



ΗΜΙΑΓΩΓΑ ΥΛΙΚΑ: ΘΕΩΡΙΑ-ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ

Μέρος 1^ο: Στοιχεία Θεωρίας Ημιαγωγών
Ενότητα 1^η: Εισαγωγή

Γεώργιος Λιτσαρδάκης
Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών
& Μηχανικών Υπολογιστών



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



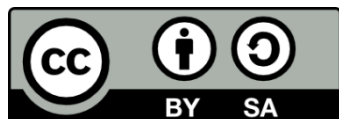
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης





1. Εισαγωγή

Η σημασία της φυσικής των ημιαγωγών.
Οι εξελίξεις στην τεχνολογία των ημιαγωγών.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Περιεχόμενα ενότητας

1. Παρουσίαση του μαθήματος
2. Η σημασία της φυσικής των ημιαγωγών
3. Οι εξελίξεις στην τεχνολογία των ημιαγωγών

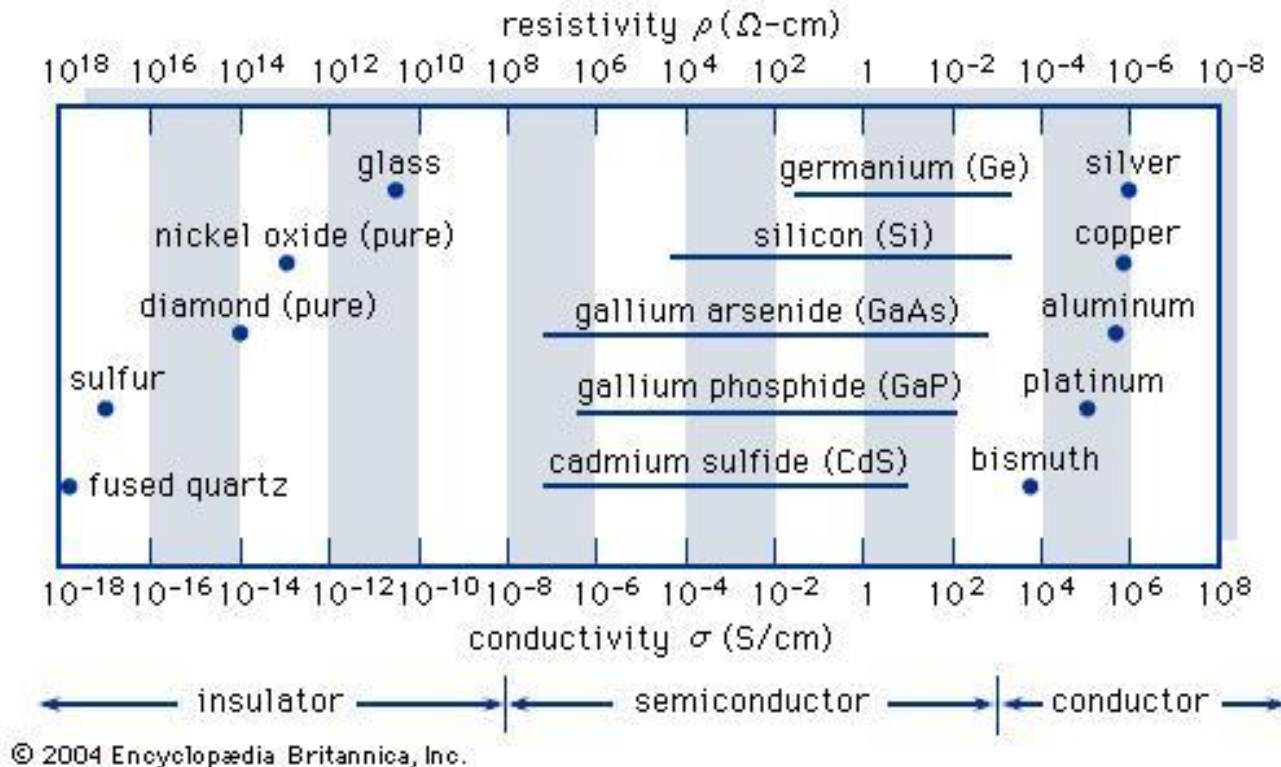


Περιγραφή του μαθήματος

- Βασικές αρχές
- Θεωρία ημιαγωγών
 - αγωγιμότητα
 - συνθήκες μή-ισορροπίας
