

ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ

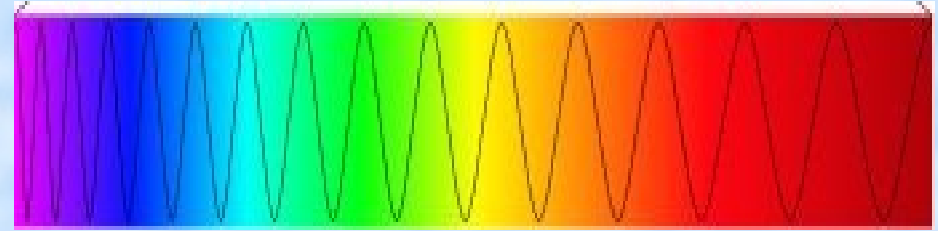
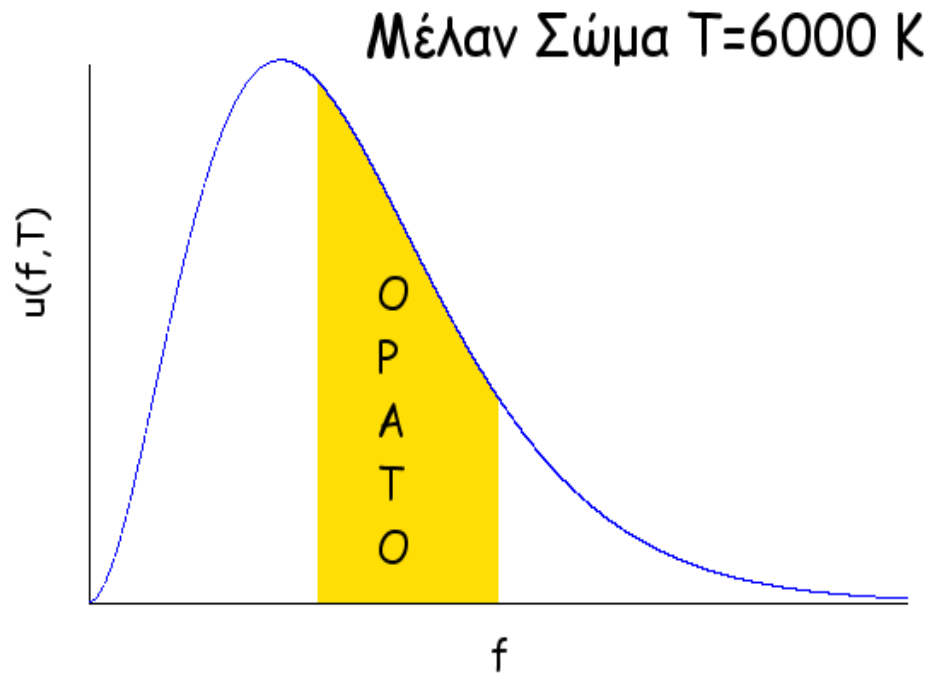
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Θερμοδυναμικά Όρια - Σημερινές Αποδόσεις και
Μελλοντικές Προοπτικές

