

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102021000026417
Data Deposito	14/10/2021
Data Pubblicazione	14/04/2023

Classifiche IPC

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	01	N	23	20008

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	01	N	23	223

Titolo

DISPOSITIVO E SISTEMA DI RIVELAZIONE DI RADIAZIONI EMESSE DA UN CAMPIONE IRRAGGIATO CON UN FASCIO DI ECCITAZIONE

DISPOSITIVO E SISTEMA DI RIVELAZIONE DI RADIAZIONI EMESSE DA UN CAMPIONE IRRAGGIATO CON UN FASCIO DI ECCITAZIONE

DESCRIZIONE

CAMPO TECNICO

5 La presente invenzione si riferisce, in generale, al campo tecnico dei sistemi di rivelazione di radiazioni emesse da un campione irraggiato con un fascio di eccitazione. Più in particolare, la presente invenzione riguarda un dispositivo ed un sistema di rivelazione di radiazioni ad elevata efficienza, ossia configurati in modo da massimizzare la raccolta delle radiazioni emesse da un
10 campione irraggiato con un fascio di eccitazione.

 Il dispositivo di rivelazione di radiazioni secondo l'invenzione trova particolare applicazione in sistemi di rivelazione di raggi X utilizzati per esperimenti con luce di sincrotrone, ma anche in sistemi di rivelazione basati sull'analisi della fluorescenza X, ad esempio uno spettrometro di fluorescenza a
15 raggi X (*XRF – X-Ray Fluorescence*) che utilizza sorgenti convenzionali quali tubi a raggi X oppure un microscopio elettronico a scansione (*SEM – Scanning Electron Microscope*) che utilizza fasci di elettroni per l'irraggiamento del campione.

STATO DELL'ARTE

 Con particolare riferimento ai raggi X, le tecniche di misura di raggi X
20 emessi da un campione irraggiato da una radiazione generata da una sorgente eccitante, quale ad esempio la spettroscopia di fluorescenza a raggi X, sono diventate negli anni essenziali nelle scienze della vita e dell'ambiente, nelle applicazioni mediche, archeologiche e culturali, nella chimica forense, nelle applicazioni industriali e nelle analisi non distruttive di materiali.

25 Tali tecniche sfruttano la luce di sincrotrone per eccitare la fluorescenza nel campione irraggiato e, analizzando lo spettro di fluorescenza raccolto su un dispositivo rivelatore di raggi X, è possibile stabilire con precisione, sia spaziale che energetica, la composizione chimica del campione. Più in particolare, l'identificazione degli atomi costituenti il campione avviene tramite l'analisi
30 dello spettro che questo emette in seguito all'eccitazione prodotta dall'irraggiamento con un fascio di raggi X. Le energie emesse sono infatti caratteristiche delle specie atomiche presenti nel materiale di cui è costituito il campione e permettono così di individuare in breve tempo (misure tipicamente dell'ordine di qualche minuto) la composizione atomica del campione analizzato.

Nelle tecniche di misura di raggi X, l'angolo solido sotto il quale il dispositivo rivelatore raccoglie i raggi X emessi dal campione irraggiato con un fascio di eccitazione rappresenta un parametro fondamentale per l'efficacia della misura. La capacità di raccolta della radiazione, unita alla massima capacità di conteggio del dispositivo rivelatore di raggi X (limitata solitamente dall'elettronica di lettura e processamento del segnale), è un parametro che ha un impatto determinante sulla qualità e sul tempo della misura.

In configurazioni tradizionali di irraggiamento di un campione da analizzare, il fascio di raggi X incidente sul campione viene fatto passare di lato rispetto al dispositivo rivelatore di raggi X. L'angolo solido sotto il quale il dispositivo rivelatore raccoglie i raggi X emessi dal campione viene aumentato avvicinando il dispositivo rivelatore al campione. Tuttavia, oltre una certa soglia di avvicinamento, il dispositivo rivelatore ostruisce il fascio di raggi X, impedendo un ulteriore aumento dell'angolo solido e dunque dell'efficienza di raccolta della radiazione emessa dal campione.

