

# ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102012902108013A1

Publication Date

20140606

Applicant

NOE' DANIELE

Title

MODULO FOTOVOLTAICO MULTI-FUNZIONE E IMPIANTO FOTOVOLTAICO  
COMPRENDENTE TALE TIPO DI MODULO

## **MODULO FOTOVOLTAICO MULTI-FUNZIONE E IMPIANTO FOTOVOLTAICO COMPRENDENTE TALE TIPO DI MODULO**

La presente invenzione riguarda i moduli fotovoltaici, ed in particolare un modulo  
5 fotovoltaico multi-funzione che può fungere anche da copertura protettiva per la  
superficie al di sotto della struttura portante nella quale è inserito tale tipo di modulo.

Come è noto, un modulo fotovoltaico è composto da elementi fotovoltaici montati  
su un telaio di supporto ed in grado di convertire direttamente l'energia solare incidente  
in energia elettrica mediante effetto fotovoltaico. Un tale modulo è tipicamente  
10 impiegato come generatore di corrente in un impianto fotovoltaico che deve essere  
collocato in una posizione in cui riceva il massimo irraggiamento solare possibile,  
pertanto le collocazioni tipiche preferite sono sulle coperture degli edifici (tetti, terrazzi,  
etc.) o in spazi aperti. Nel primo caso si utilizzano spazi in genere inutilizzati ma  
solitamente disagiati da raggiungere per l'installazione e la manutenzione  
15 dell'impianto, mentre nel secondo caso spesso una grande estensione superficiale di  
terreno viene sottratta ad altri usi quali le coltivazioni.

In altri casi l'impianto può essere integrato in una struttura avente una specifica  
funzione di copertura, ovvero è la stessa struttura portante dell'impianto nella quale  
sono inseriti i moduli fotovoltaici che costituisce, ad esempio, le falde di un tetto oppure  
20 una tettoia per un parcheggio. Questo tipo di struttura integrata è però una struttura  
fissa, con l'inconveniente di non essere adattabile a diverse funzioni a seconda delle  
circostanze.

Scopo della presente invenzione è quindi quello di fornire un modulo fotovoltaico  
che supera i suddetti inconvenienti. Tale scopo viene conseguito per mezzo di un  
25 modulo fotovoltaico costituito da una pluralità di elementi fotovoltaici cilindrici montati  
paralleli tra longheroni di estremità con una distanza tra elementi adiacenti che è  
sostanzialmente pari alla loro larghezza, detti elementi essendo divisi in due metà lungo  
un piano longitudinale contenente i longheroni ed avendo una prima metà che è mobile  
rispetto alla seconda metà in una direzione parallela all'asse longitudinale dei  
30 longheroni.

Il vantaggio principale del modulo fotovoltaico secondo la presente invenzione è

quello di poter variare il suo grado di copertura tra una copertura parziale al 50% ed una copertura totale a seconda delle circostanze e della specifica applicazione. In questo modo, la struttura portante dell'impianto fotovoltaico comprendente tale tipo di modulo ha una flessibilità di impiego molto maggiore e può essere utilizzata anche in  
5 applicazioni per le quali le tradizionali strutture fisse sono inadatte.

Ad esempio, una tale struttura può essere disposta sopra ad una coltivazione limitando la copertura al 50% in caso di sole per consentire l'irraggiamento e la crescita delle piante, poi aumentando il grado di copertura in caso di precipitazioni atmosferiche non molto intense (o di irraggiamento solare troppo intenso) ed infine arrivando alla  
10 copertura totale in caso di precipitazioni che possono arrecare danno alle piante (tipicamente grandine o pioggia molto forte). In questo modo non solo l'impianto fotovoltaico non sottrae superficie coltivabile ma addirittura aiuta a proteggere le coltivazioni dagli agenti atmosferici.

