

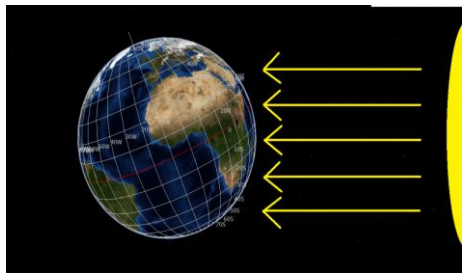
Ηλιακή Ενέργεια

Ο ήλιος εκπέμπει καθημερινά προς την γη φως και θερμότητα. Ο ήλιος ως πηγή ενέργειας είναι πρακτικά ανεξάντλητη. Ο άνθρωπος έχει ανάγκη την ενέργεια του ήλιου. Χωρίς αυτήν η ζωή στον πλανήτη μας θα ήταν αδύνατη.

Ο ήλιος είναι ουσιαστικά ένα τεράστιο πυρηνικό εργοστάσιο του οποίου η ενέργεια φτάνει στην γη και κατά συνέπεια σε εμάς μετά από το αναγκαίο φιλτράρισμα της ατμόσφαιρας.

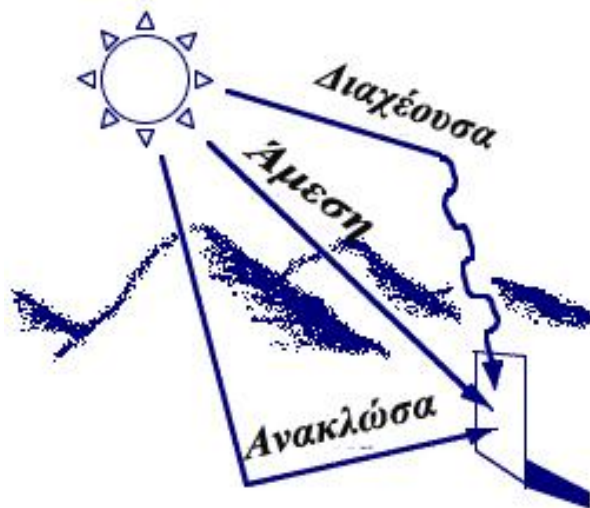
Η ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει σε ένα σημείο στην επιφάνεια της γης μια δεδομένη χρονική στιγμή χαρακτηρίζεται από την ένταση και την διεύθυνση πρόσπτωσης.

Καθημερινά ο πλανήτης μας «λουζεται» με ασύλληπτα ποσά ηλιακής ενέργειας. Μέσα σε ένα χρόνο, κάθε τετραγωνικό μέτρο εδάφους οποιασδήποτε περιοχής με μεγάλη ηλιοφάνεια δέχεται πάνω από 2.000 κιλοβατώρες φωτεινής ενέργειας. Αν μπορούσαμε να συγκεντρώσουμε και να μετατρέψουμε σε ηλεκτρική ενέργεια αυτή τη ποσότητα, θα κρατήσουμε σε λειτουργία μια χύτρα ταχύτητας για περίπου έξι εβδομάδες.



Στην επιφάνεια της γης φτάνει μόνο ένα μέρος της ακτινοβολίας που προέρχεται άμεσα από τον ήλιο (άμεση ηλιακή ακτινοβολία), ενώ το υπόλοιπο είτε απορροφάται από τα συστατικά της ατμόσφαιρας είτε ανακλάται πάλι προς το διάστημα ή προς την επιφάνεια της γης.

Η ακτινοβολία που προσπίπτει στην επιφάνεια της γης μετά από διαδοχικές ανακλάσεις δεν έχει συγκεκριμένη διεύθυνση και καλείται διάχυτη ακτινοβολία.



Σχήμα 1. 1 Ηλιακή ακτινοβολία

Το τεράστιο ποσό της ανεξάντλητης ενέργειας από τον ήλιο έχει οδηγήσει στην δημιουργία μιας πληθώρας εφαρμογών για την εκμετάλλευσή της, που χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες εφαρμογών: τα παθητικά ηλιακά συστήματα, τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα, και τα φωτοβολταϊκά συστήματα. Τα παθητικά και τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα εκμεταλλεύονται τη θερμότητα που εκπέμπεται μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ τα φωτοβολταϊκά συστήματα στηρίζονται στη

μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρικό ρεύμα μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου.



Η γεωγραφική θέση μίας χώρας παίζει κυρίαρχο ρόλο στην δυνατότητα ανάπτυξης και οικονομικής εκμετάλλευση εφαρμογών με πηγή την ηλιακή ενέργεια. Όπως είναι φυσικό, η Ελλάδα πρέπει να είναι στην πρώτη γραμμή των χωρών της Ευρώπης σε εφαρμογές εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας.

Η χώρα μας έχει ήδη κυρίαρχη θέση στην χρήση ηλιοθερμικών μονάδων (ηλιακοί θερμοσίφωνες). Σε κάθε νέο κτήριο που κατασκευάζεται, προβλέπεται χώρος για την τοποθέτηση του ηλιακού θερμοσίφωνα και γίνεται προεγκατάσταση σωληνώσεων και ηλεκτρικού δικτύου για την σύνδεση του.

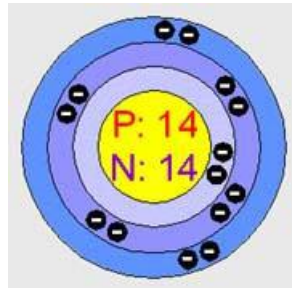
Εκτός από την θέρμανση του νερού, η ενέργεια του ήλιου μπορεί να μετατραπεί σε ηλεκτρική ενέργεια με την χρήση των φωτοβολταϊκών πλαισίων. Οι φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις έχουν αρχίσει να κάνουν αισθητή την παρουσία τους και στην χώρα μας. Αξίζει να αναφέρουμε ότι σε λίγα χρόνια θα υπάρχει η αναγκαία προεγκατάσταση των ηλεκτρικών δικτύων που απαιτούνται για την τοποθέτηση και λειτουργία των φωτοβολταϊκών πλαισίων, σε κάθε νέο-ανεγειρόμενο σπίτι.