Ne consegue che, a causa dei limiti tecnologici di costruzione dei dispositivi rivelatori e per le particolari necessità meccaniche, diverse per ogni linea sperimentale, i dispositivi rivelatori di raggi X tradizionali riescono a raccogliere solo una minima parte dell'angolo solido di emissione del campione, perdendo così gran parte dell'informazione relativa al campione analizzato.

Questo porta ad un dilatamento dei tempi di misura, che riduce il numero degli esperimenti possibili e rende questi ultimi lunghi e costosi, deteriorando inoltre il campione, il quale viene esposto per periodi di tempo prolungati a raggi X ad elevata intensità.

Nel tentativo di accrescere l'efficienza di raccolta della radiazione emessa da un campione, sono stati sviluppati dispositivi rivelatori di raggi X comprendenti una pluralità di elementi sensibili ai raggi X, o pixel, disposti tutti su di un piano attorno ad un'apertura. In uso, un fascio di raggi X di eccitazione viene fatto passare attraverso l'apertura fino a colpire il campione da analizzare. Una siffatta disposizione planare degli elementi sensibili ai raggi X del dispositivo rivelatore di raggi X è illustrata in Figura 1.

Dispositivi rivelatori di raggi X con elementi sensibili ai raggi X piani e disposti intorno ad un'apertura secondo la tecnica nota sono descritti, ad esempio, nella domanda di brevetto internazionale WO 2010/115873 A1 e nelle pubblicazioni non brevettuali C.G. Ryan, et al., "*Elemental X-ray imaging using the*

Maia detector array: The benefits and challenges of large solid-angle", Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Volume 619, Issues 1–3, 1–21 July 2010, Pages 37-43; D.M. Schlosser, et al., "Expanding the detection efficiency of silicon drift detectors", Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A624
5 (2010) 270–276; e C. Rumancev, et al., "X-ray fluorescence analysis of metal distributions in cryogenic biological samples using large-acceptance-angle SDD detection and continuous scanning at the Hard X-ray Micro/Nano-Probe beamline P06 at PETRA III", J. Synchrotron Rad. (2020). 27, 60–66.

I dispositivi rivelatori di raggi X con elementi sensibili ai raggi X piani e
10 disposti intorno ad un'apertura consentono di ridurre la distanza tra gli elementi sensibili ai raggi X ed il campione, cosicché il dispositivo rivelatore possa raccogliere con maggiore efficienza i raggi X emessi dal campione. Questo perché vengono rimossi i vincoli geometrici che limitano l'avvicinamento del dispositivo rivelatore al campione.

15 La configurazione planare degli elementi sensibili ai raggi X, tuttavia, presenta limiti nella raccolta dei raggi X emessi dal campione. Infatti, gli elementi sensibili ai raggi X più lontani dall'apertura centrale (ad esempio i pixel più periferici in Figura 1), che sono anche quelli più inclinati rispetto alla direzione dei raggi X emessi dal campione, raccolgono meno raggi X rispetto a quelli più
20 vicini all'apertura centrale. Per quanto efficiente, questa soluzione non ottimizza l'uso degli elementi sensibili ai raggi X e la raccolta dei raggi X.

I dispositivi rivelatori di raggi X a configurazione piana con apertura centrale degli elementi sensibili ai raggi X secondo la tecnica nota, in particolare quelli di tipo monolitico, presentano, infine, un ulteriore svantaggio legato alla
25 loro struttura molto complessa, che solitamente richiede connessioni di tipo *wire-bonding*, risultando quindi estremamente costosi.

SCOPI E RIASSUNTO DELL'INVENZIONE

È scopo della presente invenzione quello di superare gli svantaggi della tecnica nota.

30 In particolare, è scopo dell'invenzione presentare un dispositivo ed in sistema di rivelazione di radiazioni, configurati in modo da massimizzare la raccolta delle radiazioni emesse da un campione irraggiato da un fascio di eccitazione.

Un altro scopo dell'invenzione è quello di presentare un dispositivo di

rivelazione di radiazioni, dotato di una struttura semplificata e quindi costi di produzione contenuti.

