

16. Avances en energía solar y temas especializados en fotovoltaicos

Satheesh Krishnamurthy OPEN University UK

Resultados del aprendizaje

Después de completar este capítulo, el estudiante debe ser capaz de entender el:

1. Adelanto de materiales en sistemas fotovoltaicos y tecnologías alternativas de PV
2. Grandes sistemas de PV y examinar las características técnicas
3. Avances en la tecnología inversora.

Avances en los materiales de los sistemas fotovoltaicos

El total del consumo anual global de todas las formas de energía aumentó más de diez veces durante el siglo XX y en el año 2011, la producción de energía y el consumo eran cerca de 518.546 y 520.272 Quadrillion Btu, respectivamente. Esto aumentó a 537.266 y 524.076 Quadrillion Btu respectivamente, en 2012, según lo estimado por la Agencia Internacional de energía (AIE) [1]. Los recursos energéticos no-renovables como carbón, petróleo y gas tienen varios impactos significativos y perjudiciales en el medio ambiente que contribuyen al cambio climático, por lo tanto, hay una necesidad urgente transición para limpiar las fuentes de energía renovables tales como viento, agua, energía solar, energía mareomotriz y la geotérmica. Tecnología de energía renovable, energía fotovoltaica solar en particular, se ha considerado como una tecnología alternativa para el último par de décadas. La demanda creciente de energía y agotamiento previsto de las fuentes no renovables, como fósiles combustibles, a finales del siglo ha instado a los investigadores a desarrollar la energía solar como una forma de energía limpia y abundante. La contribución total de la energía global de energía fotovoltaica fue < 1% en 2013 y se prevé que aumente a ~ 16% 2050 [2]. Sin embargo, la tecnología de silicio ampliamente aceptada tiene inherentes retos sin resolver que están restringidos por propiedades de los materiales, con la eficiencia teórica predicha del 33% y, consecuentemente, la eficiencia de estos sistemas está limitados por el material de fuente. Aunque ha habido considerable investigación y desarrollo en las células solares de silicio en las últimas décadas, apenas aumenta la eficiencia. Con el fin de satisfacer la energía del mundo exige aumento hasta 2020 y más allá, los investigadores están buscando tecnología alternativa disruptiva para la fotovoltaica de silicio convencional.

Las células solares son generalmente clasificadas en distintas generaciones, basadas en los materiales necesarios para su síntesis, aplicaciones y perspectiva comercial. Primera generación tecnología de silicio actualmente domina el mercado fotovoltaico del mundo, siendo utilizado por el ~ 90% de las instalaciones. La mejor eficiencia de conversión de

potencia récord de laboratorio para células solares de silicio es de ~ 25% de las células solares y ~ 22% para los módulos, con el desempeño que depende en gran medida de la calidad del silicio utilizado. Estos dispositivos son fiables como sólido en la naturaleza, pero sufren de las desventajas de costo de producción alto, así como la aplicación en módulos solares y el límite Shockley Queisser teórico de eficiencia.

Segunda generación de células solares implican tecnología fundamentalmente amorfa y lamina fina como el silicio amorfo, arseniuro de galio (GaAs), telurio de cadmio (CdTe), cobre seleniuro de indio (di) (CIGS) con una eficiencia de ~ 21% [1] y menores costos de producción. El complejo basado en el vacío los procesos para el procesamiento de materiales y tratamientos de alta temperatura para la fabricación de 2nd generación células solares, así como (y lo más importante) la disponibilidad de materiales y por lo tanto el costo, las hacen menos atractivas para la producción a gran escala. Sin embargo, 2nd generación solar de láminas finas células tienen un nicho de mercado en ciertas industrias, como las aplicaciones de la electrónica flexible.

Desde la 1^{er} a las células de solares de generación 2, la reducción de costos es un paso hacia la dirección correcta, pero los costos no son todavía lo suficientemente bajos como para la captación comercial substancial por los consumidores como consecuencia de los problemas inherentes con esos dispositivos.

