



OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: 2 809 521

(51) Int. CI.:

C07C 29/151 (2006.01) C25B 1/04 (2006.01) C25B 1/00 (2006.01) C07C 29/15 (2006.01) C25B 9/00 (2006.01) F03G 6/00 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- (86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: 21.05.2015 PCT/SE2015/050586
- (87) Fecha y número de publicación internacional: 26.11.2015 WO15178850
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: 21.05.2015 E 15796115 (2)
- Fecha y número de publicación de la concesión europea: 13.05.2020 EP 3145899
 - 54 Título: Producción de combustible usando energía solar
 - (30) Prioridad:

21.05.2014 SE 1450607

Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente: **04.03.2021**

(73) Titular/es:

SUNTHETICS AB (100.0%) Fränntorp Mossen 511 612 93 Finspång, SE

- (72) Inventor/es:
 - LARSSON MASTONSTRÅLE, STEFAN
- (74) Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

DESCRIPCIÓN

Producción de combustible usando energía solar

Campo técnico

La presente invención se refiere a la producción de combustible con asistencia solar, así como a componentes para su uso en dicha producción.

10 Antecedentes

15

30

35

50

60

65

El documento US2002025457 divulga un método para el almacenamiento de energía eléctrica y térmica o de hidrógeno. El método incluye las etapas de electrólisis de agua para producir hidrógeno, reacción del hidrógeno con dióxido de carbono para formar metanol y almacenamiento del metanol. La electricidad puede ser generada por paneles solares. Posteriormente, el metanol se convierte de nuevo en hidrógeno o se utiliza para alimentar un motor o generar electricidad.

El documento US2009313886 divulga un método, en el que los productos de una reacción de cambio de gas de agua inversa asistida por energía solar (RWGS) se utilizan en un proceso de síntesis de combustible de hidrocarburos para crear un combustible de hidrocarburo líquido. Un divisor de agua divide las moléculas de agua en hidrógeno y oxígeno mediante la adición de la energía solar. Una cámara de reactor químico mezcla gas de dióxido de carbono calentado por el sol con todas o solo una parte de las moléculas de hidrógeno del divisor de agua en una reacción RWGS para producir el monóxido de carbono resultante. Un reactor de síntesis de combustible líquido de hidrocarburos recibe y utiliza todas las porciones no consumidas de hidrógeno del RWGS o la porción restante de las moléculas de hidrógeno del divisor de agua y las moléculas de monóxido de carbono resultantes del RWGS en el proceso de síntesis de combustible de hidrocarburos para crear un combustible hidrocarbonado líquido.

El documento US 4 776 171 A divulga un sistema de energía integrado ubicado adyacente a un cuerpo de agua salina. El sistema de energía incluye un motor de energía solar y uno de viento. Se proporciona desalinización y electrólisis del agua. El sistema produce dióxido de carbono e hidrógeno que se utilizan para generar metanol. El metanol se puede usar como combustible para accionar un motor de combustión

El documento US 2006/055175 A1 proporciona un ciclo termodinámico híbrido y un sistema de energía híbrido como método de reducción del consumo de combustibles fósiles, máxima utilización de la energía procedente de fuentes de energía renovables, aumentando la eficiencia de los sistemas de energía híbrida y el tiempo de operación, y transformando estos sistemas de productores de energía suplementaria a primaria. El ciclo termodinámico híbrido es un método de integración de tipos de energía incompatibles, tales como radiación solar, combustible fósil, energía cinética del viento, de la marea y las olas del océano, y del agua de ríos.

El documento US 2008/092541 A1 proporciona un sistema para generar energía eléctrica a partir de energía solar. El sistema está compuesto por un solar. Un dispositivo fotovoltaico/térmico comprende una matriz fotovoltaica y un colector de energía térmica. El colector de energía térmica se utiliza como un sistema de refrigeración de fluidos para la matriz fotovoltaica. Se proporciona un convertidor de energía térmica con un acoplamiento de fluido al sistema de refrigeración de fluidos. El convertidor de energía térmica está configurado para convertir energía térmica del sistema de refrigeración de fluidos a energía eléctrica. También se proporciona un sistema de generación de energía. El sistema de generación de energía comprende un sistema de electrólisis que está acoplado al dispositivo fotovoltaico/térmico y/o una cámara de combustión que está acoplada al sistema de electrólisis y al convertidor de energía térmica. El dispositivo fotovoltaico/térmico, el convertidor de energía térmica y/o el sistema de generación de energía proporcionan energía eléctrica a una carga.

El documento US 5 228 529 divulga que células de combustible renovables que producen gas hidrógeno, bajo demanda, se usan para alimentar un vehículo. Cuando el volumen utilizable de gas hidrógeno producido por las células de combustible se agota, el ánodo de magnesio se convierte en precipitado de hidróxido de magnesio.

55 Sumario

Los inventores se han dado cuenta de que el uso de radiación solar para calentar y generar electricidad a reacciones en las que un producto, tal como metanol, de alta presión se forma a partir de agua y dióxido de carbono puede ser eficiente en costo y área. Sin embargo, los inventores también se han dado cuenta de que la electricidad generada por el sol puede ser insuficiente, lo que significa que se necesita un suministro adicional para una reacción de electrólisis que divida las moléculas de agua.

Además, los inventores se han dado cuenta de que el producto de alta presión no puede expandirse en una turbina de gas o vapor tradicional a escala industrial. Esto se debe a que el producto (por ejemplo, metanol) normalmente se mezcla con algunas cantidades de reactivos sin reaccionar (agua y CO2) y las turbinas tradicionales se desgastan cuando funcionan con tales medios mixtos. En particular, el agua es problemática y los separadores de líquidos

generalmente no son lo suficientemente eficientes. En su lugar, los inventores han descubierto que un motor de pistón es más robusto al expandir las técnicas mixtas y se puede utilizar para convertir la sobrepresión de la mezcla del producto en electricidad. Finalmente, los inventores se han dado cuenta de que la electricidad generada por medio del motor de pistón puede proporcionar el suministro de electricidad adicional necesario para la reacción de electrólisis.

5

Resumiendo, los inventores han proporcionado un método y un sistema de eficiencia energética para la producción de un producto despresurizado, tal como metanol, a partir de agua, dióxido de carbono y luz solar.

10

Además, los inventores han inventado componentes que pueden utilizarse para implementar el sistema y llevar a cabo el método.

Por consiguiente, se proporciona un colector solar que puede calentar eficientemente el reactor de electrólisis y, al mismo tiempo, concentra la luz solar en células fotovoltaicas para la generación de electricidad.

15 Además, se proporciona una disposición de células fotovoltaicas semirreflectantes que puede formar parte del colector solar y divide la luz solar en una fracción para el calentamiento y otra fracción para la generación de electricidad fotovoltaica.

Además, se proporciona un reactor que se puede calentar capaz de absorber la fracción de calentamiento de la luz 20

solar y catalizar la formación del producto.

Hay muchos beneficios asociados con la presente divulgación. En primer lugar, la energía solar puede considerarse el mayor recurso energético disponible para los seres humanos. En segundo lugar, un combustible líquido como el metanol es un portador de energía superior cuando se considera la densidad de energía y la capacidad de almacenamiento. Las enormes inversiones realizadas en infraestructura para combustibles fósiles durante los últimos 100 años pueden explotarse aún más con un combustible líquido. En tercer lugar, un combustible líquido producido utilizando CO2 como fuente de carbono sería neutro en CO2 y, por lo tanto, beneficioso desde una perspectiva de calentamiento global.

30

El mundo académico se ha centrado en la llamada fotosíntesis artificial, que implica la producción de hidrógeno con agua como material de alimentación. Se espera que la fotosíntesis artificial sea más rentable que la electrólisis del agua, que es un proceso industrial bien conocido. Sin embargo, se sabe que el hidrógeno es difícil de manejar. El valor del hidrógeno como combustible aumenta cuando se combina con carbono y forma un combustible líquido de acuerdo con la presente divulgación.

35

25

La siguiente es una lista detallada de realizaciones de la presente divulgación.

