



Ministero delle Imprese e del Made in Italy

Ricevuta di presentazione

per

Brevetto per invenzione industriale



Domanda numero: 102023000011895

Data di presentazione: 09/06/2023

DOMANDA DI BREVETTO N.

RIASSUNTO

L'invenzione è relativa ad una installazione fotovoltaica a doppio strato di cui uno sovrastante (o superiore) e uno sottostante (o inferiore). L'installazione si fonda sull'uso congiunto di più stringhe fotovoltaiche, sia per la realizzazione dello strato superiore che per la realizzazione dello strato inferiore, e di almeno un sistema di inseguimento solare mono-assiale. In taluni casi particolari, lo strato inferiore della installazione, anziché con stringhe fotovoltaiche, può essere realizzato anche con superfici riflettenti.

L'installazione fotovoltaica secondo la presente invenzione mira ad ottenere, rispetto all'arte nota, un forte incremento dell'efficienza di conversione della luce solare in energia elettrica, per unità di superficie terrestre occupata e utilmente esposta al sole. Inoltre, mira a poter controllare, in modo combinato, la produzione di energia elettrica dal sole e il livello di illuminamento naturale dell'ambiente sottostante alla installazione fotovoltaica stessa.

Nella installazione di cui al presente trovato, i moduli e, quindi, le stringhe fotovoltaiche dello strato superiore sono sempre di tipo bifacciale, le cui due facce possono essere realizzate anche con tecnologie e materiali diversi tra loro. I predetti moduli possono essere di tipo convenzionale (già presenti in commercio) ma possono essere anche progettati e realizzati *ad hoc*.

Il sistema di inseguimento solare mono-assiale, di cui devono essere necessariamente dotate le stringhe dello strato superiore, è costruito secondo l'arte nota ma - diversamente dalla stessa - esso è azionato in modo che le stringhe fotovoltaiche bifacciali dello strato superiore risultino orientate

DOMANDA DI BREVETTO N.

parallelamente ai raggi solari su di esse incidenti. Questo per garantire, al contempo, una prima conversione della luce solare in energia elettrica (per captazione di luce solare diffusa e/o riflessa) combinata con il massimo illuminamento naturale dello strato inferiore della installazione. Per comodità di esposizione, questo modo - del tutto nuovo - di inseguire il sole è chiamato “inseguimento solare parallelo”.

È importante sottolineare che per conseguire l’inseguimento solare parallelo “perfetto” è sufficiente un semplice inseguitore solare mono-assiale e, soprattutto, che lo si può conseguire sempre, qualunque sia la direzione di orientamento dell’asse di rotazione delle stringhe e qualunque sia l’angolo di tilt con il quale esse sono installate. Infatti, per qualunque direzione degli assi di rotazione e per qualunque valore dell’angolo di tilt delle stringhe, si può sempre trovare un angolo di rotazione mono-assiale delle stringhe in corrispondenza del quale le stesse si mostrino orientate con le loro facce, superiore ed inferiore, parallelamente ai raggi solari incidenti.

Con questa nuova tecnica di inseguimento solare mono-assiale, le stringhe, affiancate per file parallele, potranno eseguire l’inseguimento solare giornaliero senza mai ombreggiarsi reciprocamente l’una con l’altra, anche quando installate molto vicine tra di loro; e la loro inter-distanza può essere ottimizzata tenendo conto della direzione di installazione dei loro assi di rotazione. Questo implica che, a parità di superficie terrestre occupata dalla installazione, l’inseguimento solare parallelo, rispetto all’inseguimento solare dell’arte nota (perpendicolare), consente l’installazione di un numero di stringhe fotovoltaiche affiancate maggiore, il che corrisponde a poter installare una maggiore potenza fotovoltaica (e, quindi, elettrica) per unità di

DOMANDA DI BREVETTO N.

superficie terrestre utilmente esposta al sole.

Nella installazione fotovoltaica proposta, i raggi solari che incidono parallelamente sulle stringhe fotovoltaiche dello strato superiore non contribuiscono direttamente alla generazione di energia elettrica. Tuttavia, le predette stringhe fotovoltaiche producono comunque energia elettrica (indiretta) grazie all'assorbimento della luce solare diffusa e, soprattutto, di quella riflessa proveniente dall'ambiente circostante e sottostante a quello in cui sono installate. In particolare, essendo le stringhe dello strato superiore di tipo bifacciale, la loro faccia superiore produrrà energia elettrica catturando essenzialmente luce solare diffusa mentre la loro faccia inferiore produrrà energia elettrica catturando essenzialmente luce solare riflessa, soprattutto quella proveniente dallo strato inferiore della installazione. I raggi solari che oltrepassano (quasi interamente) le stringhe fotovoltaiche dello strato superiore, invece, incidono sulle stringhe fotovoltaiche aggiuntive dello strato inferiore sottostante e producono ulteriore energia elettrica, secondo l'arte nota. Sommando la generazione di energia elettrica dei due distinti strati, superiore e inferiore, si ottiene che, fissata la superficie d'ingombro occupata dalla installazione secondo la presente invenzione, la sua generazione complessiva risulta significativamente superiore a quella di qualsiasi altra installazione fotovoltaica dell'arte nota che occupi la stessa superficie.

Avendo riassunto il principio su cui si fonda l'installazione fotovoltaica a doppio strato, nel seguito ne viene brevemente specificata la costituzione. Si sottolinea che, essendo univocamente fissata la costituzione dello strato superiore, essa risulta variabile essenzialmente in funzione di come si sceglie la diversa tipologia dello strato inferiore.

DOMANDA DI BREVETTO N.

Le stringhe fotovoltaiche bifacciali (A), che costituiscono lo strato superiore della installazione, hanno forma rettangolare o quadrata, bordi trasversali (1) e bordi longitudinali (2) che delimitano una superficie piana (S_A), che ha larghezza (a) e lunghezza (b) e le cui due facce, superiore (F_S) e inferiore (F_I), possono essere realizzate anche con tecnologie e materiali diversi. Esse sono dotate di terminazioni (3), montate sui loro bordi trasversali (2), e di assi longitudinali (5) e, grazie alle terminazioni (3), un sistema di inseguimento solare consente loro di eseguire una rotazione assiale anche fino a 180° . Gli assi di rotazione (5) sono orientati lungo qualsiasi direzione. Le stringhe (A) sono installate per file parallele affiancate e la distanza (d) tra i relativi assi di rotazione (5) è scelta in funzione della direzione di installazione degli assi (5) e il suo valore massimo (nel caso di installazione lungo la direzione terrestre nord-sud) è di poco maggiore della larghezza (a) di una singola stringa (A).

Lo strato inferiore della installazione fotovoltaica è costituito da stringhe fotovoltaiche aggiuntive, sottostanti alle stringhe (A). Le predette stringhe aggiuntive possono essere di vario tipo e possono possedere numerose e diverse caratteristiche dimensionali e costitutive. Esse possono essere uguali alle stringhe (A) dello strato superiore e possederne le stesse caratteristiche dimensionali, costruttive e funzionali. Tuttavia, possono essere anche diverse dalle stringhe (A). Possono, per esempio, non essere dotate di sistema di inseguimento solare e possono anche essere bifacciali e semi-trasparenti ma anche a singola faccia e completamente opache alla luce solare incidente. In questo modo, integrando le stringhe (A) dello strato superiore con le stringhe fotovoltaiche aggiuntive dello strato inferiore, l'installazione

DOMANDA DI BREVETTO N.

fotovoltaica complessiva (a doppio strato) può assumere diverse conformazioni e conseguire differenti livelli di generazione di elettricità e, all'occorrenza, anche di illuminamento naturale dell'ambiente ad essa sottostante. Per rendere meno costosa la realizzazione della installazione fotovoltaica, e comunque significativa la sua capacità di generazione elettrica, nello strato inferiore, al di sotto delle stringhe (A) dello strato superiore, anziché aggiuntive stringhe fotovoltaiche, possono essere installate semplici superfici riflettenti (E), anche non piane.

Nei casi in cui la luce solare naturale dovesse avere di per sé un valore aggiunto importante (come potrebbe essere, ad esempio, nel caso di installazione posata in opera su terreni agricoli), allora l'installazione fotovoltaica potrebbe essere realizzata anche in modo tale che entrambi gli strati, superiore e inferiore, risultino caratterizzati da un certo grado di trasparenza alla luce solare incidente, con il risultato di vedersi garantita una produzione di energia elettrica di tutto rispetto (grazie alla capacità di generazione dei due strati) e, al contempo, la disponibilità di luce naturale nell'ambiente sottostante alla installazione.

L'installazione fotovoltaica secondo il presente trovato può essere ulteriormente particolarizzata realizzandola interamente all'interno di un apposito involucro protettivo (G). Nella fattispecie, l'involucro (G) deve possedere una copertura trasparente (H), attraverso la quale i raggi solari possono raggiungere le stringhe (A) dello strato superiore. Inoltre, l'involucro (G) deve poter ospitare, oltre a tutte le stringhe fotovoltaiche, anche tutti i componenti dei sistemi di inseguimento solare mono-assiale. L'installazione fotovoltaica, concepita secondo la presente particolarizzazione, ha il

DOMANDA DI BREVETTO N.

vantaggio principale di risultare realizzata completamente al riparo dagli agenti atmosferici avversi e disturbanti, quali: il vento, la pioggia, la grandine, i raggi UV, ecc...

Conferendo particolari caratteristiche costruttive e dimensionali all'involucro (G), l'installazione fotovoltaica può conseguire l'ulteriore vantaggio - di grande rilevanza pratica - di poter essere integrata (parzialmente o totalmente) in un qualsiasi manufatto edilizio (un edificio o una serra agricola o un capannone o una tettoia ecc...) o, addirittura, in un qualsiasi mezzo di trasporto di persone e/o merci (quale ad esempio un camper o una imbarcazione). L'installazione fotovoltaica, secondo questa procedura, può anche essere realizzata nella sua totalità, assemblando più involucri (G) tra loro, fino a conseguire le caratteristiche dimensionali e strutturali necessarie al caso.

Dott. Ing Cosimo Borrello

e

prof. ing. Rosario Carbone

Firmato digitalmente da: Rosario Carbone
Organizzazione: UNIVERSITAMEDITERRANEA/00163260805
Limitazioni d'uso: Explicit Text: I titolari fanno uso del
certificato solo per le finalità di lavoro per le quali esso è
rilasciato e non per altri scopi.
for the purposes for which it is issued.
Data: 09/06/2023 16:53:28

Rosario Carbone

DOMANDA DI BREVETTO N.

RIVENDICAZIONI

1. Installazione fotovoltaica a doppio strato, di cui uno sovrastante (o superiore) e l'altro sottostante (o inferiore), in cui:
 - lo strato superiore della installazione è sempre costituito da stringhe fotovoltaiche bifacciali (A), tutte identiche tra loro;
 - ciascuna stringa (A) ha forma rettangolare o quadrata, bordi trasversali (1) e bordi longitudinali (2) che delimitano la sua superficie piana (S_A) la quale ha larghezza (a) e lunghezza (b) e le sue due facce, superiore (F_S) e inferiore (F_I), possono essere realizzate anche con tecnologie e materiali diversi;
 - ciascuna stringa (A) è dotata di due terminazioni (3) montate sui relativi bordi trasversali (1) e ciascuna terminazione (3) è dotata di un apposito perno longitudinale (4);
 - i perni longitudinali (4) sono realizzati in un qualsiasi punto delle terminazioni (3) di ciascuna stringa (A) e sono allineati longitudinalmente tra loro;
 - le stringhe (A) sono dotate di un sistema di inseguimento solare che, usando le terminazioni (3) e i relativi perni longitudinali allineati (4), consente loro di eseguire una rotazione angolare mono-assiale, la cui ampiezza (α) è variabile e può raggiungere il valore massimo di 180° ;
 - le stringhe (A) sono disposte per file affiancate, i loro assi di rotazione (5), identificati dai perni longitudinalmente allineati (4) delle relative terminazioni (3), sono tutti paralleli e complanari tra loro, e la distanza (d) tra gli assi (5) è scelta in funzione della direzione di installazione degli stessi e il suo valore massimo può superare di poco la larghezza (a) di una singola stringa (A);
 - il sistema di inseguimento solare mono-assiale è azionato per orientare le stringhe (A) parallelamente ai raggi solari incidenti, cosicché solo una minima ombra venga proiettata sullo strato inferiore della installazione;
 - lo strato inferiore della installazione è costituito da aggiuntive e distinte stringhe fotovoltaiche, le cui caratteristiche quantitative, costitutive e funzionali possono essere sia uguali che diverse dalle stringhe (A) dello

DOMANDA DI BREVETTO N.

strato superiore, secondo quanto meglio specificato nelle successive rivendicazioni dalla 2 alla 5; in alcuni casi particolari, lo strato inferiore della installazione, anziché con stringhe fotovoltaiche, può essere realizzato con superfici riflettenti (E), secondo quanto meglio specificato nella rivendicazione 5.