Un ulteriore vantaggio di questo modulo fotovoltaico deriva dal fatto che la metà inferiore di ciascun elemento cilindrico, ovvero quella non esposta all'irraggiamento diretto quando le due metà dell'elemento sono completamente sovrapposte, può  
15 comunque contribuire a generare corrente sfruttando la radiazione riflessa e diffusa ed è preferibilmente ottimizzata a tale scopo utilizzando materiali che possono anche essere differenti da quelli utilizzati per la metà superiore dell'elemento.

Ancora un altro vantaggio del presente modulo fotovoltaico risiede nella possibilità di utilizzare la metà inferiore di ciascun elemento cilindrico, quando le due  
20 metà dell'elemento non sono completamente sovrapposte, come una grondaia per convogliare l'acqua piovana verso un sistema di raccolta che permette di riutilizzare tale acqua piovana, ad esempio per l'irrigazione delle coltivazioni nei periodi di scarsa  
25 disponibilità idrica.

Questi ed altri vantaggi e caratteristiche del modulo fotovoltaico secondo la presente invenzione risulteranno evidenti agli esperti del ramo dalla seguente dettagliata descrizione di una sua forma realizzativa con riferimento agli annessi disegni in cui:

la Fig.1 è una vista schematica frontale che mostra la forma e la disposizione di  
30 tre elementi fotovoltaici di un modulo secondo l'invenzione nella condizione di massima apertura, ovvero con un grado di copertura del 50%;

la Fig.2 è una vista analoga alla precedente che mostra lo spostamento relativo delle due metà degli elementi per arrivare alla condizione di massima chiusura del modulo fotovoltaico, ovvero con un grado di copertura totale;

le Figg.3a e 3b sono viste schematiche in pianta di un modulo fotovoltaico nelle  
5 due condizioni di Fig.1 e Fig.2 rispettivamente; e

la Fig.4 è una vista schematica frontale di una struttura di impianto fotovoltaico comprendente una pluralità dei suddetti moduli fotovoltaici ed utilizzata in ambito agricolo.

Facendo riferimento alle figure da 1 a 3b, si vede che un modulo fotovoltaico 1 è  
10 costituito da una pluralità di elementi fotovoltaici cilindrici 2 montati paralleli tra longheroni di estremità 3 in modo da formare un modulo di larghezza X e lunghezza Y. Ciascun elemento 2 è diviso in due metà 2a, 2b lungo un piano longitudinale 2c contenente i longheroni 3 ed ha una prima metà, che nella forma realizzativa illustrata è la metà inferiore 2b, che è mobile rispetto alla seconda metà in una direzione parallela  
15 all'asse longitudinale dei longheroni 3 (come indicato dalla freccia nelle Figg.2 e 3b).

Per semplicità costruttiva, le metà mobili sono preferibilmente mosse tutte insieme da un unico attuatore (non illustrato) con un unico comando, ad esempio prevedendo che anche i longheroni 3 siano divisi longitudinalmente in due parti mobili l'una rispetto all'altra che portano rispettivamente le due metà 2a e 2b. Tuttavia sarebbe  
20 anche possibile realizzare una struttura più complessa in cui le metà mobili degli elementi 2 sono mosse individualmente oppure a gruppi, a seconda delle specifiche esigenze di applicazione.

Gli elementi 2 sono montati sui longheroni 3 in modo che la distanza D' tra elementi 2 adiacenti sia sostanzialmente pari alla loro larghezza D, dove mediante tale  
25 definizione si intende che il rapporto  $D/D'$  può assumere valori da 0,85 a 1,15 essendo comunque preferibilmente pari a 1. Ovviamente quando  $D/D' < 1$  il modulo non arriva a fornire una copertura totale al 100% neppure nella condizione di massima chiusura, mentre quando  $D/D' > 1$  vi è sempre una parziale sovrapposizione delle due metà 2a, 2b anche nella condizione di massima chiusura.

