



Publication Year	2021
Acceptance in OA	2025-03-31T09:59:41Z
Title	DISPOSITIVO E METODO DI DISINFEZIONE DI UN VOLUME DI LAVORO IN UN AMBIENTE ARTIFICIALE SPAZIALE TRAMITE RADIAZIONI UV SOLARI
Authors	LOMBINI, Matteo, BIANCO, Andrea, CORTECCHIA, Fausto, PARESCI, Giovanni, MALAGUTI, Giuseppe, LESSIO, Luigi, pelizzo, maria guglielmina, ATTINA', Primo, MACCHI, Alberto
Handle	http://hdl.handle.net/20.500.12386/36982

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102021000014657
Data Deposito	04/06/2021
Data Pubblicazione	04/12/2022

Classifiche IPC

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
A	61	L	2	10

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
A	61	L	9	20

Titolo

DISPOSITIVO E METODO DI DISINFEZIONE DI UN VOLUME DI LAVORO IN UN AMBIENTE ARTIFICIALE SPAZIALE TRAMITE RADIAZIONI UV SOLARI

DESCRIZIONE

del brevetto per invenzione industriale dal titolo:

"DISPOSITIVO E METODO DI DISINFEZIONE DI UN VOLUME DI LAVORO
IN UN AMBIENTE ARTIFICIALE SPAZIALE TRAMITE RADIAZIONI UV
SOLARI"

di 1) 85% ISTITUTO NAZIONALE DI ASTROFISICA

di nazionalità italiana

con sede: VIALE DEL PARCO MELLINI 84, 00136 ROMA (RM)

di 2) 15% CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

di nazionalità italiana

con sede: PIAZZALE ALDO MORO 7, 00185 ROMA (RM)

Inventori: ATTINA Primo, BIANCO Andrea, CORTECCHIA Fausto,
DIOLAITI Emiliano, LESSIO Luigi, LOMBINI Matteo, MACCHI
Alberto, MALAGUTI Giuseppe, PARESCHI Giovanni, PELIZZO Maria
Guglielmina

Campo della tecnica

La presente invenzione è relativa a un dispositivo e
metodo di disinfezione di un volume di lavoro in un ambiente
artificiale spaziale tramite radiazioni UV solari.

Stato della tecnica

Come è noto, il Sole emette radiazione in tutte le bande
dello spettro elettromagnetico, con intensità diversa in
funzione della lunghezza d'onda. In particolare, l'intensità
è maggiore nella regione intermedia dello spettro

elettromagnetico, che comprende radiazioni ultraviolette (UV), visibili (Vis) e infrarosse (IR), rispettivamente in ordine crescente di lunghezza d'onda (e quindi in ordine decrescente di frequenza).

La radiazione UV, anche nota come raggi UV, comprende l'intervallo di lunghezze d'onda da 200 nm a 400 nm. Convenzionalmente, quando si analizzano gli effetti sulla salute umana, si considerano tre intervalli di raggi UV:

- UVA (cosiddette onde lunghe UV), da 400 nm a 315 nm, utili per la stimolazione di produzione di vitamina D nell'organismo umano, e debolmente assorbiti da DNA e RNA a causa della loro frequenza relativamente bassa;
- UVB (cosiddette onde medie UV), da 315 nm a 280 nm; e
- UVC (cosiddette onde corte UV), da 200 nm a 250 nm, la cui elevata frequenza è in grado di modificare il DNA o l'RNA dei microrganismi, consentendo un'azione germicida.

Lo spettro visibile comprende l'intervallo di lunghezze d'onda da 400 nm (colore rosso) a 700 nm (colore violetto) circa, includendo tutti i colori percepibili dall'occhio umano. Pertanto, la radiazione in questo intervallo dello spettro elettromagnetico è chiamata luce.

La radiazione IR, anche nota come raggi IR, comprende l'intervallo di lunghezze d'onda da 700 nm a 1 mm. Sono presenti diverse convenzioni per classificare i raggi IR. In

alcune di esse, l'intervallo della radiazione IR confinante con lo spettro visibile è chiamato NIR ("near-infrared", infrarosso vicino), ed è seguito (a partire da 3500 nm circa) dal MIR ("mid-infrared", infrarosso medio) o infrarosso termico.

Nell'attraversare l'atmosfera terrestre, la radiazione solare subisce fenomeni di riflessione, rifrazione, assorbimento e diffusione, a opera dei vari gas atmosferici e in misura variabile in funzione della lunghezza d'onda. Pertanto, lo spettro solare misurato sulla superficie terrestre è diverso da quello rilevato alle soglie esterne dell'atmosfera terrestre.

In particolare, l'atmosfera terrestre assorbe la quasi totalità di UVC e un'elevata percentuale di UVB, quindi la maggior parte di raggi UV che raggiungono la superficie terrestre sono UVA. Pertanto, per applicazioni terrestri, la radiazione UVC è disponibile solamente da sorgenti artificiali. Allo scopo, sono note lampade germicide utilizzate per produrre radiazione UVC atta a uccidere e/o inattivare i microrganismi (inclusi funghi e muffe).

L'adozione di tecniche di disinfezione presenta problemi ancora maggiori negli ambienti artificiali spaziali, ad esempio stazioni spaziali, navicelle spaziali, e basi lunari e planetarie.

Scopo della presente invenzione è realizzare un dispositivo di disinfezione utilizzabile in un ambiente artificiale spaziale.

Esposizione dell'invenzione

Il suddetto scopo è raggiunto da un dispositivo di disinfezione secondo la rivendicazione 1.

La presente invenzione è inoltre relativa a un metodo di disinfezione secondo la rivendicazione 15.

Breve descrizione dei disegni

Per una migliore comprensione della presente invenzione, viene descritta nel seguito una forma preferita di attuazione, a titolo di esempio non limitativo e con riferimento ai disegni allegati, nei quali:

- la figura 1 è una vista prospettica schematica di un ambiente artificiale spaziale comprendente un dispositivo secondo la presente invenzione;
- la figura 2 è una vista frontale schematica di un dettaglio di figura 1;
- le figure 3a, 3b sono viste in sezione assiale di un componente del dispositivo di figura 1;
- la figura 4 è una vista prospettica di una variante del componente di figura 3;
- le figure 5, 6 sono viste in sezione di ulteriori varianti del componente di figura 3;

- le figure 7a, 7b, 8 sono viste in sezione assiale di componenti del dispositivo di figura 1, secondo diverse varianti;
- le figure 9a, 9b, 10 sono viste frontali schematiche di varianti del dispositivo di figura 1;
- la figura 11 è una vista in sezione di un componente del dispositivo di figura 10; e
- la figura 12 è uno schema a blocchi del controllo del dispositivo di figura 1.