Η μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική

Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο και η λειτουργία του φωτοβολταϊκού συστήματος στηρίζεται στις βασικές ιδιότητες των ημιαγωγών. Όταν το φως προσπίπτει σε μια επιφάνεια είτε ανακλάται, είτε την διαπερνά (διαπερατότητα) είτε απορροφάται από το υλικό της επιφάνειας. Η απορρόφηση του φωτός ουσιαστικά σημαίνει την μετατροπή του σε μια άλλη μορφή ενέργειας (σύμφωνα με την αρχή διατήρησης της ενέργειας) η οποία συνήθως είναι η θερμότητα. Παρόλα αυτά όμως υπάρχουν κάποια υλικά τα οποία έχουν την ιδιότητα να μετατρέπουν την ενέργεια των προσπιπτόντων φωτονίων σε ηλεκτρική ενέργεια.

Αυτά τα υλικά είναι οι ημιαγωγοί και σε αυτά οφείλεται επίσης η τεράστια τεχνολογική πρόοδος που έχει συντελέσει στον τομέα της ηλεκτρονικής και συνεπακόλουθα στον ευρύτερο χώρο της πληροφορικής και των τηλεπικοινωνιών.

Το χαρακτηριστικό στοιχείο ενός ημιαγωγού που το διαφοροποιεί από τα υπόλοιπα υλικά είναι ο αριθμός των ηλεκτρονίων του ατόμου στην εξωτερική του στοιβάδα (σθένους). Ο περισσότερος γνωστός ημιαγωγός και το πιο σύνηθες υλικό κατασκευής των ηλιακών κυψελών είναι το πυρίτιο (Si).



Σχήμα 1. 2: Άτομο πυριτίου

Το πυρίτιο έχει κάποιες ιδιαίτερες χημικές ιδιότητες στην κρυσταλλική του δομή. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.2, ένα άτομο πυριτίου έχει 14 ηλεκτρόνια καταναμημένα σε τρεις διαφορετικές στοιβάδες. Οι πρώτες δύο στοιβάδες, αυτές που είναι πιο κοντά στο κέντρο, είναι συμπληρωμένες (2 και 8 ηλεκτρόνια αντίστοιχα). Η εξωτερική στοιβάδα όμως έχει μόνο 4 ηλεκτρόνια ενώ θα έπρεπε να έχει 8. Γι' αυτό μοιράζεται ηλεκτρόνια με τα γειτονικά του άτομα. Έτσι, τα άτομα συνδέονται μεταξύ τους και σχηματίζουν την κρυσταλλική δομή του πυριτίου, που είναι πολύ σημαντική για τις ηλιακές κυψέλες.

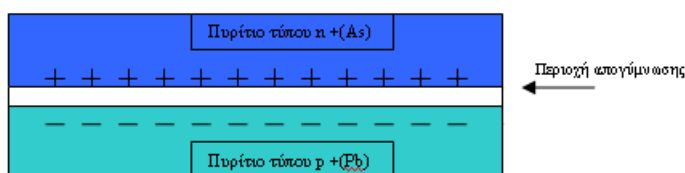
Αυτό είναι το καθαρό κρυσταλλικό πυρίτιο. Το καθαρό κρυσταλλικό πυρίτιο είναι κακός αγωγός του ηλεκτρισμού αφού κανένα ηλεκτρόνιο του δεν είναι ελεύθερο να μετακινηθεί όπως τα ηλεκτρόνια στους καλούς αγωγούς, σαν το χαλκό. Αντίθετα τα ηλεκτρόνια του είναι 'κλειδωμένα' στην κρυσταλλική δομή του. Το πυρίτιο σε μια ηλιακή κυψέλη τροποποιείται ελαφρά έτσι ώστε να μπορέσει να λειτουργήσει σαν ηλιακή κυψέλη. Το κρυσταλλικό πυρίτιο αναμιγνύεται με άτομα φωσφόρου. Ο φώσφορος έχει 5 ηλεκτρόνια στην εξωτερική του στοιβάδα και όχι 4 όπως το πυρίτιο. Πάλι συνδέεται με τα γειτονικά του άτομα πυριτίου αλλά ο φώσφορος έχει ένα ηλεκτρόνιο που δεν συνδέεται με κάποιο άλλο. Δεν σχηματίζει δεσμό, αλλά υπάρχει ένα θετικό πρωτόνιο στον πυρήνα του φωσφόρου που το συγκρατεί.

Όταν διοχετεύεται ενέργεια στο καθαρό πυρίτιο, για παράδειγμα με τη μορφή θερμότητας, μερικά ηλεκτρόνια σπάζουν τους δεσμούς τους και φεύγουν από τα άτομα τους. Τότε δημιουργείται μια κενή θέση στο άτομο. Αυτά τα ηλεκτρόνια περιφέρονται τυχαία μέσα στο κρυσταλλικό πυρίτιο αναζητώντας μια άλλη θέση. Έτσι μεταφέρουν την ενέργεια (ηλεκτρικό ρεύμα). Είναι τόσο λίγα που δεν είναι πολύ χρήσιμα. Το πυρίτιο, όμως, με άτομα φωσφόρου είναι κάτι διαφορετικό. Χρειάζεται λιγότερη ενέργεια για να ελευθερωθεί το επιπλέον ηλεκτρόνιο του φωσφόρου, αφού αυτό δεν σχηματίζει δεσμό με άλλο (τα γειτονικά ηλεκτρόνια δεν το συγκρατούν).

