



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



Χαρακτηριστικές καμπύλες
Φωτοβολταϊκού πλαισίου



Μάθημα: Τεχνολογίες Ενέργειας και Περιβάλλοντος	
Ονοματεπώνυμο & ΑΜ Φοιτητή	Κυριακή Θεοχάρη 2018050043
Είδος Αναφοράς :	Ατομική
Ημερομηνία Εκτέλεσης :	02/04/2021
Ημερομηνία Παράδοσης :	10/04/2021
Όνομα Αναφοράς:	Άσκησης 1: Χαρακτηριστικές καμπύλες Φωτοβολταϊκού πλαισίου
Δεδομένα:	Data_23

Ερώτηση 1: Από το πίνακα μετρήσεων χαράξτε (στο EXCEL) τις γραφικές παραστάσεις $i=f(V)$ και $P=f(V)$. Ποιο είναι το σημείο μέγιστης ισχύος (τάση, ένταση, ισχύ) για το Φ/Β πλαίσιο;

Λύση:

Για την δημιουργία των γραφικών παραστάσεων συμπληρώθηκε ο παρακάτω πίνακας με την χρήση του προγράμματος excel.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
		Τάση V (Volts) στα άκρα του Φ/Β πλαισίου			Ένταση I (mA) του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα			Εξωτερική Αντίσταση R (Ω)	Μέση Ηλεκτρική Ισχύς P (mW) που παράγει το Φ/Β πλαίσιο	Πυκνότητα ηλιακής/ φωτεινής ισχύος G ($\frac{W}{m^2}$)
1		1 ^η μέτρηση	2 ^η μέτρηση	Μέση τιμή V _{mean}	1 ^η μέτρηση	2 ^η μέτρηση	Μέση τιμή I _{mean}		Μέση τιμή P _{mean}	
5	1	0,55	0,57	0,56	20,3	20,2	20,25	0	11,34	
6	2	1,42	1,41	1,415	20	19,9	19,95	10	28,22925	
7	3	2,45	2,45	2,45	19,9	19,8	19,85	20	48,6325	
8	4	3,37	3,39	3,38	19,7	19,7	19,7	30	66,586	
9	5	4,34	4,39	4,365	19,6	19,6	19,6	40	85,554	
10	6	5,29	5,36	5,325	19,5	19,6	19,55	50	104,10375	
11	7	6,4	6,44	6,42	19,5	19,5	19,5	60	125,19	
12	8	7,19	7,5	7,345	19,4	19,3	19,35	70	142,12575	
13	9	8,1	7,99	8,045	19,2	19,2	19,2	80	154,464	
14	10	8,96	8,8	8,88	19	19	19	90	168,72	
15	11	9,72	9,5	9,61	18,7	18,7	18,7	100	179,707	
16	12	10,5	10,4	10,45	18,5	18,5	18,5	110	193,325	
17	13	11,24	11,01	11,125	18,1	18	18,05	120	200,80625	
18	14	11,93	11,9	11,915	17,8	17,8	17,8	130	212,087	
19	15	12,57	12,58	12,575	17,5	17,5	17,5	140	220,0625	
20	16	12,99	13	12,995	17	16,9	16,95	150	220,26525	
21	17	13,88	13,92	13,9	16,2	16,3	16,25	160	225,875	
22	18	14,25	14,29	14,27	15,9	15,9	15,9	170	226,893	
23	19	14,7	14,73	14,715	15,5	15,7	15,6	180	229,554	
24	20	15,32	15,36	15,34	14,9	14,9	14,9	190	228,566	
25	21	15,6	15,63	15,615	14,4	14,5	14,45	200	225,63675	
26	22	15,99	16,05	16,02	14	13,9	13,95	210	223,479	105
27	23	16,61	16,58	16,595	11,1	11	11,05	220	183,37475	
28	24	16,89	17,01	16,95	8,7	8,8	8,75	230	148,3125	
29	25	17,05	17,09	17,07	5,7	5,7	5,7	300	97,299	
30	26	17,16	17,15	17,155	4,9	4,9	4,9	400	84,0595	
31	27	17,25	17,35	17,3	4,3	4,3	4,3	500	74,39	
32	28	17,32	17,42	17,37	3,8	3,8	3,8	600	66,006	
33	29	17,37	17,45	17,41	3,5	3,5	3,5	800	60,935	
34	30	17,62	17,63	17,625	1,8	1,8	1,8	1000	31,725	
35	31	17,69	17,75	17,72	1,2	1,2	1,2	2000	21,264	
36	32	17,72	17,74	17,73	0	0	0	∞ (άππειρη)	0	