1. Un método para producir un producto, que comprende:

40

suministrar electricidad generada en una disposición de células fotovoltaicas y un motor de pistón, respectivamente, a reacciones electrolíticas y catalíticas que son calentadas por luz solar concentrada;

hacer reaccionar dióxido de carbono y agua en las reacciones electrolíticas y catalíticas calentadas para formar un producto presurizado; y

45

expandir el producto presurizado en el motor de pistón para generar electricidad.

- 2. El método del elemento 1, en el que el motor de pistón es un motor de pistón hidráulico.
- 50 3. El método del elemento 1 o 2, en el que el motor de pistón está diseñado para operar a 5000-20000 rpm, tal como 10000-15000 rpm.
 - 4. El método de uno cualquiera de los elementos anteriores, en el que una fracción líquida se separa del producto presurizado antes de expandirse en el motor de pistón.

55

- 5. El método de uno cualquiera de los elementos anteriores, en el que al menos un colector solar concentra radiación solar en la disposición de células fotovoltaicas para la generación de electricidad y en las reacciones para el calentamiento.
- 60 6. El método de uno cualquiera de los elementos anteriores, en el que el agua suministrada como reactivo a la reacción de electrólisis se precalienta refrigerando la disposición de células fotovoltaicas.
 - 7. El método de uno cualquiera de los elementos anteriores, en el que el producto es un combustible, tal como un combustible de hidrocarburos, tal como metanol.

65

8. El método de uno cualquiera de los elementos anteriores, en el que las reacciones se llevan a cabo a una

temperatura de al menos 200 °C, tal como al menos 300 °C y/o a una presión de al menos 120 bar, tal como al menos 170 bar.

9. Un sistema para producir un producto, tal como metanol, que comprende:

un colector solar;

una disposición de células fotovoltaicas dispuestas en el colector solar de tal manera que la luz solar se puede concentrar en la disposición de células fotovoltaicas mediante el colector solar;

10

5

un reactor electrolítico y catalítico para hacer reaccionar agua y dióxido de carbono y formar un producto presurizado, tal como metanol, cuyo reactor está dispuesto en el colector solar de tal manera que puede calentarse por la luz solar concentrada en el mismo;

15

un motor de pistón conectado a un generador dispuesto para expandir el producto presurizado desde el reactor y generar electricidad;

una conexión eléctrica entre la disposición de células fotovoltaicas y el reactor; y

20

- una conexión eléctrica entre el generador conectado al motor de pistón y el reactor.
- 10. El sistema del elemento 11, en el que un separador de líquido está dispuesto en una conexión entre el reactor y el motor de pistón.
- 25 11. El sistema de uno cualquiera de los elementos 9-10, en el que el reactor tiene forma de cilindro.
 - 12. El sistema de uno cualquiera de los elementos 9-11, en el que el colector solar comprende una primera superficie reflectante generalmente conformada como un canal parabólico.
- 30 13. El sistema del elemento 12, en el que el reactor está dispuesto en un rebaje en la primera superficie reflectante.
 - 14. El sistema de uno cualquiera de los elementos 9-13, en el que la célula fotovoltaica convierte radiación solar de un primer espectro en electricidad y refleja radiación solar de segundo espectro al reactor para calentamiento.
- 35 15. El sistema de uno cualquiera de los elementos 9-14, en el que el motor de pistón es un motor hidráulico.
 - 16. El sistema del elemento 15, en el que el motor hidráulico tiene 5 o 7 pistones.
- 17. Un dispositivo para la recogida de luz solar que comprende una primera superficie reflectante para reflexión primaria, una segunda superficie reflectante para reflexión secundaria y una tercera superficie reflectante para reflexión terciaria, en el que

la primera superficie reflectante tiene forma de canal parabólico y está dispuesta para reflejar luz solar directa, la segunda superficie reflectante está dispuesta para reflejar radiación concentrada desde la primera superficie reflectante, y

la tercera superficie reflectante tiene forma de canal parabólico, proporcionada como un rebaje en la primera superficie y dispuesta para reflejar la radiación de la segunda superficie reflectante y, opcionalmente, luz solar directa,

comprendiendo además dicho dispositivo un dispositivo que se puede calentar, tal como un tubo o un reactor, dispuesto para recibir radiación directamente desde la segunda y la tercera superficie reflectante.

50

- 18. El dispositivo del elemento 17, en el que un eje central del dispositivo que se puede calentar coincide aproximadamente con una línea focal de la tercera superficie reflectante.
- 19. El dispositivo del elemento 17 o 18, en el que la relación de profundidad de parábola a distancia focal de la primera superficie reflectante está entre 1:2 y 1:4, tal como entre 1:2,5 y 1:3,5.
 - 20. El dispositivo de uno cualquiera de los elementos 17-19, en el que la relación de ancho de parábola a longitud focal de la primera superficie reflectante está entre 2:1 y 2,6:1.
- 21. El dispositivo de uno cualquiera de los elementos 17-20, en el que la relación de ancho de parábola a longitud focal de la tercera superficie reflectante está entre 4:1 y 6:1, tal como entre 4,4:1 y 5,4:1.
 - 22. El dispositivo de uno cualquiera de los elementos 17-21, en el que el ancho de la parábola de la primera superficie reflectante es entre 4 y 7 veces el ancho de la parábola de la tercera superficie reflectante.
 - 23. El dispositivo de uno cualquiera de los elementos 17-22, en el que la longitud focal de la primera superficie

reflectante es al menos 5 veces la longitud focal de la tercera superficie reflectante.

5

30

- 24. El dispositivo de uno cualquiera de los elementos 17-23, en el que el ancho de la parábola de la primera superficie reflectante es de 4-8 m, tal como 5-7 m, tal como 5,5-6,5 m.
- 25. El dispositivo de uno cualquiera de los elementos 17-24, que tiene una longitud de 4-6 m, tal como 4,5-5,5 m.
- 26. El dispositivo de uno cualquiera de los elementos 17-25, en el que la segunda superficie reflectante divide la radiación en al menos cuatro haces diferentes, de los cuales al menos dos se reflejan directamente al dispositivo que se puede calentar y al menos dos se reflejan al dispositivo que se puede calentar a través de la tercera superficie reflectante, tal que la radiación incidente se distribuye alrededor de la superficie circunferencial del dispositivo que se puede calentar.
- 27. El dispositivo de uno cualquiera de los elementos 17-26, en el que la superficie secundaria es semirreflectante, de modo que se transmite una primera fracción de luz solar para la generación de electricidad en células fotovoltaicas y una segunda fracción de luz solar se refleja para calentar el dispositivo de disipación térmica.
- 28. Una disposición de células fotovoltaicas semirreflectantes que comprende una pluralidad de células fotovoltaicas no superpuestas, en la que una lente cóncava o porción de lente que tiene una superficie semirreflectante está dispuesta en un primer lado de cada célula fotovoltaica, de modo que la radiación en un primer rango de longitud de onda se concentra en la célula fotovoltaica y la radiación de un segundo rango de longitud de onda se refleja y un segundo lado de cada célula fotovoltaica está conectada térmicamente a una disposición de refrigeración capaz de refrigerar las células fotovoltaicas.
- 29. La disposición de células fotovoltaicas semirreflectantes de acuerdo con el elemento 28, en la que la disposición de refrigeración comprende uno o más canales para un medio de refrigeración, tal como agua.
 - 30. La disposición de células fotovoltaicas semirreflectantes de acuerdo con los elementos 28 o 29, en la que la disposición de refrigeración está compuesta de un metal, tal como un metal extrudido.
 - 31. La disposición de células fotovoltaicas semirreflectantes de acuerdo con cualquiera de los elementos 28-30, en la que la superficie semirreflectante es proporcionada por una textura de superficie semirreflectante o una capa semirreflectante, tal como una capa dicromática.
- 32. La disposición de células fotovoltaicas semirreflectantes de acuerdo con cualquiera de los elementos 28-31, en el que las lentes están fundidas en un material de lente, tal como siloxano o vidrio, que preferentemente tiene un índice de refracción de 1,3-1,6, tal como 1,4-1,6.
- 33. La disposición de células fotovoltaicas semirreflectantes de acuerdo con el elemento 32, en la que las lentes de las células fotovoltaicas están integradas en el material de la lente.
 - 34. La disposición de células fotovoltaicas semirreflectantes de acuerdo con uno cualquiera de los elementos 28-33, en la que las lentes son lentes 2D.
- 35. La disposición de células fotovoltaicas semirreflectantes de acuerdo con uno cualquiera de los elementos 28-34, en la que dos o más células fotovoltaicas alineadas que forman una fila están cubiertas por una lente 2D alargada común.
- 36. La disposición de células fotovoltaicas semirreflectantes de acuerdo con uno cualquiera de los elementos 28-50 35, que comprende una pluralidad de lentes 2D paralelas, cada una de las cuales cubre una fila de células fotovoltaicas.
- 37. La disposición de células fotovoltaicas semirreflectantes de acuerdo con uno cualquiera de los elementos 28-36, en la que la lente comprende una superficie superior convexa, una superficie inferior frente a la(s) célula(s)
 55 fotovoltaica(s) y dos superficies laterales opuestas que se extienden desde la superficie inferior hasta la superficie superior.
 - 38. La disposición de células fotovoltaicas semirreflectantes de acuerdo con el elemento 37, en la que las superficies laterales son reflectantes, de tal manera que la radiación transmitida a través de la superficie superior puede ser reflejada por las superficies laterales a la(s) célula(s) fotovoltaica(s) debajo de la superficie inferior.
 - 39. La disposición de células fotovoltaicas semirreflectantes de acuerdo con los elementos 37 o 38, en la que las superficies laterales se inclinan hacia fuera.
- 40. La disposición de células fotovoltaicas semirreflectantes de acuerdo con uno cualquiera de los elementos 28-39, en la que la radiación en el primer rango de longitud de onda comprende luz visible.