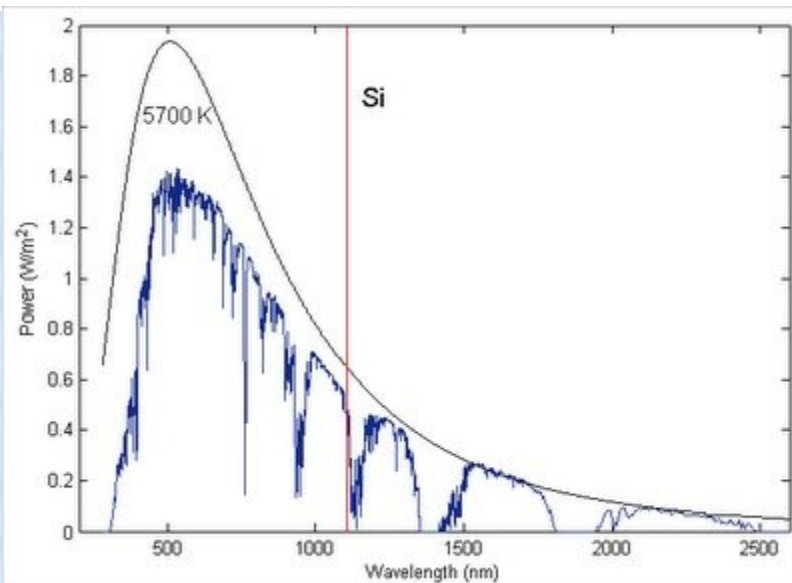
Βασίλης Καράβολας, Ph. D

Θεωρητικός Φυσικός

Ήλιος



- Ενεργειακό Φάσμα
- Το φως είναι φωτόνια
- Η ενέργεια καθε φωτονίου ανάλογη της συχνότητας
- Μέγιστο στο υπέρυθρο
- Το ορατό φως είναι ένα σημαντικό τμήμα της ενέργειας που στέλνει ο ήλιος