Tercera generación de células solares basadas en materiales nano estructurados de técnicas de fabricación de bajo costo han atraído más atención debido a la fabricación simplificada del proceso, la disponibilidad de materiales y coste competitividad. Estos motivos desafían a varias comunidades de investigación para desarrollar soluciones que, en última instancia, no sólo es la clave en la disponibilidad de materiales sino también la producción de bajo costo y alta eficiencia. Tercera generación de células solares consisten en diferentes tipos de dispositivos, tales como células solares teñir-sensibilizadas (DSSCs), las células solares orgánicas, incluyendo los dispositivos de polímero, cuánticos células solares sensibilizadas por el punto (QDSSCs), perovskitas y dispositivos multicapa tándem con silicio amorfo o GaAs. Uno de los principales candidatos con el aumento vertical de la eficiencia es el material recientemente explorado perovskita que han surgido como una alternativa prometedora debido a su rentabilidad y eficacia alta.

Photovoltaic Materials

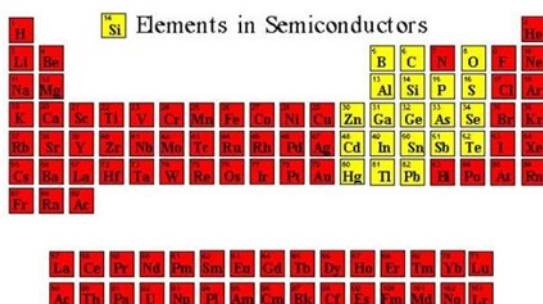


Figura 1. Los elementos semiconductores que pueden utilizarse como materiales de PV

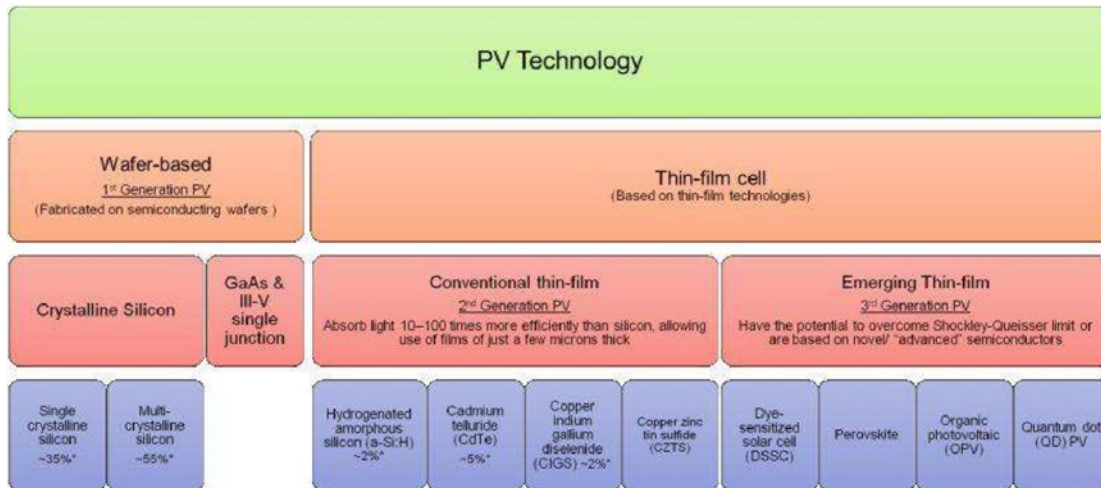


Figura 2. Diferentes de la generación de células solares se muestran como se explica en la sección.

