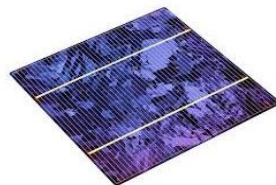


PERKEMBANGAN SEL SURYA

Generasi Pertama

Teknologi pertama yang berhasil dikembangkan oleh para peneliti adalah teknologi yang menggunakan bahan silikon kristal tunggal. Teknologi ini dalam mampu menghasilkan sel surya dengan efisiensi yang sangat tinggi. Masalah terbesar yang dihadapi dalam pengembangan silikon kristal tunggal ini adalah bahwa untuk dapat diproduksi secara komersial sel surya ini harganya sangat mahal sehingga membuat solar sel panel yang dihasilkan menjadi tidak efisien sebagai sumber energi alternatif.

Teknologi yang kedua adalah dengan menggunakan wafer silikon poli kristal. Saat ini, hampir sebagian besar panel solar sel yang beredar di pasar komersial berasal dari screen printing jenis silikon poli kristal ini. Wafer silikon poli kristal dibuat dengan teknologi casting berupa balok silikon dan dipotong-potong dengan metode wire-sawing menjadi kepingan (wafer), dengan ketebalan sekitar 250–350 micrometer. Dengan teknologi ini bisa diperoleh sel surya lebih murah meskipun tingkat efisiensinya lebih rendah jika dibandingkan dengan silikon kristal tunggal.



Poly-Crystalline
Solar Cell

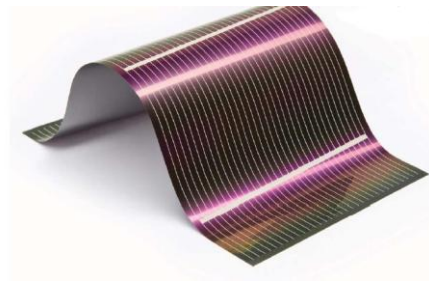


Mono-Crystalline
Solar Cell

- **Generasi kedua**

Generasi kedua adalah sel surya yang dibuat dengan teknologi lapisan tipis (thin film). Teknologi pembuatan sel surya dengan lapisan tipis ini dimaksudkan untuk mengurangi biaya pembuatan solar sel mengingat teknologi ini hanya menggunakan kurang dari 1% dari bahan baku silikon jika dibandingkan dengan bahan baku untuk tipe silikon wafer.

Metode yang paling sering dipakai dalam pembuatan silikon jenis lapisan tipis ini adalah dengan Plasma-enhanced chemical vapor deposition (PECVD) dari gas silane dan hidrogen. Lapisan yang dibuat dengan metode ini menghasilkan silikon yang tidak memiliki arah orientasi kristal atau yang dikenal sebagai amorphous silikon (non kristal).



Thin Film Solar Cell

- Selain menggunakan material dari silikon, sel surya lapisan tipis juga dibuat dari bahan semikonduktor lainnya yang memiliki efisiensi solar sel tinggi seperti Cadmium Telluride (Cd Te) dan Copper Indium Gallium Selenide (CIGS). Efisiensi tertinggi saat ini yang bisa dihasilkan oleh jenis solar sel lapisan tipis ini adalah sebesar 19,5% yang berasal dari solar sel CIGS. Keunggulan lainnya dengan menggunakan tipe lapisan tipis adalah semikonduktor sebagai lapisan solar sel bisa dideposisi pada substrat yang lentur sehingga menghasilkan divais solar sel yang fleksibel. Persoalannya adalah material ini belum dapat diterima dengan baik karena mengandung unsur cadmium. Bila rumah yang atapnya dipasang sel surya CdTe terbakar, unsur cadmium ini akan menimbulkan polusi yang membahayakan.