 - επαφή p-n
 - επαφή μετάλλου - ημιαγωγού
- αρχή λειτουργίας βασικών ημιαγωγικών διατάξεων
 - δίοδοι
 - διπολικό τρανζίστορ
 - JFET, MOSFET κ.α.
- ημιαγωγά υλικά και τεχνολογία κατασκευής
- οργανικά ηλεκτρονικά / εύκαμπτα ηλεκτρονικά



Αγωγιμότητα



Η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι φυσικό μέγεθος
με τεράστιο εύρος τιμών

Πηγή: 2004 Encyclopedia Britannica, Inc., <http://media-2.web.britannica.com/eb-media/07/207-004-2B66F205.jpg>



Ημιαγωγά υλικά

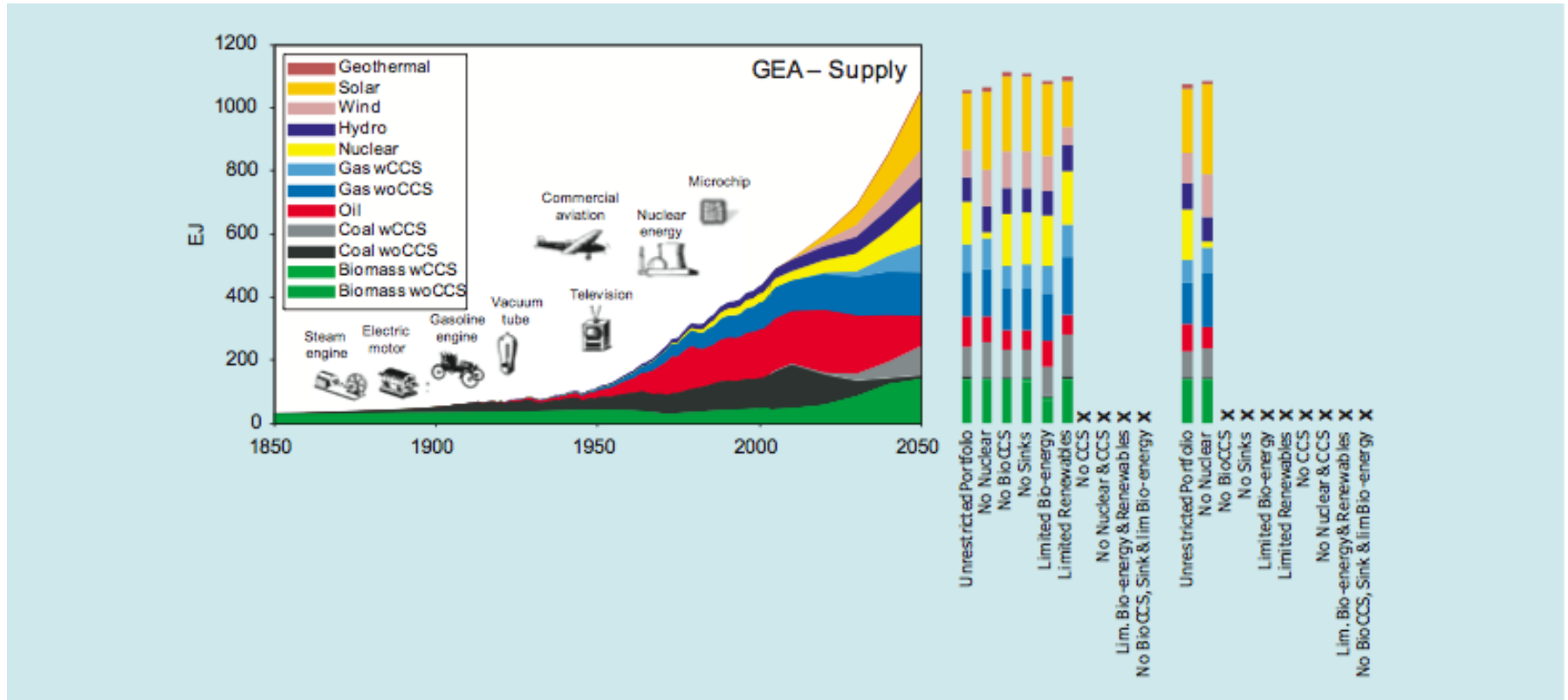
| Στοιχειακά | Ενώσεις IV | Ενώσεις III-V | Ενώσεις II-VI |
|------------|------------|---------------|---------------|
| Si | SiC | AlP | ZnS |
| Ge | SiGe | AlAs | ZnSe |
| | | AlSb | ZnTe |
| | | GaP | CdS |
| | | GaAs | CdSe |
| | | GaSb | CdTe |
| | | InP | |
| | | InAs | |
| | | InSb | |