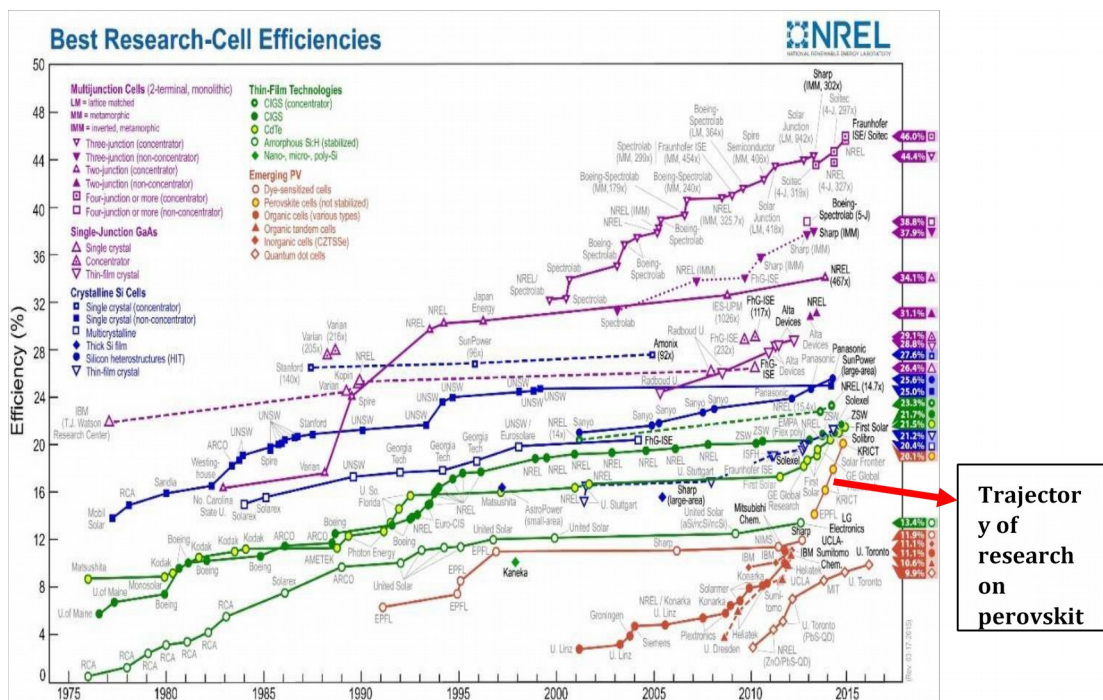


Figura 3. Mejor tabla de eficiencia de la célula de investigación [1].

La figura 3 muestra la mejor eficiencia de células solares diferentes materiales. Se aprecia que el crecimiento reciente en materiales de célula solar perovskita es particularmente interesante y creciente, como actualmente se hacen muchas inversiones en esta tecnología.

Células solares de Perovskita (PSCs) son relativamente una nueva tecnología, que actualmente ha generado un enorme interés debido a su multitud de propiedades fascinantes y la perspectiva de una alternativa viable de bajo costo al silicio. Inorgánico híbrido PSC junto con 2 dimensiones (2D) nanoestructuras impulsan a la ciencia y la tecnología más allá de la era del silicio, traer estos materiales y sus desafíos de la Academia a la industria y, en última instancia, la sociedad. Recientemente, la intensa investigación en este campo ha permitido la eficiencia de estos dispositivos para mejorar más allá de 20% en un lapso de años como se muestra en la figura 3. Desgraciadamente, la comercialización de estos sistemas es todavía está lejos debido a los problemas inherentes asociados a las moléculas orgánicas en estos dispositivos híbridos de Perovskita.

El desarrollo de células solares de Perovskita está ganando terreno junto con las tecnologías convencionales de células solares de silicio cristalino y amorfo, así como los sistemas fotovoltaicos orgánicos emergentes. Esto es en gran parte debido a sus propiedades únicas, procesos de bajo costo de fabricación y la facilidad de la disponibilidad de materiales híbridos de organico-inorgánico necesarias para su síntesis. El concepto de incorporación de perovskitas como un sensibilizador ha surgido del campo de DSSCs, donde un tinte absorbe la luz adsorbida en la superficie de un conductor de tipo n mesoporoso y lleno-para arriba con un electrolito redox, funciona eficientemente como una célula solar.

