 숫자와 오차로 나타낸 β의 올바른 값

$(\beta \pm \Delta\beta)$

$(\beta = 3.0 \sim 8.0\ V^{-1})$ (0.5점)

I_0의 올바른 값 I_0 유효 숫자와 오차로 나타낸

$(I_0 \pm \Delta I_0)$

$(I_0 = 1.3\times10^{-11} \sim 2.1\times10^{-9}\ A)$ or

$(1.3\times10^{-8} \sim 2.1\times10^{-6}\ mA)$ (0.5점)

$\ell n\, I_0 = -25 \sim -20$ (for A)

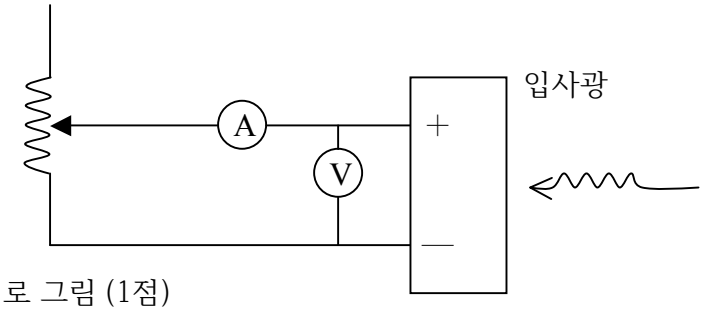
$\ell n\, I_0 = -18 \sim -13$ (for mA)

(2) (문제 (2): 7점)

백색광을 비추고 전기 바이어스 없이 태양 전지의 특성을 재시오.

(주: 광원과 태양 전지 상자 사이의 거리는 그림 5처럼 30 cm로 유지해야 한다.)

a. 쓴 회로를 그리시오.



올바른 회로 그림 (1점)

b. 단락 전류 I_{sc}를 재시오.

(I_{sc} = ××) (2.0 mA ~ 4.5 mA)

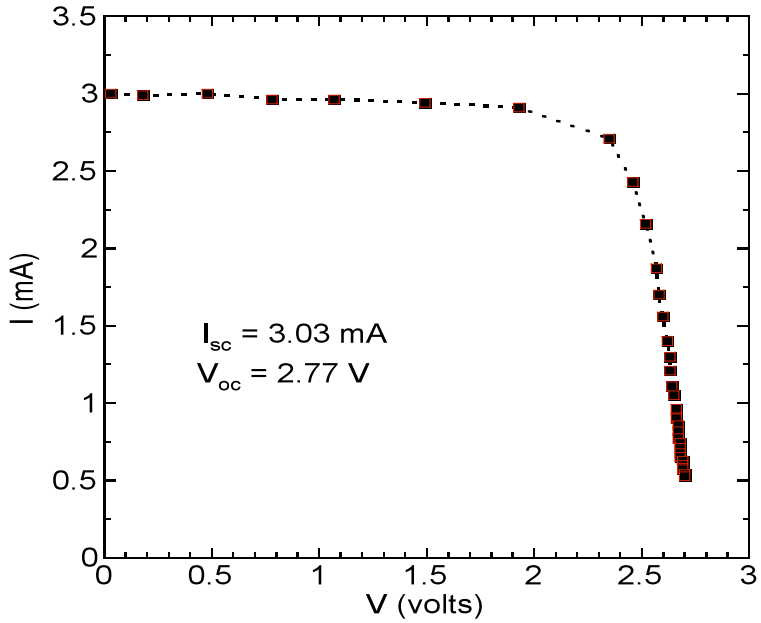
올바른 I_{sc} 값 (0.5점)

c. 개방 전압 V_{oc}를 재시오.