Descrizione dettagliata dell'invenzione

Con riferimento alla figura 1, è indicato con 1 un dispositivo di disinfezione secondo la presente invenzione. Il dispositivo 1 è disposto esternamente a un ambiente artificiale spaziale 2. L'ambiente artificiale spaziale 2 può essere ad esempio una stazione spaziale, una navicella spaziale, una base lunare, o una base planetaria (ad esempio su Marte). A titolo d'esempio, la figura 1 illustra uno schema di principio di una base lunare 2 comprendente un ambiente principale 3, almeno parzialmente protetto da regolite compressa, dal quale si estendono verso l'alto una o più cupole 4 emergenti dalla copertura per consentire l'osservazione e l'illuminazione naturale. La cupola 4 alloggia una porzione di un impianto di condizionamento comprendente un serbatoio definente un volume di lavoro 5, un primo condotto in ingresso al serbatoio per l'adduzione

di fluido da sterilizzare, ad esempio aria proveniente da stadi precedenti di un impianto di rigenerazione, e un secondo condotto in uscita dal serbatoio per la reimmissione del fluido sterilizzato, ad esempio aria reimpressa nell'ambiente principale 3 o nell'impianto di rigenerazione. Il dispositivo 1 è affacciato al serbatoio attraverso una finestra trasparente a radiazioni di lunghezza d'onda prefissata, come meglio descritto nel seguito.

Si precisa che il termine "volume di lavoro" viene qui utilizzato nella sua accezione più ampia e può comprendere qualsiasi volume chiuso o aperto, quale ad esempio un condotto, un serbatoio, una camera abitabile.

Il dispositivo 1 comprende un concentratore 6 di radiazione solare associato al volume di lavoro 5, e un filtro 7 accoppiato al concentratore 6.

Eventualmente, il dispositivo 1 può comprendere un mezzo ottico di trasporto 8 della radiazione dal concentratore 6 all'almeno un volume di lavoro 5 e/o un sistema di movimentazione 9 del concentratore 6.

Il concentratore 6 può essere statico o dinamico.

I concentratori 6 statici sono progettati per ricevere la radiazione solare senza richiedere alcuna movimentazione.

I concentratori 6 dinamici sono utilizzati qualora la direzione di incidenza della radiazione solare abbia un campo di variabilità maggiore dell'angolo di accettazione del

concentratore 6, per cui necessitano del sistema di movimentazione 9 del concentratore 6 per poter raccogliere la radiazione solare in maniera efficace, come descritto in seguito. Velocità e accuratezza del sistema di movimentazione 9 dipendono soprattutto dal luogo in cui il concentratore 6 è posizionato. Ad esempio, ai poli della Luna, il Sole è sempre visibile e la direzione di arrivo della radiazione solare varia con il periodo di rivoluzione della Luna attorno alla Terra (circa 27 giorni), mentre su una navicella spaziale in viaggio (ad esempio verso Marte) o su una stazione spaziale orbitante la variazione della posizione del Sole rispetto al concentratore 6 potrebbe variare in maniera differente.

La scelta del concentratore 6 dipende dal tipo di applicazione.

In una prima forma di attuazione (figure 3a, 3b), il concentratore 6 è un sistema a specchi, ad esempio in configurazione ottica Ritchey-Chrétien, comprendente un involucro cilindrico 11 di asse A, uno specchio primario 12 e uno specchio secondario 13, ad esempio iperbolici, disposti all'interno dell'involucro cilindrico 11. Lo specchio primario 12, di asse A, riflette i raggi solari (considerabili paralleli tra loro) concentrandoli verso lo specchio secondario 13, coassiale allo specchio primario 12 e affacciato a esso, che li riflette concentrandoli in un

piano focale 14, ortogonale all'asse A e passante per un punto 15 dell'asse A detto fuoco del telescopio. Il piano focale 14 può essere direttamente all'interno (figure 3a, 3b) del volume di lavoro 5, oppure la radiazione solare può essere trasportata dal piano focale 14 al volume di lavoro 5 (figure 9a, 9b, 10) tramite il mezzo ottico di trasporto 8, descritto in seguito. Per un uso ottimale di questo concentratore 6, l'asse A deve essere orientato parallelamente ai raggi solari. Pertanto, questo concentratore 6 è preferibilmente dinamico, potendo così essere movimentato in modo da assumere diversi orientamenti per inseguire la posizione apparente del Sole (figura 3b).

In una seconda forma di attuazione (figura 4), il concentratore 6, di tipo parabolico, comprende almeno uno specchio 21 avente la forma di cilindro parabolico, eventualmente troncato in corrispondenza di un proprio piano focale 22, che riflette e concentra i raggi solari sul piano focale 22. Questo concentratore 6 può avere un angolo di accettazione di alcune decine di gradi, e può quindi essere statico.

In una terza forma di attuazione (figura 5), il concentratore 6, di tipo "lobster eye" (occhio di aragosta), comprende una serie di specchi 31 piani, estendentisi lungo raggi di una semicorona sferica 32, che riflettono i raggi solari, indipendentemente dalla loro direzione, verso un

rilevatore 33 semisferico. In particolare, raggi incidenti paralleli tra loro vengono riflessi in uno stesso punto del rilevatore 33. Questo concentratore 6 permette di concentrare i raggi solari provenienti da qualsiasi direzione di un emisfero, e può quindi essere statico.

Secondo un'altra forma di realizzazione (figura 6), in luogo di un concentratore 6 a riflessione come quelli descritti in precedenza, può essere utilizzato un concentratore 6 a trasmissione, ad esempio comprendente una lente di Fresnel 35.

Il filtro 7 consente la selezione di bande spettrali desiderate e la reiezione di componenti spettrali indesiderate, ad esempio poiché dannose.

La scelta della banda spettrale desiderata dipende dal tipo di applicazione.

Per esempio, la radiazione UVC, naturalmente presente in ambiente extraterrestre, può essere utilizzata per sterilizzare l'ambiente artificiale spaziale 2, in quanto la sua azione germicida consente la sanificazione di aria, acqua o superfici.

La radiazione UVB, a causa della sua lunghezza d'onda maggiore rispetto alla radiazione UVC, è meno efficiente come germicida, non essendo quindi utilizzata allo scopo sulla Terra. Tuttavia, la radiazione UVB potrebbe essere utilizzata come germicida in ambiente extraterrestre, poiché

l'emissione integrata (potenza emessa per unità di superficie) della radiazione solare nello spazio è molto maggiore rispetto a quella sulla superficie terrestre, a causa dell'azione filtrante dell'atmosfera terrestre.

La radiazione UVA potrebbe essere utilizzata per le colture idroponiche e/o per stimolare la produzione di vitamina D nell'organismo umano.