Σαν αποτέλεσμα τα περισσότερα από αυτά τα ηλεκτρόνια ελευθερώνονται και γίνονται φορείς ηλεκτρικού ρεύματος, που είναι πολύ περισσότεροι από αυτούς του κρυσταλλικού πυριτίου. Η διαδικασία μίξης ατόμων κρυσταλλικού πυριτίου με άτομα φωσφόρου δημιουργεί πυρίτιο που ονομάζεται πυρίτιο τύπου N (Negative, Αρνητικό) εξαιτίας της υπεροχής του αριθμού των ηλεκτρονίων και είναι καλός αγωγός του ηλεκτρικού ρεύματος.

Στην πραγματικότητα μόνο ένα μέρος της ηλιακής κυψέλης είναι πυρίτιο τύπου N. Το άλλο μέρος είναι ανάμειξη κρυσταλλικού πυριτίου με βόριο, το οποίο έχει μόνο 3 ηλεκτρόνια στην εξωτερική του στοιβάδα αντί για 4, και μετατρέπεται σε πυρίτιο τύπου P. Αντί να έχει ελεύθερα ηλεκτρόνια, το πυρίτιο τύπου P (Positive, θετικό) έχει ελεύθερες θέσεις. Οι θέσεις αυτές είναι ουσιαστικά απουσία ηλεκτρονίων, και έτσι μεταφέρουν αντίθετο φορτίο (θετικό) και περιφέρονται όπως και τα ηλεκτρόνια.

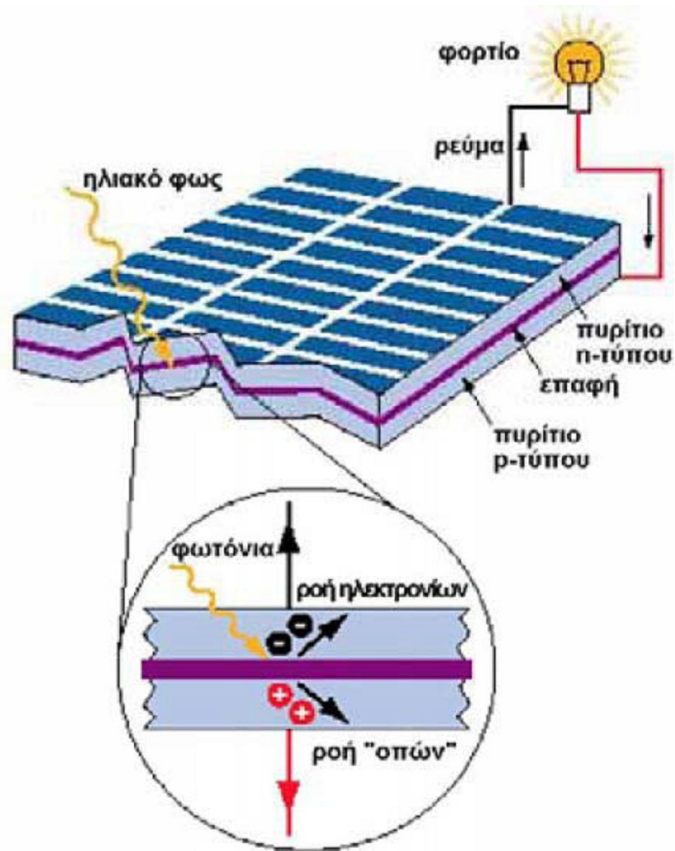
Όταν τοποθετηθούν μαζί πυρίτιο τύπου P και N, η ηλιακή κυψέλη έχει τουλάχιστον ένα ηλεκτρικό πεδίο. Χωρίς ηλεκτρικό πεδίο, η κυψέλη δεν θα λειτουργούσε. Ξαφνικά τα ηλεκτρόνια του πυριτίου τύπου N ψάχνουν για ελεύθερες θέσεις και προσπαθούν να καλύψουν τις κενές θέσεις στο πυρίτιο τύπου P. Το ηλεκτρικό πεδίο λειτουργεί σαν ηλεκτρόδιο, επιτρέποντας τα ηλεκτρόνια να περάσουν από το πυρίτιο P στο N αλλά όχι αντίστροφα. Έτσι, δημιουργείται ηλεκτρικό πεδίο που λειτουργεί σαν ηλεκτρόδιο, στο οποίο τα ηλεκτρόνια μπορούν να κινηθούν σε μια μόνο κατεύθυνση.



Σχήμα 1. 3: Το ηλεκτρικό πεδίο μιας ηλιακής κυψέλης

Άρα λοιπόν, η λειτουργία των ηλιακών κυψελών βασίζεται στην δημιουργία ηλεκτροστατικού φράγματος δυναμικού. Όσο διαρκεί η ακτινοβολία της κυψέλης, δημιουργείται μια περίσσεια από ζεύγη φορέων. Αν οι ελεύθεροι αυτοί φορείς δεν επανασυνδυαστούν αλλά βρεθούν στην περιοχή της ένωσης P-N, θα δεχτούν το ενσωματωμένο ηλεκτροστατικό πεδίο της διόδου και θα διαχωριστούν. Έτσι τα ελεύθερα ηλεκτρόνια εκτρέπονται προς το τμήμα τύπου N και οι οπές μεταφέρονται προς το τμήμα τύπου P, με αποτέλεσμα η συσσώρευση αυτή του φορτίου στα δυο τμήματα να δημιουργεί μια διαφορά δυναμικού ανάμεσα στους ακροδέκτες της διόδου. Η διάταξη, δηλαδή, λειτουργεί ως ορθά πολωμένη δίοδος και ως πηγή ηλεκτρικού ρεύματος για όσο διαρκεί η οπτική διέγερση.