| Περιοδικός πίνακας στοιχείων | | | | |
|------------------------------|-----|----|----|----|
| II | III | IV | V | VI |
| | B | C | | |
| | Al | Si | P | S |
| Zn | Ga | Ge | As | Se |
| Cd | In | | Sb | Te |

Επίσης : άμορφο Si, υαλώδες GeS₂, οξείδια (ZnO), πολυμερή, οργανικά κ.ά.



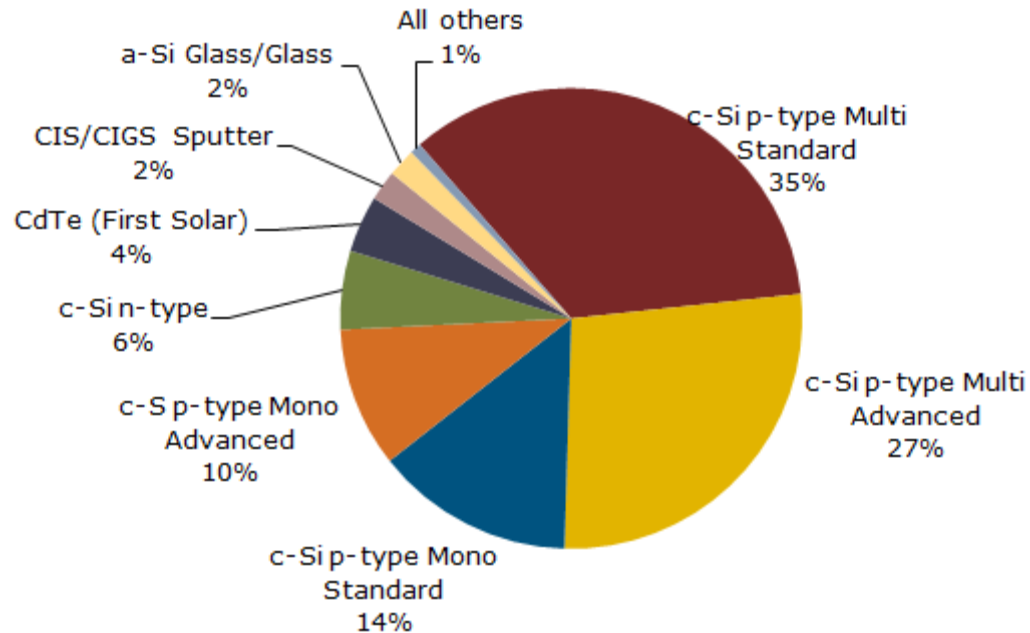
Πρόβλεψη κατανομής πηγών ενέργειας



Πηγή: The International Institute for Applied Systems Analysis, Global Energy Assessment (GEA), [Technical Summary](http://www.iiasa.ac.at/web/home/research/Flagship-Projects/Global-Energy-Assessment/GEA_TS.pdf) http://www.iiasa.ac.at/web/home/research/Flagship-Projects/Global-Energy-Assessment/GEA_TS.pdf, p.74, **Figure TS-24**

GEA, 2012: *Global Energy Assessment - Toward a Sustainable Future*, Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA and the International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria.