Sistemas fotovoltaicos de concentración

Aparte de panel plano o flexible de láminas finas, otra forma de obtener energía de la luz solar es de espejos o lentes Fresnel para concentrar la radiación solar entrante en las células. Esta forma tiene una ventaja; dependiendo de la tasa de concentración, con eficacia solamente un área muy pequeña es necesario (variación entre los dos a varios cientos o incluso mil veces). El sistema de concentración debe tener una abertura igual a la de una matriz de placa plana equivalente a recoger la misma cantidad de energía entrante.

Sistemas con los cocientes más altos de concentración utilizan sensores, motores y controles para que puedan seguir el sol en dos ejes (acimut y elevación), garantizar que las células reciban siempre la máxima cantidad de radiación solar. Es importante tener en cuenta que las células se exponen a temperaturas mucho más altas que en un arreglo de placa plana, que es una de las razones porqué se utilizan células de III-V cruce múltiple. Sistemas con menores relaciones de concentración a menudo vía el sol sólo en un eje y puede tener mecanismos más simples.

La mayoría de los concentradores sólo pueden utilizar la radiación solar directa. Esto tiene un efecto adverso en la mayoría de los países europeos donde casi la mitad de la radiación solar es difusa, pero en climas con proporciones más altas de la radiación solar directa puede ser muy eficaces.

Esferas de silicio

En la década de 1970, el U.S. la empresa Texas Instruments (TI) desarrolló una forma ingeniosa de hacer células fotovoltaicas con esferas pequeñas, del tamaño de milímetros, de silicio dopado incrustados a intervalos regulares entre delgadas hojas de papel de aluminio. Este enfoque recientemente ha sido más desarrollado por la firma japonés Clean Venture 21 (CV21) adjuntando a cada esfera de silicio pequeña en su propia taza de micro-reflector de aluminio hexagonal, que concentra la luz sobre la esfera y reduce la cantidad total de silicio requerido, en comparación con las células convencionales de silicio cristalino, figura 4 [3]. Esta tecnología está actualmente en una etapa muy temprana de la comercialización.

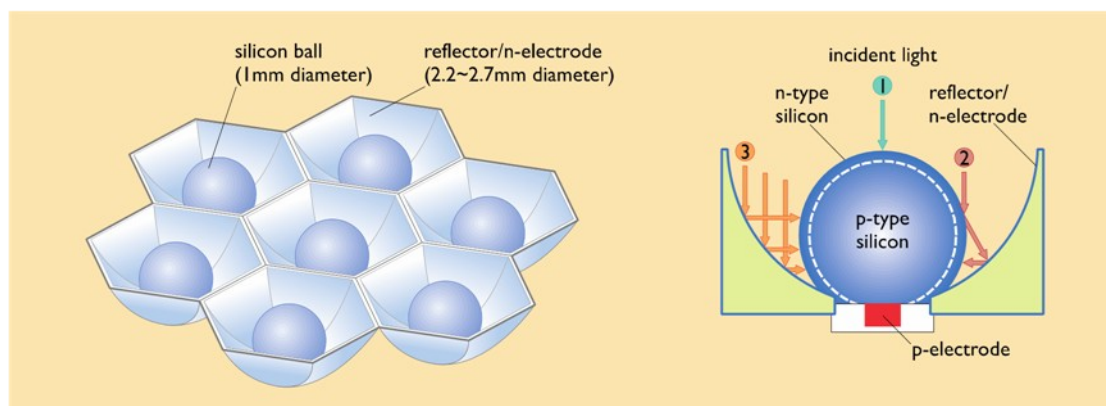


Figura 4. La operación del principio del esférica tecnología fotovoltaica desarrollada por CV2. Pequeñas esferas de silicio cristalino dopado incrustadas en hexagonales micro-reflectores

Impacto de la tecnología fotovoltaica

El avance de la tecnología fotovoltaica proporcionará más oportunidades para la integración de PV en edificios residenciales y comerciales, así como en aplicaciones de transporte. El exterior del edificio tiene el potencial para convertirse en un generador de energía.