2. Installazione fotovoltaica secondo la rivendicazione 1, in cui lo strato inferiore della installazione è costituito da stringhe fotovoltaiche (B), le quali:
 - possiedono le stesse caratteristiche costruttive delle stringhe (A), per come definite nella rivendicazione 1, ma possono essere anche diverse in numero;
 - sono dotate di sistema di inseguimento solare mono-assiale distinto e indipendente rispetto a quello delle stringhe (A) per consentire alle stringhe (B) di eseguire una rotazione angolare, intorno ai relativi assi (5), di ampiezza (β) che può raggiungere il valore massimo di 180° ;
 - sono montate al di sotto delle stringhe (A) e tra i due piani sui quali giacciono i relativi assi di rotazione (5) intercorre una distanza (h) tale da non ledere l'indipendenza di rotazione delle stringhe (A) e delle stringhe (B), come sopra specificata.
3. Installazione fotovoltaica secondo le rivendicazioni 1 e 2 ma in cui:
 - differentemente dalla rivendicazione 2, le stringhe (B) non sono dotate di un proprio sistema di inseguimento solare;
 - differentemente dalla rivendicazione 2, il numero delle stringhe (B) è necessariamente pari al numero delle stringhe (A);
 - ciascuna stringa (B) è dotata di un asse longitudinale centrale che è solidalmente connesso all'asse di rotazione (5) di ciascuna delle stringhe (A);
 - i perni (4) delle due terminazioni (3) delle stringhe (A) sono realizzati in uno dei due punti di estremità delle terminazioni (3), cosicché, una volta allineati longitudinalmente tra loro, identifichino il relativo asse di rotazione (5) che, di fatto, risulta realizzato in corrispondenza di uno dei due bordi longitudinali (2) delle stringhe (A);
 - ciascuna stringa (B) è connessa solidalmente a ciascuna stringa (A), secondo la presente rivendicazione, in modo che tra le loro superfici piane si formi un angolo (γ) che può essere ottimizzato in fase di progetto per

DOMANDA DI BREVETTO N.

- massimizzare la produzione di energia elettrica, secondo il caso;
- le stringhe (A) e (B), tra esse solidali, sono disposte per file affiancate, i loro assi (comuni) di rotazione (5), identificati dai perni longitudinalmente allineati (4), sono tutti paralleli e complanari tra loro, e la distanza (d) tra gli assi (5) è scelta in funzione della direzione di installazione degli stessi e, comunque, in modo da garantire che, durante la rotazione giornaliera, le stringhe (B) non subiscano fenomeni di ombreggiamento reciproco.
4. Installazione fotovoltaica secondo la rivendicazione 1, in cui lo strato inferiore della installazione è costituito da una stringa fotovoltaica bifacciale e semi-trasparente (C), priva di sistema di inseguimento solare, in cui:
- la stringa (C) ha forma rettangolare o quadrata, una larghezza pari a (n) volte (a), una lunghezza (b) e una superficie piana (S_A), essendo (a) ed (b), rispettivamente, la larghezza e la lunghezza delle stringhe (A) ed (n) il loro numero complessivo;
 - la stringa (C) è realizzata con moduli fotovoltaici bifacciali le cui celle fotovoltaiche sono incapsulate tra due strati di materiale trasparente e sono inter-danziate di una quantità (λ) così da garantire alla stringa (C) un certo grado di semi-trasparenza alla luce solare, che può essere ottimizzato in fase di progetto, secondo il caso;
 - tra la stringa (C) e il piano sul quale giacciono gli assi di rotazione (5) delle stringhe (A) intercorre una distanza (h) tale da non ledere la libera rotazione di queste ultime, come specificato nella rivendicazione 1.
5. Installazione fotovoltaica secondo la rivendicazione 1, in cui lo strato inferiore della installazione è costituito da una stringa fotovoltaica mono-facciale (D), priva di sistema di inseguimento solare, in cui:
- la stringa (D) ha forma rettangolare o quadrata, una larghezza pari a (n) volte (a), una lunghezza pari a (b) e una superficie piana (S_A), essendo (a) ed (b), rispettivamente, la larghezza e la lunghezza delle stringhe (A) ed (n) il loro numero complessivo;
 - la stringa (D) è realizzata con moduli fotovoltaici mono-facciali e non vanta alcun grado di trasparenza alla luce solare;
 - tra la stringa (D) e il piano sul quale giacciono gli assi di rotazione (5) delle stringhe (A) intercorre una distanza (h) tale da non ledere la libera rotazione di queste ultime, come specificato nella rivendicazione 1.

DOMANDA DI BREVETTO N.

6. Installazione fotovoltaica secondo la rivendicazione 1, in cui lo strato inferiore della installazione, anziché da stringhe fotovoltaiche, è costituito da una superficie riflettente (E), priva di sistema di inseguimento solare, in cui:
 - la superficie riflettente (E) ha forma anche non piana ma la sua proiezione sul piano di sua installazione ha una larghezza pari a (n) volte (a) e una lunghezza pari a (b), essendo (a) ed (b), rispettivamente, la larghezza e la lunghezza delle stringhe (A) e (n) il loro numero complessivo;
 - tra la superficie riflettente (E) e il piano sul quale giacciono gli assi di rotazione (5) delle stringhe (A) intercorre una distanza (h) tale da non ledere la libera rotazione di queste ultime, come specificato nella rivendicazione 1.
7. Installazione fotovoltaica secondo una combinazione della rivendicazione 1 con una o più delle rivendicazioni 2, 3, 4, 5 e 6, quando l'installazione è interamente realizzata all'interno di un involucro (G), anziché in "campo aperto", e in cui:
 - l'involucro (G) è dotato di copertura trasparente (H) resistente agli agenti atmosferici avversi (pioggia, grandine, vento, raggi UV, ...);
 - l'involucro (G) ha caratteristiche costruttive tali da poter essere anche integrato, parzialmente o totalmente, in un qualsiasi manufatto edilizio e/o mezzo di trasporto;
 - l'installazione fotovoltaica complessiva può essere realizzata anche assemblando insieme più di un involucro (G).
8. Manufatti edilizi di qualsiasi tipo e destinazione d'uso che includano una o più installazioni fotovoltaiche realizzate secondo la rivendicazione 7.
9. Qualunque mezzo destinato al trasporto di persone e/o merci, che includa una o più installazioni fotovoltaiche realizzate secondo la rivendicazione 7.

Dott. Ing Cosimo Borrello

e

prof. ing. Rosario Carbone

Firmato digitalmente da: Rosario Carbone
Organizzazione: UNIVERSITAMEDITERRANEA/00163260805
Le informazioni d'uso: Explicit Text: I tuoi ri fanno u del
certificato solo per le finalità di lavoro per le quali esso è
rilasciato. It is not valid for other purposes.
for the purposes for which it is issued.
Data: 09/06/2023 16:56:16

Rosario Carbone

Fig.2: Strato superiore della installazione fotovoltaica, secondo la rivendicazione 1.

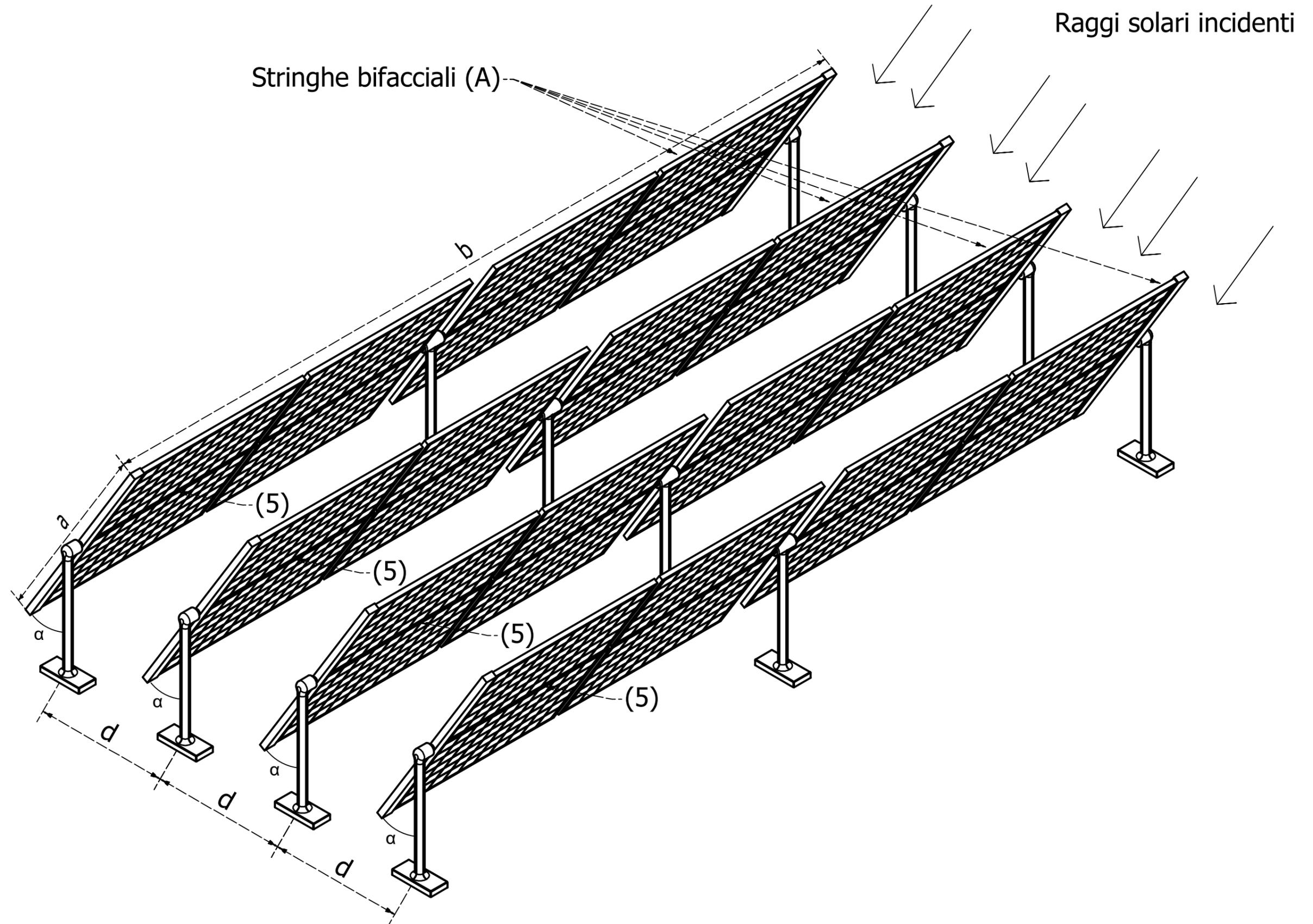


Fig.3: Installazione fotovoltaica a doppio strato, secondo le rivendicazioni 1 e 2.

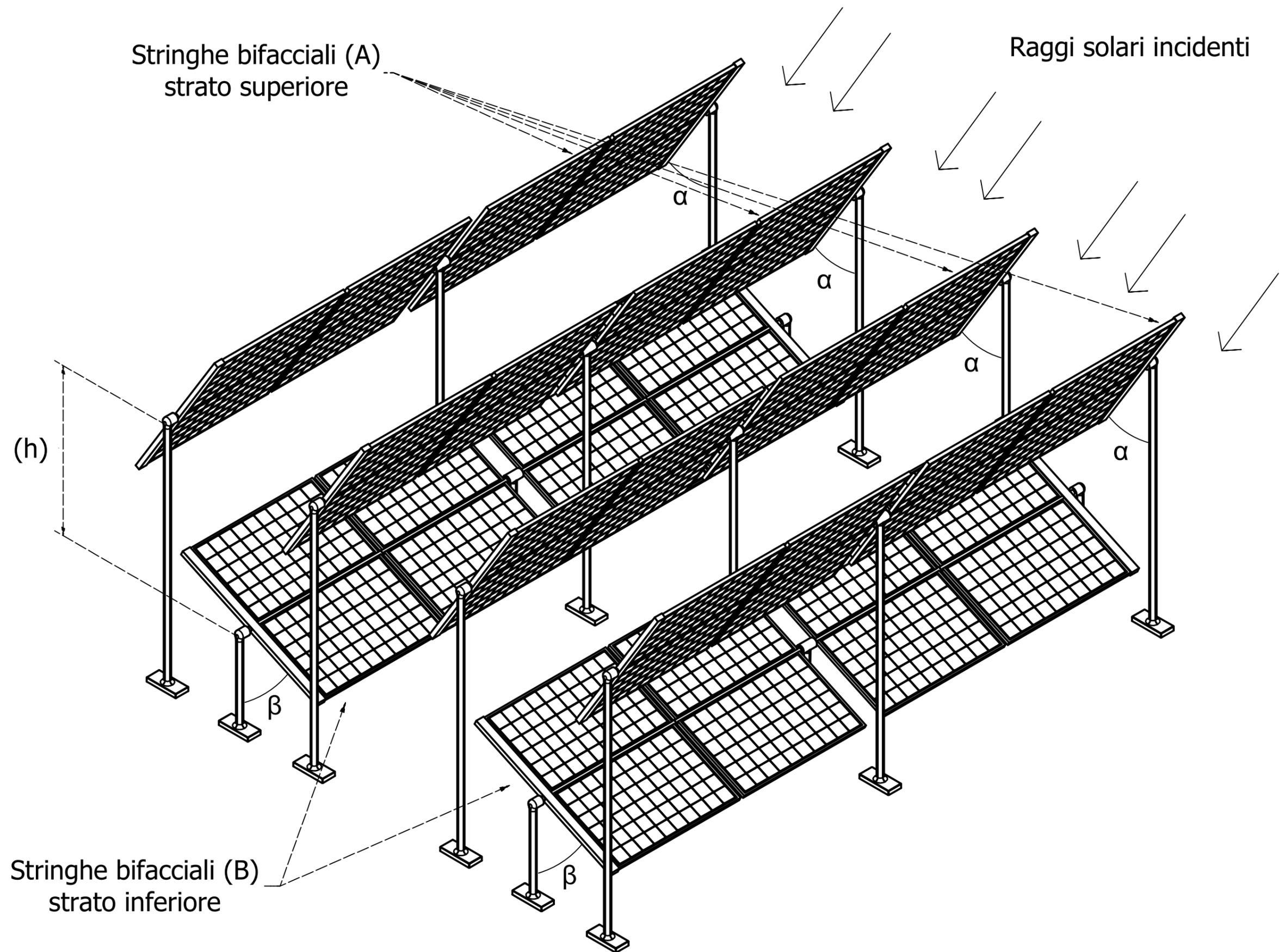


Fig.4: Installazione fotovoltaica a doppio strato, secondo le rivendicazioni 1 e 3.