- 41. La disposición de células fotovoltaicas semirreflectantes de acuerdo con el elemento 40, en la que dicho primer rango de longitud de onda comprende 400-700 nm, 400-800 nm o 400-900 nm.
- 42. La disposición de células fotovoltaicas semirreflectantes de acuerdo con uno cualquiera de los elementos 28-41, en la que la radiación en el segundo rango de longitud de onda comprende 1000-2000 nm, tal como 900-2500 nm.
- 43. Un reactor que comprende una superficie selectiva circunferencial externa, una pared de tubería proporcionada dentro de la superficie selectiva, una capa de electrolizador proporcionada dentro de la pared de tubería, una capa catalítica proporcionada dentro de la capa de electrolizador y un canal de producto proporcionado dentro de la capa catalítica.
- 44. El reactor del elemento 43, en el que la superficie selectiva, la pared de tubería y la capa de electrolizador son concéntricas.
 - 45. El reactor del elemento 43 o 44, que comprende además una membrana externa o una pared de tubo perforado dispuesta entre la capa de electrolizador y la capa catalítica.
- 46. El reactor de uno cualquiera de los elementos 43-45, que comprende además una membrana interna o una pared de tubo perforado dispuesta entre la capa catalítica y el canal de producto, tal que el canal de producto se define por el interior de la membrana interna o la pared de tubo perforada.
- 47. El reactor de uno cualquiera de los elementos 43-46, que comprende además al menos una válvula de oxígeno para la liberación de oxígeno formado en la capa de electrolizador.
 - 48. El reactor de uno cualquiera de los elementos 43-47, que tiene forma de cilindro.
- 49. El reactor de uno cualquiera de los elementos 43-48, en el que la capa de electrolizador comprende células electrolíticas.
 - 50. El reactor de uno cualquiera de los elementos 43-49, que comprende además conexiones eléctricas para el suministro de electricidad a la capa de electrolizador.
- 51. El reactor de uno cualquiera de los elementos 43-50, en el que la capa catalítica comprende un catalizador basado en Cu/ZnO, opcionalmente con óxidos añadidos, tal como Ga2O3, Al2O3, ZrO2 o Cr2O3.

En general, todos los términos utilizados en las reivindicaciones se han de interpretar de acuerdo con su significado ordinario en el campo técnico, a menos que se defina explícitamente lo contrario en el presente documento. Todas las referencias a "un/una/el/la elemento, aparato, componente, medios, etapa, etc." deben interpretarse abiertamente como al menos una instancia del elemento, aparato, componente, medios, etapa, etc., a menos que se indique explícitamente lo contrario.

Breve descripción de los dibujos

40

45

50

60

65

La figura 1 ilustra una realización de un sistema de acuerdo con el segundo aspecto de la presente divulgación, que puede usarse para llevar a cabo el método del primer aspecto de la presente divulgación.

La figura 2 es una sección longitudinal de una realización de un reactor de acuerdo con el quinto aspecto de la presente divulgación en vista en perspectiva.

La figura 3 ilustra una vista lateral de una realización de un dispositivo para la recogida de luz solar de acuerdo con el tercer aspecto de la presente divulgación.

La figura 4 ilustra una realización de una disposición de células fotovoltaicas semirreflectantes de acuerdo con el cuarto aspecto de la presente divulgación. La figura 4a es una vista en perspectiva. La figura 4b es una vista lateral.

La figura 5 ilustra una vista lateral de otra realización de una disposición de células fotovoltaicas semirreflectantes de acuerdo con el cuarto aspecto de la presente divulgación.

Descripción detallada

Como un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un método de producción de un producto. El método comprende: suministrar electricidad generada en una disposición de células fotovoltaicas y un motor de pistón, respectivamente, a reacciones electrolíticas y catalíticas que son calentadas por luz solar concentrada; suministrar aqua y dióxido de carbono como reactivos y haciéndolos reaccionar en las reacciones electrolíticas y catalíticas

calentadas para formar un producto de combustible a presión, en cuyas reacciones se forma el producto después de la electrólisis del agua y la conversión catalítica de dióxido de carbono; y expandir el producto de combustible presurizado en el motor de pistón para generar electricidad y obtener el producto de combustible, en el que el producto combustible es un hidrocarburo o metanol.

5

En el primer aspecto, agua y CO2 se suministran como reactivos. En las reacciones, el producto se forma después de la electrólisis del agua y la conversión catalítica del CO2.

Las reacciones pueden llevarse a cabo, por ejemplo, a una temperatura de al menos 200 °C, tal como al menos 300 °C, como 350-550 °C. Además, las reacciones pueden llevarse a cabo a una presión de al menos 120 bar, tal como al menos 170 bar, tal como 170-270 bar.

De igual forma, el producto suministrado al motor de pistón puede tener una presión de al menos 120 bar, tal como al menos 170 bar, tal como 170-270 bar.

15

Por consiguiente, el agua y/o el CO2 pueden presurizarse al menos a 120 bar, tal como al menos 170 bar, tal como 170-270 bar antes de ser suministrado a las reacciones.

El reactor usado en el primer aspecto para las reacciones puede ser, por ejemplo, un reactor de acuerdo con el quinto aspecto descrito a continuación. Además, el reactor usado en el primer aspecto puede estar segmentado, tal como se trata a continuación.

El CO2 de la presente divulgación puede obtenerse, por ejemplo, a partir de la captura posterior a la combustión ("captura de carbono") en centrales eléctricas u otros procesos de combustión. También se puede obtener a partir de la fermentación de biogás o etanol donde se forma como un biproducto. Además, puede obtenerse en instalaciones de producción de hormigón, que generan cantidades sustanciales de CO2. Como otro ejemplo, el CO2 puede separarse del agua de mar (por ejemplo, por medio de separadores de polimembrana) o del aire y usarse de acuerdo con la presente divulgación.

30 El CO2 y el agua suministrados normalmente se purifican para evitar la contaminación del proceso.

En una realización, el oxígeno producido durante la hidrólisis del agua se ventea de las reacciones, por ejemplo, a través de válvulas de oxígeno dispuestas en el reactor.

El producto es preferentemente un producto hidrocarbonado. Además, el producto es preferentemente un líquido a presión atmosférica y temperatura ambiente. En una realización preferida adicional, el producto es metanol.

El producto presurizado que se expande puede estar en una mezcla con otros componentes. Normalmente, la mezcla del producto comprenderá agua sin reaccionar y CO2. La mezcla del producto también puede comprender gas hidrógeno no reaccionado (H2) y monóxido de carbono (CO).