Παραγωγή φ/β (2014)

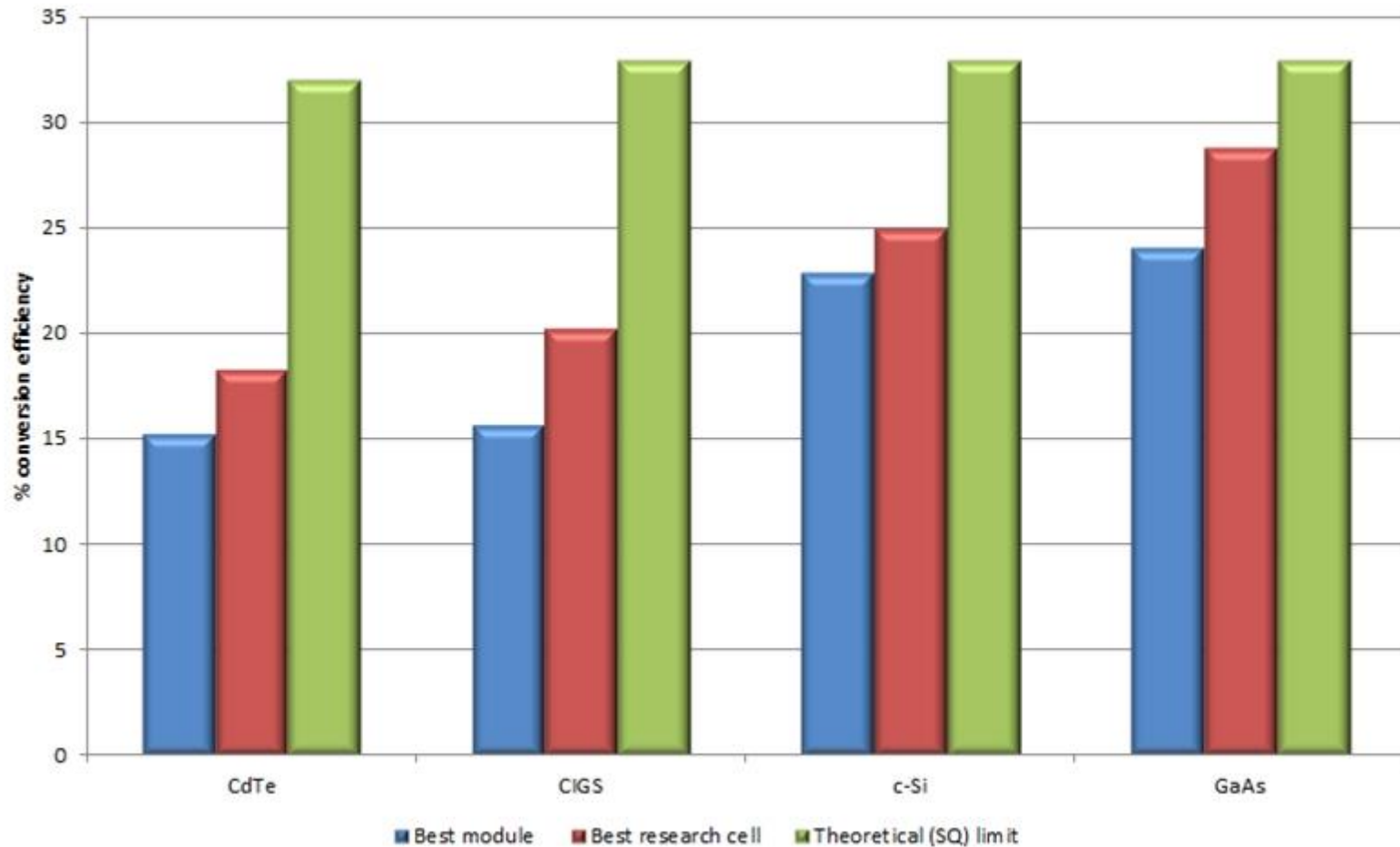


Παραγωγή ενέργειας από ΦΒ για το 2014 σε σχέση με την τεχνολογία τους.