Lo spettro visibile potrebbe essere utilizzato per l'illuminazione dell'ambiente, ad esempio l'ambiente principale 3.

In base al filtro 7, è possibile selezionare una banda spettrale ristretta, ad esempio comprendente la sola radiazione UVC o le radiazioni UVC e UVB per la loro azione germicida, oppure una banda spettrale più ampia, ad esempio comprendente l'intera radiazione UV e lo spettro visibile, da cui le varie componenti possono essere separate successivamente per le diverse applicazioni (disinfezione, coltura idroponica, illuminazione), ad esempio tramite filtri dicroici.

In generale, è auspicabile effettuare la selezione delle componenti spettrali dannose della radiazione solare.

Ad esempio, nella banda raggi UV con lunghezze d'onda minori degli UVC, in particolare a 185 nm, si ha la formazione di ozono, che è tossico; pertanto è opportuno tagliare la banda spettrale minore di 220 nm.

Considerando invece lunghezze d'onda maggiori del NIR, un'altra banda spettrale potenzialmente dannosa è il MIR o infrarosso termico, poiché potrebbe provocare surriscaldamento e degradazione di materiali o anche incendi, quando l'irraggiamento per unità di superficie supera determinati valori.

Nel seguito, si descrive il filtro 7 accoppiato al concentratore 6 descritto precedentemente nella prima forma di attuazione.

Il filtro 7 consente un filtraggio in trasmissione e/o riflessione.

Nel filtraggio in trasmissione (figure 7a, 7b), il filtro 7 è un filtro interferenziale passabanda disposto coassialmente al concentratore 6 e a monte di esso, cioè da parte opposta al piano focale 14. In base al filtro 7, è possibile selezionare la banda desiderata, ad esempio UVC, ed eliminare le altre bande. Per aumentare la reiezione nella banda NIR, si può aggiungere al filtro 7 un substrato 41, preferibilmente realizzato in vetro con UG uguale a 5. Per abbattere la banda MIR, si può utilizzare una finestra 42 in quarzo, parallela al filtro 7 che è interposto tra essa e il concentratore 6. In particolare, il filtro 7 può essere distanziato dalla finestra 42 (figura 7a), oppure depositato direttamente su di essa (figura 7b).

Nel filtraggio in riflessione (figura 8), il filtro 7 è un sistema a filtri in riflessione multipla, estendentesi sostanzialmente lungo l'asse A, a valle del concentratore 6. Analogamente al filtraggio in trasmissione, per abbattere la banda MIR, si può utilizzare una finestra 42 in quarzo, estendentesi ortogonalmente all'asse A.

In una variante (non illustrata), il filtraggio in riflessione può essere realizzato depositando rispettivi filtri in riflessione sullo specchio primario 12 e sullo specchio secondario 13 del concentratore 6.

Nel filtraggio in trasmissione e riflessione, il filtro 7 comprende un substrato di materiale passa alto in trasmissione, disposto a monte del concentratore 6, e un filtro interferenziale passa basso in riflessione, disposto a valle del concentratore 6. Pertanto, si realizza un filtro 7 passabanda tramite un sistema misto. Analogamente ai casi precedenti, per abbattere la banda MIR, si può utilizzare una finestra 42 in quarzo, parallela al filtro in trasmissione che è interposto tra essa e il concentratore 6.

Si riportano nel seguito i risultati di simulazioni eseguite con riferimento ad un sistema a specchi di tipo Ritchey-Chrétien come illustrato nelle figure 3a, 3b, in cui lo specchio primario ha un diametro di 0.50 m con un'ostruzione centrale pari ad un terzo del diametro, il condotto di ingresso dell'aria presenta un diametro di 0.14

m, la velocità di ingresso dell'aria è pari a 6.5 m/s e il volume di lavoro è costituito da un condotto di diametro 0.266 m e lunghezza pari a 1 m. Si suppone un flusso integrato di radiazione UVC nella banda 220–280 nm pari a 0.6 mW/cm² e un'efficienza complessiva del sistema a specchi e filtri pari a 0.6, da cui deriva un flusso UVC pari a 0.6 W circa.

Supponendo che le pareti del volume di lavoro abbiano riflettanza pari a 0.95 e scattering lambertiano, si ottiene una dose di radiazioni UVC su ciascun elemento di aria che attraversa il volume di lavoro pari a 15 mJ/cm².

Utilizzando un sistema a specchi con specchio primario con diametro doppio si otterrebbero un flusso e una dose quadrupli (rispettivamente pari a circa 2.5 W e 60 mJ/cm²).

Per raffronto, l'inattivazione media al 90% di virus e batteri avviene con 0.6 mJ/cm², delle spore di batteri con 9 mJ/cm², dei funghi con 2.3 mJ/cm², delle spore dei funghi con 31 mJ/cm² (fonte: Ultraviolet Germicidal Irradiation Handbook, W. Kowalsky, Springer 2009, tabella 4.1).

Non viene qui considerata la radiazione UV con lunghezza d'onda maggiore di 280 nm, che contribuisce comunque, sebbene con un effetto minore, all'azione germicida.

Se presente, il mezzo ottico di trasporto 8 (figure 9a, 9b, 10) della radiazione consente di collegare il

concentratore 6 all'almeno un volume di lavoro 5, nel caso in cui siano distanti tra loro.

In figura 9a il concentratore 6 è del tipo a riflessione, in particolare un telescopio, nelle figure 9b e 10 è del tipo a trasmissione, in particolare a lente di Fresnel 35.

Il mezzo ottico di trasporto 8 può comprendere fibre ottiche (figure 9a, 9b), preferibilmente con basso assorbimento nelle bande spettrali di interesse, o condotti riflettenti 51 (figura 10). In particolare, i condotti riflettenti 51 (figura 11), preferibilmente cilindrici, comprendono pareti interne 52 rivestite di materiale riflettente che consentono alla radiazione di propagarsi per riflessioni successive. Poiché le caratteristiche del materiale riflettente delle pareti interne 52 influiscono sull'efficienza di riflessione dei condotti riflettenti 51, è possibile scegliere un rivestimento ottimizzato per la riflessione della radiazione nelle bande spettrali di interesse, per trasportare la radiazione a distanze relativamente elevate con perdite ridotte.

Se presente, il sistema di movimentazione 9 (figura 12) consente di ottenere un concentratore 6 dinamico, che può assumere una pluralità di configurazioni diverse per raccogliere la radiazione solare in maniera efficace.

Nel seguito, si descrive il sistema di movimentazione 9 del concentratore 6 a lente di Fresnel 35.

Il sistema di movimentazione 9 permette di inseguire il Sole per avere la radiazione solare sempre centrata sul piano focale 14 del concentratore 6.