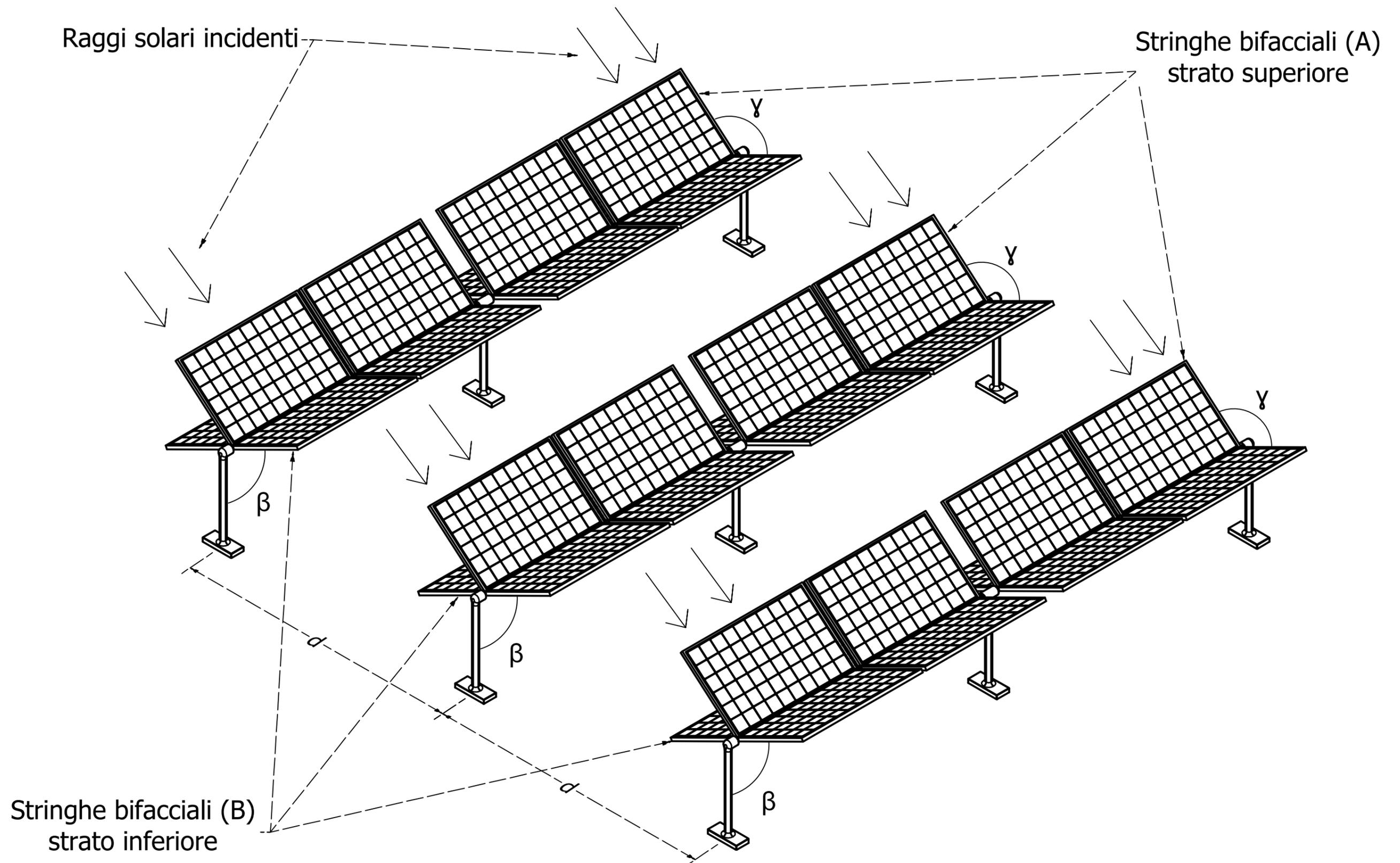


Fig.5: Installazione fotovoltaica a doppio strato, secondo le rivendicazioni 1 e 4.

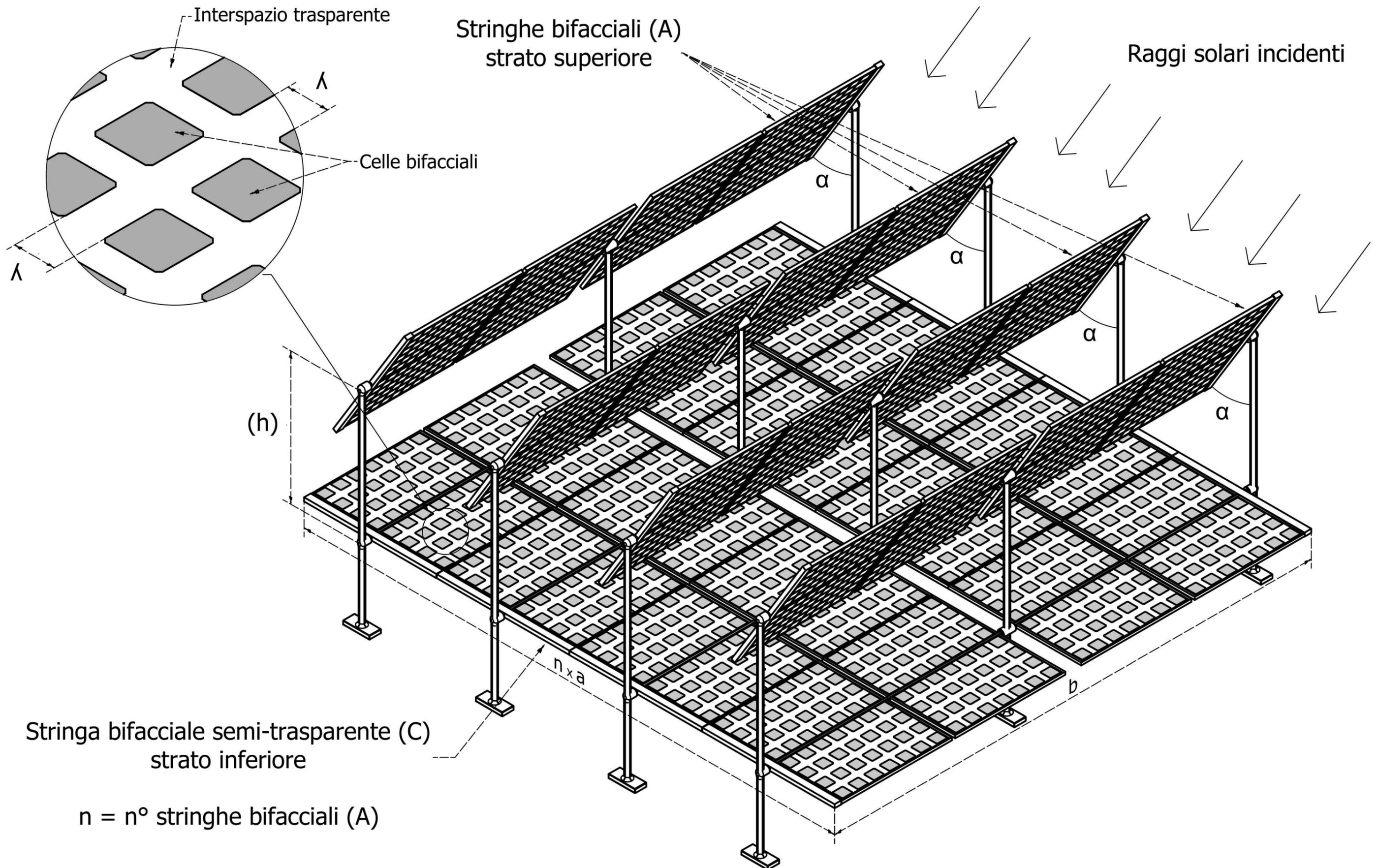


Fig.8: Esempio applicativo di una installazione fotovoltaica a doppio strato, secondo le rivendicazioni 1, 2 e 7.

(Serra Fotovoltaica)

Raggi solari incidenti

Stringhe bifacciali (A)
strato superiore

Stringhe bifacciali (B)
strato inferiore

Copertura trasparente (H)

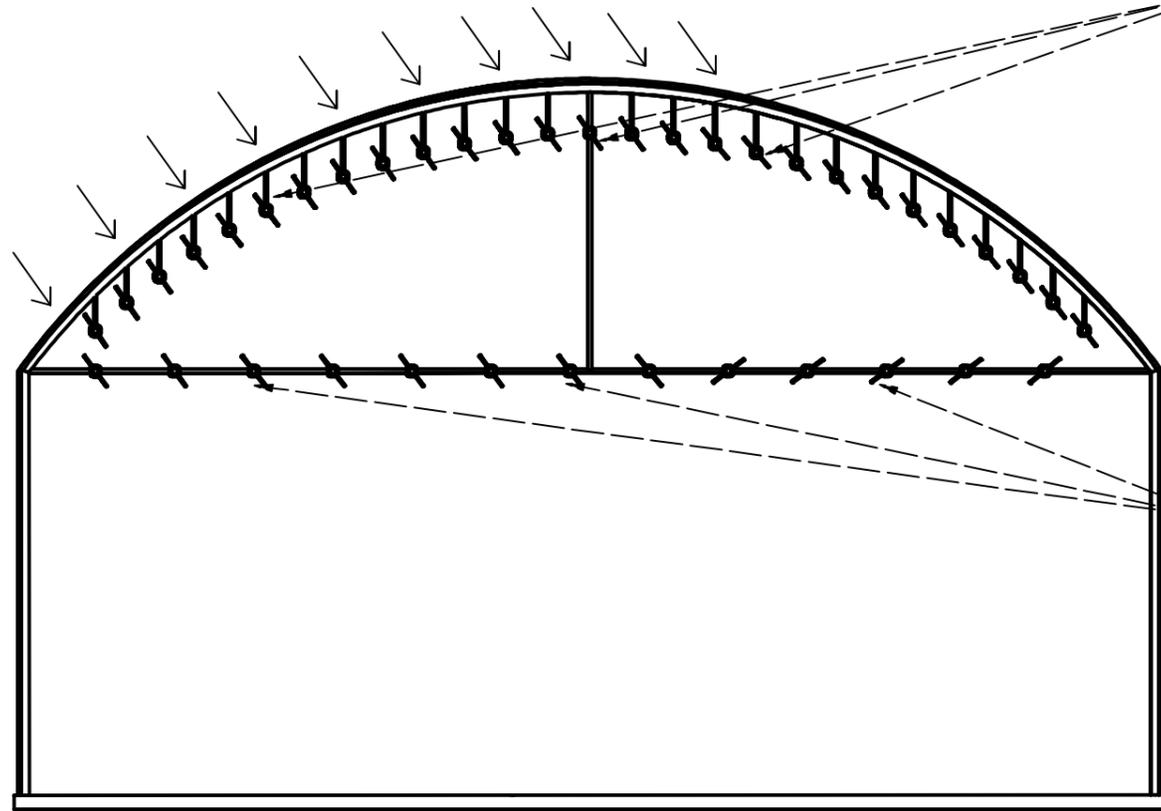


Fig. 8B

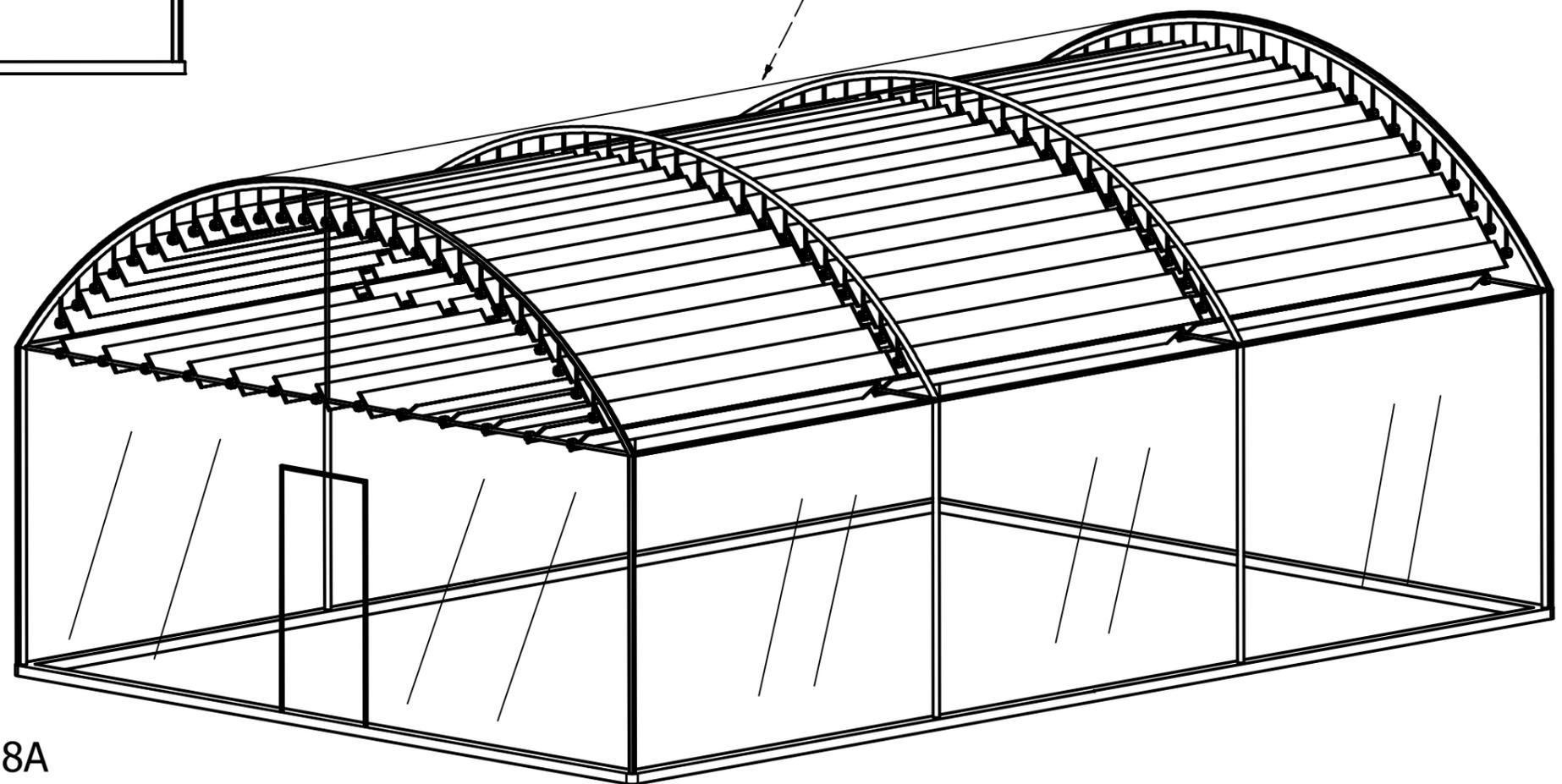


Fig. 8A

Fig.9: Esempio applicativo di una installazione fotovoltaica a doppio strato, secondo le rivendicazioni 1, 5 e 7.