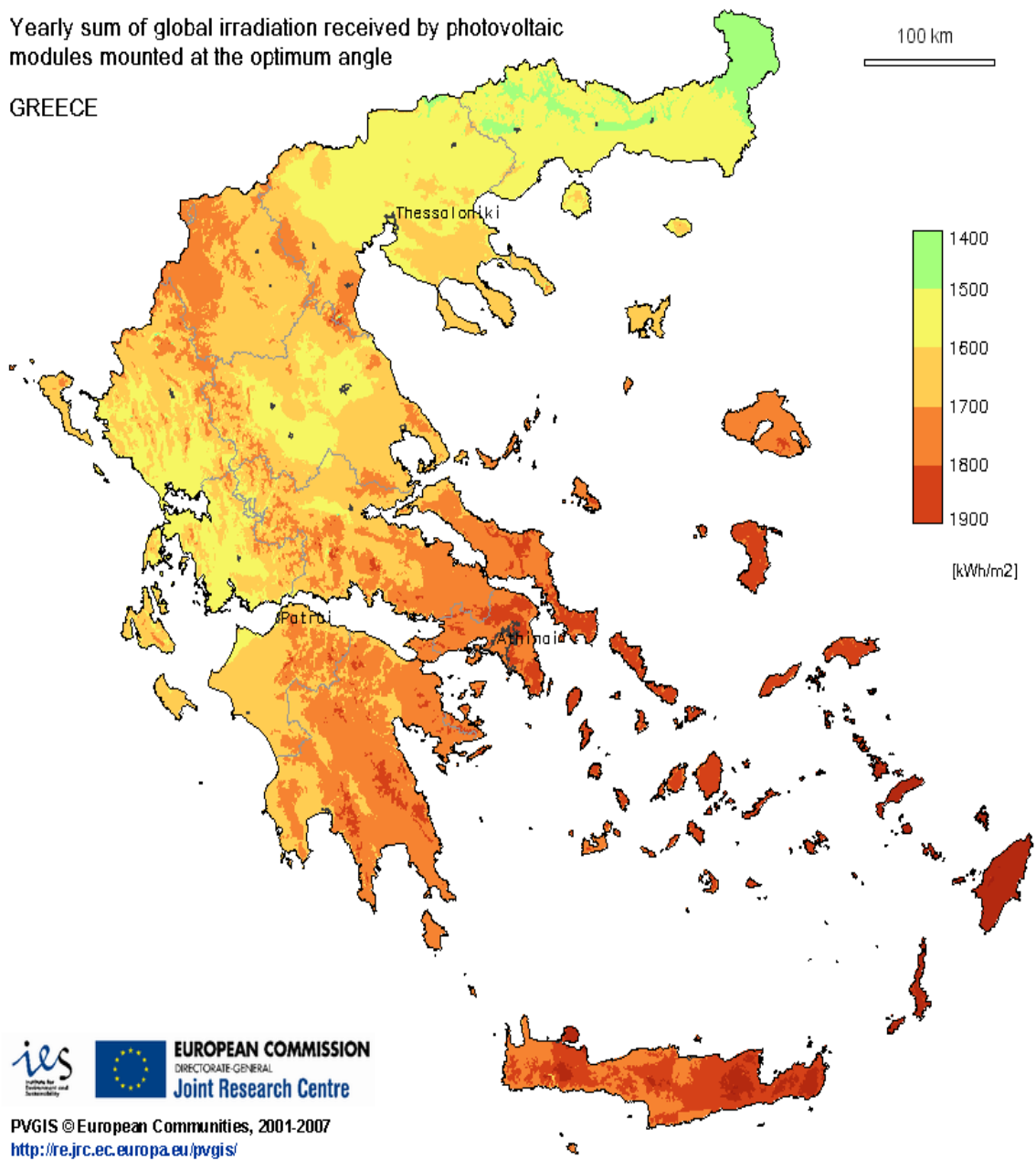
Ηλιακή Ενέργεια στη Γη

- Τεράστιο ποσό ενέργειας
- Direct (Ενέργεια κατευθείαν από τον Ηλιο που πέφτει πάνω στο κύτταρο)
- Global (Η συνολική ηλιακή ενέργεια που από όλες τις διευθύνσεις πέφτει στο κύτταρο)
- Σεισμός Σαν Φραντζίσκο (7.8 Ρίχτερ): 10^{17} J (1 ηλιακό sec)
- Αποθέματα Πετρελαίου: 1.7×10^{22} J (1.5 Ηλιακή μέρα)
- Ετήσια Ανθρώπινη Κατανάλωση: 4.6×10^{20} J (1 Ηλιακή ώρα)
- Ανθρώπινη Παραγωγή: 13 TW
- Ηλιακή Ενέργεια : 1.2×10^5 TW

ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ

Yearly sum of global irradiation received by photovoltaic modules mounted at the optimum angle

GREECE



- Φωτοβολταϊκή
- Παραγωγή Καυσίμων
- Φωτοθερμική
- Το μεγάλο στοίχημα είναι οι αποδόσεις των συσκευών
- Και φυσικά η μείωση του κόστους

ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΑ ΟΡΙΑ

- Απόδοση Carnot
- $T=300\text{ K}$ (Γη)
- $T=6000\text{ K}$ (Ήλιος)
- Απόδοση:
- $\alpha=1-(300/6000)=95\%$
- Πολύ ψηλότερη απο τις σημερινές
- Τεράστιες Προοπτικές
- Ιδανικό όριο