En el primer aspecto, el agua se electroliza, lo que requiere calor y electricidad. El calor es proporcionado por la luz solar concentrada y opcionalmente por una reacción exotérmica, tal como una reducción que consume hidrógeno producido por la electrólisis. La electricidad se obtiene a partir de dos procesos diferentes: i) la expansión del producto presurizado; y ii) la conversión fotovoltaica de la luz solar.

En una realización del primer aspecto, se usa una primera fracción de luz solar para la conversión fotovoltaica y una segunda fracción de luz solar para calentar la reacción electrolítica. Se puede usar una superficie semirreflectante para la división de la luz solar en las dos fracciones. La primera fracción comprende preferentemente luz visible y la segunda fracción comprende preferentemente radiación que tiene longitudes de onda superiores a 900 nm.

La primera fracción puede comprender, por ejemplo, longitudes de onda de 400-800 nm, tal como 400-900 nm, mientras que la segunda fracción puede comprender longitudes de onda de 1000-2000 nm, tal como 900-2500 nm.

Durante la conversión fotovoltaica, se prefiere enfriar las células fotovoltaicas usando un medio de refrigeración. La refrigeración aumenta la eficiencia de las células fotovoltaicas. El medio de refrigeración puede ser, por ejemplo, agua, que luego se suministra a la reacción como reactivo (ver arriba). Como alternativa, el calor se intercambia entre el medio refrigerante y el agua suministrada como reactivo. Tal y como entiende el experto en la materia, la transferencia de calor desde las células fotovoltaicas a la reacción electrolítica aumenta la eficiencia energética global del proceso.

60

40

45

50

Por ejemplo, la luz solar concentrada puede proporcionarse por un dispositivo de acuerdo con el tercer aspecto descrito a continuación. Además, la disposición del cuarto aspecto descrito a continuación puede usarse para la conversión fotovoltaica. Cuando se utiliza una superficie semirreflectante para fraccionar la luz solar, la superficie semirreflectante puede proporcionarse mediante la disposición del cuarto aspecto.

65

El motor de pistón del primer aspecto puede ser, por ejemplo, un motor de pistón hidráulico. En una realización, el

motor de pistón hidráulico tiene 5 o 7 pistones. Además, el motor de pistón puede estar diseñado para funcionar a 5000-20000 revoluciones por minuto (rpm), tal como 10000-15000 rpm. Las turbinas de la técnica anterior normalmente están diseñadas para funcionar a 800-1500 rpm.

- 5 En el documento US5875635 se muestra un ejemplo de un motor de pistón adecuado (consulte la discusión sobre el motor de tipo de pistón axial, que tiene 7 cilindros y, por lo tanto, 7 pistones en la realización de la figura 1 en el documento US5875635).
- Tal y como se ha mencionado anteriormente, el producto puede mezclarse con agua. En una realización del primer aspecto, el agua se separa del producto presurizado antes de expandirse en el motor de pistón. Tal separación de agua puede reducir el desgaste y/o aumentar la eficiencia en el motor de pistón. El agua separada puede reciclarse para su uso como reactivo en el proceso.
- Como también se mencionó anteriormente, el producto puede mezclarse con CO2, CO y/o H2. En una realización del primer aspecto, CO2, CO y/o H2 están separados del producto aguas abajo del motor de pistón. Por ejemplo, CO y/o H2 pueden separarse en una primera etapa de separación corriente abajo del motor de pistón y el CO2 puede separarse en una segunda etapa de separación corriente abajo del motor de pistón. El CO2, el CO y/o el H2 separados pueden reciclarse a las reacciones como reactivos.
- Como un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona un sistema para la producción de un producto de combustible, que comprende: un colector solar; una disposición de células fotovoltaicas dispuestas en el colector solar de modo que la luz solar pueda concentrarse en la disposición de las células fotovoltaicas mediante el colector solar; un reactor electrolítico y catalítico para hacer reaccionar agua y dióxido de carbono y formar un producto de combustible a presión después de la electrólisis del agua y la conversión catalítica de dióxido de carbono, cuyo reactor está dispuesto en el colector solar de tal manera que puede calentarse por la luz solar concentrada en el mismo; un motor de pistón conectado a un generador dispuesto para expandir el producto de combustible a presión desde el reactor y generar electricidad y obtener el producto de combustible, que es un hidrocarburo o metanol; una conexión eléctrica entre la disposición de células fotovoltaicas y el reactor; y una conexión eléctrica entre el generador conectado al motor de pistón y al reactor.

El sistema del segundo aspecto puede usarse para llevar a cabo el método del primer aspecto.

Las realizaciones mencionadas anteriormente del método del primer aspecto se aplican *mutatis mutandis* al sistema del segundo aspecto. No obstante, a continuación se describen algunas realizaciones específicas del segundo aspecto.

En una realización del segundo aspecto, el reactor tiene forma de cilindro. Además, la superficie circunferencial del reactor puede ser una superficie selectiva. Una superficie selectiva asegura una absorción de calor eficiente.

- En una realización, el colector solar comprende un canal parabólico. Además, el colector solar puede comprender una primera superficie para reflexión primaria, una segunda superficie para reflexión secundaria y una tercera superficie para reflexión terciaria. La tercera superficie puede ser un rebaje en la primera superficie y el reactor puede estar dispuesto dentro del rebaje. El rebaje puede estar provisto, por ejemplo, de una cubierta de manera que el reactor en el rebaje esté protegido. La cubierta está compuesta preferentemente de un material con alta transmitancia. La segunda superficie puede ser, por ejemplo, semirreflectante, de modo que pueda reflejar la radiación de longitudes de onda más largas (por ejemplo, > 900 nm) al reactor y/o la tercera superficie reflectante y transmitir radiación de longitudes de onda más cortas (por ejemplo, luz visible) a la disposición de células fotovoltaicas. El colector solar puede ser el dispositivo de acuerdo con el tercer aspecto que se describe a continuación.
- El sistema del segundo aspecto comprende preferentemente una pluralidad de reactores. Dichos reactores pueden estar químicamente conectados en paralelo, lo que significa que las mezclas de productos de la pluralidad de reactores pueden dirigirse a una línea de productos común. Además, los reactores están preferentemente conectados eléctricamente en serie.
- De igual forma, el sistema del segundo aspecto comprende preferentemente una pluralidad de disposiciones de células fotovoltaicas. Por ejemplo, cada reactor puede formar un par con una disposición de células fotovoltaicas. Además, cada uno de estos pares puede estar asociado con un colector solar.
- Las realizaciones mencionadas anteriormente del sistema del segundo aspecto se aplican *mutatis mutandis* al método del primer aspecto.

Como un tercer aspecto de la presente divulgación, se proporciona un dispositivo para la recogida de luz solar que comprende una primera superficie reflectante para reflexión primaria, una segunda superficie reflectante para reflexión secundaria y una tercera superficie reflectante para reflexión terciaria.

La primera superficie reflectante tiene forma de canal parabólico. También está dispuesta para reflejar la luz solar

65

30

directa.

La segunda superficie reflectante está dispuesta para reflejar la radiación concentrada desde la primera superficie reflectante.