(Modulo Fotovoltaico a Doppio Strato)

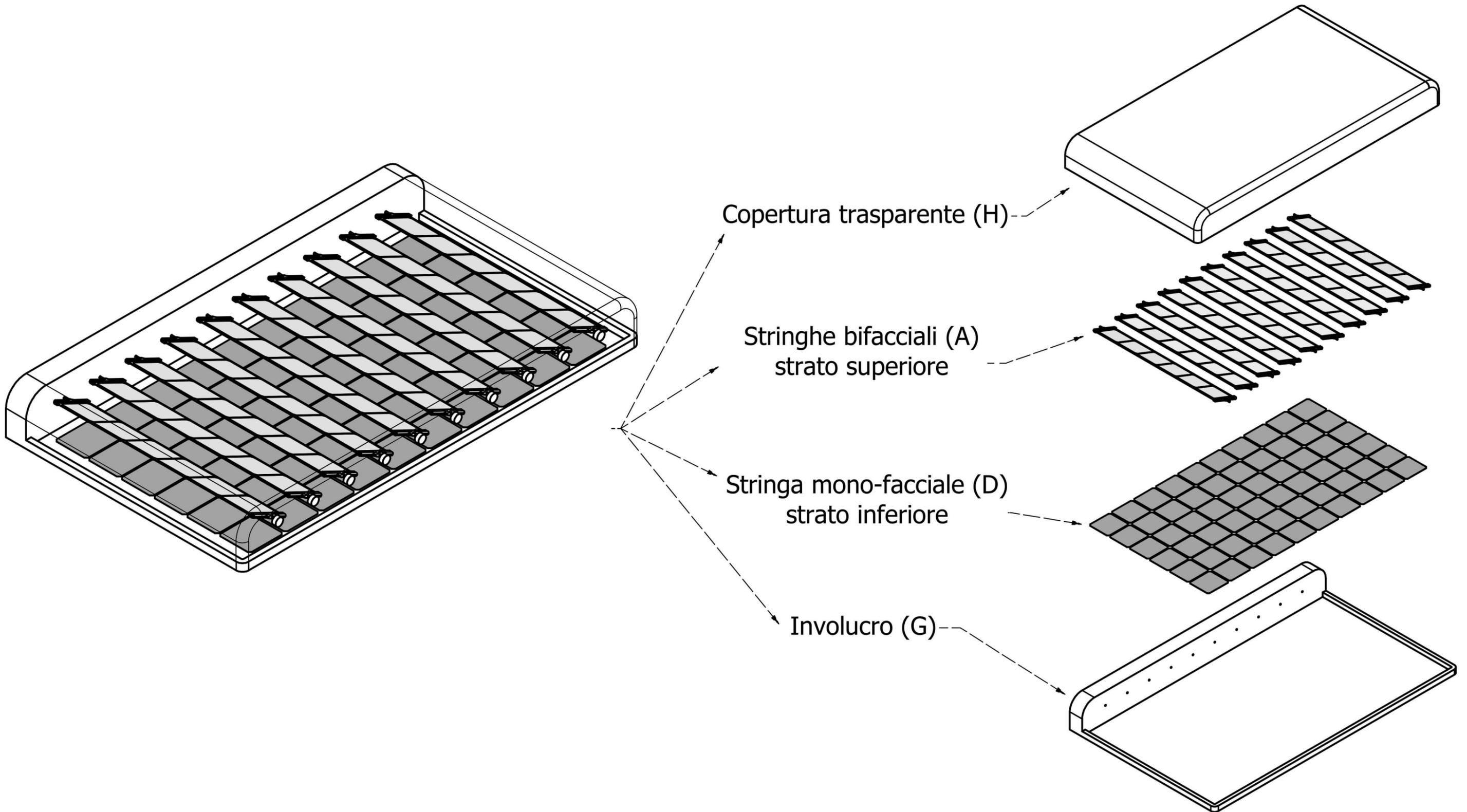
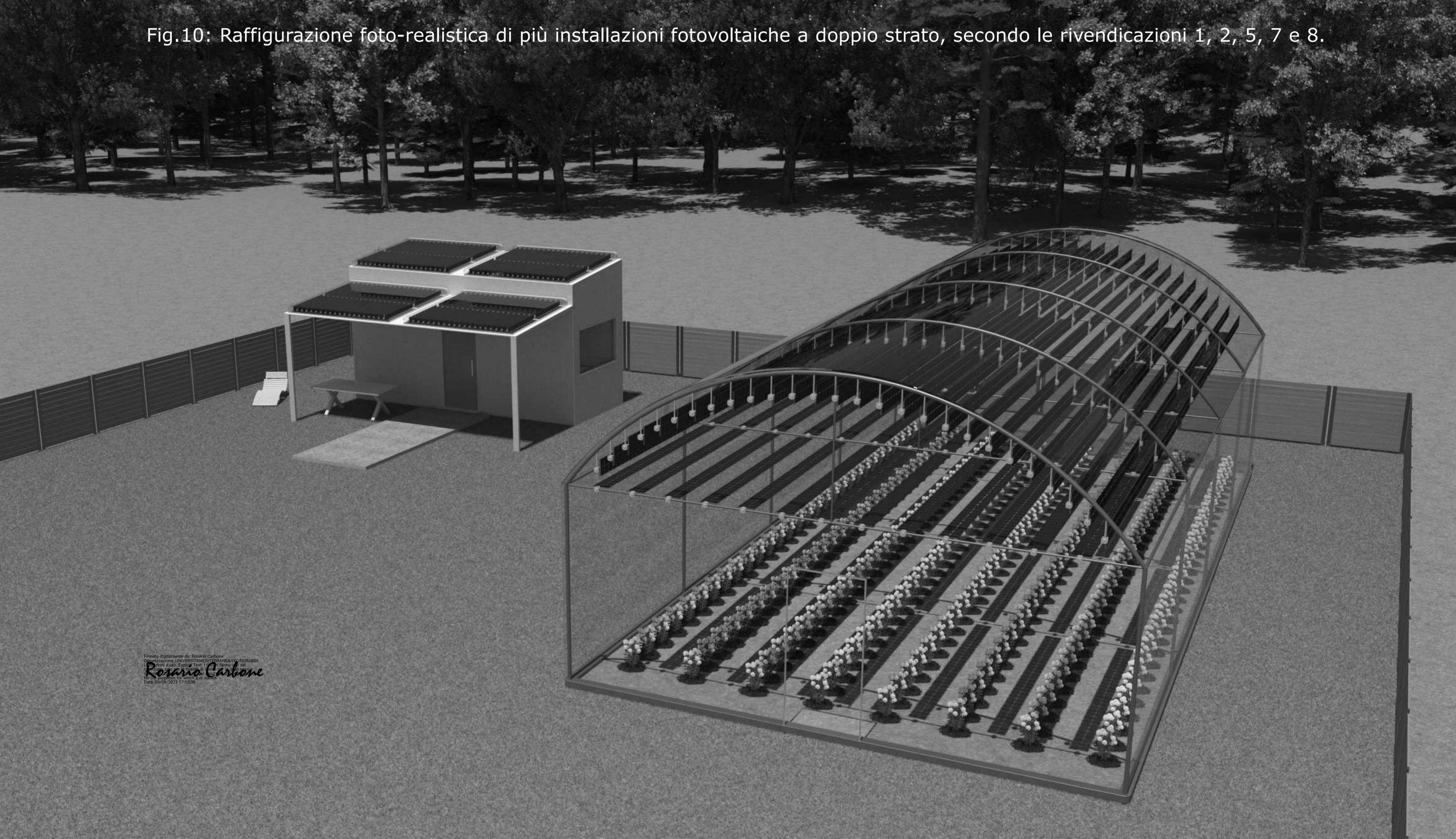


Fig.10: Rappresentazione foto-realistica di più installazioni fotovoltaiche a doppio strato, secondo le rivendicazioni 1, 2, 5, 7 e 8.



Firmato digitalmente da: Rosario Carbone
Organizzazione: UNIVERSITA' MEDITERRANEA/01153260805
Lezioni d'uso: Esplicito, Testi, Immagini, Firma, del
Sottoscrittore per il Titolare del Prodotto, per
for the purposes for which it is issued.
Data: 09/06/2023 17:12:36
Rosario Carbone

DOMANDA DI BREVETTO N.

Descrizione

Domanda di brevetto per Invenzione Industriale dal titolo:

“Installazione Fotovoltaica a Doppio Strato”

a nome di:

1. Borrello Cosimo;
2. Carbone Rosario;

Inventori:

1. Borrello Cosimo
2. Carbone Rosario.

* * * * *

Campo tecnico dell'invenzione

La presente invenzione è relativa ad una installazione fotovoltaica per la generazione di energia elettrica mediante conversione della luce solare, nella quale, al fine di ottimizzare lo sfruttamento complessivo della luce solare incidente sulla installazione, si propone di utilizzare un doppio strato di stringhe fotovoltaiche, uno superiore e uno inferiore. Inoltre, un sistema di inseguimento mono-assiale della posizione del sole controlla le stringhe fotovoltaiche dello strato superiore secondo una logica completamente nuova, rispetto all'arte nota. L'invenzione rientra, perciò, nella casistica dei cosiddetti generatori fotovoltaici dotati di inseguitore solare del tipo mono-assiale.

Arte nota

È noto che una cella fotovoltaica (apposita lamina di materiale semiconduttore, il più comune dei quali è il silicio) quando esposta alla luce

DOMANDA DI BREVETTO N.

solare è in grado di convertirla in energia elettrica, in corrente continua. Il rendimento di conversione di una cella fotovoltaica si ottiene, solitamente, valutando il rapporto tra l'energia elettrica generata dalla cella e l'energia luminosa captata dalla cella fotovoltaica, usando l'intera sua superficie esposta al sole. Per diversi fenomeni, ad oggi, il rendimento di conversione delle celle fotovoltaiche è ancora molto basso. Le celle fotovoltaiche di ultima generazione già commercializzate sono caratterizzate da rendimenti massimi di poco superiori al 20% mentre sono ancora allo studio celle fotovoltaiche che mostrano rendimenti massimi intorno al 30%. Per andare oltre tali valori e raggiungere i recentissimi valori record di circa il 46%, è necessario ricorrere a speciali celle fotovoltaiche “multi-giunzione”, in combinazione con altrettanto speciali (e ingombranti e costosi) concentratori ottici di luce solare.

È altresì noto che il rendimento di conversione delle celle fotovoltaiche, risulta molto sensibile all'angolo di incidenza con cui la luce ne colpisce la superficie esposta al sole. Il massimo rendimento si ottiene quando i raggi solari incidono perpendicolarmente sulla loro superficie. Per questa ragione, sono stati pensati e realizzati appositi sistemi, detti “inseguitori solari”, grazie ai quali è possibile rilevare ed inseguire costantemente la posizione del sole in modo da poter orientare le celle fotovoltaiche costantemente nella posizione di massima generazione di energia elettrica. Gli inseguitori più sofisticati sono quelli dotati di due gradi di libertà (a controllo di entrambi gli angoli di *azimut* e di *tilt*) e, grazie al loro impiego, l'energia elettrica annualmente generata da una installazione fotovoltaica può essere aumentata fino al 40% rispetto a quella ottenuta con installazioni fotovoltaiche “fisse”, a

DOMANDA DI BREVETTO N.

parità di celle fotovoltaiche esposte al sole e di condizioni ambientali e atmosferiche. Tuttavia, i costi di realizzazione e di funzionamento, in aggiunta anche all'elevato tasso di indisponibilità di detti sistemi complessi, suggeriscono l'impiego alternativo di sistemi di inseguimento meno complessi ad un solo grado di libertà; si tratta dei cosiddetti, inseguitori solari mono-assiali. La loro minore complessità ne riduce significativamente i costi di realizzazione e di funzionamento e li rende anche più affidabili. L'incremento di energia elettrica annualmente generata impiegando sistemi di inseguimento solare mono-assiali del tipo "ad asse polare" (con asse di rotazione parallelo alla direzione terrestre nord-sud) può essere anche del 30% rispetto a quella ottenuta con installazioni "fisse", a parità di celle fotovoltaiche esposte al sole e di condizioni ambientali e atmosferiche. Tale percentuale di incremento dell'energia elettrica annuale generata è però destinata a diminuire qualora la direzione dell'asse di rotazione sia diversa da quella nord-sud. In ogni caso, anche con l'impiego degli inseguitori solari mono-assiali, permangono diversi problemi legati ai costi di realizzazione e ai fermi di funzionamento delle conseguenti installazioni fotovoltaiche basate su questi sistemi. Tra i problemi più significativi vanno certamente menzionati: (i) i costi dei componenti aggiuntivi destinati ai supporti rotanti dei moduli fotovoltaici e dei componenti prettamente deputati al loro comando e controllo; (ii) il consumo di energia dei servo-meccanismi di attuazione dell'inseguimento solare (fino al 5% di quella generata); (iii) la diminuzione dell'affidabilità e della disponibilità del generatore fotovoltaico, conseguenti alla maggiore complessità della installazione e alla sua esposizione diretta (compresi i componenti del sistema di inseguimento

DOMANDA DI BREVETTO N.

solare) agli agenti atmosferici aggressivi (principalmente il vento e le atmosfere corrosive).