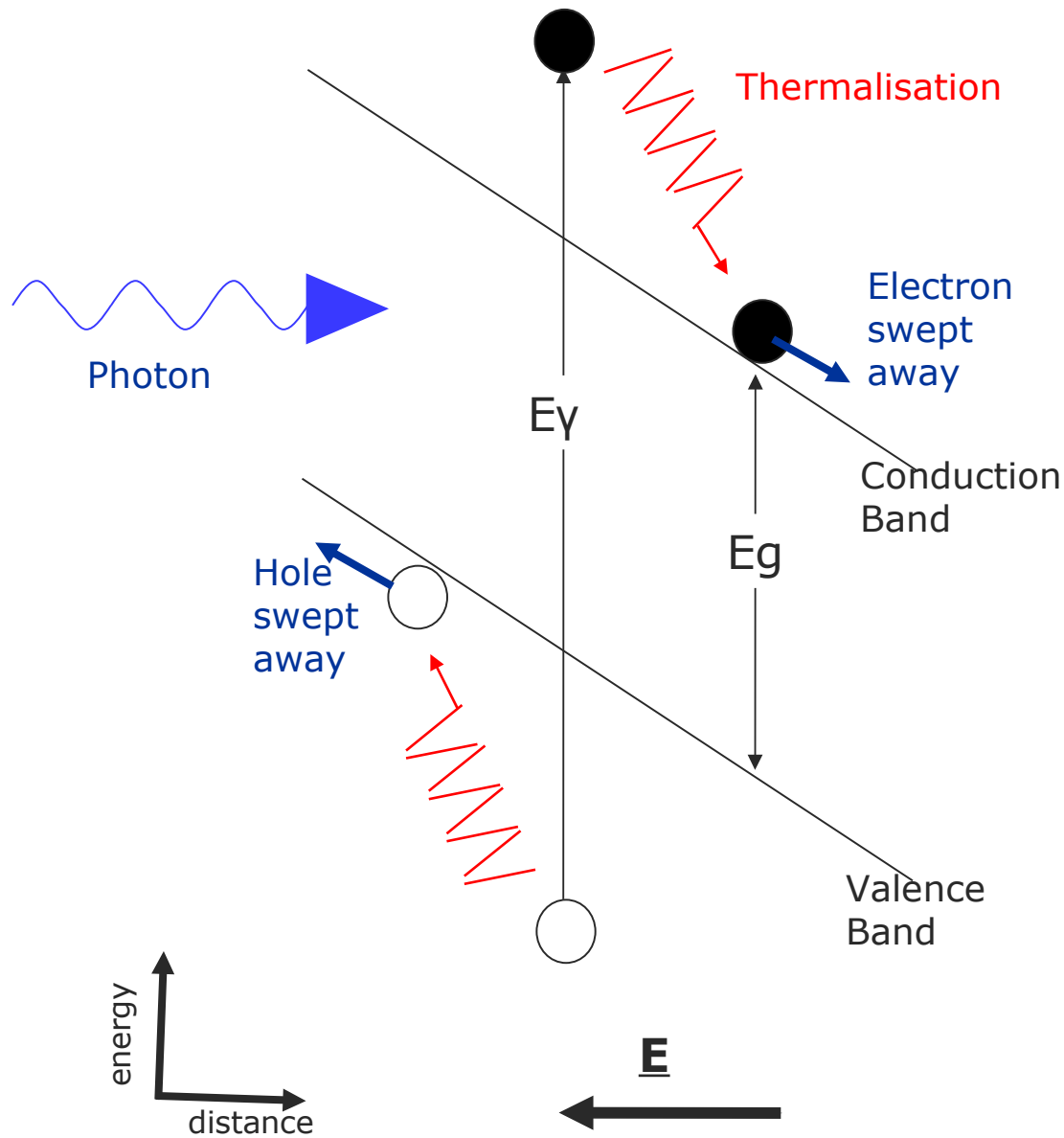
ΔΙΟΡΘΩΣΕΙΣ

- Landsberg
- Δεν ενδιαφέρει η οικονομία στο καύσιμο καθώς ο Ήλιος θα τα κάψει έτσι και αλλιώς.
- Μεγιστοποίηση παραγώμενου έργου ακόμα και ακτινοβολώντας ένα ποσό ενέργειας πίσω.
- Θεωρεί τον μετατροπέα σαν ένα μέλαν σώμα.
- Απόδοση: $\alpha=93.3 \%$
- Απραγματοποίητη