- **Generasi ketiga**

Penelitian agar harga solar sel menjadi lebih murah selanjutnya memunculkan teknologi generasi ketiga yaitu teknologi pembuatan sel surya dari bahan polimer atau disebut juga dengan sel surya organik dan sel surya foto elektrokimia. Sel Surya organic dibuat dari bahan semikonduktor organik seperti polyphenylene vinylene dan fullerene. Pada solar sel generasi ketiga ini photon yang datang tidak harus menghasilkan pasangan muatan seperti halnya pada teknologi sebelumnya melainkan membangkitkan exciton. Exciton inilah yang kemudian berdifusi pada dua permukaan bahan konduktor (yang biasanya di rekatkan dengan organik semikonduktor berada di antara dua keping konduktor) untuk menghasilkan pasangan muatan dan akhirnya menghasilkan efek arus foto (photocurrent). Sedangkan sel surya fotokimia merupakan jenis sel surya exciton yang terdiri dari sebuah lapisan partikel nano (biasanya titanium dioksida) yang di endapkan dalam sebuah perendam (dye). Teknologi ini pertama kali diperkenalkan oleh Profesor Graetzel pada tahun 1991 sehingga jenis solar sel ini sering juga disebut dengan Graetzel sel atau dye-sensitized solar cells (DSSC).



**DYE SENSITIZED
SOLAR
CELL**



Michael Grätzel

- Graetzel sel ini dilengkapi dengan pasangan redok yang diletakkan dalam sebuah elektrolit (bisa berupa padat atau cairan). Komposisi penyusun solar sel seperti ini memungkinkan bahan baku pembuat Graetzel sel lebih fleksibel dan bisa dibuat dengan metode yang sangat sederhana seperti screen printing. Meskipun solar sel generasi ketiga ini masih memiliki masalah besar dalam hal efisiensi dan usia aktif sel yang masih terlalu singkat, solar sel jenis ini akan mampu memberi pengaruh besar dalam sepuluh tahun ke depan mengingat harga dan proses pembuatannya yang akan sangat murah