30 Sebbene nella forma realizzativa preferita illustrata nei disegni gli elementi cilindrici 2 abbiano sezione circolare per un'ottimale captazione dei raggi incidenti con

un qualsiasi angolo su detti elementi 2, nulla vieta di utilizzare una sezione di forma differente (ad es. ovale, quadrata, esagonale, etc.) o addirittura di prevedere semisezioni differenti per le due metà, ad esempio semicircolare per la metà superiore 2a e semiesagonale per la metà inferiore 2b. In ogni caso la larghezza D è misurata in  
5 corrispondenza del piano di divisione 2c e rappresenta l'ingombro massimo nel piano trasversale degli elementi 2 illustrati nelle Figg.1 e 2.

Poiché le metà superiori 2a captano principalmente l'energia dei raggi solari diretti RD mentre le metà inferiori 2b captano principalmente l'energia dei raggi solari riflessi RR, nonché la radiazione infrarossa riemessa dal terreno o dalla superficie  
10 sottostante, è preferibile che i rispettivi rivestimenti fotovoltaici 4a, 4b siano ottimizzati per operare al meglio con questi diversi tipi di radiazione. Tuttavia, sarebbe anche possibile utilizzare rivestimenti 4a, 4b uguali per ragioni di economia produttiva in modo che ciascun semielemento cilindrico possa essere utilizzato sia come metà superiore 2a che come metà inferiore 2b. Inoltre vi possono essere applicazioni (ad es.  
15 tettoie) in cui talvolta la metà inferiore 2b è esposta, parzialmente o completamente, alla radiazione solare diretta RD pertanto la sua faccia superiore potrebbe essere dotata anch'essa di un rivestimento fotovoltaico 4c che può essere uguale al rivestimento 4a, per massimizzare l'efficienza di assorbimento, o al rivestimento 4b, per semplificare la costruzione della metà inferiore 2b.

20 I rivestimenti fotovoltaici utilizzati sono preferibilmente del tipo a film sottile, tipicamente con assorbitore in materiale semiconduttore composito di diseleniuro di rame-indio-gallio chiamato CIGS (acronimo dall'inglese: Copper Indium Gallium (di)Selenide). Poiché tale materiale ha un elevato potere di assorbimento della luce solare, è sufficiente una pellicola molto più sottile rispetto ad altri materiali  
25 semiconduttori, la pellicola essendo depositata sul materiale dell'elemento di supporto 2 (in vetro, plastica o metallo) insieme a degli elettrodi per raccogliere la corrente.

Come accennato in precedenza, il presente modulo fotovoltaico può essere utilizzato non solo per proteggere la superficie sottostante da precipitazioni atmosferiche dannose quali un'intensa pioggia P o grandine G (Fig.2), ma la metà  
30 inferiore 2b di ciascun elemento 2 può essere sagomata per fungere da grondaia in modo da convogliare l'acqua piovana verso un sistema di raccolta integrato nella struttura

portante che permette di riutilizzare tale acqua piovana (ad es. in ambito agricolo) o più semplicemente di scaricarla in modo efficiente nel sistema fognario (ad es. in ambito urbano).

Una struttura di impianto fotovoltaico da utilizzare in ambito agricolo è illustrata schematicamente in Fig.4 e comprende una pluralità dei suddetti moduli fotovoltaici 1 montati su una struttura portante a formare una copertura a due falde inclinate sorretta da montanti 5. L'altezza H di tale struttura (ad es. 5 m) e la distanza L tra i montanti 5 (ad es. 12 m) è tale da consentire il passaggio delle macchine agricole per la lavorazione del terreno e la raccolta delle coltivazioni. Nel punto di incontro delle due falde in corrispondenza del colmo della copertura può essere previsto un doppio binario 6 lungo il quale scorrono in modo indipendente due sistemi 7a, 7b di erogazione di liquidi disposti rispettivamente sopra e sotto la copertura.