Ulteriormente, le installazioni fotovoltaiche che prevedono l'impiego di sistemi di inseguimento solare, anche solo mono-assiali, pongono un aggiuntivo e importante problema che è quello della elevata occupazione del suolo terrestre. Infatti, affinché l'inseguimento solare possa dare i suoi massimi benefici, in termini di aumento della generazione di energia elettrica, è strettamente necessario che, nel corso della giornata e durante le rotazioni, le stringhe fotovoltaiche installate per file affiancate, sugli appositi inseguitori, non si ombreggino reciprocamente tra loro, nemmeno parzialmente. Quando la installazione è formata da una moltitudine di stringhe fotovoltaiche, quest'ultima problematica rende necessario installare le stringhe fotovoltaiche per file parallele affiancate significativamente distanziate le une dalle altre. Ne consegue, che a parità di superficie terrestre utilmente esposta al sole ed occupata, in una installazione fotovoltaica dotata di sistema di inseguimento solare mono-assiale, realizzata secondo l'arte nota (con inseguimento "perpendicolare"), la potenza fotovoltaica installata per unità di superficie risulta significativamente più bassa rispetto ad una installazione "fissa", nella quale, non manifestandosi i sopra richiamati fenomeni degli ombreggiamenti reciproci tra le stringhe, queste ultime possono essere installate molto vicine tra di loro. Il risultato di quanto appena specificato è che l'aumento di energia producibile dalle installazioni fotovoltaiche dotate di inseguitori solari mono-assiali riesce a malapena a compensare la riduzione della potenza fotovoltaica installabile per unità superficie terrestre occupata. In altri termini, il risultato finale è che l'energia

DOMANDA DI BREVETTO N.

elettrica generata da una installazione fotovoltaica dotata di inseguitore solare mono-assiale che occupa una certa superficie risulta circa pari a quella generabile da una installazione fissa che dovesse occupare (con una maggiore quantità di celle fotovoltaiche) la sua stessa superficie.

Tutto quanto sopra rappresentato è, in buona parte, conseguenza del fatto che, ancora oggi, i convenzionali sistemi di inseguimento solare (anche quelli di tipo mono-assiale) vengono concepiti come dotati di speciali sistemi di supporto mobili “aggiuntivi”, su cui installare dei moduli fotovoltaici del tutto convenzionali e solitamente impiegati anche nelle installazioni fisse. Ulteriormente, i convenzionali sistemi di inseguimento solare sono ancora concepiti e costruiti per installazioni a terra o su tetti piani, seguendo, così, logiche di piena esposizione al paesaggio e, soprattutto, agli agenti atmosferici avversi. Infine (ma non per questo l’aspetto deve essere ritenuto meno importante), tutti gli inseguitori solari (anche quelli mono-assiali) sono concepiti partendo dall’idea di fondo di implementare un inseguimento solare il cui fine principale è quello di orientare la superficie delle stringhe fotovoltaiche esposte al sole sempre e il più possibile perpendicolarmente ai raggi solari incidenti, in modo da massimizzare la generazione diretta di energia elettrica.

In definitiva, procedendo secondo l’arte nota, si ottengono installazioni fotovoltaiche molto ingombranti, costose, poco affidabili e dal forte impatto ambientale, soprattutto in termini di grande occupazione di suolo terrestre e, quindi, di bassa potenza fotovoltaica installabile per unità di superficie terrestre occupata.

A differenza dalle installazioni fotovoltaiche ad inseguimento solare mono-

DOMANDA DI BREVETTO N.

assiale dell'arte nota, l'installazione fotovoltaica secondo la presente invenzione nasce con l'intento primario di aumentare in modo significativo lo sfruttamento utile della luce solare incidente su un fissata superficie terrestre e ciò seguendo fundamentalmente due nuove vie.

La prima via consiste nel realizzare le installazioni fotovoltaiche occupando la superficie terrestre a disposizione con due strati sovrapposti di stringhe fotovoltaiche (di fatto, un primo strato sovrastante ad un secondo strato ad esso sottostante).

La seconda via consiste nel dotare lo strato sovrastante (o superiore) di stringhe fotovoltaiche di un sistema di inseguimento solare mono-assiale, costitutivamente del tutto simile a quelli dell'arte nota ma che è controllato secondo una logica di orientamento delle stringhe fotovoltaiche rispetto ai raggi solari su di esse incidenti del tutto nuova.

Come meglio specificato nel seguito, il sistema di inseguimento solare mono-assiale di cui sono dotate le stringhe fotovoltaiche dello strato superiore provvede ad orientarle in modo che esse risultino parallele ai raggi solari su di esse incidenti, anziché perpendicolari come nelle soluzioni dell'arte nota.

Secondo il principio appena enunciato, la luce solare incidente sulle stringhe fotovoltaiche dello strato superiore, lambendo le superfici delle stesse, le oltrepassa pressoché interamente potendo, così, incidere sulle superfici delle stringhe fotovoltaiche dello strato sottostante (o inferiore). Queste ultime sono progettate per captare la luce solare proveniente dalle stringhe fotovoltaiche dello strato superiore secondo l'arte nota. Possono, cioè, essere progettate e costruite in diversi modi ma, comunque, secondo tecniche e tecnologie già note e già utilizzate. Ad esempio, le stringhe fotovoltaiche

DOMANDA DI BREVETTO N.

dello strato inferiore possono essere bifacciali e dotate di sistema di inseguimento solare mono-assiale (distinto e indipendente da quello delle stringhe fotovoltaiche dello strato superiore) ma possono essere anche monofacciali e fisse e completamente opache oppure semi-trasparenti.

Al fine di contenere i costi di installazione, ma sempre con l'obiettivo di elevare l'energia elettrica generabile per unità di superficie terrestre occupata, le stringhe fotovoltaiche dello strato inferiore possono essere sostituite anche con delle semplici superfici riflettenti.

In definitiva, la installazione fotovoltaica secondo la presente invenzione persegue l'obiettivo di convertire la luce solare incidente in energia elettrica sfruttando due strati sovrapposti di stringhe fotovoltaiche. Il primo strato di stringhe fotovoltaiche viene solo lambito dalla luce solare (che, quindi, lo oltrepassa) e ne converte in energia elettrica solo le componenti diffusa e riflessa. Il secondo strato sottostante, invece, converte la luce solare proveniente dallo strato superiore secondo l'arte nota e, al contempo, la riflette nuovamente verso le stringhe fotovoltaiche sovrastanti.

L'aspettativa, peraltro già sperimentata, è quella di ottenere un significativo incremento, rispetto all'arte nota, sia della potenza fotovoltaica installabile che della energia elettrica generata, per una fissata superficie terrestre occupata.

Maggiori dettagli costruttivi e di funzionamento sono forniti ai paragrafi successivi.

Componenti di base della installazione secondo l'invenzione

Costituisce oggetto dell'invenzione la costruzione di una installazione

DOMANDA DI BREVETTO N.

fotovoltaica a doppio strato di stringhe fotovoltaiche, uno superiore e uno inferiore sottostante, in cui le stringhe fotovoltaiche dello strato superiore sono dotate di un sistema di inseguimento solare di tipo mono-assiale, costitutivamente molto simile a quelli dell'arte nota ma, diversamente da questi ultimi, controllato secondo una logica di inseguimento solare completamente nuova.

Gli elementi costitutivi principali della installazione fotovoltaica secondo l'invenzione sono:

- le stringhe fotovoltaiche dello strato superiore, che sono previste di tipo “bifacciale” e necessariamente dotate di sistema di inseguimento solare di tipo mono-assiale;
- le stringhe fotovoltaiche dello strato inferiore sottostante, che possono essere sia bifacciali che mono-facciali e possono essere dotate di sistema di inseguimento solare mono-assiale distinto e indipendente da quello delle stringhe dello strato superiore ma che possono essere anche di tipo fisso (cioè, prive di sistema di inseguimento solare);
- eventuali superfici riflettenti che, se presenti, sostituiscono le stringhe fotovoltaiche dello strato inferiore sottostante e possono avere una superficie anche non piana;
- un eventuale involucro, dotato di copertura trasparente, entro il quale, in casi particolari, può essere realizzata l'intera installazione fotovoltaica secondo la presente invenzione.

Le caratteristiche costruttive e le peculiarità dei predetti elementi di base, come pure di ulteriori eventuali componenti accessori, risulteranno evidenti dalla successiva descrizione dettagliata dell'invenzione, la quale è anticipata

DOMANDA DI BREVETTO N.

da una breve presentazione e descrizione delle figure e delle immagini, funzionali anch'esse alla chiara comprensione della costituzione e del funzionamento della installazione fotovoltaica secondo la presente invenzione.

Presentazione e breve descrizione delle figure

Le peculiarità costitutive e di funzionamento della presente installazione fotovoltaica vengono specificate anche mediante disegni esplicativi, riportati in altrettante figure che, in questa sezione, vengono elencate e solo brevemente descritte. A tali figure si farà riferimento in modo più dettagliato anche nel successivo paragrafo.

La figura 1 illustra la costituzione di ciascuna delle stringhe fotovoltaiche bifacciali (A) che costituiscono lo strato superiore della installazione, secondo la rivendicazione 1.

La figura 2 illustra una pluralità di stringhe fotovoltaiche bifacciali (A) dello strato superiore, installate per file parallele affiancate, secondo la rivendicazione 1.

La figura 3 illustra la installazione fotovoltaica nel caso in cui, secondo la rivendicazione 2, le stringhe fotovoltaiche bifacciali (B) che costituiscono lo strato inferiore sottostante della installazione, hanno le stesse caratteristiche costruttive delle stringhe (A) dello strato superiore ma che, rispetto a queste ultime, possono essere diverse in numero, possono essere installate secondo direzioni diverse e possono essere fatte ruotare distintamente, con un proprio sistema di inseguimento solare mono-assiale, anche con logiche di orientamento rispetto al sole diverse.

DOMANDA DI BREVETTO N.

La figura 4 illustra la installazione fotovoltaica nel caso in cui, secondo la rivendicazione 3, le stringhe fotovoltaiche bifacciali (B) dello strato inferiore sottostante possono ruotare solo in quanto solidamente e opportunamente connesse meccanicamente alle stringhe (A) dello strato superiore.

La figura 5 illustra la installazione fotovoltaica nel caso in cui, secondo la rivendicazione 4, lo strato inferiore della installazione è costituito da una sola stringa fotovoltaica bifacciale e semi-trasparente (C), priva di sistema di inseguimento solare e dotata di superficie piana, la cui area è uguale alla superficie piana complessivamente individuata da tutte le stringhe (A) dello strato superiore.

La figura 6 illustra la installazione fotovoltaica nel caso in cui, secondo la rivendicazione 5, lo strato inferiore della installazione è costituito da una stringa fotovoltaica mono-facciale e non trasparente (D), priva di sistema di inseguimento solare e dotata di superficie piana la cui area è uguale alla superficie piana complessivamente individuata da tutte le stringhe (A) dello strato superiore.

La figura 7 illustra la installazione fotovoltaica nel caso in cui, secondo la rivendicazione 6, anziché da stringhe fotovoltaiche, lo strato inferiore della installazione è costituito da una superficie riflettente (E), fissa e dotata di superficie anche non piana, la cui area di ingombro a terra è però uguale alla superficie piana complessivamente individuata da tutte le stringhe (A) dello strato superiore.

La figura 8 illustra un primo esempio applicativo (serra agricola fotovoltaica) in cui, secondo le rivendicazioni 1, 2 e 7, la installazione fotovoltaica è realizzata all'interno di un involucro trasparente che la protegge dagli agenti

DOMANDA DI BREVETTO N.

atmosferici avversi.

La figura 9 illustra un secondo esempio applicativo (modulo fotovoltaico a doppio strato) in cui, secondo le rivendicazioni 1, 5 e 7, l'involucro trasparente e protettivo delle stringhe fotovoltaiche è costruito *ad hoc*, per poter essere anche integrato in generici edifici/manufatti.

La figura 10 raffigura un esempio foto-realistico in cui, secondo le rivendicazioni 1, 2, 5, 7 e 8, distinte installazioni fotovoltaiche sono realizzate all'interno di altrettanti involucri trasparenti e protettivi, alcuni dei quali possono essere integrati, totalmente o parzialmente, in generici edifici/manufatti.