Il sistema di movimentazione 9 può essere realizzato in modi diversi.

Ad esempio, il sistema di movimentazione 9 può consentire una movimentazione in azimut e una movimentazione in altezza, comandate da rispettivi motori 61, 62 tramite un controllo ad anello chiuso realizzato da un microprocessore 63, da un sensore 64 a quattro quadranti con centro sull'asse A e da un'elettronica che misura, istante per istante, la differenza di segnale esistente tra i quadranti del sensore 64. Pertanto, il controllo tende ad allineare l'asse A con la direzione di massima radiazione.

Da un esame delle caratteristiche del dispositivo 1, sono evidenti i vantaggi della presente invenzione.

In particolare, è possibile sfruttare le bande spettrali utili per la sterilizzazione, in particolare la banda UVC che non è disponibile sulla Terra.

Eventualmente, è possibile sfruttare bande spettrali diverse per scopi diversi.

Se presente, il mezzo ottico di trasporto 8 della radiazione consente maggiore flessibilità nel posizionamento del concentratore 6 e/o dell'almeno un volume di lavoro 5.

Risulta infine chiaro che al dispositivo 1 possono essere apportate modifiche e varianti senza uscire dall'ambito di tutela definito dalle rivendicazioni.

RIVENDICAZIONI

1. Dispositivo di disinfezione di almeno un volume di lavoro (5) in un ambiente artificiale spaziale (2), comprendente un concentratore (6) di radiazione solare associato all'almeno un volume di lavoro (5), e mezzi di filtraggio (7) per selezionare almeno una banda spettrale della radiazione solare comprendente radiazioni UVC accoppiati al concentratore (6).

2. Dispositivo secondo la rivendicazione 1, comprendente mezzi ottici di trasporto (8) della radiazione solare filtrata per collegare il concentratore (6) all'almeno un volume di lavoro (5).

3. Dispositivo secondo la rivendicazione 2, in cui i mezzi ottici di trasporto (8) comprendono fibre ottiche.

4. Dispositivo secondo la rivendicazione 2, in cui i mezzi ottici di trasporto (8) comprendono condotti riflettenti (51).

5. Dispositivo secondo una delle rivendicazioni precedenti, comprendente mezzi di movimentazione (9) del concentratore (6) per mantenere una direzione di incidenza della radiazione solare entro un angolo di accettazione del concentratore (6).

6. Dispositivo secondo una delle rivendicazioni precedenti, in cui il concentratore (6) è un sistema a specchi.

7. Dispositivo secondo la rivendicazione 6, in cui il sistema a specchi (6) è in configurazione ottica Ritchey-Chrétien.

8. Dispositivo secondo una delle rivendicazioni da 1 a 5, in cui il concentratore (6) è scelto nel gruppo comprendente un concentratore di tipo parabolico, un concentratore di tipo "lobster eye" (occhio di aragosta), e un concentratore comprendente una lente di Fresnel (35).

9. Dispositivo secondo una delle rivendicazioni precedenti, in cui la banda spettrale della radiazione solare comprende radiazioni UVB.

10. Dispositivo secondo una delle rivendicazioni precedenti, in cui i mezzi di filtraggio (7) comprendono un filtro a trasmissione.

11. Dispositivo secondo una delle rivendicazioni precedenti, in cui i mezzi di filtraggio (7) comprendono un filtro a riflessione.

12. Dispositivo secondo una delle rivendicazioni precedenti, in cui i mezzi di filtraggio (7) comprendono un filtro (42) per la reiezione di una banda infrarossa.

13. Dispositivo secondo la rivendicazione 12, in cui il filtro (42) comprende una finestra in quarzo.

14. Ambiente artificiale spaziale comprendente almeno un volume di lavoro (5) e un dispositivo (1) secondo una delle rivendicazioni precedenti.

15. Metodo di disinfezione di almeno un volume di lavoro (5) in un ambiente artificiale spaziale (2), comprendente le fasi di concentrare la radiazione solare verso l'almeno un volume di lavoro (5) e filtrare la radiazione solare per selezionare almeno una banda spettrale della radiazione solare comprendente radiazioni UVC.

16. Metodo secondo la rivendicazione 15, comprendente la fase di trasportare la radiazione solare filtrata verso l'almeno un volume di lavoro (5).

17. Metodo secondo la rivendicazione 15 o 16, in cui la banda spettrale della radiazione solare comprende radiazioni UVB.