Η εκδήλωση της διαφοράς δυναμικού ανάμεσα στις δυο όψεις της ηλιακής κυψέλης σύμφωνα με την διαδικασία που προαναφέρθηκε ονομάζεται φωτοβολταϊκό φαινόμενο



Σχήμα 1.4

Η μέγιστη απόδοση των φωτοβολταϊκών στοιχείων (Φ/B), ανάλογα με το υλικό κατασκευής τους κυμαίνεται από 7% (ηλιακά στοιχεία άμορφου πυριτίου) έως 12-15% (ηλιακά στοιχεία μονοκρυσταλλικού πυριτίου). (Μαλαμής Β, 1999). Το σημαντικό είναι ότι η ενέργεια που παράγεται με αυτό τον τρόπο, είναι δυνατό να αποθηκευτεί σε ηλεκτρικούς συσσωρευτές (μπαταρίες). Έτσι έχουμε ενέργεια ανεξάντλητη, ανανεώσιμη, φθηνή και κυρίως "καθαρή". Τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα από τη χρήση των φωτοβολταϊκών είναι :

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Μηδενική ρύπανση	υψηλό κόστος κατασκευής
Αθόρυβη λειτουργία	έλλειψη επιδοτήσεων
Αξιοπιστία και μεγάλη διάρκεια ζωής	προβλήματα στην αποθήκευση
Απεξάρτηση από τροφοδοσία καυσίμων της ενέργειας (μπαταρίες)	
Δυνατότητα επέκτασης	
Μηδενικό κόστος παραγωγής ενέργειας - ελάχιστη συντήρηση	

Τα Φ/Β παράγουν συνεχές ρεύμα που το μετατρέπουμε σε εναλλασσόμενο 220 V στη χώρα μας (ρεύμα ίδιο με της ΔΕΗ) με ηλεκτρονικές συσκευές (αντιστροφείς συνεχούς - εναλλασσόμενου). Μπορούμε να "πουλήσουμε" ρεύμα στη ΔΕΗ (Ν. 2244/94 για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας). Με τα σημερινά οικονομικά και τεχνολογικά δεδομένα, η χρήση αυτών των συστημάτων δεν είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη, γίνονται όμως προσπάθειες για τη μείωση του κόστους παραγωγής αυτών των πολύτιμων υλικών.

Φωτοβολταϊκό σύστημα

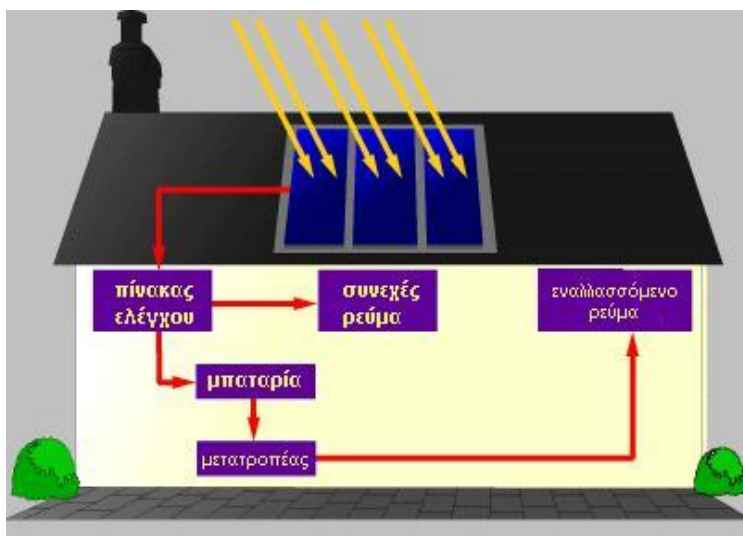
Ένα φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται από ένα ή περισσότερα πάνελ (ή πλαίσια, ή όπως λέγονται συχνά στο εμπόριο, «κρύσταλλα») φωτοβολταϊκών στοιχείων (ή «κυψελών», ή «κυττάρων»), μαζί με τις απαραίτητες συσκευές και διατάξεις για τη μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται στην επιθυμητή μορφή.

Το φωτοβολταϊκό στοιχείο είναι συνήθως τετράγωνο, με πλευρά 120-160mm. Δυο τύποι πυριτίου χρησιμοποιούνται για την δημιουργία φωτοβολταϊκών στοιχείων: το άμορφο και το κρυσταλλικό πυρίτιο, ενώ το κρυσταλλικό πυρίτιο διακρίνεται σε μονοκρυσταλλικό ή πολυκρυσταλλικό. Το άμορφο και το κρυσταλλικό πυρίτιο παρουσιάζουν τόσο πλεονεκτήματα, όσο και μειονεκτήματα, και κατά τη μελέτη του φωτοβολταϊκού συστήματος γίνεται η αξιολόγηση των ειδικών συνθηκών της εφαρμογής (κατεύθυνση και διάρκεια της ηλιοφάνειας, τυχόν σκιάσεις κλπ.) ώστε να επιλεγεί η κατάλληλη τεχνολογία.

Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από μια Φ/Β συστοιχία είναι συνεχούς ρεύματος (DC), και για το λόγο αυτό οι πρώτες χρήσεις των φωτοβολταϊκών αφορούσαν εφαρμογές DC τάσης: κλασικά παραδείγματα είναι ο υπολογιστής τσέπης («κομπιουτεράκι») και οι δορυφόροι. Με την προοδευτική αύξηση όμως του βαθμού απόδοσης, δημιουργήθηκαν ειδικές συσκευές – οι αναστροφείς (inverters) - που σκοπό έχουν να μετατρέψουν την έξοδο συνεχούς τάσης της Φ/Β συστοιχίας σε εναλλασσόμενη τάση. Με τον τρόπο αυτό, το Φ/Β σύστημα είναι σε θέση να τροφοδοτήσει μια σύγχρονη εγκατάσταση (κατοικία, θερμοκήπιο, μονάδα παραγωγής κλπ.) που χρησιμοποιεί κατά κανόνα συσκευές εναλλασσόμενου ρεύματος(AC).