Questi ed altri scopi della presente invenzione sono raggiunti da un dispositivo e da un sistema di rivelazione di radiazioni incorporanti le
5 caratteristiche delle rivendicazioni allegate, le quali formano parte integrante della presente descrizione.

In un suo primo aspetto, l'invenzione è diretta, dunque, ad un dispositivo rivelatore di radiazioni emesse da un campione irraggiato con un fascio di
10 eccitazione. Il dispositivo rivelatore comprende un elemento di guida cavo avente un'apertura di ingresso e un'apertura di uscita ed atto a guidare il fascio di eccitazione lungo un asse di propagazione orientato dall'apertura di ingresso all'apertura di uscita e una pluralità di elementi sensibili alle radiazioni disposti
15 intorno all'elemento di guida cavo. Gli elementi sensibili alle radiazioni presentano ciascuno una superficie attiva, la quale è inclinata rispetto ad un piano ortogonale all'asse di propagazione del fascio di eccitazione e rivolta verso l'apertura di uscita dell'elemento di guida cavo.

Grazie a tale combinazione di caratteristiche, in particolare grazie al fatto che gli elementi sensibili alle radiazioni presentano ciascuno una superficie attiva
20 inclinata rispetto ad un piano ortogonale all'asse di propagazione del fascio di eccitazione e rivolta verso l'apertura di uscita dell'elemento di guida cavo che guida il fascio di eccitazione, gli elementi sensibili risultano, in uso, inclinati in maniera ottimale in direzione di un campione da analizzare, per cui è possibile massimizzare l'angolo solido sotteso dal dispositivo rivelatore di radiazioni, a
25 parità di area totale degli elementi sensibili impiegati. Ne deriva un'ottimizzazione dell'efficienza di raccolta complessiva, da parte del dispositivo rivelatore, delle radiazioni emesse dal campione analizzato.

Inoltre, la disposizione inclinata degli elementi sensibili alle radiazioni rispetto al campione consente di raccogliere le radiazioni emesse dal campione
30 con maggiore uniformità tra i diversi elementi sensibili, per cui tutti gli elementi sensibili possono operare alla massima capacità di conteggio consentita dall'elettronica di lettura e processamento del segnale, con conseguente massimizzazione della capacità di conteggio complessiva del dispositivo rivelatore di radiazioni.

In una forma di realizzazione, il dispositivo rivelatore comprende una
35 struttura di supporto degli elementi sensibili alle radiazioni, la quale è dotata di

un'apertura di passaggio dell'elemento di guida cavo.

In una forma di realizzazione, la struttura di supporto comprende una piastra, in cui è ricavata l'apertura di passaggio dell'elemento di guida cavo, ed una pluralità di blocchi, ergentisi dalla base, di collegamento degli elementi
5 sensibili alla piastra.

In una forma di realizzazione, la struttura di supporto comprende una superficie di supporto curva, preferibilmente semisferica, in cui è ricavata l'apertura di passaggio dell'elemento di guida cavo e gli elementi sensibili alle
10 radiazioni sono disposti su una faccia concava della superficie di supporto curva.

In una forma di realizzazione, gli elementi sensibili alle radiazioni sono disposti simmetricamente attorno all'elemento di guida cavo. In alternativa, gli elementi sensibili alle radiazioni sono disposti in modo asimmetrico attorno all'elemento di guida cavo .

In una forma di realizzazione, gli elementi sensibili alle radiazioni sono
15 piani, preferibilmente curvi.

In una forma di realizzazione, ciascun elemento sensibile della pluralità di elementi sensibili alle radiazioni comprende un chip a sua volta comprendente una matrice monolitica composta da una sola unità sensibile alle radiazioni o da più unità sensibili alle radiazioni integrate sullo stesso chip monolitico.

In una forma di realizzazione, ciascuna unità sensibile alle radiazioni è del tipo a deriva di silicio o a deriva di germanio.