5

55

- La tercera superficie reflectante se proporciona como un rebaje en la primera superficie reflectante y tiene la forma de un canal parabólico. Además está dispuesta para reflejar la radiación desde la segunda superficie reflectante. Opcionalmente, también está dispuesta para reflejar la luz solar directa.
- 10 El dispositivo del primer aspecto comprende además un dispositivo que se puede calentar, tal como un tubo o un reactor, dispuesto para recibir radiación directamente desde la segunda y la tercera superficie reflectante. El dispositivo que se puede calentar tiene preferentemente forma de cilindro. La superficie circunferencial del dispositivo que se puede calentar puede ser, por ejemplo, una superficie selectiva para una absorción de calor eficiente.
- 15 Una superficie con forma de canal parabólico es recta en una dimensión y curvada como una parábola en las otras dos.
- En una realización, la segunda superficie reflectante está dispuesta debajo de la línea focal de la primera superficie reflectante de manera que la distancia más corta entre la segunda superficie reflectante y la línea focal de la primera superficie reflectante es menor que 1/10 de la longitud focal de la parábola de la primera superficie reflectante. Estar dispuesto "debajo" de la línea focal significa estar dispuesto entre la línea focal y el vértice de la parábola de la primera superficie reflectante.
- En una realización, un eje central del dispositivo que se puede calentar coincide aproximadamente con una línea focal de la tercera superficie reflectante. En dicha realización, el dispositivo que se puede calentar normalmente está ubicado dentro del rebaje formado por la tercera superficie reflectante.
 - Hay varias formas de expresar las geometrías preferidas de la primera y tercera superficies reflectantes.
- Para la primera superficie reflectante, por ejemplo, es beneficioso tener una distancia focal relativamente alta, ya que significa una superficie reflectante más plana, lo que da como resultado una mayor reflectancia debido a pequeños ángulos incidentes y menores costos debido a una superficie reflectante más pequeña. Por consiguiente, la relación de ancho de parábola a longitud focal de la primera superficie reflectante puede ser, en una realización, entre 2:1 y 2,6:1, tal como entre 2,1:1 y 2,5:1. Otra forma de expresar la "planitud" de la primera superficie reflectante es utilizar la relación de profundidad de parábola a distancia focal, que, por ejemplo, puede estar entre 1:2 y 1:4, tal como entre 1:2,5 y 1:3,5, tal como entre 1:2,8 y 1:3,2.
- En general, es beneficioso mantener el ancho de la parábola de la tercera superficie reflectante lo más pequeño posible para reducir el volumen del rebaje y, por lo tanto, ahorrar material y obtener pequeños ángulos incidentes en el dispositivo que se puede calentar, lo que resulta en una mejor absorción mediante el dispositivo que se puede calentar.
 - Por consiguiente, la relación de ancho de parábola a longitud focal de la tercera superficie reflectante puede estar entre 4:1 y 6:1, tal como entre 4,4:1 y 5,4:1, tal como entre 4,6:1 y 5,2:1.
- El propósito de la primera superficie reflectante es recoger la luz solar directa y, por lo tanto, es mucho más grande que la tercera superficie reflectante. Por consiguiente, el ancho de la parábola de la primera superficie reflectante puede ser entre 4 y 7 veces, tal como entre 5 y 7 veces, el ancho de la parábola de la tercera superficie reflectante. La distancia focal de la primera superficie reflectante puede ser, por ejemplo, al menos 5 veces, tal como al menos 8 veces, tal como 8-14 veces, tal como 9-13 veces, tal como 10-12 veces, la longitud focal de la tercera superficie reflectante.
 - Para evitar desviarse demasiado del estándar de la industria para canales solares, el ancho de la parábola de la primera superficie reflectante puede ser de 4-8 m, tal como 5-7 m, tal como 5,5-6,5 m. La longitud del dispositivo del tercer aspecto (y, por lo tanto, la longitud de la primera, segunda y tercera superficies reflectantes) puede ser, por ejemplo, 4-6 m, tal como 4,5-5,5 m.
 - En una realización, la segunda superficie reflectante divide la radiación en tres haces diferentes, uno de los cuales se refleja directamente en el dispositivo que se puede calentar y dos se reflejan en el dispositivo que se puede calentar a través de la tercera superficie reflectante. En otra realización, la segunda superficie reflectante divide la radiación en al menos cuatro haces diferentes, de los cuales al menos dos se reflejan directamente al dispositivo que se puede calentar y al menos dos se reflejan al dispositivo que se puede calentar a través de la tercera superficie reflectante.
- En las realizaciones con 3 o más haces, la radiación incidente en el dispositivo que se puede calentar se distribuye alrededor de la superficie circunferencial del dispositivo que se puede calentar. Tal radiación incidente distribuida proporciona un calentamiento uniforme del dispositivo que se puede calentar, que mejora la absorción de calor. El calentamiento no uniforme puede provocar que el dispositivo que se puede calentar se curve y se dañe.

A partir de lo anterior se deduce que el dispositivo que se puede calentar puede estar dispuesto en el rebaje definido por la tercera superficie reflectante. El rebaje puede estar provisto, por ejemplo, de una cubierta de manera que el reactor que se puede calentar en el rebaje esté protegido. La cubierta está compuesta preferentemente de un material con alta transmitancia, tal como vidrio de alta transmitancia. Se prefiere particularmente que la transmitancia de longitudes de onda más largas, tal como 900-2500 nm, sea alta cuando la segunda superficie reflectante es semirreflectante (ver más abajo).

- La segunda superficie reflectante puede ser, por ejemplo, semirreflectante, de modo que pueda reflejar longitudes de onda más largas (por ejemplo, 900-2500 nm) al dispositivo que se puede calentar y/o la tercera superficie reflectante y transmitir longitudes de onda más cortas que comprenden luz visible a una disposición de células fotovoltaicas. La superficie semirreflectante puede obtenerse, por ejemplo, mediante una textura de superficie semirreflectante o una capa semirreflectante, tal como una capa dicromática.
- La primera, segunda y tercera superficies reflectantes pueden estar dispuestas para girar colectivamente, de modo que la primera superficie reflectante siga al sol durante el día. En dicha realización, la primera, segunda y tercera superficies reflectantes pueden estar dispuestas para girar alrededor del eje del dispositivo que se puede calentar, mientras el dispositivo que se puede calentar está fijo y no gira.
- 20 En una realización del tercer aspecto, el dispositivo comprende la disposición de células fotovoltaicas del cuarto aspecto descrito a continuación. En dicha realización, la segunda superficie reflectante es la superficie semirreflectante del cuarto aspecto.
- Como un cuarto aspecto de la presente divulgación, se proporciona una disposición de células fotovoltaicas semirreflectantes que comprende una pluralidad de células fotovoltaicas no superpuestas, en la que una lente cóncava o porción de lente que tiene una superficie semirreflectante está dispuesta en un primer lado de cada célula fotovoltaica, de modo que la radiación en un primer rango de longitud de onda se concentra en la célula fotovoltaica y la radiación de un segundo rango de longitud de onda se refleja y un segundo lado de cada célula fotovoltaica está conectada a una disposición de refrigeración.
 - En una realización, la superficie semirreflectante se obtiene mediante una textura de superficie semirreflectante o una capa semirreflectante, tal como una capa dicromática. Tal textura o capa es conocida por la persona experta.
- En una realización del cuarto aspecto, las lentes se forman fundiendo un material para lentes, tal como siloxano o vidrio. El índice de refracción del material de la lente es preferentemente entre 1,3 y 1,6, tal como entre 1,4 y 1,6. Tal operación de fundición también puede fijar las posiciones de las células fotovoltaicas. Las lentes pueden ser curvadas en dos dimensiones y rectas en una tercera dimensión, por ejemplo, formando crestas alargadas. Tal lente 2D puede cubrir una pluralidad de elementos fotovoltaicos dispuestos uno al lado del otro en una fila. En una realización del cuarto aspecto, la disposición comprende una pluralidad de lentes 2D paralelas. Cada una de las lentes 2D paralelas puede cubrir una fila de células fotovoltaicas.
 - En una realización del cuarto aspecto, la lente comprende una superficie superior convexa, una superficie inferior frente a la(s) célula(s) fotovoltaica(s) y dos superficies laterales opuestas que se extienden desde la superficie inferior hasta la superficie superior. Las superficies laterales pueden ser reflectantes de tal manera que la radiación transmitida a través de la superficie superior puede ser reflejada por las superficies laterales a las células fotovoltaicas debajo de la superficie inferior. En una realización, las superficies laterales se inclinan hacia fuera. Por ejemplo, el plano de una superficie lateral inclinada puede formar un ángulo de 4-45°, tal como a 5-30°, con respecto a la normalidad del plano de la(s) célula(s) fotovoltaica(s).