Πηγή: NPD Solarbuzz [PV Equipment Quarterly](https://technology.ihs.com/ResearchAreas/450476/solar-supply-chain), <https://technology.ihs.com/ResearchAreas/450476/solar-supply-chain>,
<http://cleantechnica.com/2013/10/29/multicrystalline-silicon-modules-dominate-solar-pv-industry-2014/>



Theoretical maximum and demonstrated PV efficiencies



Απόδοση ΦΒ υλικών ανάλογα με τον τύπο τους.

Πηγή: DOE, <http://optics.org/news/4/1/39/PVefficiencies>



Various colours in a series-connected dye solar cell modules



Courtesy Dr. Winfried Hoffman, CEO, RWE, SCHOTT Solar GmbH

63

DSC τμήματα συνδεδεμένα σε σειρά

Πηγή: courtesy Dr. Winfried Hoffmann, CEO, RWE, Schott GmbH,

<http://www.slideshare.net/5045033/20051116>



A low-cost, high-efficiency solar cell based on dye-sensitized colloidal TiO_2 films

Brian O'Regan* & Michael Grätzel†

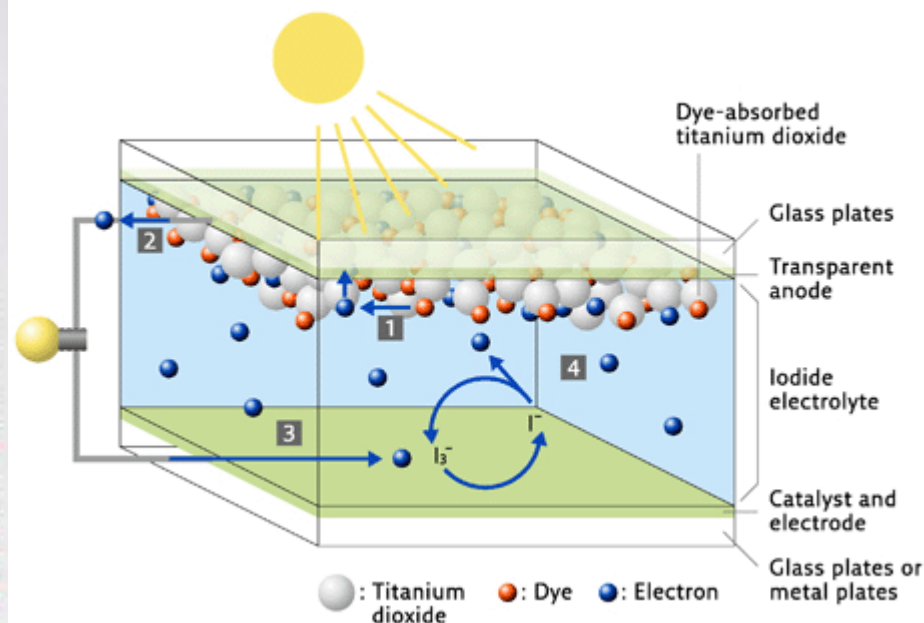
Institute of Physical Chemistry, Swiss Federal Institute of Technology,
CH-1015 Lausanne, Switzerland

THE large-scale use of photovoltaic devices for electricity generation is prohibitively expensive at present: generation from existing commercial devices costs about ten times more than conventional methods¹. Here we describe a photovoltaic cell, created from low-to medium-purity materials through low-cost processes, which exhibits a commercially realistic energy-conversion efficiency. The device is based on a 10- μm -thick, optically transparent film of titanium dioxide particles a few nanometres in size, coated with a monolayer of a charge-transfer dye to sensitize the film for light harvesting. Because of the high surface area of the semiconductor film and the ideal spectral characteristics of the dye, the device harvests a high proportion of the incident solar energy flux (46%) and shows exceptionally high efficiencies for the conversion of incident photons to electrical current (more than 80%). The overall light-to-electric energy conversion yield is 7.1–7.9% in simulated solar light and 12% in diffuse daylight. The large current densities (greater than 12 mA cm^{-2}) and exceptional stability (sustaining at least five million turnovers without decomposition), as well as the low cost, make practical applications feasible.