In una forma di realizzazione, gli elementi sensibili alle radiazioni sono alloggiati in un corpo scatolare, il quale comprende una base di supporto degli elementi sensibili, chiusa da un coperchio. Nella base e nel coperchio è ricavata
25 una rispettiva finestra radiotrasparente, ciascuna finestra essendo disposta in corrispondenza degli elementi sensibili e preferibilmente coassiale all'elemento di guida cavo destinato a guidare il fascio di eccitazione.

In una forma di realizzazione, il dispositivo rivelatore comprende una scheda a circuito stampato, alla quale gli elementi sensibili alle radiazioni sono
30 collegati elettricamente per mezzo di un connettore.

In una forma di realizzazione, il corpo di guida cavo è realizzato in un materiale, ad esempio molibdeno, in grado di schermare gli elementi sensibili alle radiazioni dal fascio di eccitazione che passa attraverso esso.

In una forma di realizzazione, il dispositivo rivelatore comprende un dispositivo di raffreddamento termoelettrico.

In una forma di realizzazione, nella base sono ricavati due fori longitudinali per la circolazione, all'interno del dispositivo rivelatore, di un fluido di raffreddamento, preferibilmente acqua.

In una forma di realizzazione, le radiazioni raccolte dal dispositivo rivelatore sono raggi X oppure elettroni ed il fascio di eccitazione è un fascio di raggi X oppure un fascio di elettroni.

In un suo secondo aspetto, l'invenzione è diretta ad un sistema di rivelazione di radiazioni emesse da un campione irraggiato con un fascio di eccitazione, il sistema rivelatore comprendendo una sorgente del fascio di eccitazione ed un dispositivo rivelatore di radiazioni come sopra definito.

Ulteriori caratteristiche e scopi della presente invenzione appariranno maggiormente chiari dalla descrizione che segue.

15 BREVE DESCRIZIONE DEI DISEGNI

L'invenzione verrà qui di seguito descritta con riferimento ad alcuni esempi, forniti a scopo esplicativo e non limitativo, ed illustrati nei disegni annessi. Questi disegni illustrano differenti aspetti e forme di realizzazione della presente invenzione e, dove appropriato, numeri di riferimento illustranti strutture, componenti, materiali e/o elementi simili in differenti figure sono indicati da numeri di riferimento similari.

La Figura 1 è una vista prospettica schematica di una configurazione planare di una pluralità di elementi sensibili alle radiazioni di un dispositivo rivelatore di radiazioni secondo la tecnica nota, in fase di raccolta di radiazioni emesse da un campione irraggiato con un fascio di eccitazione.

La Figura 2 è una vista prospettica schematica di un dispositivo rivelatore di radiazioni secondo la presente invenzione.

La Figura 3 è una vista prospettica ingrandita, presa da un'altra angolazione, del dispositivo rivelatore di radiazioni di Figura 2, con parti asportate per mostrare la disposizione degli elementi sensibili alle radiazioni.

La Figura 4 è una vista prospettica laterale degli elementi sensibili alle radiazioni del dispositivo rivelatore di radiazioni di Figura 2.

La Figura 5 è una vista prospettica dall'alto degli elementi sensibili di Figura 4.

La Figura 6 è una vista prospettica, in sezione trasversale e parziale, del dispositivo rivelatore di radiazioni di Figura 2.

5 La Figura 7 è una vista schematica di una disposizione alternativa degli elementi sensibili alle radiazioni del dispositivo rivelatore di radiazioni di Figura 2, in fase di raccolta di radiazioni emesse da un campione irraggiato con un fascio di eccitazione.

10 La Figura 8 è una vista in sezione longitudinale degli elementi sensibili alle radiazioni di Figura 7.

La Figura 9 è una vista dal basso di ancora un'altra disposizione di elementi sensibili alle radiazioni del dispositivo rivelatore di radiazioni di Figura 1.

15 La Figura 10 è una vista schematica di un sistema di rivelazione di radiazioni secondo la presente invenzione.

DESCRIZIONE DETTAGLIATA DELL'INVENZIONE

Mentre l'invenzione è suscettibile di varie modifiche e costruzioni alternative, alcune forme di realizzazione fornite a scopo esplicativo, sono descritte qui di seguito in dettaglio.