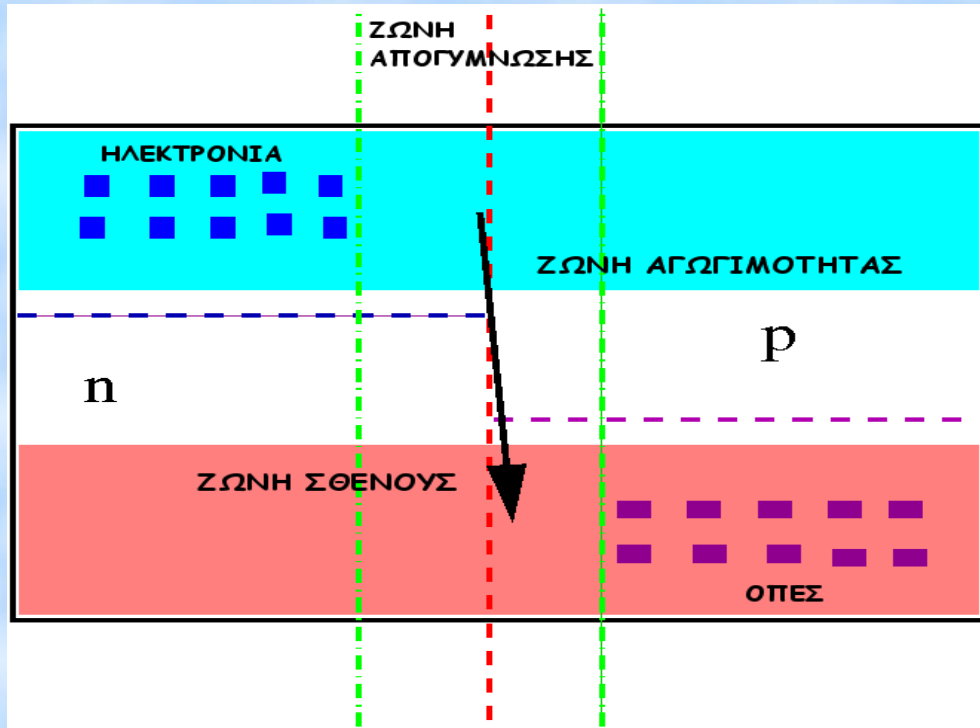
ΔΙΟΡΘΩΣΕΙΣ

- Planck (1959) : Η μεταφορά ενέργειας μεταξύ δύο μαύρων σωμάτων παράγει εντροπία εκτός αν τα σώματα αυτά βρίσκονται στην ίδια θερμοκρασία
- Τα προηγούμενα μοντέλα θεωρούσαν μηδενική την παραγωγή εντροπίας.
- Λαμβάνοντας υπ' όψιν την μη μηδενική παραγωγή εντροπίας η απόδοση πέφτει στο 85%.
- Οι προηγούμενοι υπολογισμοί αναφέρονται σε direct ακτινοβολία.
- Για ακτινοβολία global οι τιμές είναι σημαντικά μικρότερες