올바른 V_{oc} 값 (0.5점)

(V_{oc} = ××) (2.7 V ~ 3.2 V)

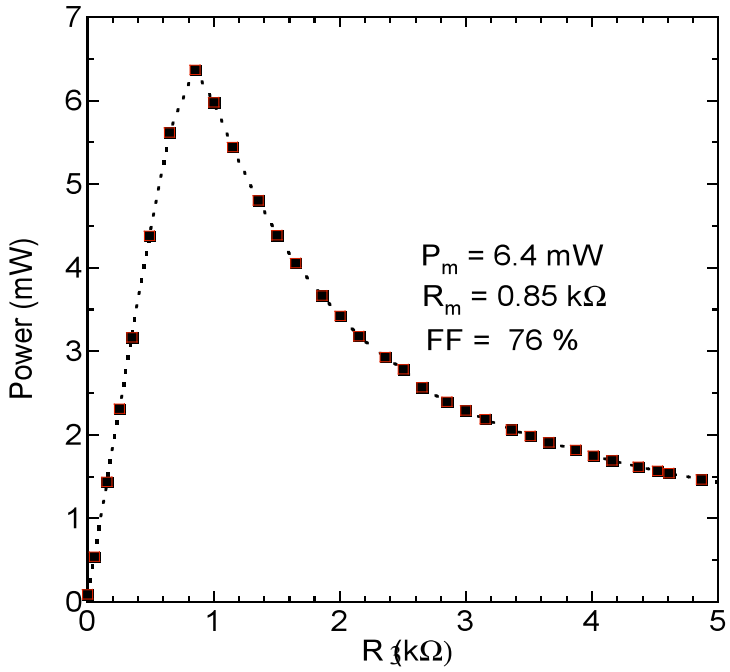
d. 부하 저항을 바꾸며 태양 전지의 I 대 V 관계를 재고 I-V 곡선을 그리시오.



I, V 데이터를 올바르게 재고 I-V 곡선을 알맞게 그린다 (2점)

- 변수와 단위를 적은 알맞은 데이터 표 (0.2점)
- 실험의 정확도와 범위에 맞게 가로축·세로축의 눈금 크기와 단위를 알맞게 고른다 (0.3점)
- 올바른 I, V 데이터와 올바른 I-V 곡선 (1.5점)

e. 태양 전지의 최대 출력 일률을 정하시오.



	P_m (mW)	R_m (kΩ)	FF
1	××	×××	××%
2			
3			

P_m을 정하는 정확한 방법 P_m (1점)

올바른 P_m 값 $4.2\,\mathrm{mW} < P_m < 9.0\,\mathrm{mW}$ (1점)

f. 최대 출력 일률일 때의 부하 저항을 정하시오.

최대 출력 일률일 때의 올바른 부하 저항

$0.6\ \mathrm{k\Omega} < R < 1.3\ \mathrm{k\Omega}$

(0.5점)

g. 채움 인자 FF ≡ $P_m/(I_{sc}V_{_oc})$를 계산하시오.

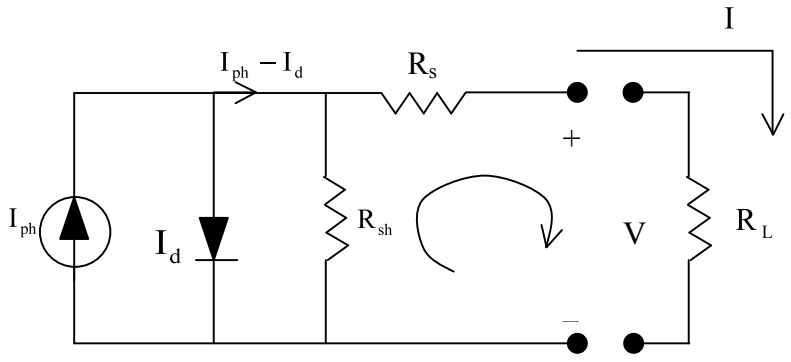
채움 인자(FF)의 올바른 어림

62% < FF < 81% (0.5점)

(3) (문제 (3): 3.0점)

태양 전지를 이상적인 전류원(빛으로 생긴 전류원), 이상적인 다이오드, 분로 저항 R_{sh}, 직렬 저항 R_s로 이루어진 소자로 나타낼 수 있다고 하자.

a. 빛을 비춘 태양 전지의 올바른 등가 회로 그림을 그리시오.



올바른 회로 그림 (1.5점)

b. 등가 회로의 I-V 관계를 유도하시오.

결과를 다음으로 나타내시오: $_R_{sh}$, R_s, 빛으로 생긴 전류 I_{ph}, 그리고 다이오드를 지나는 전류 I_d.