20 Si deve intendere, comunque, che non vi è alcuna intenzione di limitare l'invenzione alla specifica forma di realizzazione illustrata, ma, al contrario, l'invenzione intende coprire tutte le modifiche, costruzioni alternative, ed equivalenti che ricadano nell'ambito dell'invenzione come definito nelle rivendicazioni.

25 Nella seguente descrizione, pertanto, l'uso di "ad esempio", "ecc.", "oppure" indica alternative non esclusive senza limitazione, salvo diversa indicazione; l'uso di "anche" significa "tra cui, ma non limitati a" se non diversamente indicato; l'uso di "include / comprende" significa "include / comprende, ma non limitato a" a meno che non altrimenti indicato.

30 Con riferimento alla Figura 1, in essa viene illustrata una configurazione di elementi sensibili alle radiazioni, in particolare raggi X, di un dispositivo rivelatore di radiazioni secondo la tecnica nota.

Come esposto in precedenza, gli elementi sensibili ai raggi X o pixel sono disposti su di un piano P, sul quale è ricavata un'apertura centrale 2 per il passaggio di un fascio F di raggi X di eccitazione di un campione C. Una volta irradiato con il fascio di eccitazione, il campione C emette radiazioni (indicate con linee tratteggiate in figura), le quali vengono raccolte dagli elementi sensibili
5 1.

Nelle Figure da 2 e 6 è invece illustrato un dispositivo rivelatore di radiazioni, ad esempio raggi X oppure elettroni, secondo una forma di realizzazione preferita della presente invenzione.

10 Il dispositivo rivelatore di radiazioni, indicato in generale con il numero di riferimento 100, comprende un corpo scatolare 10 di contenimento di una pluralità di elementi sensibili alle radiazioni o pixel 20. In particolare, il corpo scatolare 10 comprende una base 12, preferibilmente realizzata in rame, chiusa da un coperchio 14, preferibilmente realizzato in alluminio.

15 Gli elementi sensibili 20 sono configurati per raccogliere radiazioni (indicate con linee tratteggiate in Figura 4), ad esempio raggi X o elettroni, emesse da un campione C (mostrato in Figura 4) irradiato con un fascio F (mostrato in Figura 6) di eccitazione del campione C, ad esempio un fascio di raggi X oppure un fascio di elettroni.

20 Come mostrato in dettaglio in Figura 6, il dispositivo rivelatore 100 comprende inoltre un elemento di guida cavo 40, alloggiato nel corpo scatolare 10 ed avente un'apertura di ingresso 42 ed un'apertura di uscita 44. In particolare, l'elemento di guida cavo 40 presenta un canale interno cilindrico ed è configurato per guidare il fascio F di eccitazione lungo un asse di propagazione orientato
25 dall'apertura di ingresso 42 all'apertura di uscita 44.

Sulla base 12 e sul coperchio 14 del corpo scatolare 10, ed in corrispondenza degli elementi 20 sensibili alle radiazioni, sono inoltre ricavate finestre radiotrasparenti, rispettivamente 13 e 15, preferibilmente coassiali con l'elemento di guida cavo 40.

30 Le finestre radiotrasparenti 13 e 15 sono preferibilmente realizzate in berillio o Mylar® e consentono il passaggio, attraverso il dispositivo rivelatore 100, del fascio F di eccitazione del campione C. La finestra 15 del coperchio 14 consente inoltre l'ingresso, nel dispositivo rivelatore 100, delle radiazioni emesse dal campione C, irradiato con il fascio F di eccitazione, per la loro raccolta sugli
35 elementi 20 sensibili alle radiazioni.

L'elemento di guida cavo 40 è preferibilmente realizzato in molibdeno, in modo da essere in grado di schermare gli elementi 20 sensibili alle radiazioni del dispositivo rivelatore 100 dal fascio F di eccitazione che passa attraverso esso, dopo essere entrato nel dispositivo rivelatore 100 attraverso la finestra radiotrasparente 13 della base 12 e che, in particolare, vengono riflessi (backscattering) dalla finestra 15 del coperchio 14.