Απώλειες σε Θερμότητα

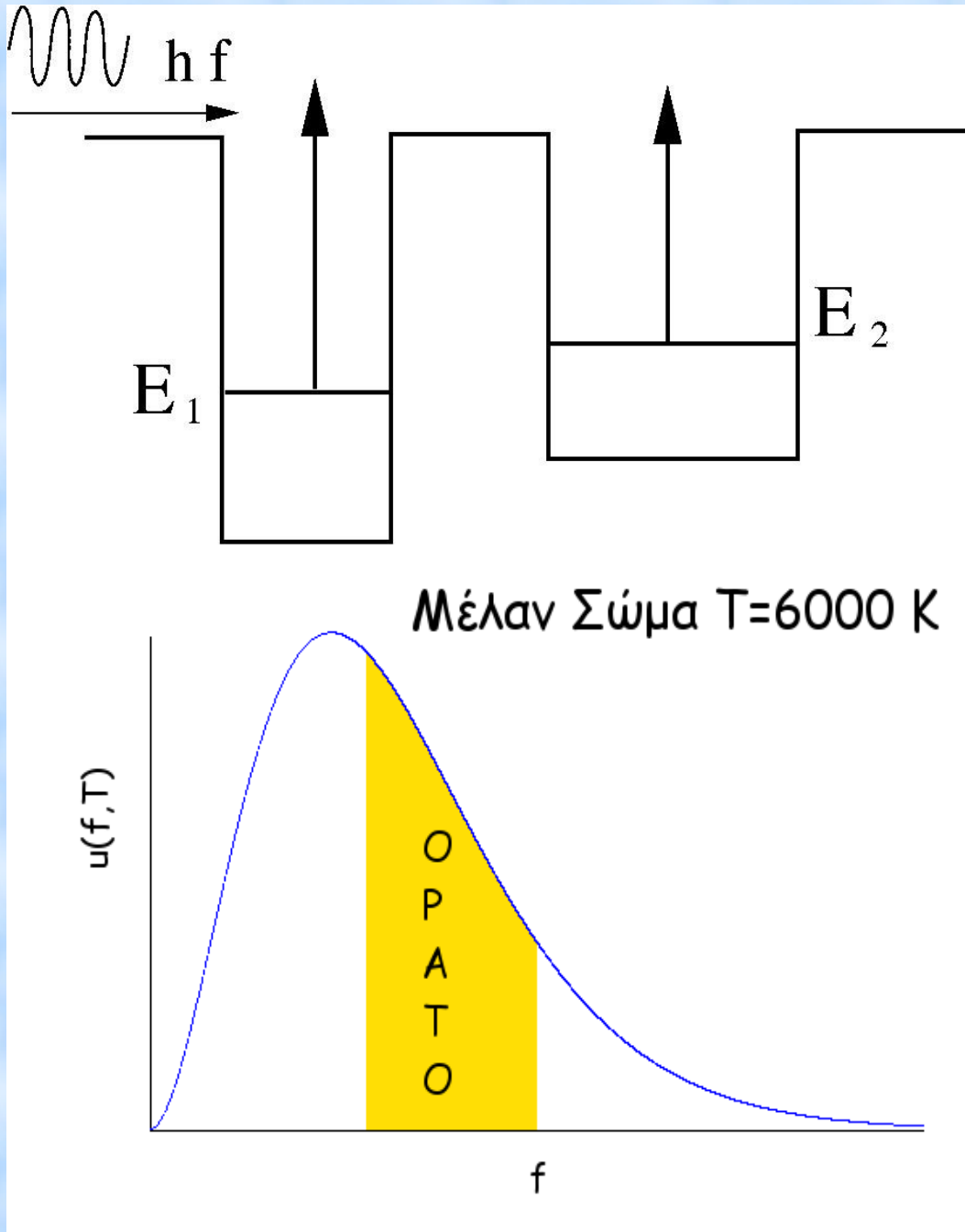


Σύστημα Απλής Επαφής



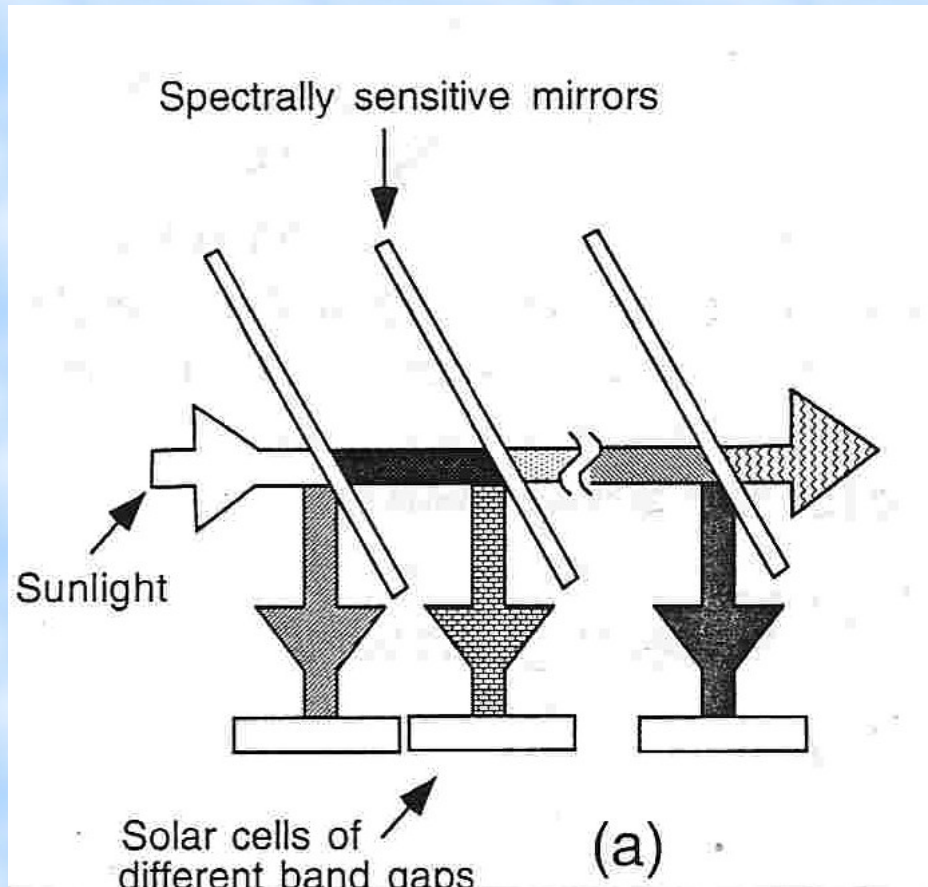
- Χρήση επαφής p-n
- Εμπλουτισμένο Πυρίτιο
- 77% της ηλιακής ενέργειας μεταφέρεται από φωτόνια ικανά να απελευθερώσουν ένα ηλεκτρόνιο από τη ζώνη σθένους στη ζώνη αγωγιμότητας
- Ένα ποσοστό της ενέργειας αυτής μετατρέπεται σε θερμική
- Μέγιστη απόδοση: 40.8% (direct) 31% (global)