키르히호프 고리 법칙을 쓰면 다음을 얻는다

$$IR_s + V - (I_{ph} - I_d - I)R_{sh} = 0$$

$$I(1+\frac{R_s}{R_{sh}}) = I_{ph} - \frac{V}{R_{sh}} - I_d .$$

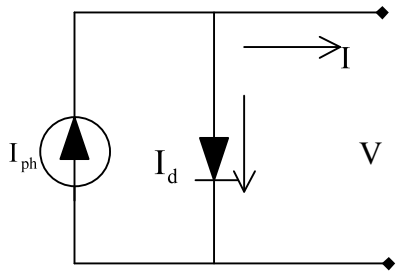
올바른 식 (0.5점)

c. R_{sh} = 무한대이고 R_s = 0이어서 무시할 수 있다고 가정하고, I-V 관계를 구하여 이것이 다음 꼴로 쓸 수 있음을 증명하시오:

$$V_{oc} = \beta^{-1}\, \ell n\, (\frac{I_{sc}}{I_0} + 1),$$

여기서 V_{oc}는 개방 전압, I_{sc}는 단락 전류,
또 I_0, β는 상수이다.

증명: $R_s = 0$, R_{sh} = 무한대이면 등가 회로는 다음이 된다



따라서 $I = I_{ph} - I_d = I_{ph} - I_0(e^{\beta V} - 1)$

닫힌 회로에서 $V = 0$ $\quad \therefore I_{ph} = I_{sc}$

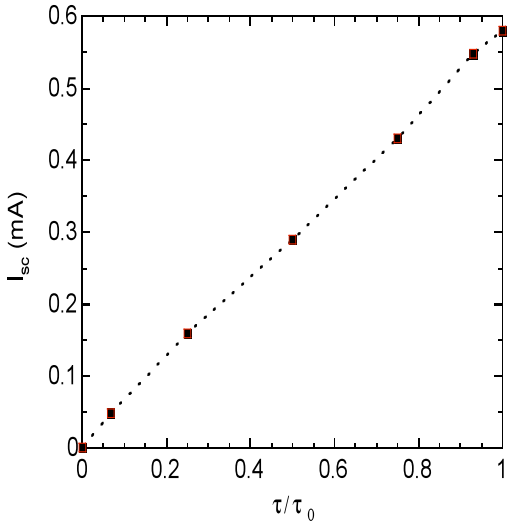
열린 회로에서 $I = 0$ $\quad \therefore I_{sc} - I_0(e^{\beta V_{oc}} - 1) = 0$

$$\therefore V_{oc} = \frac{1}{\beta}\, \ell n\, (\frac{I_{sc}}{I_0} + 1)$$

올바른 관계 증명: V_{oc} 대 I_{sc} (1점)
적절한 중간 결과에는 부분 점수를 줄 수 있다.

(4) (문제 (4): 4점)
조도의 효과를 구하시오.

a. 상대 빛 세기에 대한 I_{SC} 곡선을 재고 그리며, I_{SC}와 상대 빛 세기 사이의 대략적인 함수 관계를 정하시오.



($\mathcal{I}_0$는 빛의 세기
두 편광판의 축이 평행할 때)

편광판과 필터를 올바르게 써서 비추는 빛의 세기를 바꾼다
(1점)

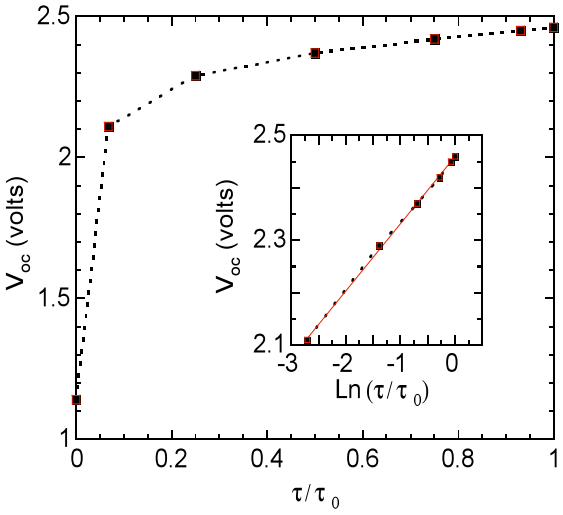
("장비와 재료"의 설명처럼 편광판은 노란빛보다 짧은 파장의 빛에는 효과가 떨어지므로, 조도의 올바른 상대 눈금을 얻으려면 노란 필터를 편광판과 함께 써야 한다)

올바른 측정: I_{sc}와 빛의 세기 사이 관계 정하기 –
I_{sc}관계를 알맞게 그리고 말뤼스 법칙을 쓸 줄 아는 것 포함. (1.5점)

(I_{sc} 는 빛의 세기에 거의 비례한다: I_{sc} = A $\mathcal{I}/\mathcal{I}_0$)

b. 상대 빛 세기에 대한 V_{oc} 곡선을 재고 그리며, V_{oc}와 상대 빛 세기 사이의 대략적인 함수 관계를 정하시오.