Più specificamente, il sistema superiore 7a esegue il lavaggio della superficie fotovoltaica superiore dei moduli 1, realizzando nel contempo un'irrigazione almeno parziale delle coltivazioni, mentre il sistema inferiore 7b è utilizzato per eseguire trattamenti delle coltivazioni erogando antiparassitari, fitofarmaci, fertilizzanti, etc. Si noti che il sistema inferiore 7b potrebbe essere usato anche per il lavaggio della superficie fotovoltaica inferiore dei moduli 1 semplicemente ruotando verso l'alto gli ugelli di erogazione. L'impianto può inoltre comprendere un sistema di irrigazione sotterranea 8 che può essere collegato al sistema di raccolta dell'acqua piovana in modo da realizzare un'irrigazione delicata proteggendo nel contempo le coltivazioni mediante la copertura totale dei moduli 1.

È chiaro che la forma realizzativa del modulo fotovoltaico secondo l'invenzione sopra descritta ed illustrata costituisce solo un esempio suscettibile di numerose variazioni. In particolare, il numero, la forma e la disposizione precisa degli elementi che compongono il modulo può essere alquanto variata a seconda di specifiche esigenze costruttive e lo stesso vale per i rivestimenti fotovoltaici applicati agli elementi 2 o le celle fotovoltaiche eventualmente montate su di essi.

## RIVENDICAZIONI

1. Modulo fotovoltaico (1) costituito da una pluralità di elementi fotovoltaici (2), caratterizzato dal fatto che detti elementi fotovoltaici (2) sono elementi cilindrici  
5 montati paralleli tra longheroni di estremità (3) con una distanza (D') tra elementi (2) adiacenti che è sostanzialmente pari alla loro larghezza (D), gli elementi fotovoltaici (2) essendo divisi in due metà (2a, 2b) lungo un piano longitudinale (2c) contenente detti longheroni (3) ed avendo una prima metà che è mobile rispetto alla seconda metà in una direzione parallela all'asse longitudinale dei longheroni (3).
- 10 2. Modulo fotovoltaico (1) secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che le metà mobili degli elementi fotovoltaici (2) sono mosse tutte insieme da un unico attuatore.
3. Modulo fotovoltaico (1) secondo la rivendicazione 1 o 2, caratterizzato dal fatto che gli elementi fotovoltaici (2) hanno sezione circolare.
- 15 4. Modulo fotovoltaico (1) secondo una delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che sia la metà superiore (2a) che la metà inferiore (2b) degli elementi fotovoltaici (2) presentano rispettivi rivestimenti fotovoltaici (4a, 4b).
5. Modulo fotovoltaico (1) secondo la rivendicazione 4, caratterizzato dal fatto che il rivestimento fotovoltaico (4a) della metà superiore (2a) è ottimizzato per captare  
20 la radiazione solare diretta (RD) mentre il rivestimento fotovoltaico (4b) della metà inferiore (2b) è ottimizzato per captare la radiazione solare riflessa (RR) e la radiazione infrarossa.
6. Modulo fotovoltaico (1) secondo la rivendicazione 4 o 5, caratterizzato dal fatto che la metà inferiore (2b) è dotata anche sulla sua faccia superiore di un  
25 rivestimento fotovoltaico (4c) che è preferibilmente uguale al rivestimento fotovoltaico (4a) della metà superiore (2a).
7. Modulo fotovoltaico (1) secondo una delle rivendicazioni da 4 a 6, caratterizzato dal fatto che i rivestimenti fotovoltaici (4a, 4b, 4c) sono del tipo a film sottile con assorbitore in materiale semiconduttore composito di diseleniuro di rame-  
30 indio-gallio.
8. Impianto fotovoltaico caratterizzato dal fatto di comprendere una pluralità di

moduli fotovoltaici (1) secondo una delle rivendicazioni precedenti montati su una struttura portante, la metà inferiore (2b) di ciascun elemento fotovoltaico (2) essendo sagomata per fungere da grondaia in modo da convogliare l'acqua piovana verso un sistema di raccolta integrato in detta struttura portante.