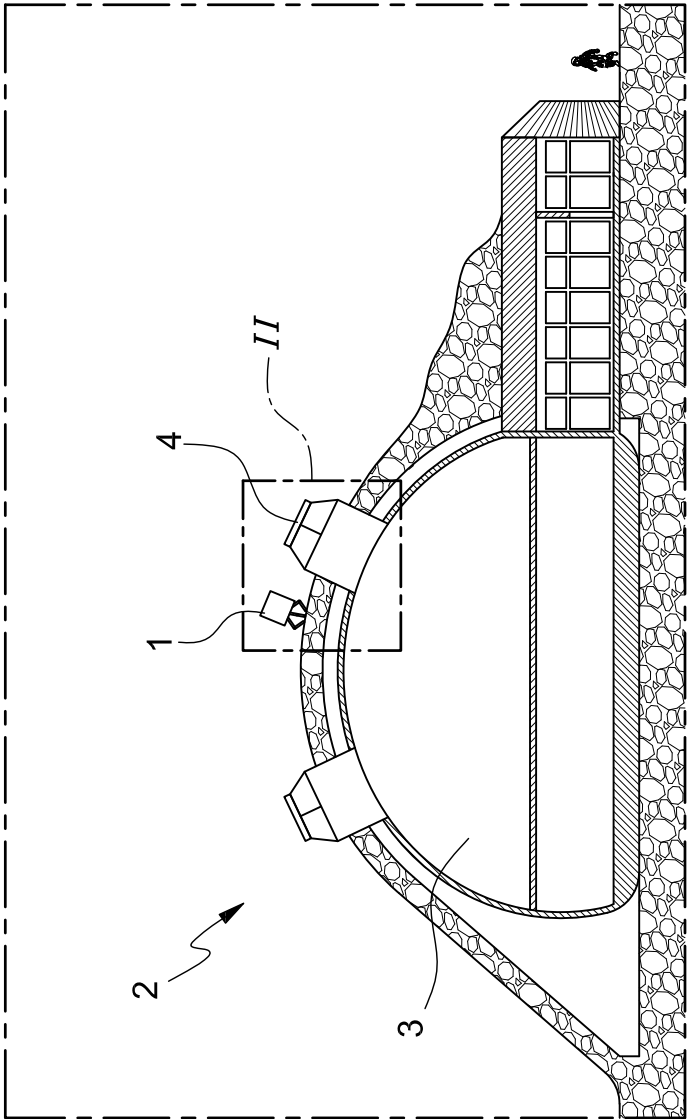


FIG. 1

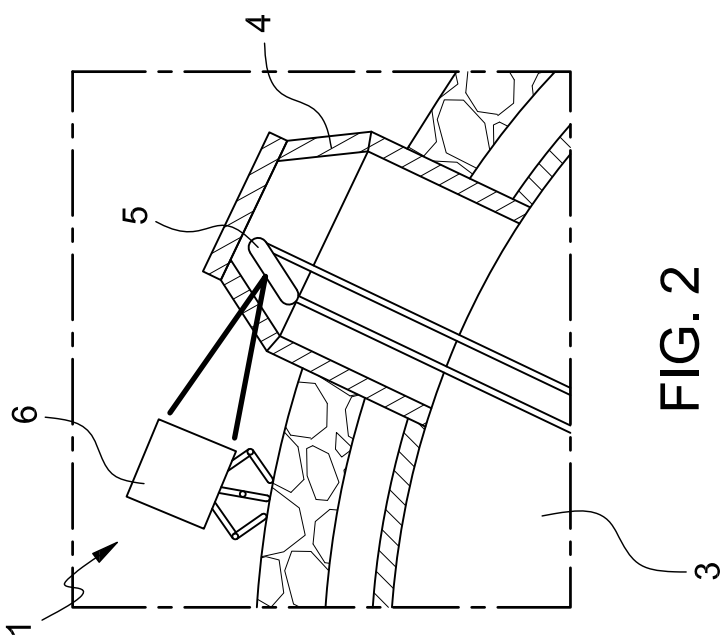


FIG. 2

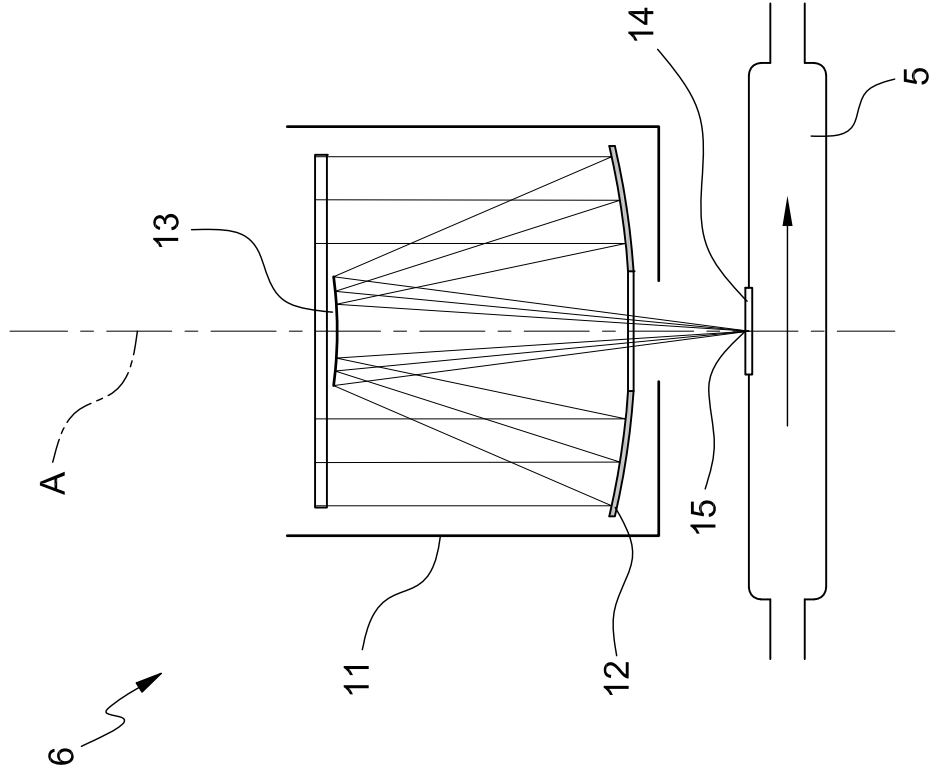


FIG. 3a

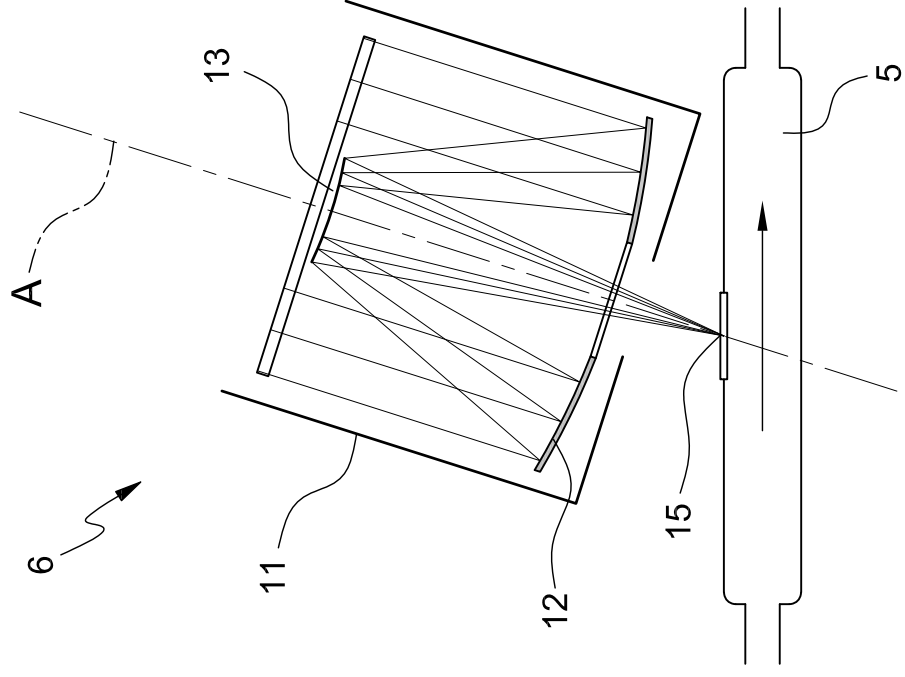