$\mathcal{I}/\mathcal{I}_0$	I_{sc} (mA)	V_{oc} (V)
1	×××	
0.93		
0.75		
0.50		
0.25		
0.067		
0.00		



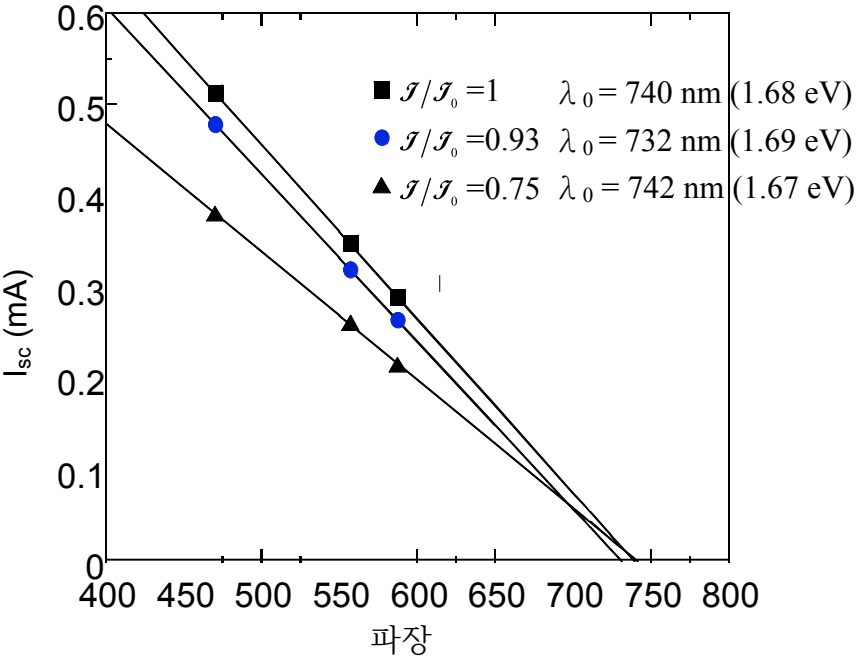
올바른 측정: V_{oc}와 그 관계 정하기
사이의 V_{oc}와 빛의 세기 – 관계를 알맞게 그리기 포함
관계. (1.5점)

$(V_{oc} = A\,\ell n(\mathcal{I}/\mathcal{I}_0) + B$ 또는 $V_{oc} = A'\log(\mathcal{I}/\mathcal{I}_0) + B')$

(5) (문제 (5): 3.0점)
여러 조도에서 태양 전지의 파장 응답을 구하시오.

a. 세 광학 필터를 써서 여러 차단 파장에 대한 I_{sc}를 재고 그리시오.

$\mathcal{I}/\mathcal{I}_0$	빨강: I_{sc}(mA)	주황: I_{sc}(mA)	노랑: I_{sc}(mA)
1	×××	×××	×××
0.93			
0.75			



여러 광학 필터와 조도에서 태양 전지의 단락 전류를 올바르게 측정
(1.5점)

b. 태양 전지가 제대로 작동할 수 있는 가장 긴 파장을 어림하시오.

가장 긴 응답 파장을 올바르게 분석 (1점) (730 ~ 770 nm)

c. 태양 전지가 어떤 반도체 물질로 만들어졌는지 짐작하시오. (도움말: 흔히 쓰는 반도체의 띠틈은 InAs: 0.36 eV, Ge: 0.67 eV, Si: 1.1 eV, 비정질 Si(a-Si : H): 1.7 eV, GaN: 3.5 eV이다)
태양 전지를 만든 반도체 물질을 올바르게 짐작
(0.5점) (a-Si : H)