Πολλαπλά Κύτταρα



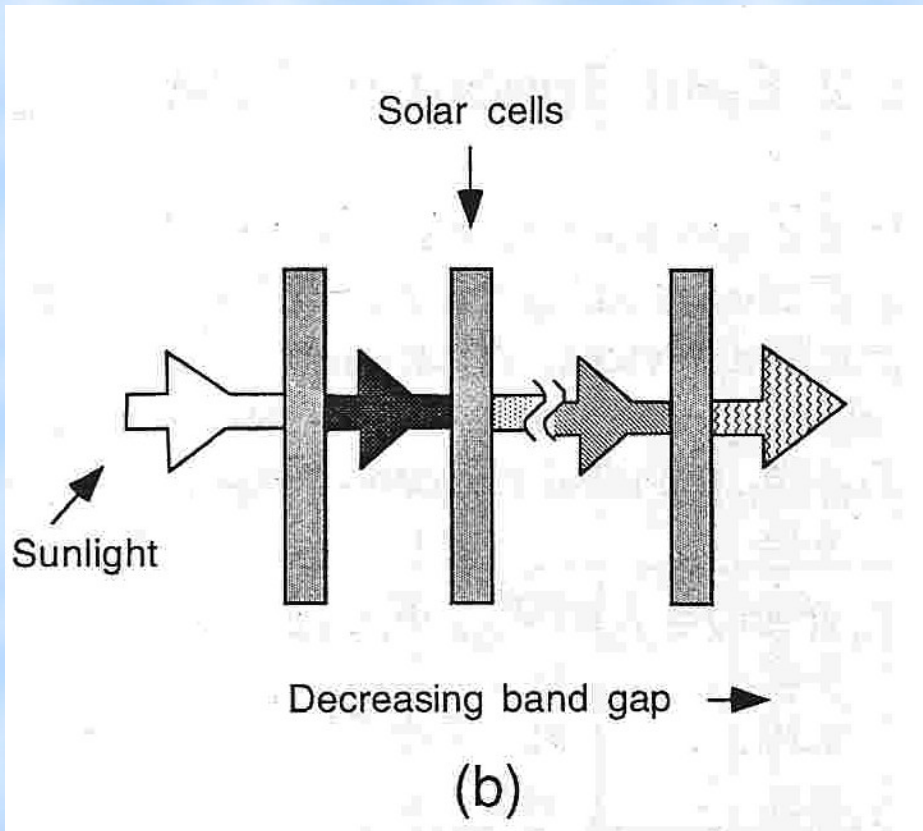
- Κάθε κύτταρο απορροφά διαφορετική περιοχή συχνοτήτων
- Δυο προσεγγίσεις
- Σπάσιμο του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος
- Σε σειρά με το κύτταρο με το μεγαλύτερο ενεργειακό χάσμα πρώτο
- Αποδόσεις της τάξης του 24% σε διαστημόπλοια από τη δεκαετία του 90 (3 κύτταρα)

ΠΟΛΛΑΠΛΑ ΚΥΤΤΑΡΑ



- Κύτταρα χωρισμού Ηλεκτρομαγνητικού Φάσματος
- Όριο απόδοσης συστήματος 2 κυττάρων: (Direct 55.7%, Global 42.9%)
- Όριο απόδοσης συστήματος 3 κυττάρων: (Direct 63.8%, Global 49.3%)
- Όριο απόδοσης συστήματος άπειρων κυττάρων: (Direct 86.8%, Global 68.2%)