5           9.    Impianto fotovoltaico secondo la rivendicazione 8, caratterizzato dal fatto che i moduli fotovoltaici (1) sono montati sulla struttura portante a formare una copertura a due falde inclinate sorretta da montanti (5), l'altezza (H) di detta struttura portante e la distanza (L) tra detti montanti (5) essendo tale da consentire il passaggio di macchine agricole per la lavorazione del terreno e la raccolta delle coltivazioni.

10          10.   Impianto fotovoltaico secondo la rivendicazione 9, caratterizzato dal fatto che nel punto di incontro delle due falde in corrispondenza del colmo della copertura è disposto un doppio binario (6) lungo il quale scorrono in modo indipendente due sistemi (7a, 7b) di erogazione di liquidi disposti rispettivamente sopra e sotto la copertura.

15          11.   Impianto fotovoltaico secondo una delle rivendicazioni da 8 a 10, caratterizzato dal fatto di comprendere inoltre un sistema di irrigazione sotterranea (8) collegato al sistema di raccolta dell'acqua piovana.



## CLAIMS

1. Photovoltaic module (1) consisting of a plurality of photovoltaic elements (2), characterized in that said photovoltaic elements (2) are cylindrical elements mounted parallel between end longerons (3) with a distance (D') between adjacent elements (2) that is substantially equal to their width (D), the photovoltaic elements (2) being divided into two halves (2a, 2b) along a longitudinal plane (2c) containing said longerons (3) and having a first half that is mobile with respect to the second half in a direction parallel to the longitudinal axis of the longerons (3).

2. Photovoltaic module (1) according to claim 1, characterized in that the mobile halves of the photovoltaic elements (2) are moved all together by a single actuator.

3. Photovoltaic module (1) according to claim 1 or 2, characterized in that the photovoltaic elements (2) have a circular cross-section.

4. Photovoltaic module (1) according to any of the preceding claims, characterized in that both the top half (2a) and the bottom half (2b) of the photovoltaic elements (2) have respective photovoltaic coatings (4a, 4b).

5. Photovoltaic module (1) according to claim 4, characterized in that the photovoltaic coating (4a) of the top half (2a) is optimized for capturing the direct solar radiation (RD) whereas the photovoltaic coating (4b) of the bottom half (2b) is optimized for capturing the reflected solar radiation (RR) and the infrared radiation.

6. Photovoltaic module (1) according to claim 4 or 5, characterized in that the bottom half (2b) is also provided on its top side with a photovoltaic coating (4c) that is preferably the same of the photovoltaic coating (4a) of the top half (2a).

7. Photovoltaic module (1) according to any of claims 4 to 6, characterized in that the photovoltaic coatings (4a, 4b, 4c) are of the thin-film type with an absorber made of a composite semiconductor material of copper-indium-gallium diselenide.

8. Photovoltaic plant characterized in that it includes a plurality of photovoltaic modules (1) according to any of the preceding claims mounted on a bearing structure, the bottom half (2b) of each photovoltaic element (2) being shaped to act as a gutter so as to convey rain water towards a collecting system integrated into said

bearing structure.

9. Photovoltaic plant according to claim 8, characterized in that the photovoltaic modules (1) are mounted on the bearing structure so as to form a gabled roof supported by posts (5), the height (H) of said bearing structure and the distance (L) between said posts (5) being such as to allow the passage of agricultural machinery for cultivation of the soil and harvesting of the crops.

10. Photovoltaic plant according to claim 9, characterized in that in the meeting point of the two pitches at the roof ridge there is arranged a double track (6) along which slide independently of each other two systems (7a, 7b) for dispensing liquids respectively arranged above and below the roof.

11. Photovoltaic plant according to any of claims 8 to 10, characterized in that it further includes a system for underground irrigation (8) connected to the system for collecting rain water.