Ακολουθεί ενδεικτικά το αριθμητικό παράδειγμα συμπλήρωσης για την πρώτη γραμμή του πίνακα.

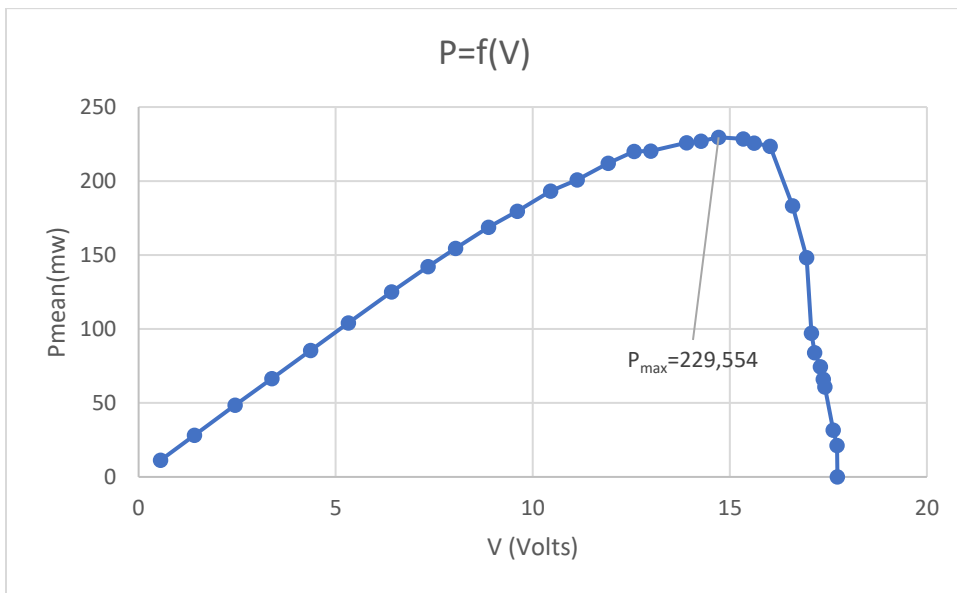
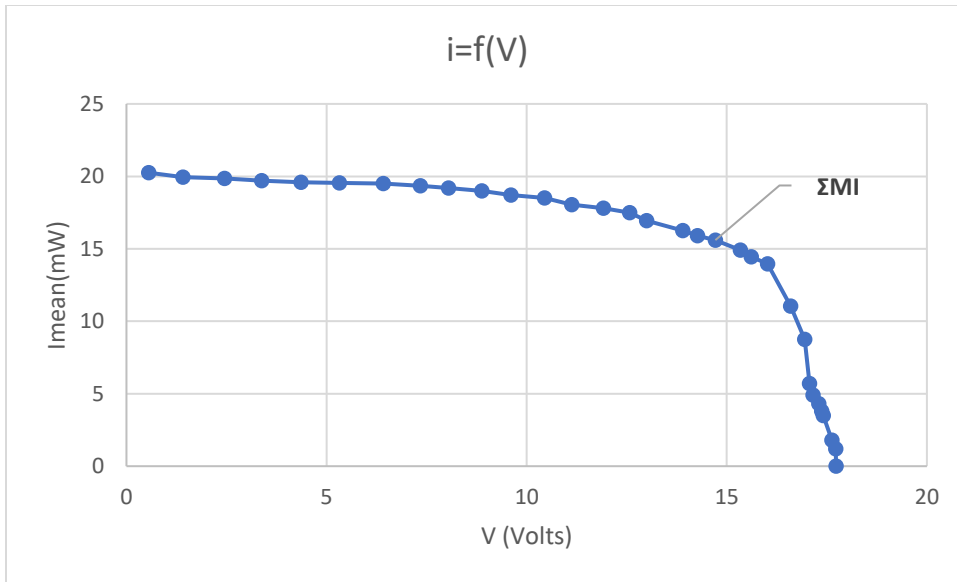
$$\text{Μέση τιμή } V_{\text{mean}}: \frac{0,55+0,57}{2} = 0,56 \text{ Volts}$$