Φωτοβολταϊκά συστήματα με μπαταρίες

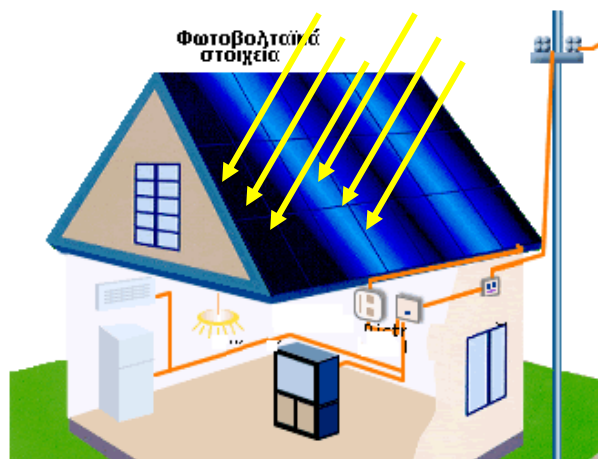


Τα φωτοβολταϊκά συστήματα με μπαταρίες είναι μία πολύ αξιόπιστη λύση για την ηλεκτροδότηση ενός χώρου ή μηχανήματος 24 ώρες το 24ωρο, με βροχή ή λιακάδα. Χρησιμοποιούνται σε όλο τον κόσμο για να μας δίνουν φως, να προμηθεύουν ηλεκτρικό τις οικιακές συσκευές, διακόπτες, τηλέφωνα, ακόμα και μηχανολογικό εξοπλισμό βαρέως τύπου. Κατά

την διάρκεια της ημέρας τα στοιχεία συλλέγουν ηλιακό φως, το μετατρέπουν σε ηλεκτρικό ρεύμα και το αποθηκεύουν στις μπαταρίες. Αυτές με την σειρά τους μας προμηθεύουν με ηλεκτρισμό όταν ζητηθεί. Μεσολαβεί μία συσκευή που ονομάζεται "ρυθμιστής φόρτισης" η οποία φροντίζει να φορτίζονται σωστά οι μπαταρίες και επιμηκύνει την διάρκεια ζωής τους, προστατεύοντάς τις από υπερφόρτιση ή από την ολική τους αποφόρτιση.

Οι μπαταρίες είναι χρήσιμες στις περισσότερες περιπτώσεις αλλά απαιτούν μία περιοδική συντήρηση. Μοιάζουν με τις μπαταρίες των αυτοκινήτων, αλλά είναι σχεδιασμένες έτσι ώστε να μας δίνουν περισσότερο απο το αποθηκευμένο ρεύμα τους κάθε ημέρα. Τα υγρά τους πρέπει να ελέγχονται περιοδικά και πρέπει να προστατεύονται από υπερβολικά χαμηλές θερμοκρασίες. Η ποσότητα του ηλεκτρικού ρεύματος που μπορούμε να απαιτήσουμε από αυτές μετά την δύση του ήλιου ή σε συννεφιασμένο καιρό καθορίζεται από την παραγωγή των φωτοβολταϊκών στοιχείων και το είδος/ποσότητα των μπαταριών. Η πρόσθεση επιπλέον μπαταριών και στοιχείων ανεβάζει το κόστος της επένδυσής μας, για αυτό τον λόγο πρέπει να γίνεται καλή μελέτη των ενεργειακών αναγκών πριν την εγκατάσταση του συστήματος για τον ορισμό του αποδοτικότερου μεγέθους του συστήματος. Εάν οι ανάγκες μας σε ενέργεια αλλάξουν η προσθήκη και άλλων μερών του συστήματος είναι εφικτή και απλή.

Φωτοβολταϊκό σύστημα συνδεδεμένο με τη ΔΕΗ



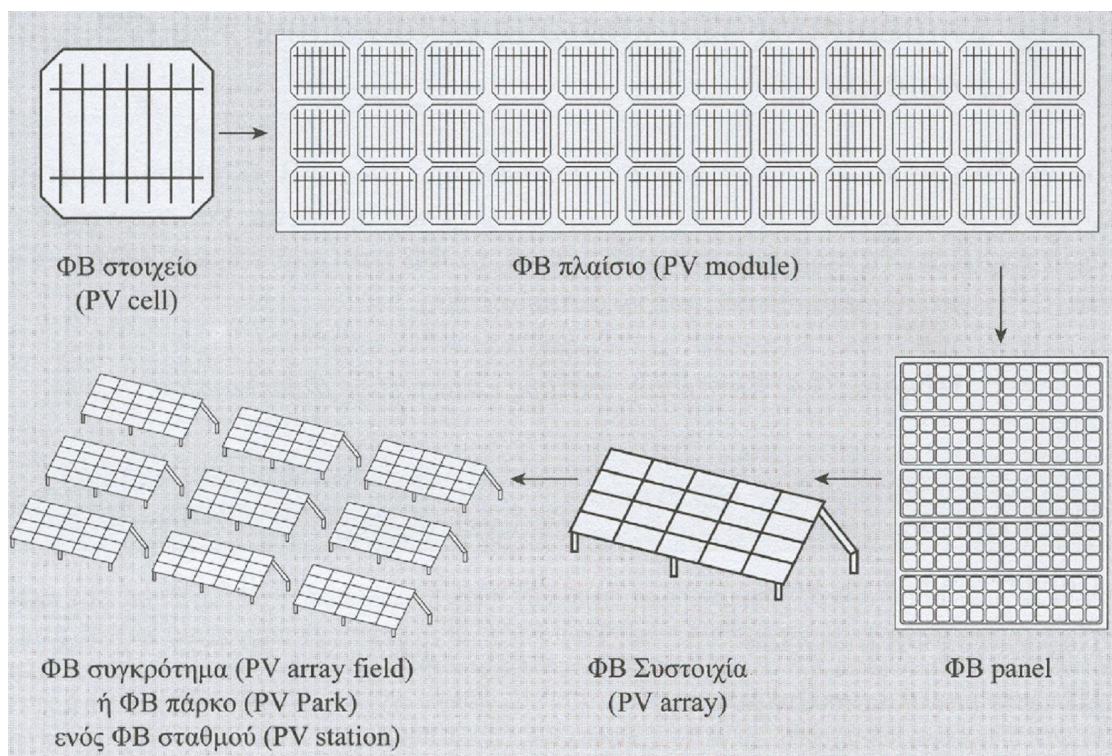
Σε μέρη όπου ήδη υπάρχει ηλεκτρικό ρεύμα είναι εφικτή η σύνδεσή του με το φωτοβολταϊκό μας σύστημα, συμπληρώνοντας έτσι τις ανάγκες μας σε ενέργεια και αντικαθιστώντας την χρήση των μπαταριών. Πολλοί ιδιοκτήτες σπιτιών χρησιμοποιούν και τις δύο