PERKEMBANGAN EFISIENSI

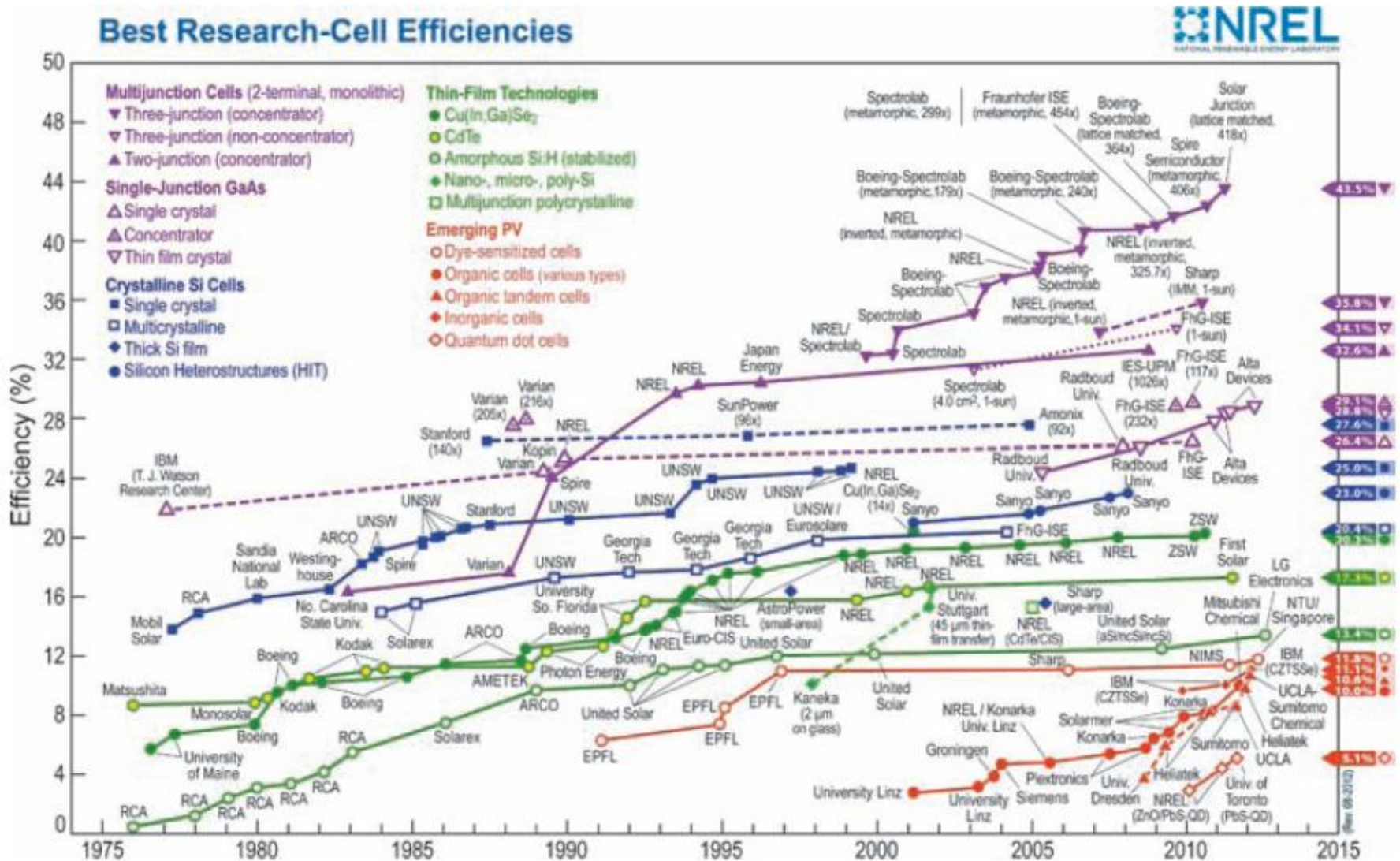
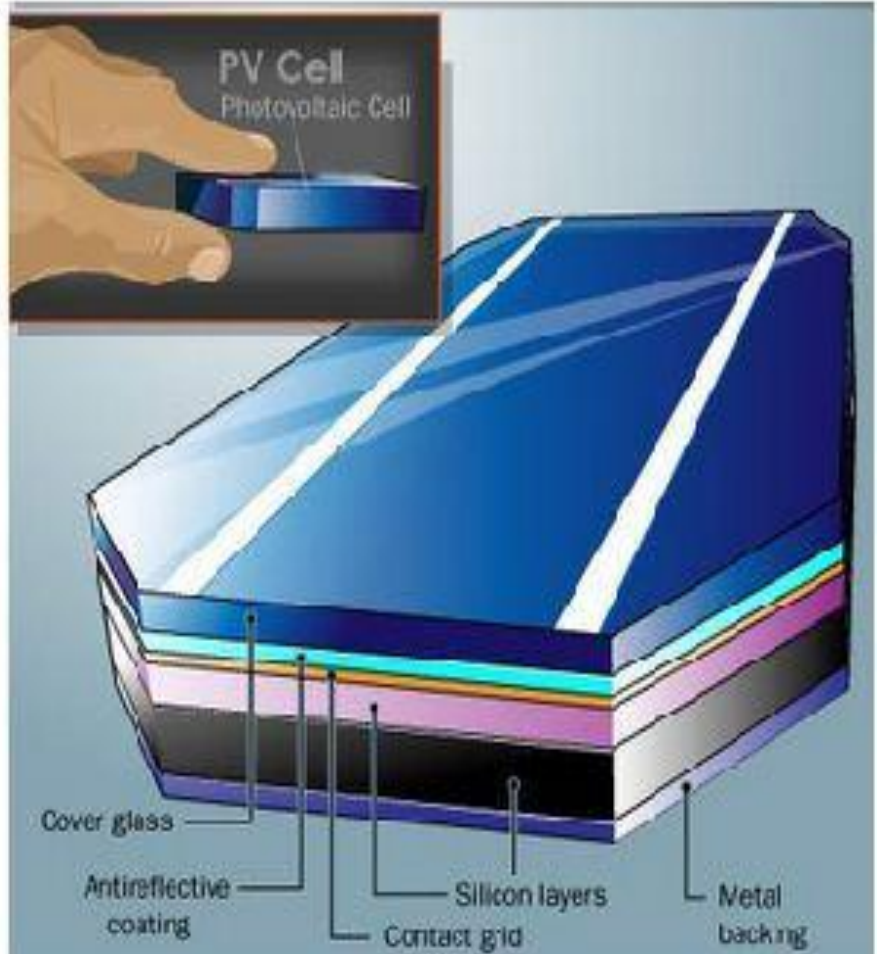