45

- En una realización del cuarto aspecto, la radiación en el primer rango de longitud de onda comprende luz visible. En una realización, el primer rango de longitud de onda comprende 400-700 nm. También puede comprender 400-800 nm o 400-900 nm. Tal y como entiende el experto en la materia, un primer rango de longitud de onda más amplio significa que una porción más grande de la energía de la luz solar se convierte en electricidad. En una realización, el segundo rango de longitud de onda, que normalmente está destinado al calentamiento, comprende 1000-2000 nm, tal como 900-2500 nm.
 - La disposición de refrigeración está dispuesta para refrigerar las células fotovoltaicas, lo que aumenta su eficiencia. La disposición de refrigeración está compuesta preferentemente de metal. Además, la disposición de refrigeración puede comprender canales para un medio de refrigeración, tal como agua. Los canales pueden tener, por ejemplo, una sección transversal circular u ovalada, lo cual es beneficioso si el medio de refrigeración tiene una alta presión. La disposición de refrigeración puede extrudirse, por ejemplo, en una sola pieza.
- Como un quinto aspecto de la presente invención, se proporciona un reactor que comprende una superficie selectiva circunferencial externa. La superficie selectiva absorbe radiación, que calienta el reactor. En el quinto aspecto, se proporciona una tubería dentro de la superficie selectiva. Por consiguiente, la superficie selectiva se puede proporcionar directamente en la superficie externa de la tubería. La tubería está diseñada para soportar altas

temperaturas de reacción (por ejemplo, > 800 °C) y presiones (por ejemplo, > 150 bar) dentro del reactor. Además, la tubería normalmente está compuesta de un material que tiene una alta conductividad térmica. De este modo, la tubería puede estar compuesta de un metal, tal como Inconel.

- Dentro de la tubería, se proporciona una capa de electrolizador. Por consiguiente, se puede agregar vapor a esta capa del reactor, que genera hidrógeno y oxígeno. La capa hidrolítica puede comprender, por ejemplo, una pluralidad de células electrolizadoras, tal como células de electrolizadores de óxido sólido (SOEC), tal como zirconia SOEC.
- Dentro de la capa del electrolizador, se proporciona una capa catalítica. La capa catalítica puede comprender uno o más catalizadores basados en FeO2 y/o Cu/ZnO, opcionalmente con óxidos añadidos, tal como Ga2O₃, Al2O3, ZrO2 y/o Cr2O3. Se puede agregar CO2 a la capa catalítica. La capa catalítica normalmente cataliza la formación del producto en una o más etapas. Por ejemplo, el monóxido de carbono y el oxígeno pueden formarse a partir de CO2 en la capa catalítica. El monóxido de carbono puede reaccionar luego con hidrógeno desde la capa del electrolizador en la capa catalítica para formar el producto. El producto puede ser, por ejemplo, metanol

15

25

30

35

40

45

50

- Una o más reacciones en la capa catalítica pueden ser exotérmicas y, por lo tanto, ayudar a proporcionar calor a la reacción electrolítica en la capa del electrolizador.
- En una realización del quinto aspecto, la superficie selectiva, la tubería y la capa del electrolizador son concéntricas.

 Preferentemente, la superficie selectiva, la tubería, la capa del electrolizador y la capa catalítica son concéntricas. En una realización, la superficie selectiva, la tubería, la capa del electrolizador, la capa catalítica y el canal del producto son concéntricos.
 - De lo anterior se deduce que el reactor del quinto aspecto en una realización está conformado como un cilindro.
 - El reactor del quinto aspecto puede comprender además una pared o membrana del tubo exterior prevista entre la capa de electrolizador y la capa catalítica. Por consiguiente, la pared o membrana del tubo exterior separa la capa del electrolizador de la capa catalítica. La pared o membrana del tubo exterior es permeable al hidrógeno producido en la capa del electrolizador. De este modo, la pared del tubo exterior puede estar perforada.
 - Además, el reactor del quinto aspecto puede comprender además una pared o membrana del tubo interno prevista entre la capa catalítica y el canal del producto. Por consiguiente, el interior de la pared o membrana del tubo interior define el canal del producto. La pared o membrana del tubo interno es permeable al producto producido en la capa catalítica. De este modo, la pared del tubo interno puede estar perforada.
 - En una realización, el reactor del quinto aspecto comprende además al menos una válvula de oxígeno para la liberación de oxígeno formado en la capa del electrolizador. La al menos una válvula de oxígeno también puede estar dispuesta para liberar oxígeno formado en la capa catalítica. Como alternativa, al menos una válvula de oxígeno separada puede estar dispuesta para la liberación de oxígeno formado en la capa catalítica.
 - La invención se describirá ahora más completamente a continuación con referencia a los dibujos adjuntos, en los que se muestran ciertas realizaciones de la invención. Esta invención puede, sin embargo, realizarse de muchas formas diferentes y no debería construirse como limitada a las realizaciones establecidas en el presente documento; por el contrario, estas realizaciones se proporcionan a modo de ejemplo, de manera que la presente divulgación sea exhaustiva y completa y para transmitir completamente el alcance de la invención a los expertos en la técnica. Números similares se refieren a elementos similares en toda la descripción.
 - La figura 1 muestra una realización de un sistema de acuerdo con el segundo aspecto de la presente invención. CO2 se proporciona en una unidad de almacenamiento de CO2 101. Agua se proporciona en una unidad de almacenamiento de agua 102. El agua del almacenamiento de agua 102 puede ser vapor. El CO2 desde la unidad de almacenamiento de Co2 101 se suministra a un primer reactor 103 y un segundo reactor 108 a través de una línea de suministro de CO2 104. Se puede disponer una bomba (no mostrada) en la línea de suministro de Co2 104 para presurizar el CO2. El agua de la unidad de almacenamiento de agua 102 se suministra al primer 103 y al segundo reactor 108 a través de una línea de suministro de agua 105. Una bomba 106 está dispuesta en la línea de suministro de agua 105 para presurizar el agua/vapor suministrado al primer reactor 103. Los reactores 103, 108 del sistema están así químicamente conectados en paralelo.
- Por el contrario, los reactores 103, 108 del sistema están conectados eléctricamente en serie 119. Además, están conectados eléctricamente a una primera 107 y segunda 109 disposición de células fotovoltaicas. Por consiguiente, la energía eléctrica generada en las disposiciones de células fotovoltaicas 107, 109 puede usarse para conducir una reacción electrolítica en el reactor 103, 108. Durante la operación, las disposiciones de células fotovoltaicas 107, 109 se enfrían usando un medio de refrigeración (no mostrado). El medio de refrigeración puede ser, por ejemplo, agua desde la unidad de almacenamiento de agua 102, cuya agua en tal caso se precalienta. Como alternativa, el medio de refrigeración de las disposiciones de células fotovoltaicas 107, 109 puede intercambiarse con calor con el agua en la línea de suministro de agua 105 (no mostrada).

En los reactores 103, 108, que comprenden células electrolíticas y catalizador(es), el metanol se forma a partir de agua y CO2. La mezcla de producto obtenida desde los reactores comprende metanol, así como CO2 y agua sin reaccionar. La mezcla del producto también puede comprender monóxido de carbono (CO) sin reaccionar y gas hidrógeno (H2), que pueden obtenerse como intermedios en las reacciones en los reactores 103, 108.

5

Los reactores 103, 108 se calientan con radiación concentrada del sol (no se muestra en la figura 1). Preferentemente, una primera disposición de colector solar (no mostrada en la figura 1) recoge la luz solar en el primer reactor 103 y la primera disposición de células fotovoltaicas 107, mientras que una segunda disposición de colector solar (no mostrada en la figura 1) recoge la luz solar en el segundo reactor 108 y la segunda disposición de células fotovoltaicas 109.

10

La primera y la segunda disposición de colector están dispuestas preferentemente una al lado de la otra, por ejemplo, para utilizar eficientemente el terreno donde está configurado el sistema.

15

Aunque la figura 1 solo muestra dos reactores, se entiende que una planta comercial normalmente comprenderá un número mucho mayor de reactores y disposiciones de colectores solares asociados y disposiciones de células fotovoltaicas que están dispuestas una al lado de la otra en filas.

20

La presión en los reactores 103, 108 puede ser de aproximadamente 220 bar, lo que significa que la mezcla del producto tiene la misma presión. Aguas abajo de los reactores 103, 108, se puede disponer un separador de agua 110 para la separación de agua/vapor de la mezcla del producto. Una línea de reciclaje de agua 111 puede dirigir el agua/vapor separado de regreso a la unidad de almacenamiento de agua 102.

25

La mezcla del producto se dirige (después del separador de agua opcional) a un motor de pistón 112, que está conectado a un generador 113. La sobrepresión de la mezcla del producto se convierte así en energía eléctrica. Los reactores 107, 109 están conectados eléctricamente al generador 113 a través de una conexión de generador 120. Por consiguiente, el generador 113 proporciona un suministro adicional de energía eléctrica para la reacción electrolítica en los reactores 103, 108.