Descrizione dettagliata dell'invenzione

Così come per le installazioni fotovoltaiche dell'arte nota, l'elemento fondamentale della installazione secondo la presente invenzione rimane la cella fotovoltaica, già sommariamente descritta nella sezione introduttiva. Un congruo numero di celle fotovoltaiche viene quindi utilizzato per formare, *in primis*, i cosiddetti moduli fotovoltaici, ottenuti collegando fisicamente ed elettricamente in serie tra loro un congruo numero delle predette celle fotovoltaiche. Successivamente, un congruo numero di moduli fotovoltaici (identici) sono assemblati e collegati insieme tra loro per formare le cosiddette stringhe fotovoltaiche e, infine, un congruo numero di stringhe fotovoltaiche (identiche) sono affiancate tra loro per formare il cosiddetto campo (o generatore) fotovoltaico complessivo.

Similmente a quanto accade in alcuni ambiti specifici dell'arte nota, ed in particolare nell'ambito delle installazioni fotovoltaiche che prevedono l'uso

DOMANDA DI BREVETTO N.

degli inseguitori solari o l'uso di moduli e stringhe fotovoltaiche trasparenti o semi-trasparenti, i moduli (e le conseguenti stringhe fotovoltaiche) utilizzati per la costruzione del generatore fotovoltaico secondo la presente invenzione possono essere, in tutto o in parte, del tipo bifacciale. Intendendo riferirsi, con questa denominazione, a quei moduli (e alle conseguenti stringhe fotovoltaiche), dotati di due facce (superiore e inferiore) che hanno entrambe la capacità di convertire la luce solare su di esse incidente in energia elettrica. I predetti moduli bifacciali possono essere realizzati con diverse tecniche e tecnologie; possono essere realizzati con singole celle bifacciali (già in commercio), ognuna caratterizzata "di per sé" da due facce (superiore e inferiore), tipicamente con diversa capacità di conversione della luce solare in energia elettrica. Tuttavia, possono anche essere realizzati con celle convenzionali mono-facciali identiche, da installare distintamente sulle due facce dei moduli (quella superiore e quella inferiore), per garantirne, ad esempio, la stessa (ma distinta) capacità di conversione della luce solare in energia elettrica.

Sempre per quanto attiene a moduli fotovoltaici, che assemblati insieme danno origine alle stringhe fotovoltaiche della installazione secondo la presente invenzione, essi possono essere di tipo commerciale (quindi del tutto convenzionali) ma, in taluni casi, essi possono essere anche progettati e costruiti "custom", come meglio specificato nella successiva descrizione di alcuni esempi applicativi e nelle figure 8, 9 e 10.

Come enunciato già nel titolo, la installazione fotovoltaica secondo la presente invenzione è prevista costituita da due strati di stringhe fotovoltaiche, distinti e indipendenti: lo strato superiore, sovrastante, e lo

DOMANDA DI BREVETTO N.

strato inferiore, sottostante.

Le stringhe fotovoltaiche dello strato superiore sono necessariamente dotate di un sistema di inseguimento solare mono-assiale. Esso – costitutivamente – è del tutto simile agli inseguitori solari mono-assiali dell'arte nota. In particolare, uno o più motori elettrici e appositi sistemi di trasmissione intercettano gli assi di rotazione, di cui sono dotate le stringhe fotovoltaiche dello strato superiore e appositi driver elettronici di comando impongono ai motori rotazioni assiali tali da implementare le desiderate logiche di inseguimento solare da parte delle stringhe fotovoltaiche.

Orbene, la prima fondamentale novità e peculiarità della installazione fotovoltaica secondo la presente invenzione, va ricercata proprio nella particolare logica di controllo dell'orientamento delle stringhe fotovoltaiche dello strato superiore rispetto ai raggi solari su di esse incidenti. Infatti, in modo del tutto nuovo, al sistema di inseguimento solare viene chiesto di orientare le stringhe fotovoltaiche dello strato superiore “parallelamente” ai raggi solari su di esse incidenti.

Sebbene questa logica di inseguimento, che noi per comodità chiamiamo “inseguimento parallelo”, potrebbe sembrare contro-produttiva (dal punto di vista della efficienza di conversione della luce solare in energia elettrica), noi riteniamo, invece, che, se correlata alla esistenza del secondo strato inferiore di stringhe fotovoltaiche, essa possa esprimere nuove e molto utili proprietà, al punto da riuscire a massimizzare lo sfruttamento della luce solare incidente su una fissata superficie terrestre da occupare.

È ben noto che l'efficienza di conversione della luce solare incidente in energia elettrica, da parte delle celle fotovoltaiche, dipende fortemente

DOMANDA DI BREVETTO N.

dall'angolo con cui i raggi solari incidono sulle superfici di queste ultime: l'efficienza di conversione è massima se i raggi solari risultano perpendicolari alla superficie della cella fotovoltaica mentre tende a zero se i raggi solari risultano paralleli alla stessa superficie. Ciò posto, risulta altrettanto evidente che il predetto “inseguimento parallelo”, in linea di principio, non garantisce alcuna forma di conversione “diretta” della luce solare incidente sulla installazione fotovoltaica secondo la presente invenzione in energia elettrica. Tuttavia, è anche vero (e altrettanto noto) che le celle fotovoltaiche convertono la luce solare in energia elettrica non solo intercettando i raggi solari che incidono direttamente su di esse ma anche intercettando la luce solare presente nell'ambiente circostante alla installazione delle celle fotovoltaiche che incide, indirettamente, sulle superfici delle stesse grazie ai noti fenomeni di diffusione e/o di riflessione. Questa luce solare “indiretta” dipende fortemente dalle caratteristiche fisiche dell'ambiente circostante alla installazione delle celle fotovoltaiche; la predetta fenomenologia riconduce anche al ben noto concetto di “albedo” di un certo ambiente fisico.

Grazie a quest'ultima fenomenologia, si intuisce facilmente che le stringhe fotovoltaiche dello strato superiore della installazione secondo la presente invenzione, seppur orientate parallelamente ai raggi solari su di esse incidenti, producono un certa quantità di energia elettrica convertendo solo la luce solare, diffusa e riflessa, captata dalle loro due facce (superiore e inferiore) e che tale quantità di energia elettrica dipende significativamente dal valore dello albedo dell'ambiente fisico di installazione e circostante alle stringhe stesse.

È, innanzitutto, rilevante sottolineare che la quantità di energia elettrica

DOMANDA DI BREVETTO N.

generata “indirettamente” dalle stringhe fotovoltaiche dello strato superiore, orientate parallelamente ai raggi solari su di esse incidenti, dipende, in modo molto rilevante, proprio dalla quantità di raggi solari incidenti che, oltrepassando le stringhe fotovoltaiche, incidono sull’ambiente ad esse sottostante, per poi essere riflessi verso lo strato superiore. Tanto più intensi sono i raggi solari che riescono ad oltrepassare le stringhe fotovoltaiche dello strato superiore tanto maggiore sarà la luce riflessa che, “rimbalzando” verso l’alto, può tornare ad incidere su di esse, incrementando così la quantità di energia elettrica generata, in modo indiretto, dalle stringhe dello strato superiore.

Si intuisce allora che, in assoluta controtendenza rispetto alle soluzioni di cui all’arte nota (inseguimento “perpendicolare”), con l’inseguimento parallelo secondo la presente invenzione si mira a massimizzare, al contempo e in prima battuta, la trasparenza delle stringhe fotovoltaiche dello strato superiore ai raggi solari su di esse incidenti e la produzione “indiretta” di energia elettrica, grazie alla massimizzazione della luce solare diffusa e di quella riflessa dallo strato inferiore.

È giusto il caso di sottolineare che, con l’inseguimento perpendicolare secondo l’arte nota, al contrario, si mira a massimizzare solo la generazione diretta dell’energia elettrica generata dalle stringhe fotovoltaiche, mentre la generazione indiretta ne rimarrà, inevitabilmente, ridotta in modo significativo. Per comprenderlo, basta considerare che le stringhe fotovoltaiche orientate perpendicolarmente ai raggi solari provocano un forte ombreggiamento (oscuramento) dell’ambiente fisico ad esse sottostante, riducendo così la componente di luce riflessa.

DOMANDA DI BREVETTO N.

Nelle installazioni secondo l'arte nota, la notevole riduzione della illuminazione dell'ambiente fisico sottostante alle stringhe fotovoltaiche, ha anche effetti ambientali negativi; si pensi, ad esempio, al settore dell'agricoltura: evidentemente, il terreno sottostante ad una installazione del genere non può essere efficacemente utilizzato per la coltivazione. Al contrario, nelle installazioni secondo la presente invenzione, la massimizzazione della illuminazione dell'ambiente sottostante può avere anche effetti ambientali positivi, in termini di migliore sfruttamento proficuo del terreno; questi effetti dipendono molto dalle caratteristiche costruttive e funzionali dello strato inferiore della installazione.

Per poter commisurare la prestazione energetica attesa della installazione fotovoltaica secondo la presente invenzione alle proprie aspettative ma anche, e soprattutto, alle proprie disponibilità economiche, le stringhe fotovoltaiche dello strato inferiore possono essere, infatti, di diverso tipo e possono essere progettate e costruite facendo riferimento a diverse tecniche e tecnologie già disponibili e note. Ad esempio, le prestazioni energetiche della installazione fotovoltaica secondo la presente invenzione possono essere massimizzate, progettando e costruendo le stringhe fotovoltaiche dello strato inferiore come le stringhe dello strato superiore, anche se in modo del tutto distinto e indipendente. In questo caso, tuttavia, al conseguimento della massima resa energetica corrisponderebbe il massimo costo di realizzazione della installazione e anche la massima complessità della stessa. Soluzioni meno performanti ma anche meno costose e complesse possono essere conseguite progettando e costruendo le stringhe dello strato inferiore in modo che risultino diverse dalle stringhe dello strato superiore. Ad esempio, una

DOMANDA DI BREVETTO N.

installazione fotovoltaica certamente più economica e semplice, ma anche meno performante, può essere conseguita utilizzando come strato inferiore sottostante delle stringhe fotovoltaiche “fisse” (prive di inseguitore solare) e mono-facciali o, addirittura, realizzando lo strato inferiore con delle semplici superfici riflettenti, anziché con delle aggiuntive stringhe fotovoltaiche.

Prima di entrare più approfonditamente nel merito dei dettagli costruttivi della installazione fotovoltaica proposta, è molto importante sottolineare un ulteriore aspetto che caratterizza la installazione fotovoltaica secondo la nostra invenzione e, più specificamente, il sistema di inseguimento solare di cui devono essere necessariamente dotate le stringhe fotovoltaiche dello strato superiore. Nelle installazioni fotovoltaiche dell'arte nota, per poter implementare alla perfezione logiche di inseguimento solare di tipo “perpendicolare” è strettamente necessario che il sistema di inseguimento sia del tipo biassiale (e quindi molto costoso, complesso e poco affidabile). Se, per ridurre i costi e la complessità e per aumentare l'affidabilità del sistema di inseguimento, si ricorre ad un sistema di inseguimento mono-assiale, l'inseguimento “perpendicolare” risulterà inevitabilmente imperfetto, con conseguente riduzione della efficienza di conversione della luce solare in energia elettrica. Inoltre, quest'ultima dipende significativamente, oltre che dall'angolo di tilt (fisso) con cui vengono installate le stringhe fotovoltaiche, anche dalla direzione (altrettanto fissa) dei loro assi di rotazione, essendo la direzione di massima efficienza quella polare, ossia la stessa dell'asse di rotazione terrestre. Diversamente da quanto appena specificato, per conseguire il proposto inseguimento solare parallelo “perfetto” è sempre sufficiente un semplice inseguitore solare mono-assiale. Inoltre, lo si può

DOMANDA DI BREVETTO N.

sempre conseguire (in modo perfetto), qualunque sia la direzione di orientamento dell'asse di rotazione delle stringhe e qualunque sia l'angolo di tilt con il quale esse sono installate. Si può, infatti, sperimentare facilmente che, per qualunque direzione degli assi di rotazione e per qualunque valore dell'angolo di tilt di una stringa dotata di sistema di rotazione mono-assiale, si può sempre trovare un angolo di rotazione intorno al relativo asse in corrispondenza del quale la stringa si mostra orientata parallelamente ai raggi solari su di essa incidenti, così provocando solo una sottilissima proiezione d'ombra sull'ambiente ad essa sottostante.

Un ulteriore e rilevante effetto dell'inseguimento solare mono-assiale parallelo è che le stringhe fotovoltaiche possono essere affiancate per file parallele e potranno eseguire il predetto inseguimento solare, giornalmente, senza mai ombreggiarsi reciprocamente l'una con l'altra, anche se installate molto vicine tra loro. In questo caso, la loro inter-distanza può essere ottimizzata in modo da impedire sempre i fenomeni di ombreggiamento reciproco tra le tringhe e la soluzione a tale problema dipende dalla direzione di installazione degli assi di rotazione delle stringhe affiancate. In particolare, la inter-distanza che garantisce l'assenza di ombreggiamenti tra le stringhe risulta minima quando i loro assi di rotazione sono coincidenti con la direzione terrestre est-ovest mentre è massima – ma comunque piccola e pari alla larghezza di una singola stringa - se i loro assi di rotazione sono orientati secondo la direzione terrestre nord-sud. Quanto sopra specificato implica che, a parità di superficie di ingombro a terra, l'inseguimento solare parallelo, rispetto all'inseguimento solare perpendicolare dell'arte nota, consente (sempre) l'installazione di un numero di stringhe fotovoltaiche affiancate

DOMANDA DI BREVETTO N.

potenzialmente molto maggiore; il che rende legittima l'aspirazione a poter generare molta più energia elettrica, per unità di superficie terrestre occupata dalla installazione.