Figure 5.33 Development of record cell efficiencies in the past 40 years: Practically all technologies continue to show increasing efficiencies (source: NREL)

STRUKTUR SEL SURYA



1. Substrat/Metal backing

- Substrat adalah material yang menopang seluruh komponen sel surya. Material substrat juga harus mempunyai konduktifitas listrik yang baik karena juga berfungsi sebagai kontak terminal positif sel surya, sehingga umumnya digunakan material metal atau logam seperti aluminium atau molybdenum. Untuk sel surya dye-sensitized (DSSC) dan sel surya organik, substrat juga berfungsi sebagai tempat masuknya cahaya sehingga material yang digunakan yaitu material yang konduktif tapi juga transparan seperti indium tin oxide (ITO) dan flourine doped tin oxide (FTO).

2. Material Semikonduktor

- Material semikonduktor merupakan bagian inti dari sel surya yang biasanya mempunyai tebal sampai beberapa ratus mikrometer untuk sel surya generasi pertama (silikon), dan 1-3 mikrometer untuk sel surya lapisan tipis. Material semikonduktor inilah yang berfungsi menyerap cahaya dari sinar matahari. Untuk kasus gambar diatas, semikonduktor yang digunakan adalah material silikon, yang umum diaplikasikan di industri elektronik. Sedangkan untuk sel surya lapisan tipis, material semikonduktor yang umum digunakan dan telah masuk pasaran yaitu contohnya material $\text{Cu}(\text{In,Ga})(\text{S,Se})_2$ (CIGS), CdTe (kadmium telluride), dan amorphous silikon, disamping material-material semikonduktor potensial lain yang dalam sedang dalam penelitian intensif seperti $\text{Cu}_2\text{ZnSn}(\text{S,Se})_4$ (CZTS) dan Cu_2O (copper oxide).
- Bagian semikonduktor tersebut terdiri dari junction atau gabungan dari dua material semikonduktor yaitu semikonduktor tipe-p (material-material yang disebutkan diatas) dan tipe-n (silikon tipe-n, CdS,dll) yang membentuk p-n junction yang menjadi kunci dari prinsip kerja sel surya

3. Kontak metal / contact grid

- Selain substrat sebagai kontak positif, diatas sebagian material semikonduktor biasanya dilapiskan material metal atau material konduktif transparan sebagai kontak negatif.