$$\text{Μέση τιμή } I_{\text{mean}}: \frac{20,3+20,2}{2} = 20,25 \text{ mA}$$

$$\text{Μέση Ηλεκτρική Ισχύς } P \text{ που παράγει το Φ/Β: } P = V_{\text{mean}} * I_{\text{mean}}$$

$$= 0,56 \text{ V} * 20,25 \text{ mA}$$

$$= 11,34 \text{ mW}$$



Το σημείο της μέγιστης ισχύς είναι το 229,554 mW.

Ερώτηση 2: Υπολογίστε τον συντελεστή απόδοσης και την απόδοση (%) για κάθε Φ/Β πλαίσιο καθώς και το σφάλμα της τιμής (δη ή ση) . Παρουσιάστε με τον ενδεδειγμένο τρόπο (ορθός αριθμός σημαντικών και δεκαδικών ψηφίων) το αποτέλεσμά σας ως $n \pm \delta n$. Συγκρίνετε με τις τιμές που δίνονται από την βιβλιογραφία. Γράψτε τα συμπεράσματά σας.

Λύση:

Υπολογισμός συντελεστή απόδοσης με την χρήση του τύπου $n = \frac{P_m}{P_{inc}}$

Όπου: P_{inc} =προσπίπτουσα ισχύ φωτεινής ακτινοβολίας πάνω στο Φ/Β πλαίσιο και υπολογίζεται με την σχέση $P_{inc}=G \cdot A$ (G η ένδειξη του πυρανομέτρου και A το εμβαδόν της επιφάνειας).

P_m =η ηλεκτρική ισχύς που αποδίδει το πλαίσιο στο σημείο μέγιστης ισχύος(βρέθηκε στο πρώτο ερώτημα από το διάγραμμα $P=f(V)$).

$$\text{Άρα } n = \frac{P_m}{P_{inc}} = \frac{P_m}{G \cdot A} = \frac{229,554 \cdot 10^{-3} W}{105 \frac{W}{m^2} \cdot 0,03978 m^2} = 0,055$$

Οπότε η απόδοση(%) είναι 5,5%.

Υπολογισμός του σφάλματος της απόδοσης με την χρήση του τύπου:

$$\delta n = \sqrt{\frac{\partial n}{\partial V} \cdot \delta V + \frac{\partial n}{\partial I} \cdot \delta I + \frac{\partial n}{\partial G} \cdot \delta G}$$

Όπου: $V = V_{mp}$ (γραμμή 19^η του πίνακα που αντιστοιχεί για το P_m)

$I = I_{mp}$ (γραμμή 19^η του πίνακα που αντιστοιχεί για το P_m)

$$\begin{aligned} \delta n &= \sqrt{\frac{\partial n}{\partial V} \cdot \delta V + \frac{\partial n}{\partial I} \cdot \delta I + \frac{\partial n}{\partial G} \cdot \delta G} = \sqrt{\left[\frac{I}{G \cdot A} \cdot \delta V \right]^2 + \left[\frac{V}{G \cdot A} \cdot \delta I \right]^2 + \left[-\frac{I \cdot V}{G^2 \cdot A} \cdot \delta G \right]^2} \\ \Rightarrow \delta n &= \sqrt{\left[\frac{15,6 \cdot 10^{-3}}{105 \cdot 0,03978} \cdot 0,02 \right]^2 + \left[\frac{14,715}{105 \cdot 0,03978} \cdot 0,2 \cdot 10^{-3} \right]^2 + \left[-\frac{15,6 \cdot 10^{-3} \cdot 14,715}{105^2 \cdot 0,03978} \cdot (0,05 \cdot 105) \right]^2} \\ &= \sqrt{(7,47 \cdot 10^{-5})^2 + (7,05 \cdot 10^{-4})^2 + (-2,75 \cdot 10^{-3})^2} \\ &= \pm 2,8 \cdot 10^{-3} \end{aligned}$$