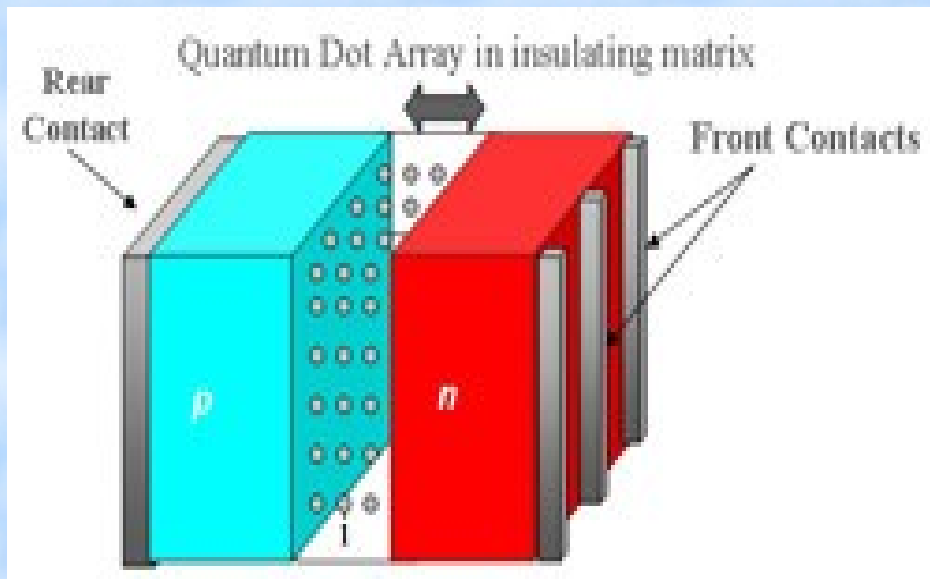
ΠΟΛΛΑΠΛΑ ΚΥΤΤΑΡΑ



- Κύτταρα διαδοχικής απορρόφησης
- Κύτταρα σε σειρά
- Όριο απόδοσης άπειρων κυττάρων 95% (κοντά στην απόδοση Carnot)

Κβαντικές Τελείες

- Μηδενική Διάσταση
- Λίγα Ηλεκτρόνια
- Κάθε φωτόνιο μεγάλης ενέργειας απελευθερώνει μέχρι και 7 ηλεκτρόνια
- Απόδοση με ένα πλέγμα κβαντικών τελειών μέχρι και 63.2%.
- Συνδιάζονται και με οργανικά πολυμερή

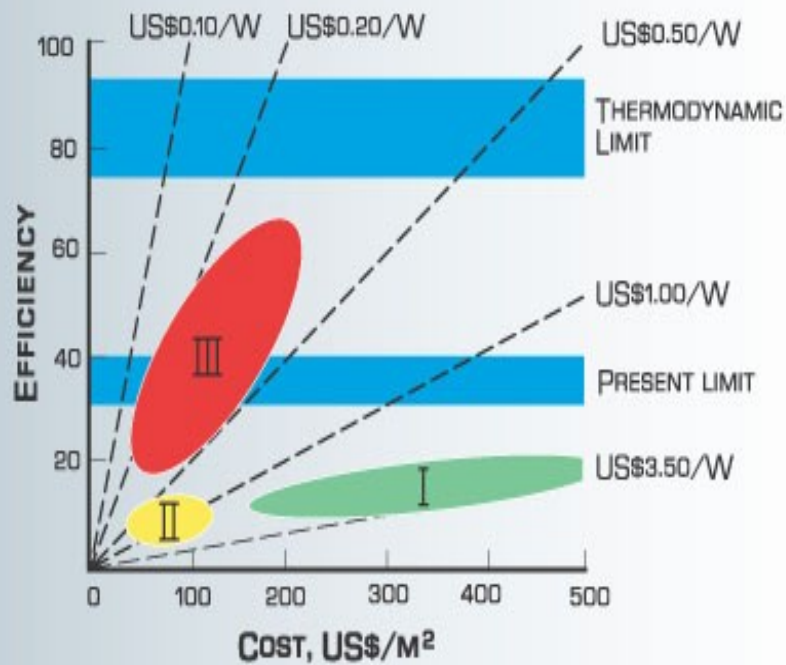


Βαφές



- Οργανικές ή Ανόργανες
- Μικρές αποδόσεις (3-7%)
- Πολύ φτηνές

Απόδοση κατά Γενιές



- Μικρές ακόμα οι αποδόσεις
- Ελπιδοφόρα η τρίτη γενιά
- Πρώτη γενια: Ακριβή και με μικρή απόδοση
- Δεύτερη Γενιά: Φτηνή αλλά με πολύ μικρή απόδοση.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

- Τεράστιο ποσό Ενέργειας διαθέσιμο
- Μικρές αποδόσεις σήμερα
- Μεγάλες προοπτικές