Avendo descritto il principio su cui si fonda l'installazione fotovoltaica a doppio strato, nel seguito ne viene specificata in dettaglio la costituzione e la procedura realizzativa.

Di fondamentale importanza sono, ovviamente, le stringhe fotovoltaiche principali, che costituiscono lo stato superiore e che noi denominiamo anche "stringhe fotovoltaiche bifacciali (A)".

Esse hanno forma rettangolare o quadrata; possiedono bordi trasversali (1) e bordi longitudinali (2) che delimitano una superficie piana (S_A), che ha larghezza (a) e lunghezza (b) e le cui due facce, superiore (F_S) e inferiore (F_I), possono essere realizzate anche con tecnologie e materiali diversi.

Le stringhe (A) sono, altresì, dotate di terminazioni (3), montate sui loro bordi trasversali (2), e ciascuna terminazione (3) è dotata di un apposito perno longitudinale (4). I predetti perni longitudinali (4) sono realizzati in un qualsiasi punto delle terminazioni (3) ma, per ciascuna stringa (A), essi devono risultare allineati longitudinalmente tra loro in modo da formare, di fatto, un asse longitudinale di rotazione (5).

Grazie alle terminazioni (3) e ai relativi perni (4) di cui sono dotate le stringhe (A), un sistema di inseguimento solare può intercettarle meccanicamente per consentire loro di eseguire una rotazione mono-assiale, anche fino a 180° .

Gli assi di rotazione (5) delle stringhe (A) sono orientati lungo qualsiasi direzione.

DOMANDA DI BREVETTO N.

Le stringhe (A) sono disposte per file parallele affiancate e la distanza (d) tra i relativi assi di rotazione (5) è scelta in funzione della direzione di installazione degli assi (5) e il suo valore massimo (nel caso in cui gli assi siano orientati lungo la direzione nord-sud) è di poco maggiore della larghezza (a) di una singola stringa (A), per consentire una rotazione, all'occorrenza, anche fino a un angolo pari a 180°.

Al fine di massimizzare lo sfruttamento utile della luce solare che, incidendo sulle stringhe (A) e che, in conseguenza dell'inseguimento parallelo, le oltrepassa, l'installazione fotovoltaica secondo il presente trovato deve essere completata realizzando un secondo strato sottostante a quello superiore appena specificato.

Il predetto strato sottostante (o inferiore) può essere realizzato impiegando stringhe fotovoltaiche aggiuntive che possono essere uguali alle stringhe (A) e possederne le stesse caratteristiche dimensionali, costruttive e di orientamento. Tuttavia, le predette stringhe aggiuntive dello strato inferiore possono essere anche diverse dalle stringhe (A); possono, per esempio, non essere dotate di sistema di inseguimento solare e possono anche essere bifacciali ma semi-trasparenti oppure mono-facciali e completamente opache alla luce solare incidente.

In questo modo, integrando la presenza delle stringhe (A) dello strato superiore con altre stringhe fotovoltaiche aggiuntive poste al di sotto di esse, l'installazione fotovoltaica complessiva (a doppio strato) può assumere diverse conformazioni e conseguire differenti livelli combinati di generazione di elettricità e di illuminamento naturale della superficie sottostante alla installazione complessiva, fissata che sia la superficie terrestre esposta al sole

DOMANDA DI BREVETTO N.

e complessivamente occupata.

Per contenere i costi di realizzazione della installazione fotovoltaica, mantenendo comunque significativa la sua capacità di generazione elettrica, anziché con aggiuntive stringhe fotovoltaiche, lo strato inferiore può essere realizzato con semplici superfici riflettenti (E), anche non piane.

Qualora, invece, la luce solare dovesse avere anche di per sé un valore aggiunto importante (come potrebbe essere, ad esempio, nel caso di installazioni fotovoltaiche realizzate su terreni agricoli), allora l'installazione a doppio strato potrebbe essere realizzata, in termini costitutivi e funzionali, in modo che, oltre a realizzare una generazione di energia elettrica di tutto rispetto, essa lasci passare una certa quantità (controllabile) di luce naturale anche al di sotto di essa e verso il terreno ad essa sottostante.

In casi particolari, anche di grande rilevanza pratica, l'installazione fotovoltaica secondo il presente trovato può essere convenientemente realizzata, nella sua interezza, all'interno di un apposito involucro protettivo (G). Nella fattispecie, l'involucro (G), innanzitutto, possiede una copertura trasparente (H), attraverso la quale i raggi solari possono raggiungere le stringhe (A) dello strato superiore. Inoltre, l'involucro deve avere caratteristiche dimensionali tali da poter ospitare, oltre ai due strati della installazione, anche tutti i componenti dei sistemi di inseguimento solare mono-assiale.

L'installazione fotovoltaica, concepita secondo la presente particolarizzazione, ha il vantaggio principale (ma non unico) di risultare realizzata completamente al riparo dagli agenti atmosferici avversi e disturbanti, quali: il vento, la pioggia, la grandine, i raggi UV, ecc... E ciò la

DOMANDA DI BREVETTO N.

rende, certamente, molto più affidabile e sicura rispetto a simili installazioni realizzate in “campo aperto”.

Conferendo particolari caratteristiche costruttive e dimensionali all’involucro (G), l’installazione fotovoltaica secondo la presente invenzione può conseguire un ulteriore vantaggio, che è quello di poter essere integrata (parzialmente o totalmente) in un qualsiasi manufatto edilizio (un edificio o una serra agricola o un capannone o una tettoia ecc...) o, addirittura, in un qualsiasi mezzo di trasporto di persone e/o merci (quale ad esempio un camper o una imbarcazione).

Ulteriormente, l’installazione fotovoltaica, realizzata secondo questa procedura, può anche essere realizzata nella sua interezza, assemblando tra loro più involucri (G), fino a conseguire le caratteristiche dimensionali e strutturali necessarie al caso.

Per tutto quanto sin qui esposto, è evidente che la installazione fotovoltaica secondo la presente invenzione propone la massimizzazione dello sfruttamento proficuo della luce solare incidente su una fissata superficie terrestre da occupare, mediante l’idea di fondo di realizzarla utilizzando due strati sovrapposti, e distinti e separati. Lo strato superiore, realizzato con stringhe fotovoltaiche bifacciali dotate di sistema di inseguimento solare mono-assiale a controllo “parallelo”, converte in energia elettrica solo la luce solare diffusa e riflessa e lascia passare, verso lo strato inferiore la luce solare non già assorbita. Lo strato inferiore, se realizzato con stringhe fotovoltaiche, converte la luce solare proveniente dallo strato superiore in ulteriore energia elettrica e, al contempo, riflette verso lo strato superiore la parte che non riesce ad assorbire. In funzione delle caratteristiche costitutive e funzionali

DOMANDA DI BREVETTO N.

delle stringhe fotovoltaiche dello strato inferiore, all'occorrenza, una aliquota della luce solare proveniente dallo strato superiore può anche oltrepassare lo strato inferiore e dirigersi verso il terreno sottostante alla installazione. Allorquando lo strato inferiore, anziché con stringhe fotovoltaiche aggiuntive, è realizzato con semplici superfici riflettenti (anche non piane), la luce solare proveniente dallo strato superiore è totalmente riflessa verso lo stesso, in modo da aumentarne le capacità di conversione in energia elettrica.

L'utilità della installazione fotovoltaica secondo la presente invenzione può essere meglio chiarita anche con alcuni esempi applicativi.

Nel caso si dovesse disporre un terreno agricolo utilmente esposto al sole, l'installazione fotovoltaica secondo la presente invenzione potrebbe consentire di convertire in energia elettrica solo parte della luce solare incidente su di essa, lasciandone passare verso il terreno da coltivare una aliquota, controllabile in base alle necessità delle colture allevate. In particolare, lo strato superiore (realizzato con stringhe fotovoltaiche bifacciali a inseguimento solare mono-assiale "parallelo") potrebbe limitarsi a convertire in energia elettrica solo la luce solare diffusa e riflessa, lasciando passare, quasi interamente la luce solare incidente, verso lo strato inferiore. Lo strato inferiore (realizzato con stringhe fotovoltaiche bifacciali a inseguimento solare mono-assiale, aggiuntive, distinte e indipendenti da quelle dello strato superiore) potrebbe intercettare la luce solare proveniente dallo strato superiore per convertirne solo una aliquota (controllabile) in aggiuntiva energia elettrica, lasciandone volontariamente passare la rimanente parte verso il terreno sottostante, il tutto in funzione del fabbisogno di luce naturale da parte delle colture allevate. In questo modo si otterrebbe, al

DOMANDA DI BREVETTO N.

contempo, una generazione di energia elettrica di tutto rispetto (grazie alla generazione del “doppio strato”) ed il controllo ottimale del fabbisogno di luce naturale delle colture allevate. Diversamente, laddove si volesse massimizzare unicamente la conversione della luce solare incidente su una determinata superficie terrestre in energia elettrica, la installazione fotovoltaica a doppio strato, secondo la presente invenzione, potrebbe essere utilizzata per realizzare una conversione multipla della luce solare in energia elettrica senza lasciar sfuggire al di sotto di essa alcuna aliquota di luce solare incidente. In questo caso, infatti, la luce solare incidente viene prima fatta passare sullo strato superiore di stringhe fotovoltaiche che, implementando l’inseguimento solare “parallelo”, convertono in energia elettrica solo la componente diffusa e riflessa, lasciando passare oltre quasi interamente la luce solare incidente. Quest’ultima, oltrepassando le stringhe dello strato superiore, può dirigersi verso lo strato inferiore di aggiuntive stringhe fotovoltaiche, le quali, captandola invece secondo l’arte nota (per esempio, in modo pressoché perpendicolare), la convertono in modo ottimale in aggiuntiva energia elettrica. L’aliquota di luce solare incidente sulle stringhe fotovoltaiche dello strato inferiore, ma non assorbita, verrebbe comunque riflessa verso le stringhe dello strato superiore che aumenterebbero ulteriormente la quantità di energia elettrica complessiva generata dalla installazione a doppio strato. Secondo questo principio, il chiaro obiettivo che la installazione fotovoltaica secondo la presente invenzione di propone si conseguire è quello di ottenere, a parità di superficie terrestre esposta al sole ed occupata, una produzione di energia elettrica molto più grande di quella ad oggi garantita dalle installazioni fotovoltaiche dell’arte nota. Se, fissata la

DOMANDA DI BREVETTO N.

superficie terrestre a disposizione per la realizzazione della installazione fotovoltaica, ci si dovesse raffrontare con la produzione giornaliera attesa per una convenzionale installazione dotata di inseguitore solare mono-assiale, a singolo strato e ad inseguimento perpendicolare, le aspettative per una installazione fotovoltaica ottimale a doppio strato, realizzata secondo le rivendicazioni 1 e 2 oppure secondo le rivendicazioni 1 e 5 della presente invenzione, consentono di prevedere una produzione giornaliera maggiore di circa il 60-80%.

Per meglio apprezzare i particolari costitutivi ed il funzionamento della installazione fotovoltaica a doppio strato secondo la presente invenzione, sono stati predisposti anche diversi disegni e alcune raffigurazioni fotorealistiche, riportate in apposite figure che sono di seguito indicate e discusse. La Figura 1 illustra le caratteristiche costitutive di una singola e generica stringa fotovoltaica bifacciale (A), che è l'elemento fondante e indispensabile dello strato superiore della installazione fotovoltaica secondo la presente invenzione. Nella figura sono evidenziati i suoi bordi trasversali (1), che hanno larghezza (a), e i suoi bordi longitudinali (2), che hanno larghezza (b). Sono altresì raffigurate le cosiddette "terminazioni" (3), montate sui suoi due bordi trasversali (1). Sulle terminazioni (3), sono raffigurati anche i relativi perni longitudinali (4) di cui esse sono dotate. Questi ultimi, una volta che le terminazioni sono montate sui bordi trasversali delle stringhe (A), risulteranno allineati tra loro, realizzando, di fatto, l'asse longitudinale di rotazione (5) della stringa (A). La figura illustra chiaramente come la stringa (A) è orientata, dal sistema di inseguimento solare mono-assiale, in modo che i raggi solari incidenti risultino paralleli alle sue facce superiore (F_s) ed

DOMANDA DI BREVETTO N.

inferiore (F_i).

La Figura 2 illustra la costituzione dello strato superiore della installazione fotovoltaica secondo la presente invenzione, e secondo la rivendicazione 1, quando le stringhe (A) sono installate per file affiancate parallele. In particolare, è mostrato come, in tal caso, le stringhe (A) sono installate ad una distanza (d) tra i loro assi di rotazione (5). Tale distanza (d) può essere ottimizzata in funzione della direzione di installazione degli assi di rotazione (5), tenendo conto che, teoricamente, essa può variare da zero (quando gli assi di rotazione sono installati lungo la direzione est-ovest) al valore massimo pari alla larghezza (a) di una singola stringa (A) (quando gli assi di rotazione sono installati lungo la direzione nord-sud). Rimane ovvio che, fissata la direzione di installazione degli assi di rotazione (5) delle stringhe (A), rimane fissato il numero massimo di stringhe (A) affiancate tra loro che possono essere installate per unità di superficie terrestre, senza che esse si ombreggino reciprocamente, durante le loro rotazioni giornaliere.