Άρα ο συντελεστής απόδοσης είναι $n=0,055 \pm 2,8 \cdot 10^{-3}$

Απο την βιβλιογραφία για το άμορφου πυριτίου η απόδοση κυμαίνεται από 6 ως 10(%) ενώ με την πάροδο του χρόνου η απόδοση του μειώνεται σε 4 ως 8 (%). Όπως υπολογίστηκε παραπάνω η απόδοσης είναι 5,5 % δηλαδή ανήκει στην δεύτερη κατηγορία από 4 ως 8(%). Υπάρχουν δυο λόγοι που η απόδοση είναι μειωμένη ο πρώτος όπως αναφέρεται και στην θεωρία είναι λόγο του χρόνου όπου από τα χρονιά λειτουργίας του Φ/Β πλαισίου μπορεί να δημιουργήθηκαν διάφορες φθορές στα εξαρτήματα του με αποτέλεσμα να δημιουργούνται διάφορες απώλειες. Ο δεύτερος λόγος είναι ότι το εύρος της απόδοσης στην βιβλιογραφία αναφέρεται στις χαρακτηριστικές τιμές το πλαισίου όπως δοθήκαν βάση με τις πρότυπες συνθήκες ελέγχου (STC) οι οποίες είναι διαφορετικές από τις συνθήκες που επικρατούν καθημερινά στον τόπο που είναι το Φ/Β πλαίσιο.

Ερώτηση 3: Υπολογίστε τον συντελεστή πλήρωσης [Fill Factor, FF] για το Φ/Β πλαίσιο. Σχολιάστε τα αποτελέσματα με βάση όσα γράφονται στο αντίστοιχο τμήμα των εργαστηριακών σημειώσεων.

Λύση:

Για τον υπολογισμό του συντελεστή πλήρωσης(FF) χρησιμοποιήθηκε ο τύπος $FF = \frac{P_m}{P}$

Όπου: P=Η ισχύς που θα έδινε το πλαίσιο αν είχε στα άκρα του μέγιστη τάση V_{oc} και διαρρέοταν από ρεύμα I_{sc} .

$$FF = \frac{P_m}{P} = \frac{V_{mp} * I_{mp}}{V_{oc} * I_{sc}} = \frac{14,715 * 15,6}{17,73 * 20,25} = 0,6$$

Πρώτα θα ήταν καλό να αφεθεί ο ορισμός του συντελεστή πλήρωσης για ένα Φ/Β πλαίσιο που είναι ο λόγος της ηλεκτρικής ισχύς που αποδίδει το πλαίσιο στο σημείο μέγιστης ισχύος ως προς την ισχύ που έδινε το πλαίσιο αν είχε στα άκρα του μέγιστη τάση V_{oc} και διαρρέοταν από ρεύμα I_{sc} . Γενικά ο συντελεστής είναι ένας δείκτης που παρουσιάζει την ενεργειακή συμπεριφορά του Φ/Β πλαισίου.

Στο πείραμα βάση με τις μετρήσεις βρέθηκε ότι ο FF είναι ίσος με 0,6, από την θεωρία τα Φ/Β πλαίσια που έχουν πολύ καλή ενεργειακή συμπεριφορά έχουν FF με τιμές που κυμαίνονται από 0,7 ως 0,9. Οπότε το Φ/Β πλαίσιο που δόθηκε για την εργαστηριακή άσκηση δεν ήταν πολύ καλής ενεργειακής συμπεριφοράς. Ο λόγος που έχει 0,6 (FF) μπορεί να οφείλεται στο ότι είναι σχετικά παλιό όπως δείξαμε και στην ερώτηση 2 με αποτέλεσμα κάποια εξαρτήματα του να έχουν φθορές.