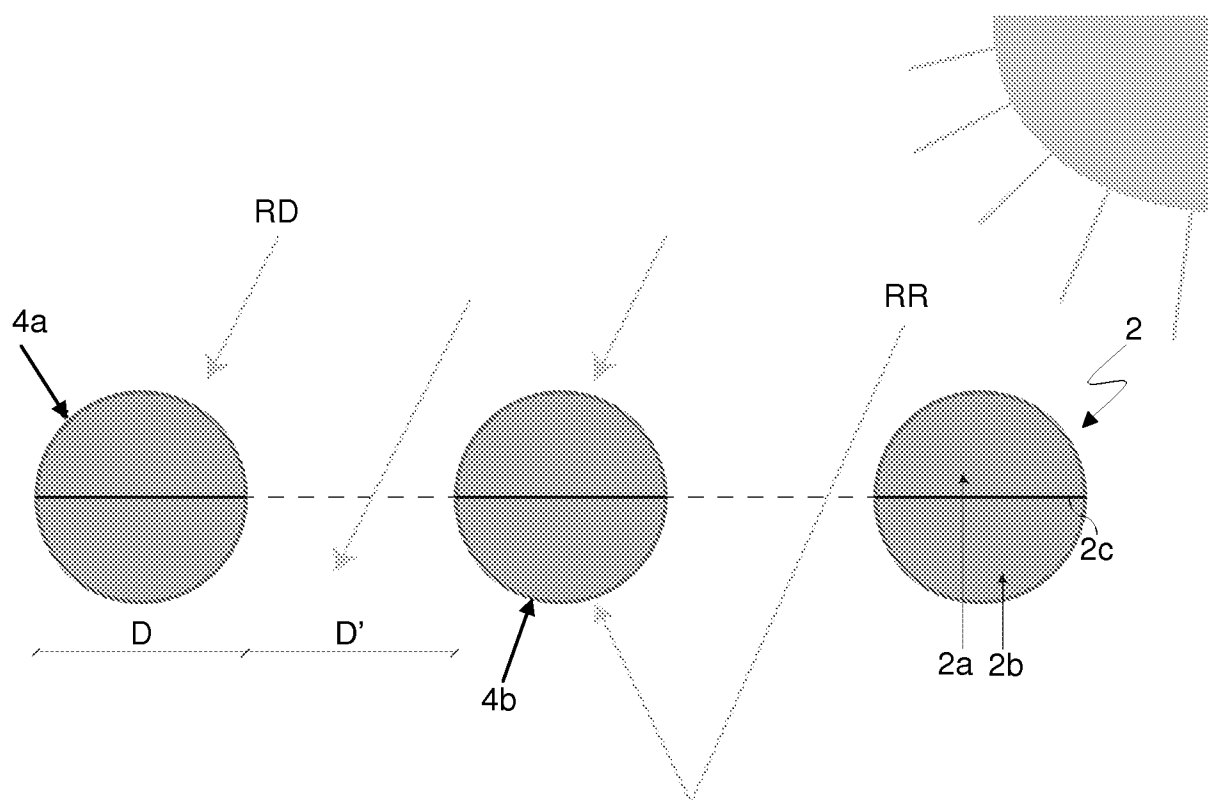


Fig.1

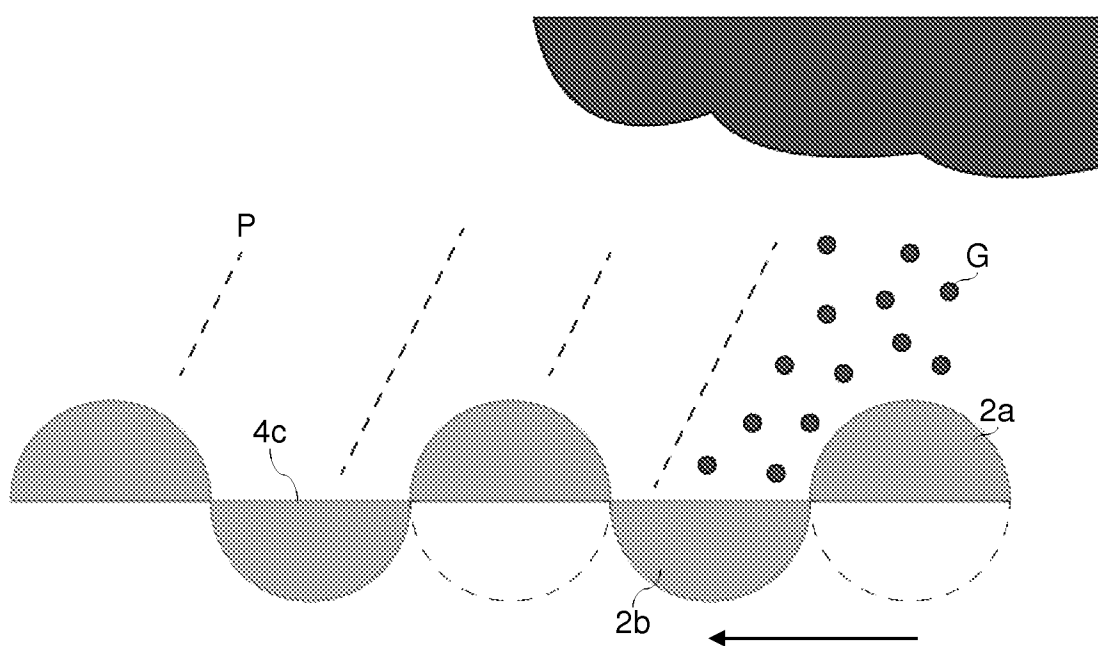