* Present address: Department of Chemistry, University of Washington, Seattle, Washington 98195, USA.

† To whom correspondence should be addressed.

Πηγή: <http://www.nature.com/nature/journal/v353/n6346/abs/353737a0.html>



Απεικόνιση λειτουργικών μηχανισμών ενός ΦΒ κελιού dsc

Πηγή: Dye-sensitized Solar Cell "EneLEAF"

<http://www.nissha.com/english/crd/eneleaf/mechanism.html>



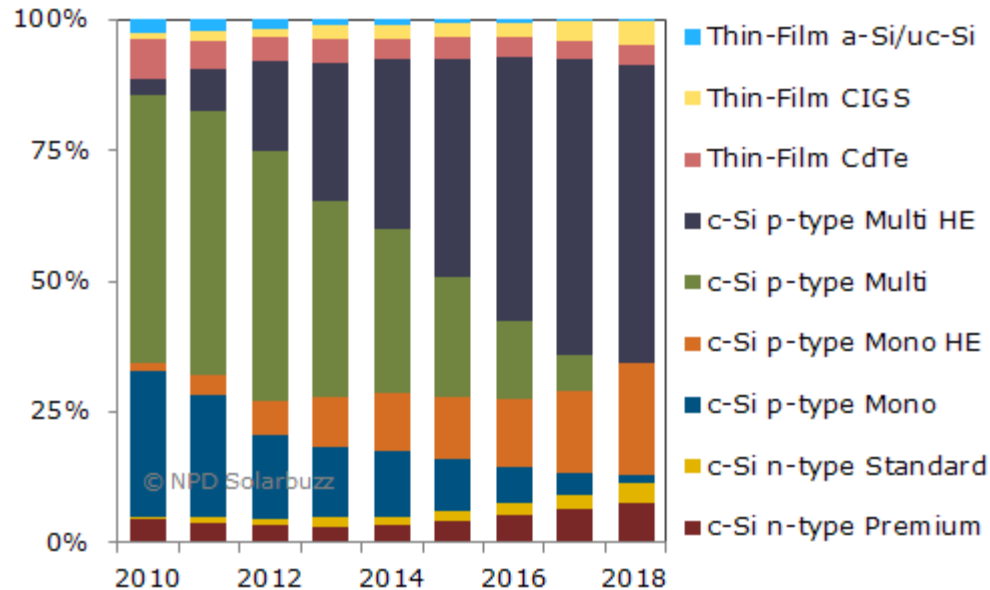
From Nikkei (日本経済新聞)
Miss Yamamoto
Master course student
Osaka University

Advantages of DSC vs. Silicon cells

- No feedstock supply problems, low cost and ease of production,
- Performance insensitive to temperature
- Bifacial configuration - advantage for diffuse light and albedo
- Efficiency less sensitive to angle of incidence,
- 10 -30 percent higher energy output than silicon cells at equal SRC rating
- Transparency for power windows
- Color can be varied by selection of the dye, invisible PV-cells based on near-IR sensitizers are feasible
- Low energy content (for silicon this is 5 GJ/m² !), payback time is only a few months as compared to years for silicon.
- Outperforms single junction amorphous Si



Production forecast for different technologies



Πρόβλεψη Παραγωγής για διαφορετικούς τύπους τεχνολογιών ΦΒ κελιών.