Ερώτηση 4: Εξηγείστε γιατί ο συντελεστής απόδοσης ενός Φ/Β πλαισίου είναι πάντα μικρότερος της μονάδας. Επιβεβαιώνεται το παραπάνω στο πείραμά σας;

Ο συντελεστής απόδοσης ενός Φ/Β πλαισίου είναι πάντα μικρότερος της μονάδας γιατί και από τον τύπο η ηλεκτρική ισχύς που αποδίδει το πλαίσιο στο σημείο μέγιστης ισχύος δηλαδή η μέγιστη ισχύς (P_{MAX}) είναι μικρότερη από την προσπίπτουσα ισχύ φωτεινής ακτινοβολίας πάνω στο Φ/Β πλαίσιο (P_{inc}). Αυτό επιβεβαιώνεται και από το πείραμα καθώς η $P_m=229,554mW$, $P_{inc}=4146,9Mw$.

Ερώτηση 5: Ποια είναι η διαφορά ανάμεσα στην ισχύ αιχμής (Peak power) και στην μέγιστη ισχύ (P_{max}) ενός Φ/Β; Επιβεβαιώστε την απάντησή σας από τα αριθμητικά στοιχεία του πειράματός σας.

Η ισχύς αιχμής ή διαφορετικά η μέγιστη ισχύς P_p Peak power ενός Φ/Β πλαισίου ορίζεται ως η μέγιστη ισχύ με την οποία αποδίδει ενέργεια κάτω από τις πρότυπες συνθήκες ελέγχου (STC). Σε αντίθεση με το σημείο μέγιστης ισχύος όπου είναι το σημείο που η ισχύς που παρέχει το Φ/Β είναι μέγιστη. Στις περισσότερες περιπτώσεις η $P_{max} < P_p$.

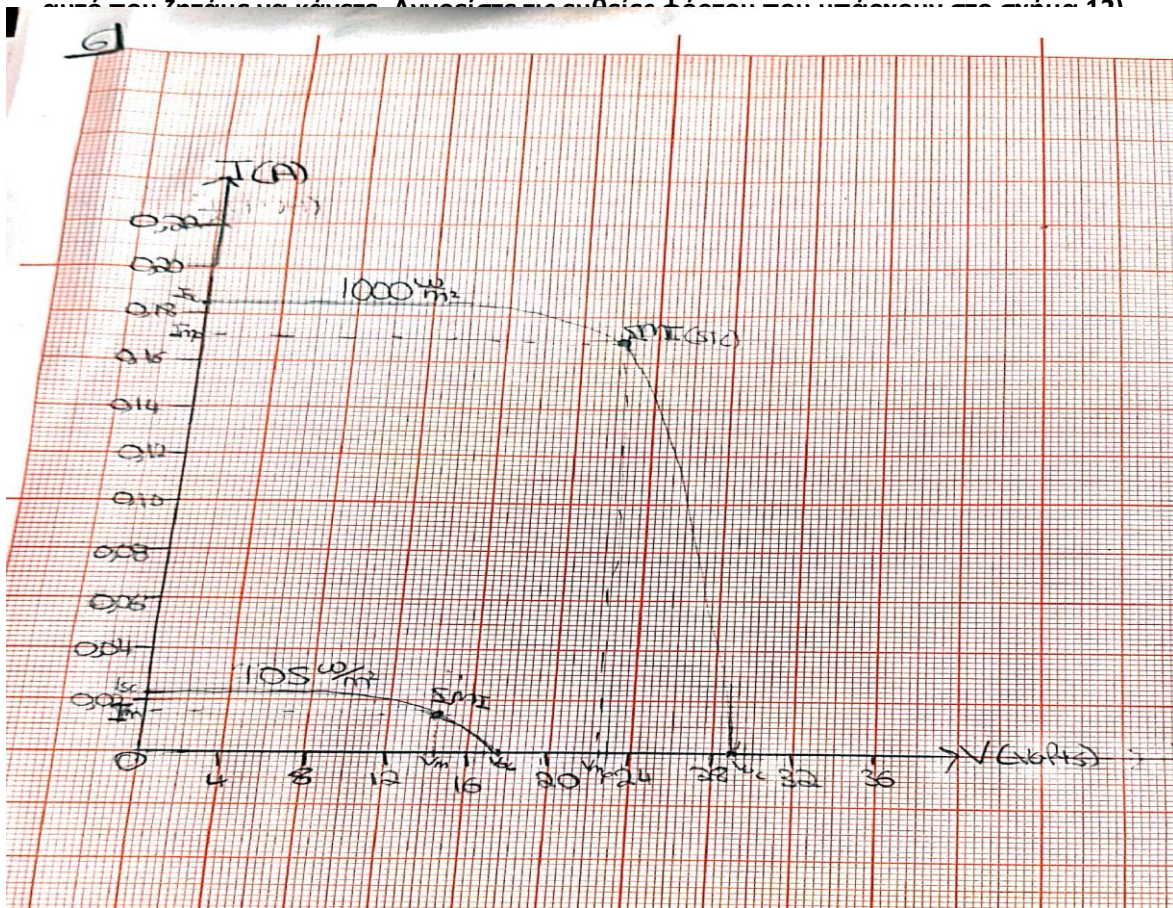
Από την γραφική παράσταση $P=f(V)$ στην πρώτη ερώτηση δίνεται το σημείο μέγιστης ισχύος ίσο με 229,554mW. Σε αντίθεση η μέγιστη ισχύ που υπολογίζεται με τον τύπο $P_p = V_{MP} * I_{MP}$.