FIG. 3b

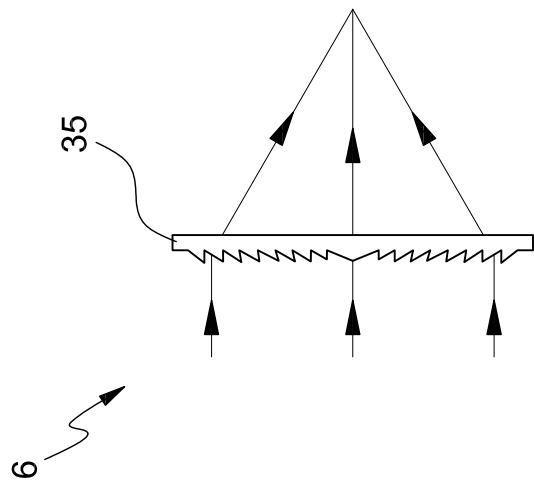


FIG. 6

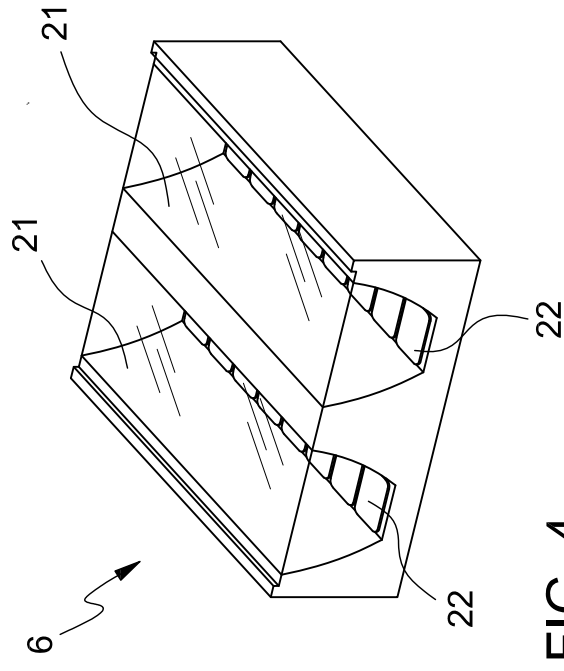


FIG. 4

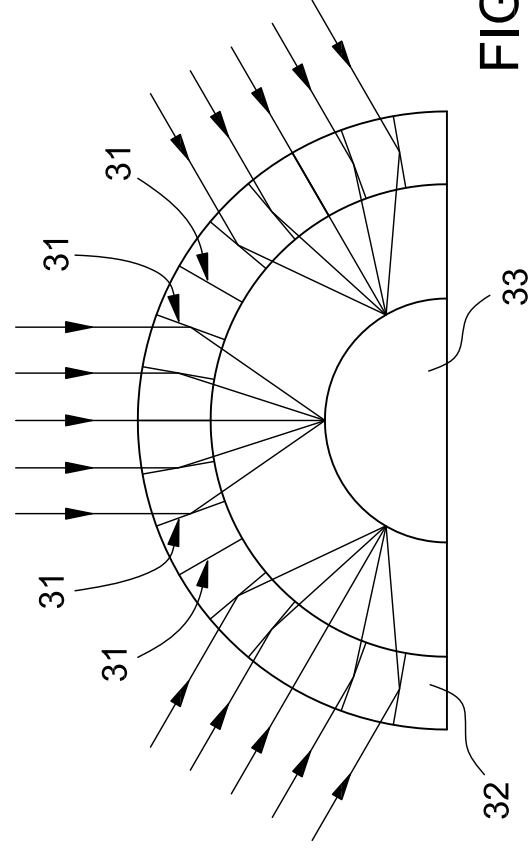


FIG. 5