πηγές ηλεκτρισμού, μειώνοντας έτσι τον λογαριασμό του ηλεκτρικού. Ικανοποιούνται επίσης από το γεγονός ότι δεν μολύνουν το περιβάλλον. Ένας χρήστης φωτοβολταϊκού συστήματος που είναι συνδεδεμένο με το δίκτυο μπορεί επίσης να πουλήσει ρεύμα στην ΑΗΚ. Αυτό επιτυγχάνεται τοποθετώντας ένα μετρητή μεταξύ του συστήματος και του δικτύου. Το ρεύμα που του παρέχει το φωτοβολταϊκό σύστημα διοχετεύεται (ή πωλείται) στο δίκτυο. Για να γίνει αυτό εφικτό χρειάζεται ένας εγκεκριμένος μετατροπέας που μετατρέπει το συνεχές ρεύμα που παράγει το φωτοβολταϊκό σύστημα στο εναλλασσόμενο του δικτύου εξισορροπώντας την τάση, την συχνότητα και την ποιότητά του με ακρίβεια. Σε περίπτωση πτώσης της τάσης του δικτύου, αυτόματοι διακόπτες ασφαλείας αποσυνδέουν το φωτοβολταϊκό σύστημα από αυτό.

ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΕΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ

Οι ηλιακές κυψέλες

Επειδή η ενέργεια που παράγεται από μια ηλιακή κυψέλη είναι περιορισμένη και προκειμένου να παραχθεί μια σημαντική ποσότητα ηλεκτρικού ρεύματος, πολλές ηλιακές κυψέλες συνδέονται μεταξύ τους ηλεκτρονικά, σχηματίζοντας έτσι ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο. Όταν πρόκειται για εγκαταστάσεις, στις οποίες γίνεται παραγωγή μέσης ή μεγάλης ποσότητας ηλεκτρικής ισχύος, απαιτείται η ύπαρξη πολλών φωτοβολταϊκών πλαισίων, τα οποία συνδέονται και σχηματίζουν ένα φωτοβολταϊκό πάρκο. Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια διατάσσονται με τέτοιο τρόπο, στο διαθέσιμο χώρο, ώστε να μην προκαλούνται προβλήματα σκίασης μεταξύ των διαφορετικών σειρών των πλαισίων.



Η δομή των ηλιακών κυψελών

Για λόγους μηχανικής αντοχής και ευχρηστίας, οι ηλιακές κυψέλες έχουν ενσωματωμένα στο περίγραμμά τους μεταλλικά ελάσματα ανοδιωμένου αλουμινίου και, για λόγους προστασίας είναι αεροστεγώς και υδατοστεγώς κλεισμένα μέσα σε ειδικό γυαλί και ειδικό μονωτικό πλαστικό.

Οι ηλιακές κυψέλες αποτελούνται από:

- Μεταλλική βάση

- Πυρίτιο τύπου P
- Πυρίτιο τύπου N
- Μηανακλαστικό στρώμα επικάλυψης
- Μεταλλικά αγωγία ελάσματα.

Τα είδη των ηλιακών κυψελών

Οι ηλιακές κυψέλες μπορούν να διαφοροποιηθούν με βάση την κρυσταλλική τους δομή σε:

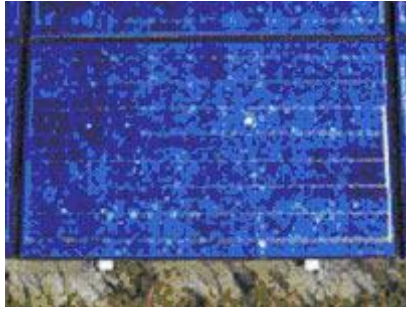
1. Μονοκρυσταλλικό πυρίτιο

Οι κυψέλες μονοκρυσταλλικού πυριτίου έχουν κοπή από ένα κυλινδρικό κρύσταλλο πυριτίου. Το πυρίτιο πρέπει να είναι πολύ υψηλής καθαρότητας και να έχει τέλεια δομή κρυστάλλου. Αυτού του είδους οι ηλιακές κυψέλες έχουν και την μεγαλύτερη απόδοση, δηλαδή μετατρέπουν μεγαλύτερο ποσοστό της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρισμό. Η κατασκευή τους όμως είναι πιο πολύπλοκη γιατί απαιτεί την κατασκευή του μονοκρυσταλλικού πυριτίου με αποτέλεσμα υψηλότερο κόστος κατασκευής.