Fig.2

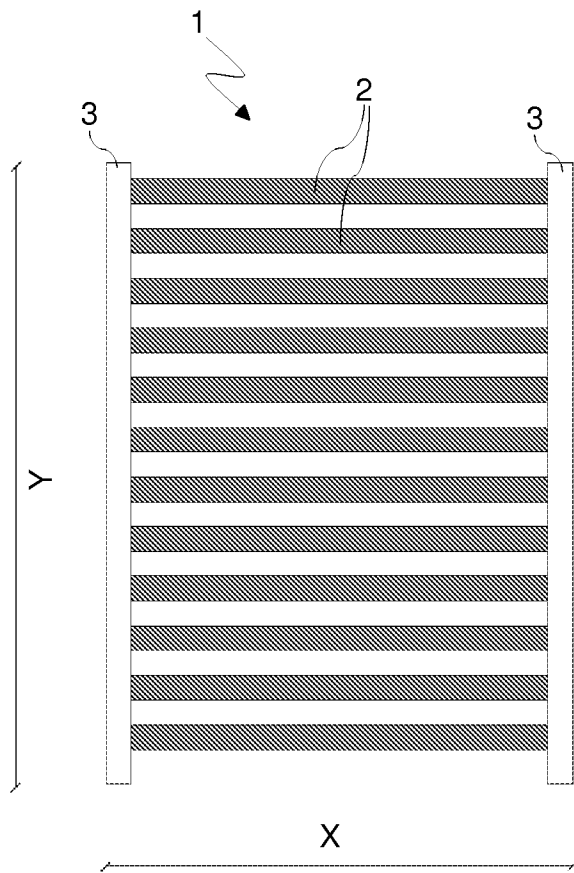


Fig.3a