$$P_p = V_{MP} * I_{MP}$$

$$= 23,5V * 169,8 \text{ mA}$$

$$= 3990.3 \text{ mW}$$

Ερώτηση 6: Με βάση τα στοιχεία εργαστηριακής λειτουργίας του Φ/Β πλαισίου σε συνθήκες STC (σας δίνονται στην αρχή) σχεδιάστε σε χαρτί μιλιμετρέ (με το χέρι) και με όση ακρίβεια σας επιτρέπουν τα αριθμητικά δεδομένα την γραφική παράσταση $i=f(V)$ για τις συνθήκες STC. Στο ίδιο μιλιμετρέ και στο ίδιο γράφημα σχεδιάστε με το χέρι την γραφική παράσταση $i=f(V)$ με τις πειραματικές μετρήσεις σας (ερώτηση 1) έτσι ώστε να συγκριθούν μεταξύ τους (δείτε το σχήμα 12, σελ.16 των εργαστηριακών σημειώσεων για να καταλάβετε γιατί τον ζήτημα να κάνετε). Αναγράψτε τις συνθήκες $i=f(V)$ που υπάρχουν στο σχήμα 12!



Οι παραπάνω καμπύλες ονομάζονται χαρακτηριστικές καμπύλες I-V του Φ/Β στοιχείου (όταν αυτό φωτίζεται από ακτινοβολία σταθερής ισχύος) και ορίζονται ως η γραφική παράσταση του ρεύματος I-R που διαρρέει το Φ/Β στοιχείο σε συνάρτηση με την τάση V που υπάρχει στα άκρα της επαφής p-n (Φ/Β στοιχείο). Όπως φαίνεται από το διάγραμμα καθώς αυξάνεται η τάση, το ρεύμα που κυκλοφορεί στο Φ/Β στοιχείο είναι περίπου σταθερό για μια μεγάλη περιοχή και

στην συνέχεια παρουσιάζεται μια μεγάλη πτώση μέχρι που το ρεύμα γίνεται μηδέν (0). Από τις καμπύλες στην σελίδα 16 των σημειώσεων παρατηρούνται ακριβώς τα ίδια συμπεριφορά των καμπυλών δηλαδή καθώς αυξάνεται η τάση, το ρεύμα που κυκλοφορεί στο Φ/Β είναι περίπου σταθερό για μια μεγάλη περιοχή και στην συνέχεια παρατηρείται μια μεγάλη πτώση μέχρι που το ρεύμα γίνεται μηδέν.