30

La mezcla de producto expandido desde el motor de pistón 112 se condensa en un condensador 114 dispuesto aguas abajo del motor de pistón 112 de manera que se obtiene metanol líquido.

El medio de refrigeración utilizado en el condensador puede ser, por ejemplo, agua desde la unidad de almacenamiento de agua 102, cuya agua en tal caso se precalienta. Como alternativa, el medio de refrigeración desde el condensador 114 puede intercambiarse con calor con el agua en la línea de suministro de agua 105 (no mostrada).

35

La mezcla de producto condensado desde el condensador 113 puede dirigirse a un separador de gas de síntesis 115 y un separador de CO2 116 dispuestos aguas abajo del condensador para la separación de gas de síntesis y CO2, respectivamente. Una línea de reciclaje de gas de síntesis 117 puede reciclar el gas de síntesis a los reactores 103, 108. El gas de síntesis reciclado se mezcla opcionalmente con CO2 desde la unidad de almacenamiento de CO2 101 y/o el agua/vapor desde la unidad de almacenamiento de agua 102 antes de ser suministrado a los reactores 103, 108. Una línea de reciclaje de CO2 118 puede dirigir el CO2 separado desde el separador de CO2 116 a la unidad de almacenamiento de CO2.

45

40

La figura 2 muestra una realización de un reactor generalmente cilíndrico 200 de acuerdo con el quinto aspecto de la presente divulgación. El reactor 200 comprende una pluralidad de segmentos de reactor 201a, 201b, 201c que tienen un eje de reactor 202 común. Cada segmento 201a, 201b, 201c comprende una superficie selectiva circunferencial 203 capaz de absorber eficientemente la radiación, mientras que tiene una baja emitancia térmica.

55

50

La superficie selectiva 203 se obtiene aplicando una capa de material selectivo, tal como XXX o YYY, en la superficie circunferencial exterior de una tubería 204. El material y el espesor de la tubería 204 se seleccionan de manera que una alta presión de reacción, tal como unos 220 bar, puede mantenerse dentro de la tubería 204 a alta temperatura. El material de la tubería puede ser, por ejemplo, una aleación resistente al calor, tal como Inconel. Además, la conductividad térmica del material de la tubería es alta para facilitar una transferencia de calor eficiente desde la superficie selectiva 203 al interior de la tubería 204. Una capa electrolítica 205 que comprende células electrolíticas está dispuesta dentro de la tubería 204 de manera que se proporciona un pequeño espacio exterior 206a entre las células electrolíticas y la superficie interna de la tubería 204. Dentro de la capa electrolítica 205, se proporciona una capa catalítica 207. Una pared de tubo exterior 208 separa la capa catalítica 207 de la capa electrolítica 205. Se proporciona un pequeño espacio interior 206b entre el exterior de la pared del tubo exterior 208 y las células electrolíticas. La pared del tubo exterior 208 está diseñada para permitir el paso de hidrógeno desde la capa electrolítica 205 a la capa catalítica 207. Una pared del tubo interno 209 separa la capa catalítica 207 de un canal central de producto 210. Por consiguiente, el interior de la pared del tubo interno 209 define el canal central de producto 210. La pared del tubo interno 209 está diseñada para permitir el paso de metanol desde la capa catalítica 207 al canal central de producto 210.

60

65

Conexiones eléctricas 211 se proporcionan en los extremos de cada segmento 201a, 201b, 201c, de modo que se pueda suministrar energía eléctrica a la reacción electrolítica en la capa electrolítica 205.

Se pueden proporcionar válvulas de oxígeno (no mostradas) en la tubería, de manera que se pueda liberar el oxígeno producido por la electrólisis en la capa electrolítica 205.

La figura 3 muestra una realización de un colector solar 300 de acuerdo con el tercer aspecto de la presente divulgación. El colector comprende una primera superficie reflectante 301 para reflexión primaria, una segunda superficie reflectante 302 para reflexión secundaria y una tercera superficie reflectante 303 para reflexión terciaria y, en menor medida, reflexión primaria. El colector solar comprende además un reactor cilíndrico que se puede calentar 304 que tiene una superficie selectiva absorbente.

10

La primera superficie reflectante 301 tiene la forma de un canal parabólico, lo que significa que la superficie es recta en una dimensión y curvada como una parábola en las otras dos. La primera superficie reflectante 301 está dispuesta para reflejar y concentrar la luz solar en la segunda superficie reflectante 302, que puede proporcionarse en una disposición de células fotovoltaicas 305.

15

20

La segunda superficie reflectante 302 está dispuesta a corta distancia por debajo de la línea focal de la primera superficie reflectante 301. Por ejemplo, la distancia más corta entre la segunda superficie reflectante 302 y la línea focal de la primera superficie reflectante 301 puede ser inferior a 1/10 de la longitud focal de la parábola de la primera superficie reflectante 301. Es beneficioso mantener pequeño el ancho w2 de la segunda superficie reflectante 302 para minimizar el sombreado. Por ejemplo, el ancho w2 de la segunda superficie reflectante 302 puede ser menor de 1/8, tal como menos de 1/10, del ancho w1 de la primera superficie reflectante 301.

La segunda superficie reflectante 302 puede ser semirreflectante de modo que se reflejen longitudes de onda más largas (por ejemplo, 900-2500 nm), mientras que las longitudes de onda más cortas que comprenden el espectro visual 25 se convierten en energía eléctrica en la disposición de células fotovoltaicas 305.

Las propiedades semirreflectantes de la segunda superficie reflectante 302 pueden obtenerse mediante una textura de superficie semirreflectante o una capa semirreflectante, tal como una capa dicromática.

30

La segunda superficie reflectante 302 está diseñada para crear una pluralidad de haces de radiación 306. En la figura 3b, se muestra una realización de la segunda superficie reflectante 302 que crea cuatro haces diferentes 306. Dos haces directos 306a, 306b se dirigen directamente al reactor que se puede calentar 304, que está dispuesto debajo de la segunda superficie reflectante 302. Los dos haces directos están golpeando así la mitad superior de la superficie circunferencial del reactor cilíndrico 304. Dos haces indirectos 306c, 306d se dirigen a la mitad inferior de la superficie circunferencial del reactor cilíndrico 304 a través de la tercera superficie reflectante 303.

35

La tercera superficie reflectante 303 se proporciona como un rebaie en la primera superficie reflectante 301. La tercera superficie reflectante 303 también tiene la forma de un canal parabólico. La colocación del reactor cilíndrico 304 puede ser tal que su eje central coincida aproximadamente con la línea focal de la tercera superficie reflectante 303.

40

El rebaje definido por la tercera superficie reflectante puede estar provisto de una cubierta 307 compuesta de material de alta transmitancia, tal como vidrio de alta transmitancia. Se prefiere particularmente que las longitudes de onda más largas reflejadas por la segunda superficie reflectante 302 se transmitan eficientemente. La cubierta 307 encierra y protege el reactor 304.

45

50

El ancho de la parábola w1 de la primera superficie reflectante 301 es, por lo tanto, mucho mayor que el ancho de la parábola w3 de la tercera superficie reflectante 303. Por ejemplo, puede ser 5-7 veces mayor. Además, la potencia óptica de la tercera superficie reflectante 303 es normalmente mucho mayor que la potencia óptica de la primera superficie reflectante 301. Por consiguiente, la longitud focal de la primera superficie reflectante 301 puede ser, por ejemplo, 10-11 veces la longitud focal de la tercera superficie reflectante 303.

Como se ve en la figura 3b, la tercera superficie reflectante 303 también puede reflejar algo de luz solar directa al reactor que se puede calentar 304.

55

El ancho de la parábola w1 de la primera superficie reflectante es normalmente de aproximadamente 6 metros, que es el ancho estándar para canales parabólicos en la industria de la energía solar. La longitud del colector solar puede ser de unos 5 metros.

60

La posición del reactor 304 puede ser fija, mientras que las superficies reflectantes 301, 302, 303 están dispuestas para seguir al sol girando alrededor del eje del reactor 304, que no está girando. Tal construcción permite disposiciones de acoplamiento relativamente sencillas para el suministro de reactivos y la recuperación del producto en comparación con una construcción en la que el reactor también gira durante el seguimiento solar.