4. Lapisan Antireflektif

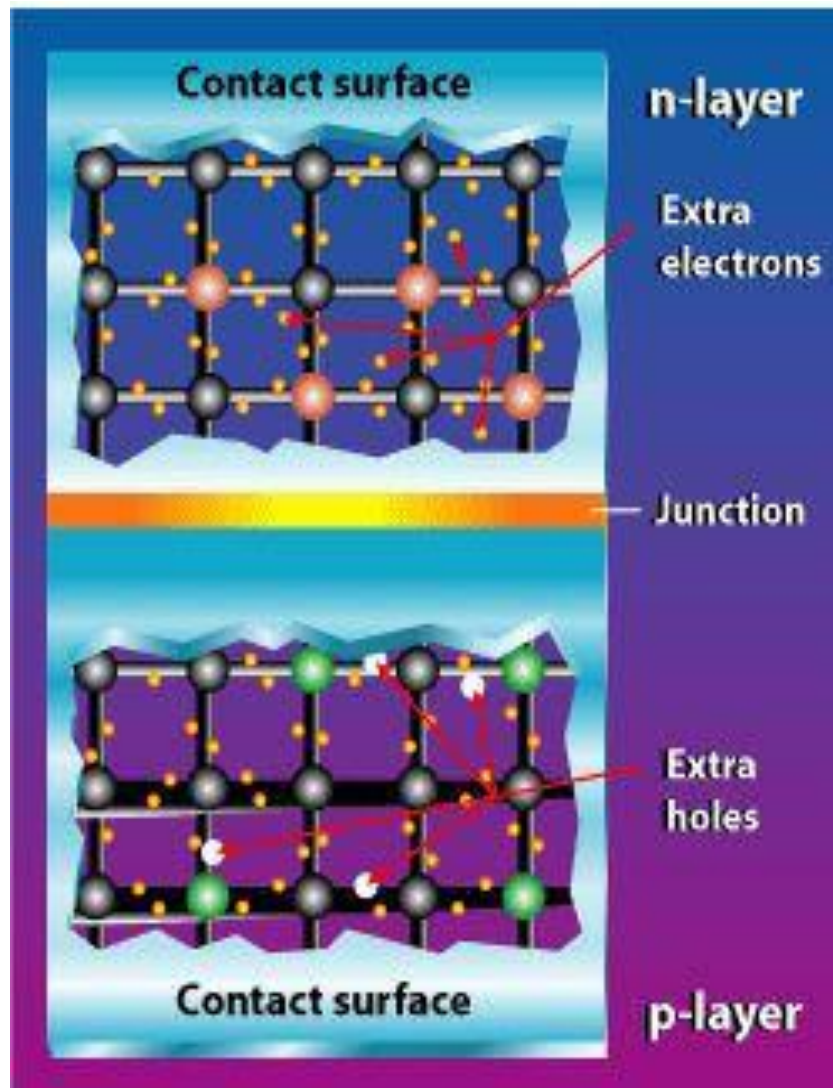
- Refleksi cahaya harus diminimalisir agar mengoptimalkan cahaya yang terserap oleh semikonduktor. Oleh karena itu biasanya sel surya dilapisi oleh lapisan anti-refleksi. Material anti-refleksi ini adalah lapisan tipis material dengan besar indeks refraktif optik antara semikonduktor dan udara yang menyebabkan cahaya dibelokkan ke arah semikonduktor sehingga meminimumkan cahaya yang dipantulkan kembali.

5. Enkapsulasi / cover glass

- Bagian ini berfungsi sebagai enkapsulasi untuk melindungi modul surya dari hujan atau kotoran.

CARA KERJA SEL SURYA

- Sel surya konvensional bekerja menggunakan prinsip p-n junction, yaitu junction antara semikonduktor tipe-p dan tipe-n. Semikonduktor ini terdiri dari ikatan-ikatan atom yang dimana terdapat elektron sebagai penyusun dasar. Semikonduktor tipe-n mempunyai kelebihan elektron (muatan negatif) sedangkan semikonduktor tipe-p mempunyai kelebihan hole (muatan positif) dalam struktur atomnya. Kondisi kelebihan elektron dan hole tersebut bisa terjadi dengan mendoping material dengan atom dopant. Sebagai contoh untuk mendapatkan material silikon tipe-p, silikon didoping oleh atom boron, sedangkan untuk mendapatkan material silikon tipe-n, silikon didoping oleh atom fosfor. Ilustrasi dibawah menggambarkan junction semikonduktor tipe-p dan tipe-n.



Junction antara semikonduktor tipe-p (kelebihan hole) dan tipe-n (kelebihan elektron).
(Gambar : eere.energy.gov)

- Peran dari p-n junction ini adalah untuk membentuk medan listrik sehingga elektron (dan hole) bisa diekstrak oleh material kontak untuk menghasilkan listrik. Ketika semikonduktor tipe-p dan tipe-n terkontak, maka kelebihan elektron akan bergerak dari semikonduktor tipe-n ke tipe-p sehingga membentuk kutub positif pada semikonduktor tipe-n, dan sebaliknya kutub negatif pada semikonduktor tipe-p. Akibat dari aliran elektron dan hole ini maka terbentuk medan listrik yang mana ketika cahaya matahari mengenai susunan p-n junction ini maka akan mendorong elektron bergerak dari semikonduktor menuju kontak negatif, yang selanjutnya dimanfaatkan sebagai listrik, dan sebaliknya hole bergerak menuju kontak positif menunggu elektron datang, seperti diilustrasikan pada gambar dibawah.

CARA KERJA SEL SURYA