La Figura 3 illustra la installazione a doppio strato, secondo le rivendicazioni 1 e 2, quando, per aumentare la generazione di energia elettrica pur mantenendo un certo grado di trasparenza della installazione complessiva alla luce solare incidente, al di sotto delle stringhe (A) dello strato superiore sono montate aggiuntive stringhe fotovoltaiche (B), anch'esse di tipo bifacciale e dotate di sistema di inseguimento solare mono-assiale. Nella figura è mostrato come le stringhe (B) sono distinte e indipendenti dalle stringhe (A), ivi compresi i relativi sistemi di inseguimento solare. La figura illustra anche come il numero delle stringhe (B) può essere diverso dal numero delle stringhe (A). Sebbene non raffigurato in figura, si ricorda che le stringhe (B)

DOMANDA DI BREVETTO N.

possono essere installate con i relativi assi di rotazione disposti lungo direzioni anche diverse da quelle degli assi di rotazione delle stringhe (A). Le stringhe (B), inoltre, possono essere orientate (dal loro sistema di inseguimento solare) anche secondo logiche di controllo diverse da quelle usate per le stringhe (A), per esempio e secondo l'arte nota, anche perpendicolarmente ai raggi solari incidenti. Per garantire la piena indipendenza tra i diversi sistemi di inseguimento solare, come sopra specificata, la figura ricorda, altresì, che le stringhe (B) devono essere montate al di sotto delle stringhe (A) ad una distanza (h) tra i piani che contengono gli assi di rotazione delle stringhe (A) e delle stringhe (B) che deve essere grande abbastanza da garantire la libera rotazione delle stringhe (A) e (B) di un angolo che, all'occorrenza, possa raggiungere anche i 180°.

La Figura 4 illustra una particolarizzazione della installazione precedente in cui, secondo la rivendicazione 3, le stringhe (B) che costituiscono lo strato inferiore, sottostante a quello superiore delle stringhe (A), non sono dotate di un proprio sistema di inseguimento solare ma possono ruotare (ed inseguire il sole) solo in quanto solidalmente collegate alle stringhe (A). Nella figura è mostrato come, in questo caso, le terminazioni (3) delle stringhe (A) hanno i relativi perni longitudinali (4) realizzati all'estremità inferiore di ciascun bordo trasversale (1) delle stringhe (A). In questo modo, l'asse di rotazione (5) delle stringhe (A), e anche delle stringhe (B), di fatto, si materializza lungo il bordo longitudinale inferiore (2) di ciascuna stringa (A). Ed è proprio in corrispondenza di tale asse di rotazione che ciascuna stringa (B) viene montata in intimo contatto con ciascuna stringa (A), cosicché esso diventi anche l'asse di rotazione delle stringhe (B). Rimane ovvio che, in questo

DOMANDA DI BREVETTO N.

caso, diversamente dal caso precedente, il numero delle stringhe (B) deve essere esattamente pari al numero delle stringhe (A). La figura illustra, altresì, come, in fase di montaggio delle stringhe (B), queste ultime possono essere montate sulle stringhe (A) in modo che tra le relative facce si formi un desiderato (e fisso) angolo (γ). Tale angolo (γ) può essere progettato in modo tale che, se conveniente, risulti massima la conversione in energia elettrica della luce solare che, per riflessione sulle facce delle stringhe (B), incide sulle stringhe (A), per essere convertita in energia elettrica aggiuntiva.

La Figura 5 illustra la installazione a doppio strato, secondo le rivendicazioni 1 e 4, in cui, per aumentare la generazione di energia elettrica pur mantenendo un certo grado di trasparenza della installazione complessiva alla luce solare incidente, al di sotto delle stringhe (A) dello strato superiore è montata una aggiuntiva stringa fotovoltaica (C), anch'essa di tipo bifacciale ma semi-trasparente alla luce solare e priva di sistema di inseguimento solare mono-assiale (quindi, fissa). Le celle fotovoltaiche che formano la stringa (C) sono, infatti, inter-distanziate tra di loro di una quantità (λ), così da garantire alla stringa (C) un certo grado di semi-trasparenza alla luce solare, che può essere ottimizzato in fase di progetto, secondo il caso. Nella figura è mostrato come la stringa (C) è unica ma la sua superficie di ingombro a terra è la stessa di quella massima dell'intero strato superiore formato da (n) stringhe (A). Infine, per garantire la piena funzionalità e indipendenza del sistema di inseguimento solare mono-assiale di cui sono dotate le stringhe (A), la figura ricorda, altresì, che la stringa (C) deve essere montata al di sotto delle stringhe (A) ad una distanza (h), dal piano che contiene gli assi di rotazione delle stringhe (A), grande abbastanza da non ledere la necessaria rotazione di

DOMANDA DI BREVETTO N.

queste ultime, come specificato nella rivendicazione 1.

La Figura 6 illustra la installazione a doppio strato, secondo le rivendicazioni 1 e 5, in cui, per aumentare ancor più la generazione di energia elettrica, rinunciando alla trasparenza della installazione complessiva alla luce solare incidente, al di sotto delle stringhe (A) dello strato superiore è montata una aggiuntiva stringa fotovoltaica (D), di tipo mono-facciale (opaca) e priva di sistema di inseguimento solare mono-assiale (quindi, fissa). Nella figura è mostrato come la stringa (D) è unica ma la sua superficie di ingombro a terra è la stessa di quella massima dell'intero strato superiore formato da (n) stringhe (A). Infine, per garantire la piena funzionalità e indipendenza del sistema di inseguimento solare mono-assiale di cui sono dotate le stringhe (A), la figura ricorda, altresì, che la stringa (D) deve essere montata al di sotto delle stringhe (A) ad una distanza (h), dal piano che contiene gli assi di rotazione delle stringhe (A), grande abbastanza da non ledere la necessaria rotazione di queste ultime, come specificato nella rivendicazione 1.

La Figura 7 illustra la installazione a doppio strato, secondo le rivendicazioni 1 e 6, in cui, per diminuire i costi e la complessità della installazione, senza rinunciare all'obiettivo di aumentare la generazione di energia elettrica per unità di superficie terrestre utilizzata e rinunciando, invece, alla trasparenza della installazione complessiva alla luce solare incidente, al di sotto delle stringhe (A) dello strato superiore è montata una aggiuntiva superficie riflettente (E), di geometria anche non piana. Nella figura è mostrato come la superficie riflettente (E) è unica ma, a prescindere dalla sua geometria (eventualmente non piana), la sua superficie di ingombro a terra è la stessa di quella massima dell'intero strato superiore formato da (n) stringhe (A).

DOMANDA DI BREVETTO N.

Infine, per garantire la piena funzionalità e indipendenza del sistema di inseguimento solare mono-assiale di cui sono dotate le stringhe (A), la figura ricorda, altresì, che la superficie riflettente (E) deve essere montata al di sotto delle stringhe (A) ad una distanza (h), dal piano che contiene gli assi di rotazione delle stringhe (A), grande abbastanza da non ledere la necessaria rotazione di queste ultime, come specificato nella rivendicazione 1. La scelta della geometria e dei materiali costitutivi della superficie riflettente (E), che di fatto realizza lo strato inferiore della installazione, possono influenzare significativamente l'incremento della generazione di energia elettrica da parte delle stringhe fotovoltaiche bifacciali (A) dello strato superiore; pertanto, questi aspetti possono essere oggetto di studio e sperimentazioni, al fine di individuare le soluzioni più proficue.

La Figura 8 illustra un primo esempio applicativo e fa espresso riferimento al caso di una tipica serra agricola dotata di generatore fotovoltaico. Differentemente dall'arte nota, il generatore fotovoltaico è realizzato secondo la presente invenzione e, in particolare, secondo le rivendicazioni 1, 2 e 7. Infatti, la installazione fotovoltaica è, innanzitutto, realizzata interamente all'interno di un involucro trasparente (G) – di fatto, la stessa serra agricola – che la protegge dagli agenti atmosferici avversi. In secondo luogo, la installazione mostra chiaramente due strati di stringhe fotovoltaiche. Lo strato superiore è realizzato con stringhe fotovoltaiche bifacciali (A) dotate di sistema di inseguimento solare mono-assiale. Le predette stringhe (A) sono costruite sulla base di “speciali” moduli fotovoltaici bifacciali (costruiti *ad hoc*), che hanno la forma di “strisce allungate” (strette e lunghe) e le relative celle sono incapsulate tra due strati di appositi materiali plastici altamente

DOMANDA DI BREVETTO N.

trasparenti (anziché in vetro) e non possiedono cornici metalliche di contenimento e di irrobustimento. In tal modo, i predetti moduli, e le conseguenti stringhe (A), risultano, al contempo, leggeri ed economici. Ciò posto, le stringhe (A) sono installate per file parallele che seguono la geometria della copertura trasparente della serra e sono installate ad una distanza (d) tra di loro tale che - all'occorrenza - esse possano anche rendere totalmente "opaca" la copertura trasparente della serra. Lo strato inferiore della installazione è realizzato con stringhe fotovoltaiche bifacciali (B), anch'esse dotate di sistema di inseguimento solare mono-assiale. Le stringhe (B) sono distinte e indipendenti dalle stringhe (A), come lo sono pure i relativi sistemi di inseguimento solare mono-assiale. Le stringhe (B), inoltre, sono in numero inferiore di quello delle stringhe (A). Le stringhe (B) sono preposte a intercettare la luce solare lasciata passare dalle sovrastanti stringhe (A) per convertirla, in modo controllato e secondo il fabbisogno energetico e di luce naturale del locale serra e delle colture allevate, in tutto o in parte in aggiuntiva energia elettrica. In questo modo, è possibile ottimizzare la generazione complessiva di energia elettrica della installazione fotovoltaica, compendiandola - secondo il caso - con lo specifico fabbisogno di luce naturale delle colture allevate.

La Figura 9 illustra un secondo esempio applicativo e fa espresso riferimento al caso in cui la installazione fotovoltaica a doppio strato può essere realizzata all'interno di un involucro (G), trasparente e protettivo, che è anche integrabile in un edificio/manufatto, e l'installazione è finalizzata esclusivamente alla massimizzazione dell'energia elettrica generabile a partire dalla superficie efficacemente esposta alla luce solare e disponibile per

DOMANDA DI BREVETTO N.

la sua installazione. In questo caso, la installazione fotovoltaica a doppio strato – di fatto, un modulo fotovoltaico a doppio strato - è realizzata secondo le rivendicazioni 1, 5 e 7. Nella fattispecie, l'involucro (G) ha la forma di un modulo convenzionale ma, ovviamente, è caratterizzato da uno spessore maggiore. Esso è dotato di una apposita copertura trasparente (H), che può essere realizzata con diversi materiali, tra cui il vetro o il polycarbonato o altri ancora. Anche in questo caso, le stringhe fotovoltaiche (A) dello strato superiore sono bifacciali e sono dotate di un sistema di inseguimento solare mono-assiale, ad inseguimento parallelo. Come nel caso precedente, esse sono realizzate a partire da speciali moduli fotovoltaici bifacciali (costruiti *ad hoc*), che hanno la forma di strisce allungate, ancor più strette rispetto alle precedenti. Pure stavolta, le celle dei predetti moduli bifacciali sono incapsulate tra due strati di materiali plastici altamente trasparenti e leggeri (anziché in vetro) e non sono dotati di cornici metalliche di contenimento e di irrobustimento. Ancora una volta, le stringhe (A) sono installate per file parallele affiancate, in un numero che può essere massimizzato in funzione della direzione di installazione dei relativi assi di rotazione (dettata dalle caratteristiche di esposizione al sole della superficie utile a disposizione) al fine di massimizzare l'energia elettrica producibile, intercettando la luce solare diffusa nonché quella riflessa dallo strato inferiore. Lo strato inferiore della installazione è realizzato, invece, con un'unica stringa fotovoltaica mono-facciale opaca che occupa interamente l'area sottostante alle stringhe (A) dello strato superiore. In questo modo, è possibile massimizzare la generazione complessiva di energia elettrica della installazione fotovoltaica, a partire dalla luce solare che oltrepassa lo strato superiore, con l'aspettativa,

DOMANDA DI BREVETTO N.

già in parte sperimentata, di riuscire a incrementarla, rispetto a quella generata da un modulo convenzionale mono-facciale fisso e a singolo strato (che occupa la stessa superficie), di una percentuale di circa il 60-80%.

La Figura 10 raffigura un esempio foto-realistico, facilmente deducibile dai due precedenti esempi già raffigurati nelle figure 8 e 9, in cui due distinte tipologie di installazioni fotovoltaiche a doppio strato sono realizzate all'interno di involucri trasparenti e protettivi, alcuni dei quali parzialmente integrati in generici edifici/manufatti. Per la realizzazione delle predette installazioni fotovoltaiche è sufficiente fare riferimento alle rivendicazioni 1, 2, 5, 7 e 8.

Riassumendo, da tutto quanto sopra esposto discende che la presente invenzione propone la realizzazione di una installazione fotovoltaica a doppio strato, dotata di almeno un sistema di inseguimento solare mono-assiale comandato secondo una nuova logica di “inseguimento parallelo” e che, rispetto alle installazioni fotovoltaiche dell'arte nota, promette di poter incrementare significativamente la conversione in energia elettrica della luce solare incidente su una prefissata superficie terrestre. Allorquando ritenuto opportuno e conveniente, la installazione fotovoltaica a doppio strato secondo la presente invenzione può essere utilizzata anche per compendiare due diversi obiettivi: quello della massimizzazione dell'energia elettrica generabile, da un lato, e quello dello sfruttamento diretto (e proficuo) della luce solare in quanto tale, dall'altro.

Dott. Ing Cosimo Borrello

e

prof. ing. Rosario Carbone

Firmato digitalmente da: Rosario Carbone
Qualificazione: UNIVERSITÀMED FERRARENEA/01/03/60905
Le funzioni d'uso: Explicit Text: I notari fanno uso di certificato s... per le finalità di
...
Data: 01/10/2021 12:48:39