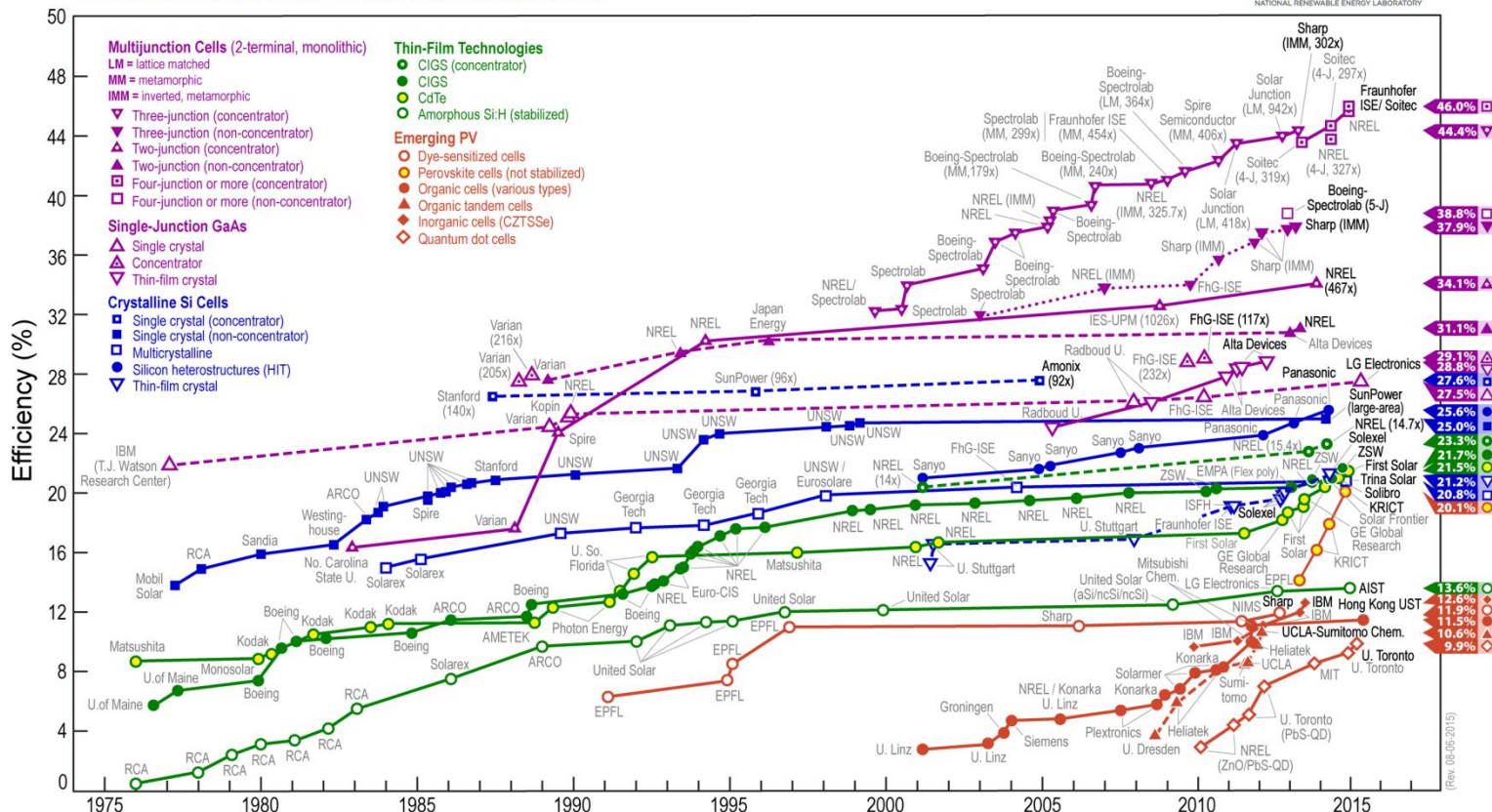
Πηγή: NPD Solarbuzz,

<http://www.pv-magazine.com/news/details/beitrag/efficiency-enhancements-to-define-pv-technology-roadmap-100016778/#axzz3sCsh3vhP>



Efficiency Roadmap for Dye-Sensitized Solar Technologies (1990–2009)

Best Research-Cell Efficiencies



Αποδοτικότητα των ΦΒ κελιών σε σχέση με το έτος κατασκευής και την τεχνολογία τους.