Come visibile in Figura 3, sulla base 12 è supportata una scheda a circuito stampato o PCB (*Printed Circuit Board*) multistrato 30, contenente la componentistica elettronica del dispositivo di rivelazione 100. Nel PCB multistrato 30 è inoltre ricavata un'apertura 32 di passaggio dell'elemento di guida cavo 40. L'apertura 32 è preferibilmente coassiale con l'elemento di guida cavo 40.

Nell'esempio delle Figure da 3 a 6, il dispositivo rivelatore 100 comprende quattro elementi 20 sensibili alle radiazioni costituiti, ciascuno, da un elemento piano su una cui faccia, nello specifico la faccia rivolta, in uso, verso il campione C da analizzare, è disposta una superficie attiva 21, sensibile alle radiazioni da rivelare.

Con riferimento di nuovo alla Figura 6, gli elementi 20 sensibili alle radiazioni sono inoltre disposti intorno all'elemento di guida cavo 40 in modo tale che la loro superficie attiva 21 risulti inclinata rispetto ad un piano ortogonale all'asse di propagazione del fascio F di eccitazione e rivolta verso l'apertura di uscita 44 dell'elemento di guida cavo 40. Ne consegue che, quando il dispositivo rivelatore 100 è in uso, ciascun elemento 20 sensibile alle radiazioni è inclinato in direzione del campione C da analizzare.

Come mostrato in maggiore dettaglio nelle Figure 4 e 5, gli elementi 20 sensibili alle radiazioni risultano inoltre disposti simmetricamente all'elemento di guida cavo 40 di guida del fascio F di eccitazione che, colpendo il campione C, genera le radiazioni successivamente rivelate dagli elementi sensibili 20.

La superficie attiva 21 di ciascun elemento 20 sensibile alle radiazioni è costituita da un chip comprendente una matrice monolitica composta da più unità 22 sensibili alle radiazioni integrate sullo stesso chip, preferibilmente quattro unità 22 sensibili alle radiazioni per un totale di sedici unità sensibili. In alternativa, la superficie attiva 21 di ciascun elemento sensibile 20 può essere costituita da un chip monolitico a singola unità sensibile.

Preferibilmente, ciascuna unità 22 sensibile alle radiazioni è del tipo a

semiconduttore, più preferibilmente del tipo a deriva di silicio (SDD – *Silicon Drift Detector*), ossia costituita da un diodo di silicio configurato ad anelli con un anodo centrale di raccolta delle radiazioni emesse dal campione C. Le unità sensibili 22 possono essere realizzate in materiale anche diverso dal silicio, es.
5 altri semiconduttori, quali germanio.

L'uso di unità sensibili SDD 22 consente di ottimizzare ulteriormente l'efficienza complessiva del dispositivo rivelatore 100. Infatti, grazie alla presenza di un singolo anodo centrale, ciascuna unità sensibile SDD 22 presenta un unico canale analogico di trasmissione del segnale (si vedano i sedici canali
10 analogici 23 mostrati in Figura 10), per cui si evitano le costose connessioni di tipo *wire-bonding* tipiche dei dispositivi rivelatori di raggi X della tecnica nota, in particolare quelli a struttura monolitica. Inoltre, le unità sensibili SDD 22 presentano caratteristiche di rumore più vantaggiose.

Con riferimento di nuovo alla Figura 3, gli elementi 20 sensibili alle
15 radiazioni 20 del dispositivo rivelatore 100 sono supportati da una struttura 25 comprendente una piastra 26 dalla quale si erge una pluralità di piedini 27 di collegamento degli elementi sensibili 20 alla piastra 26. I sostegni per i sensori possono essere diversi da piedini, ad esempio possono essere costituiti da blocchi monolitici di metallo o altro materiale.

Dalla piastra 26, da parte opposta a quella da cui si ergono i piedini 27, si
20 estende un connettore 28 di collegamento degli elementi sensibili 20 del dispositivo rivelatore 100 al PCB multistrato 30. Nella piastra 26 è inoltre ricavata un'apertura 24 (si veda la Figura 6) di passaggio dell'elemento di guida cavo 40. L'apertura 24 è preferibilmente coassiale con l'elemento di guida cavo 40.