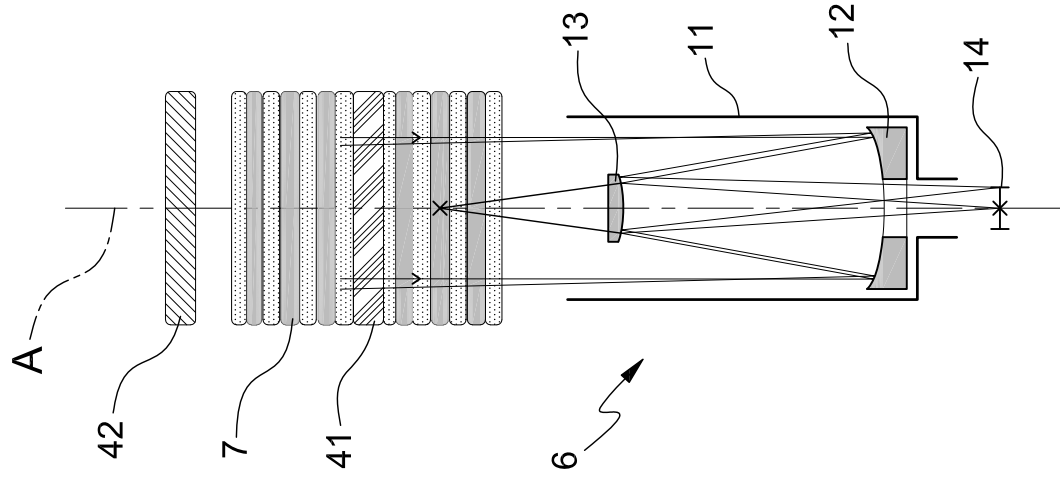


FIG. 7a

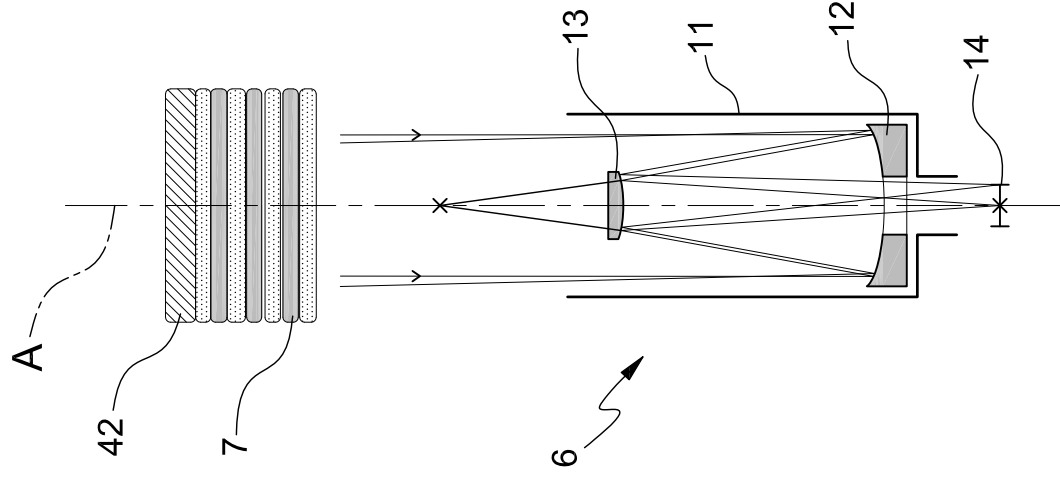


FIG. 7b

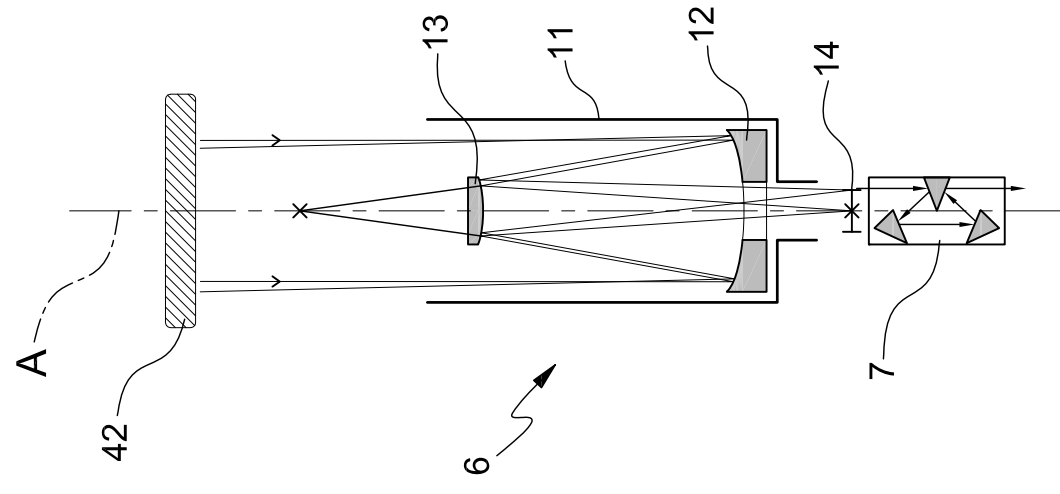
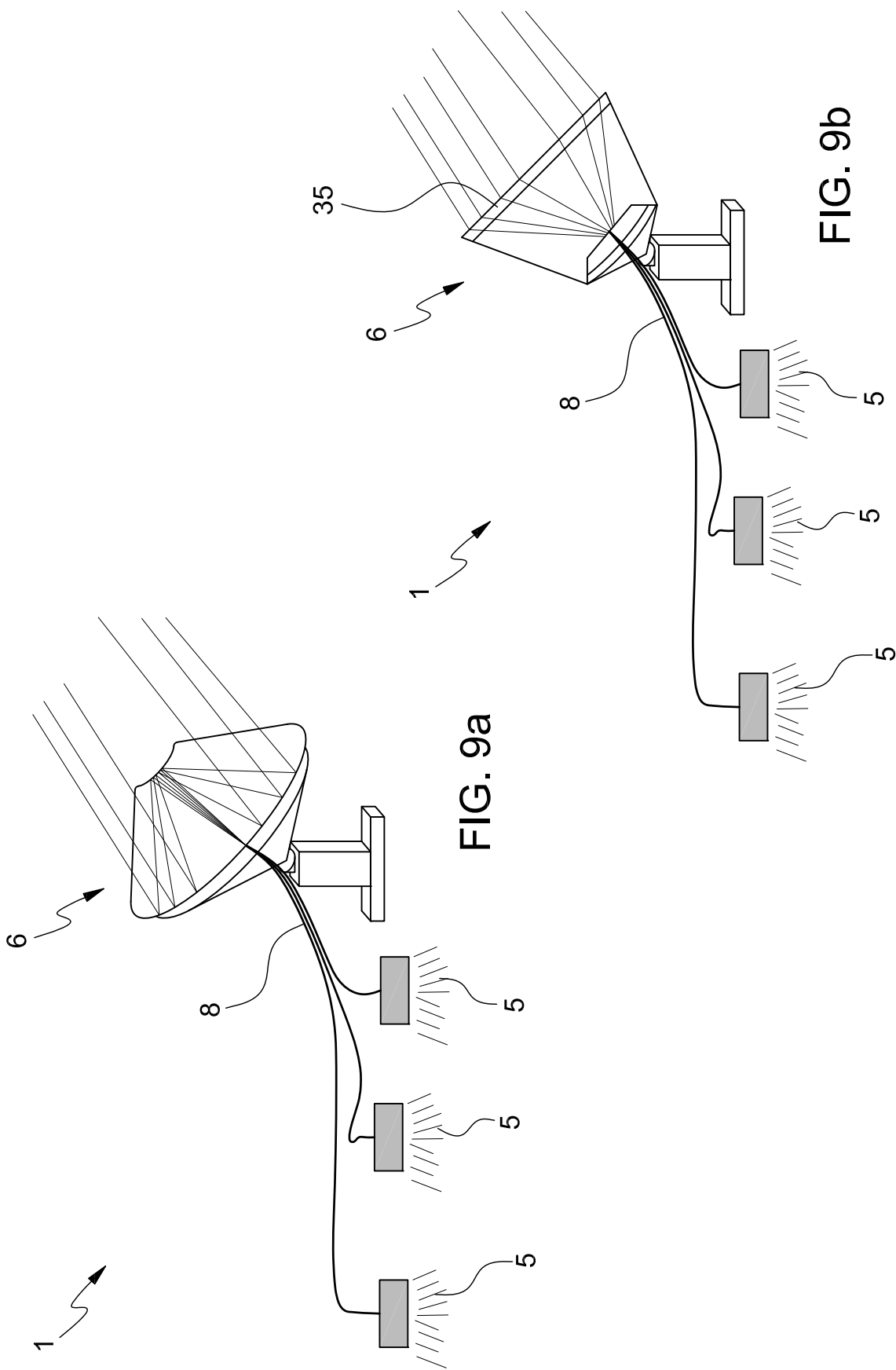