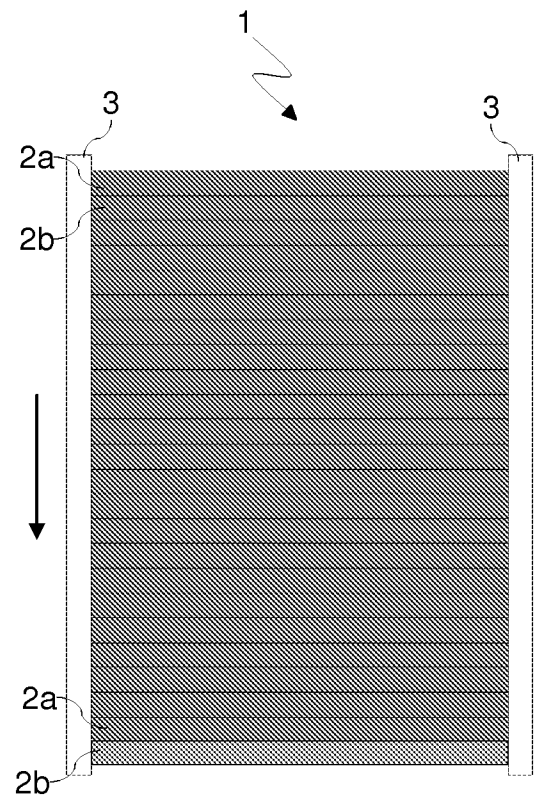


Fig.3b

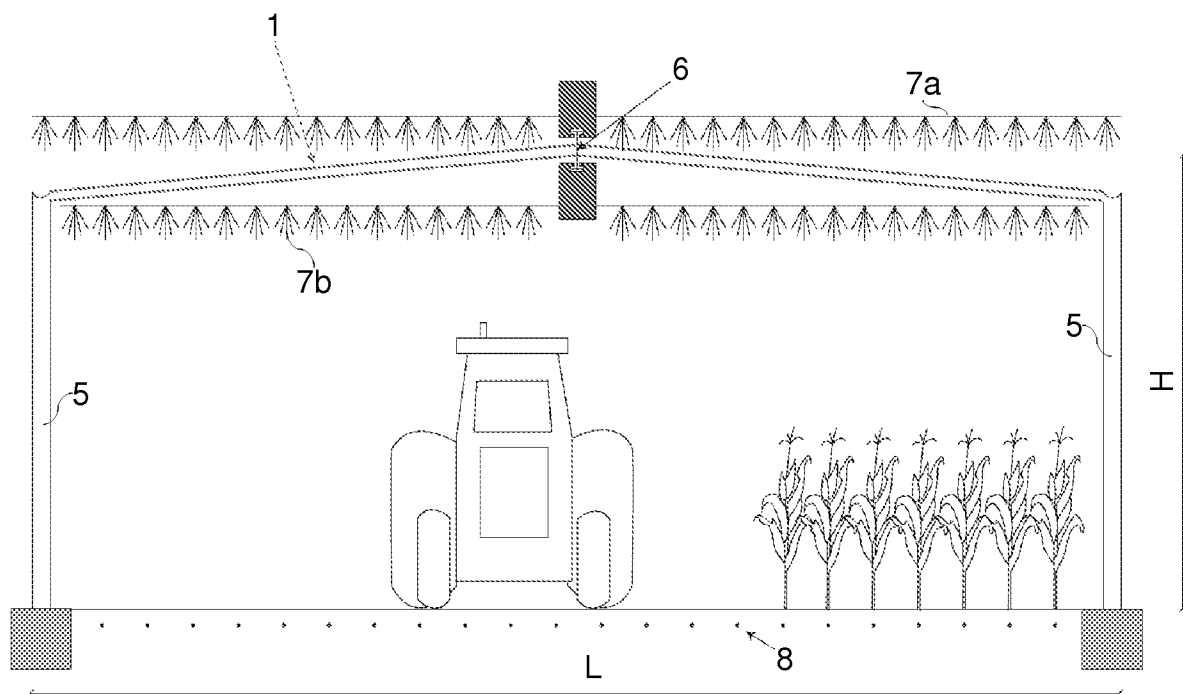


Fig.4