Preferibilmente, in corrispondenza della finestra radiotrasparente 13,
25 dalla base 12 si erge un manicotto cavo 16, al cui interno passa l'elemento di guida cavo 40. Preferibilmente il manicotto cavo 16 e l'elemento di guida cavo 40 sono coassiali

Per mantenere l'elemento di guida cavo in posizione all'interno del
30 manicotto cavo 16, su una superficie esterna dell'elemento di guida cavo è preferibilmente formato un rilievo anulare 41, destinato ad accoppiarsi con una corrispondente scanalatura 17, anch'essa anulare, ricavata su una superficie interna del manicotto cavo 16.

Nella base 12 sono ricavati due fori longitudinali 19 per la circolazione,
35 all'interno del dispositivo rivelatore 100, di un flusso di acqua, o altro fluido, di

raffreddamento. Il fluido di raffreddamento entra nel dispositivo rivelatore 100 attraverso un condotto 18a di ingresso (mostrato in Figura 2) in comunicazione di fluido con uno dei due fori longitudinali 19 della base 12 raffredda i componenti del dispositivo rivelatore 100, ed esce dal dispositivo rivelatore
5 attraverso in condotto di uscita 18b (mostrato in Figura 2) in comunicazione di fluido con l'altro dei due fori longitudinali 19 della base 12.

Il dispositivo rivelatore 100 comprende inoltre un dispositivo di raffreddamento termoelettrico o TEC (*Thermoelectric Cooling*) 50, il quale è posizionato nell'apertura 32 del PCB multistrato 30 ed attorno all'elemento di
10 guida cavo 40. Il dispositivo TEC 50 consente di dissipare il calore che proviene dalla struttura 25 e dagli elementi ad essa collegati, in modo tale da raffreddare gli elementi 20 sensibili alle radiazioni.

Con riferimento alle Figure 7 e 8, in esse viene mostrata una diversa disposizione di una pluralità di elementi sensibili alle radiazioni del dispositivo
15 rivelatore 100 secondo la presente invenzione, la quale differisce da quella sopra descritta con riferimento alle Figure da 3 a 6 per il fatto di prevedere un numero di elementi sensibili 120 superiore a quattro, i quali sono disposti su una struttura costituita da una superficie di supporto curva 125, nelle figure una superficie semisferica. In particolare, gli elementi sensibili 120 sono disposti su una faccia
20 concava della superficie di supporto curva 125.

Sulla superficie semisferica 125 è ricavata un'apertura 124 attraverso la quale passa l'elemento di guida cavo 40 (non mostrato nelle Figure 7 e 8, ma visibile in Figura 6) di guida del fascio F di eccitazione del campione C da analizzare e gli elementi sensibili sono disposti sulla superficie semisferica 125
25 intorno all'apertura 124, e quindi intorno all'elemento di guida cavo 40, in modo da raccogliere le radiazioni (indicate con linea tratteggiata) emessa dal campione C irraggiato.

Più in particolare, gli elementi sensibili 120 presentano una faccia rivolta, in uso, verso il campione C da analizzare, sulla quale è disposta una superficie
30 attiva 121, sensibile alle radiazioni da rivelare. Gli elementi 120 sensibili alle radiazioni sono inoltre disposti intorno all'elemento di guida cavo 40 in modo tale che la loro superficie attiva 121 risulti inclinata rispetto ad un piano ortogonale all'asse di propagazione del fascio F di eccitazione e rivolta verso l'apertura di uscita 44 dell'elemento di guida cavo 40.

35 Ne consegue che, quando il dispositivo rivelatore 100 è in uso, il campione

C da analizzare è posizionato rivolto verso l'interno della superficie di supporto emisferica 125, e quindi verso gli elementi sensibili 120 del dispositivo rivelatore 100, in posizione centrale rispetto alla superficie di supporto emisferica 125, e quindi coassiale con l'apertura centrale 124.