2. Πολυκρυσταλλικό πυρίτιο

Οι ηλιακές κυψέλες πολυκρυσταλλικού πυριτίου κατασκευάζονται από ράβδους λιωμένου και επανακρυσταλλομένου πυριτίου. Για την παραγωγή τους, οι ράβδοι του πυριτίου κόβονται σε λεπτά τμήματα από τα οποία κατασκευάζεται η κυψέλη του φωτοβολταϊκού πλαισίου με την διαδικασία χύτευσης. Η διαδικασία κατασκευής τους είναι απλούστερη από εκείνη των μονοκρυσταλλικών ηλιακών κυψελών με αποτέλεσμα χαμηλότερο κόστος παραγωγής. Όμως, παρουσιάζουν μικρότερη απόδοση από τις ηλιακές κυψέλες μονοκρυσταλλικού πυριτίου που οφείλεται στις ατέλειες στη δομή του κρυστάλλου ως αποτέλεσμα της διαδικασίας χύτευσης.



Άμορφο πυρίτιο

Το άμορφο πυρίτιο ανήκει σε μια από τις τεχνολογίες λεπτού υμενίου (thin film technology). Οι ηλιακές κυψέλες αυτής της κατηγορίας αποτελούνται από ένα λεπτό στρώμα πυριτίου που έχει εναποτεθεί ομοιόμορφα σε κατάλληλη βάση. Σαν βάση μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια μεγάλη ποικιλία υλικών από δύσκαμπτα μέχρι ελαστικά με αποτέλεσμα μεγαλύτερο εύρος εφαρμογών, ιδιαίτερα σε καμπύλες ή εύκαμπτες επιφάνειες. Ενώ το άμορφο πυρίτιο παρουσιάζει μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα στην απορρόφηση του φωτός, εντούτοις η φωτοβολταϊκή απόδοση του είναι η μικρότερη των κρυσταλλικών. Το φθινό όμως κόστος κατασκευής τους τα κάνει ιδανικά σε εφαρμογές όπου δεν απαιτείται υψηλή απόδοση.



Εκτός από τους παραπάνω τρεις τύπους ηλιακών κυψελών από πυρίτιο που διατίθενται στην παγκόσμια αγορά, γίνονται έρευνες και προσπάθειες για τη χρησιμοποίηση και άλλων στοιχείων (είτε μεμονωμένα είτε σε συνδυασμό) όπως γάλλιο-αρσενικό (GaAs), θείο-κádμιο (CdS), φώσφορο-ίνδιο (InP).

Ο Πίνακας 1.1 απεικονίζει την απόδοση των τριών συνηθέστερων τύπων ηλιακών κυψελών [5].

Πίνακας 1. 1: Απόδοση ηλιακών κυψελών πυριτίου

Υλικό της ηλιακής κυψέλης Απόδοση ηλιακής κυψέλης

Μονοκρυσταλλικό πυρίτιο 13-16%

Πολυκρυσταλλικό πυρίτιο 12-14%

Άμορφο πυρίτιο 6-8%

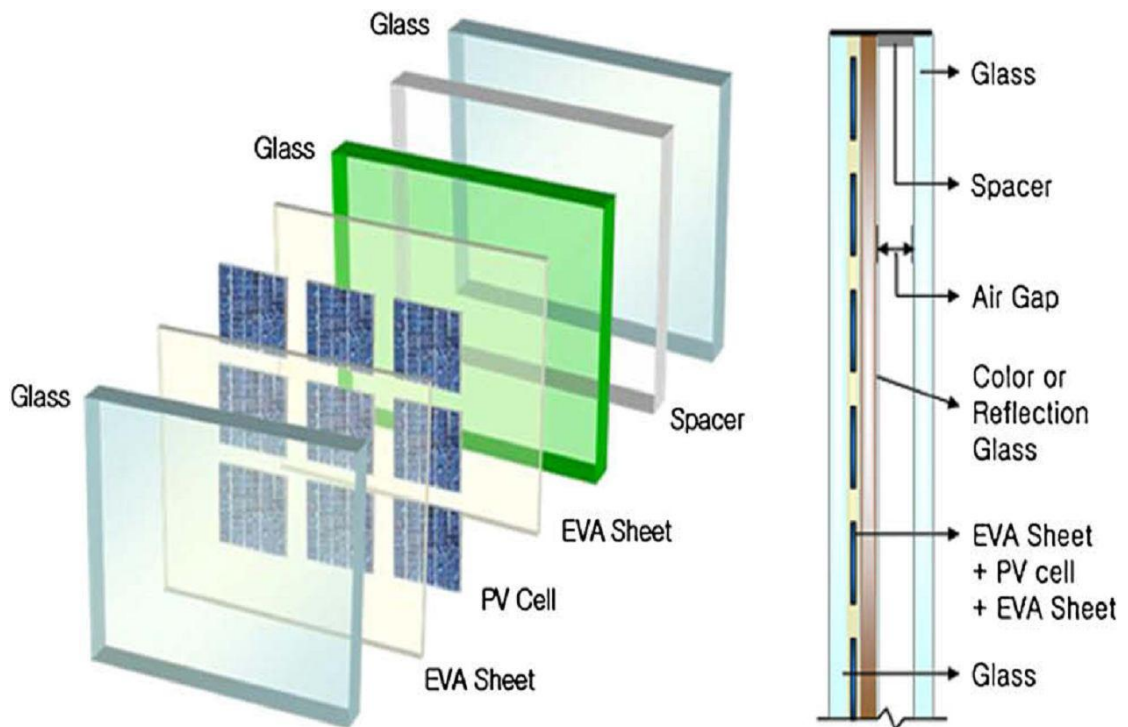
1.5 Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια

Ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο αποτελείται από έναν αριθμό ηλιακών κυψελών. Για να γίνει εφικτή η λειτουργία του πλαισίου, είναι σημαντικό να προστατεύονται οι ηλιακές κυψέλες από τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Για παράδειγμα, οι ηλιακές κυψέλες είναι πολύ λεπτές και άρα επιρρεπείς σε μηχανικές βλάβες. Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τύποι φωτοβολταϊκών πλαισίων και η δομή τους συχνά είναι διαφορετική για τα διάφορα είδη ηλιακών κυψελών ή για τις ποικίλες εφαρμογές τους.