FIG. 8



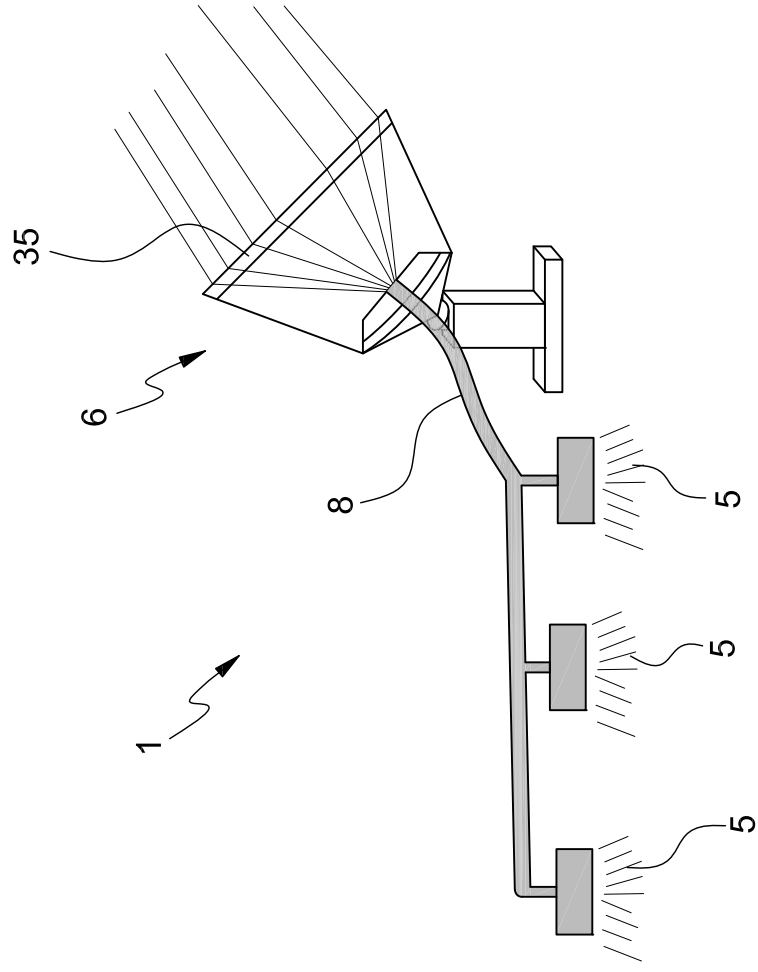


FIG. 10

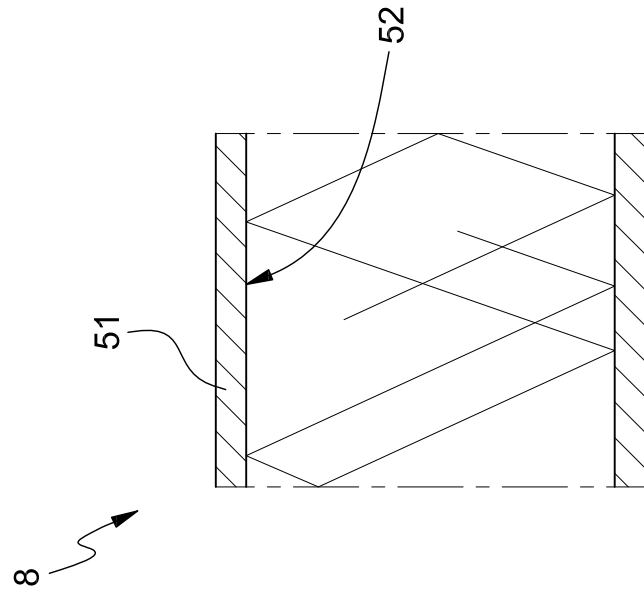


FIG. 11

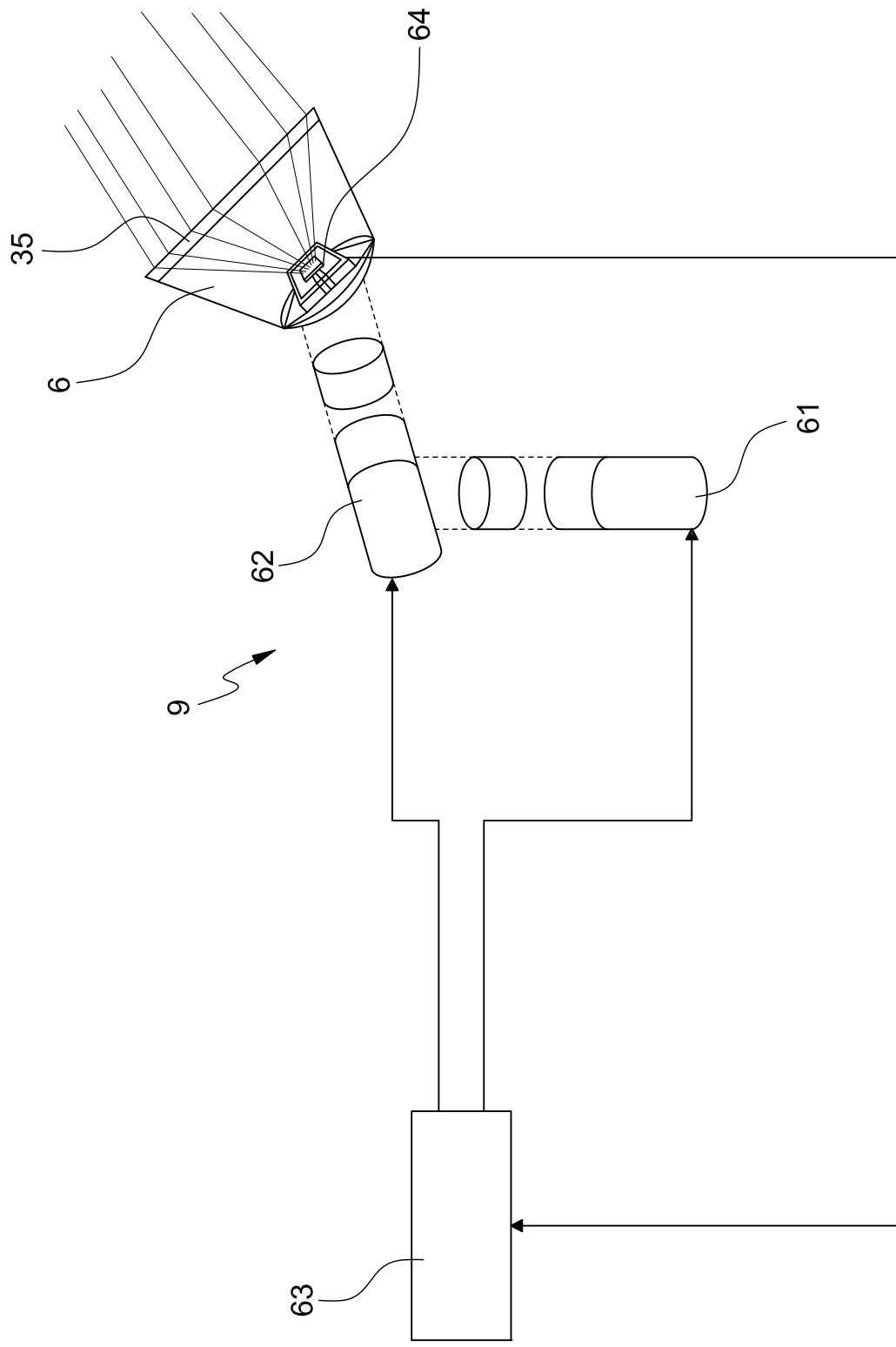


FIG. 12