PV de lamina fina está siendo integrado en un vaso visible que incluye la construcción de ventanas, claraboyas, fachadas y atrios. La transmitancia del vidrio incorporando la capa fina del PV se puede variar para reducir la luz del sol entrante y brillos igual a la ventana tradicional teñida.

Cristal opaco de PV se puede producir también para el uso como spandrel de cristal que, cuando se combina con vidrio PV, efectivamente vuelve la envolvente del edificio en un generador de energía eléctrica. La azotea del edificio ha sido el lugar tradicional para la instalación PV.

Para cubiertas planas en edificios comerciales, fabricantes están experimentando con integración de PV en materiales para techos tradicionales que pueden ser instalados directamente por un contratista de techos en la forma que actualmente se están instalando techado individuales y múltiples capas tradicionales. Para techos inclinados, se están produciendo tejas PV mediante tecnología fotovoltaica de película delgada o de silicio cristalino. Estas tejas PV están hechas para parecerse a las tejas de asfalto o madera. Se producen paneles de láminas finas y recubrimientos para techos de metal a pie de costura que se pueden suministrar en una variedad de colores para proporcionar una instalación estéticamente agradable.

Avances en proyectos fotovoltaicos a gran escala

Aunque los proyectos fotovoltaicos están aumentando rápidamente, no son comparables a las tecnologías convencionales de la energía. PV tiene muy pocas aplicaciones a gran escala. Sin embargo, el avance en las tecnologías de planta de alimentación PV está creciendo rápidamente y diferentes países comenzaron a instalar plantas de energía a gran escala.

La mayor planta FV del mundo construida hasta ahora es el Parque Solar de Gujarat en Gujarat, India, con una capacidad de potencia de 600 MW. La planta más grande en los E.e.u.u. es estrella Solar con 579 MW. La planta fotovoltaica más grande de Europa, la granja Solar de Cestas en Francia tiene una capacidad de 300 MW.

La ciudad marroquí de Ouarzazate en el borde del desierto del Sahara ha planificado cuatro vinculadas mega-plantas solares que, junto a hidroeléctrica y eólica, ayudará a proporcionar casi la mitad de la electricidad de Marruecos de las energías renovables en 2020. El proyecto es clave en las ambiciones de Marruecos para utilizar sus desiertos sin explotar y convertirse en una superpotencia global solar con una capacidad de 580 MW.



Figura 5. Granja solar en Gujarat, India.

Aplicaciones de proyectos fotovoltaicos a gran escala:

Proyectos fotovoltaicos de gran escala han ido evolucionando debido a la necesidad de producir la generación de energía alterna para muchas aplicaciones diferentes, tales como:

- Sistema de alimentación de red conectada
- Electrificación Autónoma de pueblos o comunidades
- Sistemas de respaldo de energía para telecomunicaciones
- Desalación de agua y bombeo
- Almacenamiento en frío para la conservación de alimentos

Es importante tener en cuenta que muchas de estas aplicaciones sólo son aplicables localmente, como el almacenamiento sistema tiene desafíos inherentes. También es

importante tener en cuenta que grandes proyectos fotovoltaicos son menos económicos que los autónomos en una operación de conexión de red. Esto es debido a la configuración de la red conectada pueden utilizar toda la PV energía producida, reduciendo así el costo de la electricidad. Aplicaciones autónomas dependen en gran medida por la demanda de energía de los aislados, por lo tanto no puede utilizarse energía adicional.