Το φωτοβολταϊκό πλαίσιο αποτελείται από διάφορα στρώματα, τα οποία είναι:

- Ειδικό γυαλί
- Συμπυκνωμένο υλικό (Ethylene Vinyl Acetate (EVA) Sheet) για την ενθυλάκωση των κυψελών
- Ηλιακές κυψέλες
- Συμπυκνωμένο υλικό (EVA)
- Ειδικό γυαλί
- Κενό αέρος
- Ειδικό γυαλί

Οι ηλιακές κυψέλες περικλείονται συνήθως από δυο κομμάτια γυαλιού ή ένα φύλλο γυαλιού και ένα πλαστικού, ενώ μερικές φορές εξ ολοκλήρου από πλαστικό. Τα είδη των γυαλιών που χρησιμοποιούνται είναι διαφανή, χρωματισμένα και αντανακλούν την θερμότητα. Το συμπυκνωμένο υλικό είναι συνήθως EVA, υλικό που εμφανίζει πολύ καλή ηλεκτρική μόνωση και μεγάλη διαπερατότητα στο φως.



Οι ηλιακές κυψέλες συνδέονται σε σειρά, παράλληλα ή και συνδυασμένες

προκειμένου να καλυφθούν οι ανάγκες σε τάση και σε ρεύμα. Επίσης, οι ηλιακές κυψέλες πρέπει να είναι όμοιες, για να εμφανίζουν όμοια ηλεκτρικά χαρακτηριστικά και να επιτυγχάνεται η ομαλή λειτουργία του φωτοβολταϊκού πλαισίου. Σε ορισμένες περιπτώσεις, τα φωτοβολταϊκά πλαίσια τοποθετούνται επάνω σε περιστρεφόμενα στηρίγματα που ακολουθούν την τροχιά του ήλιου. Με αυτό τον τρόπο, επιτυγχάνεται η μεγιστοποίηση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας και, συνακόλουθα, η μεγιστοποίηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας

Τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πλαισίων

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια για να έχουν την μέγιστη απόδοση, θα πρέπει να δέχονται συνεχώς την μέγιστη ακτινοβολία. Οι ηλιακές ακτίνες θα πρέπει να προσπίπτουν πάντα κάθετα στην επιφάνεια του γιατί τότε έχουν την μεγαλύτερη πυκνότητα στην μονάδα επιφάνειας και δεν ανακλώνται στην γυάλινη επικάλυψη του πλαισίου. Ωστόσο, ο ήλιος κινείται κατά την διάρκεια της ημέρας και για να επιτευχθεί η μέγιστη απόδοση του πλαισίου, θα πρέπει το φωτοβολταϊκό πλαίσιο να παρακολουθεί συνεχώς την κίνηση του ήλιου [7]. Οπότε, η αποδοτική λειτουργία των φωτοβολταϊκών συστημάτων εξαρτάται κατά μεγάλο βαθμό από τη σωστή τοποθέτηση και διάταξη των πλαισίων. Αυτό για πρακτικούς λόγους δεν είναι εύκολο. Ωστόσο, επιλέγοντας τον καταλληλότερο σταθερό προσανατολισμό για το φωτοβολταϊκό πλαίσιο, θα υπάρξουν ικανοποιητικά αποτελέσματα απόδοσης. Στη συνέχεια, ορίζονται οι γωνίες που βοηθούν στον ορισμό του κατάλληλου προσανατολισμού:

1. Γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας ω :

Η γωνία ω ορίζεται ως η γωνία μεταξύ της ακτινικής συνιστώσας της ακτινοβολίας που προσπίπτει σε μια επιφάνεια και της καθέτου στην επιφάνεια αυτή.

2. Προσανατολισμός του πλαισίου (β), αζιμούθια γωνία επιφάνειας (α):

Ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία κάθε συστήματος που εκμεταλλεύεται

την ηλιακή ακτινοβολία είναι ο προσανατολισμός του φωτοβολταϊκού πλαισίου σε σχέση με την κατεύθυνση της ηλιακής ακτινοβολίας. Όπως η θέση του ήλιου στον ουρανό, έτσι και ο προσανατολισμός ενός επίπεδου στην επιφάνεια της γης περιγράφεται από δύο γωνίες, την κλίση (β) και την αζιμούθια γωνία επιφάνειας (α),

Η κλίση του πλαισίου (β) είναι η διέδρη γωνία που σχηματίζεται ανάμεσα στο επίπεδο του πλαισίου και στον ορίζοντα και μπορεί να πάρει τιμές από 0° μέχρι 180° .

Η αζιμούθια γωνία επιφάνειας του πλαισίου (α) είναι η γωνία που σχηματίζεται πάνω στο οριζόντιο επίπεδο ανάμεσα στην προβολή της κατακόρυφου του πλαισίου και στον τοπικό μεσημβρινό βορρά-νότου. Παίρνει τιμές από -180° μέχρι $+180^\circ$.

Έχουν κατασκευαστεί μηχανικές διατάξεις που επαναπροσανατολίζουν

συνεχώς το πλαίσιο (π.χ. με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή ή φωτοκύτταρων), ώστε η επιφάνεια του να αντικρίζει πάντα κάθετα τον ήλιο. Οι διατάξεις όμως αυτές είναι πολύπλοκες και δαπανηρές. Έτσι, η χρήση τους δικαιολογείται μόνον σε περιπτώσεις ειδικών εφαρμογών