La figura 4 muestra una realización de una disposición 400 de células fotovoltaicas semirreflectantes de acuerdo con el cuarto aspecto de la presente divulgación. 65

La disposición 400 comprende filas 401 de células fotovoltaicas alineadas una al lado de la otra. El lado superior de cada fila 401 está cubierto por una lente 2D alargada 402. Por consiguiente, cada célula fotovoltaica de las filas 401 está cubierta por una porción de lente, que concentra la radiación solar en la misma. La parte inferior de cada fila 401 está en contacto térmico con una disposición de refrigeración 403 (solo se muestra en la figura 4b). La disposición de refrigeración 403 comprende canales 404 para un medio de refrigeración, tal como agua. La disposición de refrigeración 403 está compuesta preferentemente de metal. Los canales 404 pueden tener una sección transversal circular como se muestra en la figura 4b.

Las lentes 2D 402 tienen una superficie semirreflectante 405 de tal manera que la radiación en un primer rango de longitud de onda se concentra en las filas 401 de las células fotovoltaicas y se refleja la radiación de un segundo rango de longitud de onda.

15

20

30

40

La superficie superior semirreflectante 405 de las lentes 2D 402 es convexa. Cada lente 2D 402 comprende además una superficie inferior 406 orientada hacia las filas 401. En la realización de la figura 4, cada lente 2D 402 también comprende dos superficies laterales opuestas 407a, 407b llegando desde la superficie inferior 406 a la superficie superior 405. Las superficies laterales 407a, 407b, que se inclinan hacia fuera, son reflectantes, de modo que la radiación transmitida a través de la superficie superior 405 puede ser reflejada por las superficies laterales 407a, 407b a las células fotovoltaicas de las filas 401. La disposición de refrigeración puede comprender extensiones puntiagudas 408 en contacto con las superficies laterales 407a, 407b. Tal extensión puntiaguda 408 también puede proporcionar la reflectividad de las superficies laterales 407a, 407b, por ejemplo, al estar muy pulida.

En una realización, la disposición de refrigeración 403 (que incluye preferentemente los canales 404 y las extensiones puntiagudas 408) se extrude de una pieza, lo cual es rentable.

La figura 5 muestra otra realización de una disposición 500 de células fotovoltaicas semirreflectantes de acuerdo con el cuarto aspecto de la presente divulgación.

Como en la figura 4, la disposición 500 comprende filas 501 de células fotovoltaicas alineadas una al lado de la otra. Sin embargo, las filas 501 de la figura 5 están integradas y fijadas en una capa de lente monolítica 502 formada al moldear un material de lente, tal como siloxano. El lado superior de la capa de lente monolítica 502 está conformado para formar una pluralidad de superficies de lente 2D paralelas 503. Cada superficie de lente 2D 503 forma una cresta en la capa de lente monolítica 502 y cubre una fila 501 de células fotovoltaicas. Por consiguiente, cada célula fotovoltaica de las filas 501 está cubierta por una porción de lente, que concentra la radiación solar en la misma.

Como en la figura 4, la parte inferior de cada fila 501 está en contacto térmico con una disposición de refrigeración 504. La disposición de refrigeración 504 comprende canales 505 para un medio de refrigeración, tal como agua. La disposición de refrigeración 503 está compuesta preferentemente de metal. Los canales 505 de la figura 5 tienen una sección transversal ovalada. Sin embargo, la sección transversal también puede tener otra forma, tal como circular como en la figura 4b.

Las superficies de lentes 2D 503 son semirreflectantes, de tal manera que la radiación en un primer rango de longitud de onda se concentra en las filas 501 de células fotovoltaicas y se refleja la radiación de un segundo rango de longitud de onda.

45 En una realización, la disposición de refrigeración 504 (incluyendo los canales 505) se extrude de una pieza, lo cual es rentable.

La invención se ha descrito principalmente anteriormente con referencia a unas pocas realizaciones. Sin embargo, como se puede apreciar fácilmente por un experto en la materia, son igualmente posibles otras realizaciones que las descritas anteriormente dentro del alcance de la invención, como se define mediante las reivindicaciones de patente adjuntas.

REIVINDICACIONES

- 1. Un método para producir un producto de combustible, que comprende:
- suministrar electricidad, generada en una disposición de células fotovoltaicas y un motor de pistón, respectivamente, a reacciones electrolíticas y catalíticas que son calentadas por luz solar concentrada; suministrar agua y dióxido de carbono como reactivos y haciéndolos reaccionar en las reacciones electrolíticas y catalíticas calentadas para formar un producto de combustible a presión, reacciones en las que se forma el producto después de la electrólisis del agua y la conversión catalítica de dióxido de carbono; y
- expandir el producto de combustible presurizado en el motor de pistón para generar electricidad y obtener el producto de combustible, en donde el producto combustible es un hidrocarburo o metanol.
 - 2. El método de la reivindicación 1, en el que el motor de pistón es un motor de pistón hidráulico, que está opcionalmente diseñado para funcionar a 5000-20000 rpm, tal como a 10000-15000 rpm.
 - 3. El método de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos un colector solar concentra radiación solar en la disposición de células fotovoltaicas para la generación de electricidad y en las reacciones para el calentamiento.
- 20 4. Un sistema para producir un producto de combustible, que comprende:
 - un colector solar;

- una disposición de células fotovoltaicas dispuestas en el colector solar de tal manera que la luz solar se puede concentrar en la disposición de células fotovoltaicas mediante el colector solar;
- un reactor electrolítico y catalítico para hacer reaccionar agua y dióxido de carbono y formar un producto de combustible presurizado después de la electrólisis del agua y la conversión catalítica de dióxido de carbono, reactor que está dispuesto en el colector solar de tal manera que puede calentarse por la luz solar concentrada en el mismo; un motor de pistón conectado a un generador dispuesto para expandir el producto de combustible a presión desde el reactor y generar electricidad y obtener el producto de combustible, que es un hidrocarburo o metanol; una conexión eléctrica entre la disposición de células fotovoltaicas y el reactor; y una conexión eléctrica entre el generador conectado al motor de pistón y al reactor.
 - 5. El sistema de la reivindicación 4, en el que el colector solar comprende una primera superficie reflectante generalmente conformada como un canal parabólico.

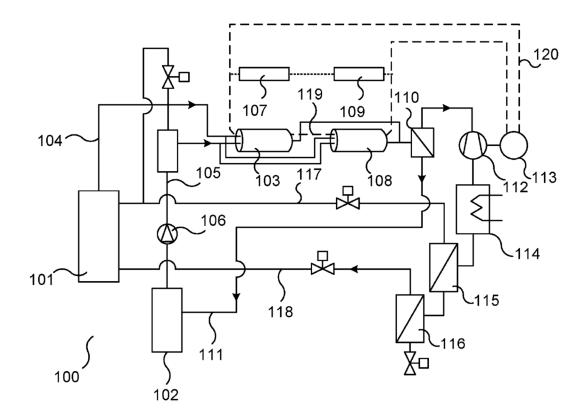


Fig. 1

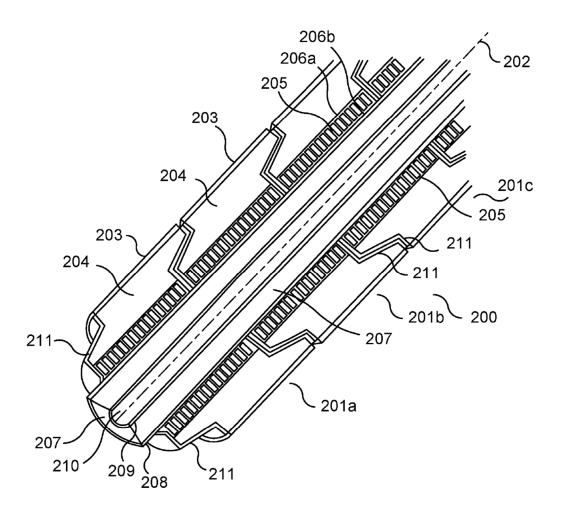


Fig. 2