Avances en la tecnología del inversor de generación fotovoltaica en sistemas de distribución

A nivel mundial, los científicos y tecnólogos están tratando de determinar cómo mejorar el aumento del porcentaje de la fotovoltaica (PV) para generar energía a sus redes eléctricas. Las utilidades son inciertas acerca de los efectos de altos niveles de generación de energía renovable variable en confiabilidad del sistema, calidad de la energía y la seguridad de los trabajadores y equipos, pero los avances recientes en tecnología invertida han convertido en valiosas herramientas para la gestión de estos aspectos de la operación de la red. Idealmente, todas las fuentes de energía renovable y cada forma de almacenamiento de energía, producen corriente directa (DC) o potencia de salida de frecuencia variable. Toda la energía de estas fuentes debe pasar a través de un convertidor de frecuencia (C.C. a la CA o a CA) para alimentar la red eléctrica de corriente alterna de frecuencia constante (CA). Esta etapa adicional de conversión de potencia presenta equipo adicional, costo y potencia las pérdidas. En el lado positivo, la necesidad de la conversión de frecuencia ha dado lugar a una creciente clase de generadores electrónicamente acoplados (ECGs) conectados a la red, con capacidades de control que son más flexibles en comparación con los generadores convencionales de máquina síncrona giratoria. Comprensiblemente, electricidad ha visto la llegada de estos ECGs con cierta resistencia, debido a sus características de funcionamiento que no estén familiarizados y debido a su localización en sistemas de distribución donde tradicionalmente ha habido generación de energía mínima. El nivel de preocupación ha aumentado con el creciente tamaño de los proyectos propuestos en relación con la clasificación de alimentación o los niveles de carga mínima. Por supuesto es perfectamente viable para generar energía en circuitos de distribución nuevo o existente e incluso exportar energía hacia el sistema de transmisión, pero al hacerlo ponemos en duda algunos de los supuestos tradicionales que se han hecho en el diseño de esquemas de regulación protección y tensión para los circuitos de distribución. Esto es especialmente cierto en el caso de mayores niveles de penetración de generación de energía PV.

Principales temas retrasar o bloquear la conexión de proyectos fotovoltaicos grandes

Con la introducción de la tarifa de alimentación favorable (FIT) tarifas y créditos fiscales para las energías renovables, junto con el rápido descenso en el costo de los módulos fotovoltaicos, ha habido una fiebre sin precedentes para instalar grandes proyectos fotovoltaicos en muchas partes del mundo. En consecuencia, utilidades han sido inundadas con solicitudes de interconexión a la red. En muchos casos la red de distribución ha sido preparada para lidiar con esto, especialmente en el caso de proyectos a gran escala (5 MW a

> 10 MW) solicitando la interconexión en niveles de voltaje del sistema de distribución. Globalmente, el imperante 1547 IEEE estándar no proporciona las respuestas necesarias para tranquilizar a los servicios públicos, porque estos escenarios de alta penetración simplemente no se previeron cuando se elaboró la norma.

Los principales temas y requisitos que afectan actualmente a la interconexión de los sistemas fotovoltaicos son:

- Capacidad de cortocircuito
- Limitación de distancia de la energía
- Viaje de traslado para instalación fotovoltaica
- Disposiciones aduaneras especiales para el despliegue de la potencia reactiva
- Viaje a medida a través de requisitos
- Requisitos de calidad de voltaje
- Método de puesta a tierra de sistema PV

Una descripción detallada de todo lo anterior está fuera del alcance de este capítulo.

En Resumen, la capacidad de inversor avanzado podría facilitar niveles de elevada penetración de generación de PV y también puede conducir a ahorros de utilidades mediante la reducción de pérdidas de línea. Inversores avanzados pueden drásticamente reducir operaciones de conmutación del regulador, de tal modo prolongar la vida útil de los equipos, reducir el coste de mantenimiento, diferir el costo de nuevos bancos de capacitores, etc..

Bibliografía

[1][1] International Energy Agency (IEA) report

[2] International Energy Agency (IEA) report: Technology Roadmap Solar Photovoltaic Energy, 2014 edition (International Energy Agency report 2014)

[3]

Graham-Rowe, Duncan. "Solar cells get flexible." Nature Photonics 1.8 (2007): 433435.