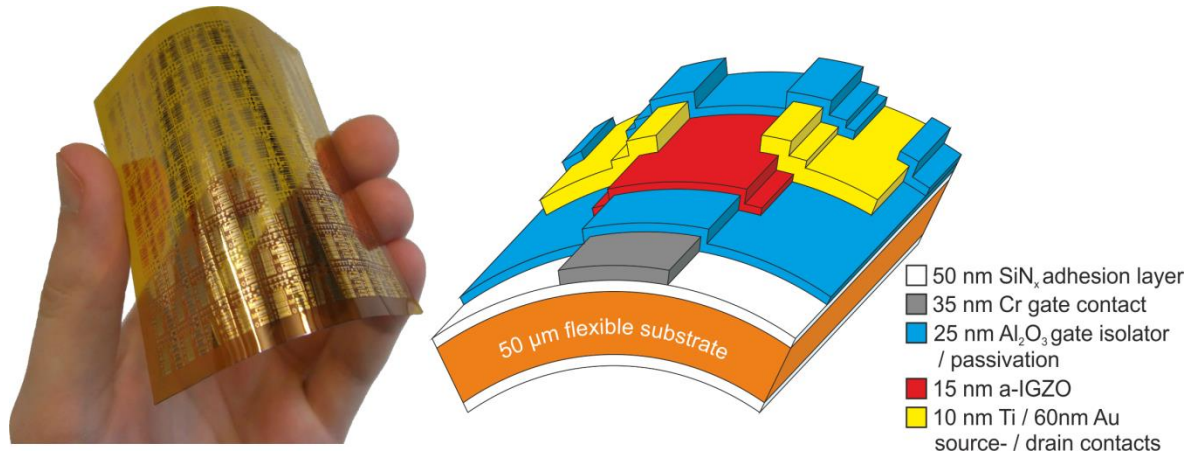
Πηγή: [National Renewable Energy Laboratory \(NREL\), Golden, CO](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Best_Research-Cell_Efficiencies.png) – [United States Department of Energy](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Best_Research-Cell_Efficiencies.png), https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Best_Research-Cell_Efficiencies.png

Ημαγωγά Υλικά: Θεωρία - Διατάξεις

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών



Εύκαμπτα ηλεκτρονικά



Εύκαμπτα υποστρώματα ηλεκτρονικών κατασκευών.

Πηγή: [ETH Zurich](#) - [D-ITET](#) - [IFE](#) - [Research](#) - [Research Groups](#) - [Flexible Electronics and Smart Textiles](#) - [Flexible electronic devices](#),
<http://www.ife.ee.ethz.ch/research/groups/PlasticElectronics/Flexibleelectronicdevices>





Εργαστηριακή κατασκευή κυψέλης ΦΒ

Πηγή: cornellcollege , <http://www.cornellcollege.edu/physics-and-engineering/research/Student-Projects/Solar-Cell/Solar-Cell.html>



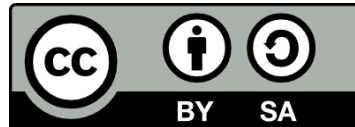
Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Λιτσαρδάκης Γεώργιος.
«Ημιαγωγά Υλικά: Θεωρία – Διατάξεις. Στοιχεία Θεωρίας Ημιαγωγών:
Στοιχειώδεις θεωρητικές αρχές. Αγωγιμότητα ημιαγωγών. Ημιαγωγοί
προσμίξεων. Ημιαγωγοί σε συνθήκες μη-ισορροπίας. Μέτρηση ιδιοτήτων
ημιαγωγών.» Έκδοση: 1.0. Θεσσαλονίκη 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή
διεύθυνση: <http://eclass.auth.gr/courses/OCRS463>.



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά - Παρόμοια Διανομή [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

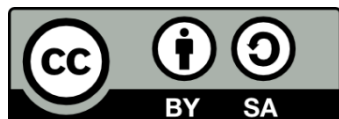
[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>





Τέλος ενότητας

Επεξεργασία: Καρανάσιος Νικόλαος
Θεσσαλονίκη, 2015



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