5 Nella forma di realizzazione illustrata, gli elementi 120 sensibili alle radiazioni sono piani, ma non si esclude anche l'uso di elementi sensibili curvi, ad esempio realizzati in materiali plastici e flessibili.

10 Inoltre, e come descritto in precedenza con riferimento agli elementi 20 sensibili alle radiazioni, ciascun elemento 120 sensibile alle radiazioni può comprendere un chip, il quale include una singola unità sensibile alle radiazioni, oppure può comprendere una matrice monolitica composta da più unità sensibili alle radiazioni integrate nello stesso chip, ad esempio, una matrice monolitica composta da quattro unità sensibili alle radiazioni. Ancora, ciascun elemento 120 sensibile alle radiazioni è preferibilmente del tipo a semiconduttore, più
15 preferibilmente del tipo a deriva di silicio (SDD – *Silicon Drift Detector*) o del tipo a deriva di germanio.

20 Con riferimento alla Figura 9, in essa viene mostrata ancora un'altra disposizione di una pluralità di elementi sensibili alle radiazioni del dispositivo rivelatore 100 secondo la presente invenzione, la quale si differenzia dalla disposizione a quattro elementi sensibili, sopra descritta ed illustrata nelle Figure da 3 a 6, per il fatto che gli elementi sensibili sono disposti in modo asimmetrico rispetto all'elemento di guida cavo 40 di guida del fascio F di eccitazione del campione C da analizzare.

25 Il dispositivo rivelatore 100, comprende, quindi, quattro elementi 220 sensibili alle radiazioni costituiti, ciascuno, da un elemento piano su una cui faccia rivolta, in uso, verso il campione C da analizzare, è disposta una superficie attiva (non visibile in Figura 9), sensibile alle radiazioni da rivelare.

30 Gli elementi sensibili sono inoltre disposti intorno all'elemento di guida cavo 40 (non mostrato nelle Figure 7 e 8, ma visibile in Figura 6), in modo tale che la loro superficie attiva risulti inclinata rispetto ad un piano ortogonale all'asse di propagazione del fascio F di eccitazione e rivolta verso l'apertura di uscita 44 dell'elemento di guida cavo 40. Ne consegue che, quando il dispositivo rivelatore 100 è in uso, ciascun elemento 220 sensibile alle radiazioni è inclinato in direzione del campione C da analizzare.

35 Anche in questo caso, ciascun elemento 220 sensibile alle radiazioni può

essere costituito da un chip comprendente una singola unità sensibile alle radiazioni oppure una matrice monolitica composta da più unità sensibili alle radiazioni, integrate nello stesso chip, ad esempio una matrice monolitica composta da quattro unità sensibili. Inoltre, ciascuna unità sensibile è
5 preferibilmente del tipo a semiconduttore, più preferibilmente del tipo a deriva di silicio (SDD – *Silicon Drift Detector*) o a deriva di germanio.

Con riferimento alla Figura 10, in essa viene mostrato un sistema di rivelazione di raggi X secondo la presente invenzione.

10 Il sistema di rivelazione, indicato con il numero di riferimento 300, comprende una sorgente 60 di un fascio F di eccitazione di un campione C da analizzare, ad esempio un fascio di raggi X o un fascio di elettroni, ed un dispositivo di rivelazione 100 sopra descritto ed illustrato nelle Figure da 2 a 9.

15 Il sistema di rivelazione 300 comprende inoltre una pompa a vuoto 70, per mantenere il vuoto all'interno del corpo scatolare 10, un refrigeratore 80, per l'acqua di raffreddamento in circolazione nel dispositivo rivelatore 100 attraverso i condotti 18a e 18b, ed un'unità di alimentazione 90.

20 Il sistema di rivelazione 300 comprende inoltre uno o più processori di impulsi, analogici o digitali, i quali ricevono in ingresso i segnali in uscita dal dispositivo rivelatore 100 attraverso i canali analogici 23, li elaborano e trasmettono il risultato dell'elaborazione ad un personal computer 94.

Dalla descrizione qui sopra riportata è evidente come il dispositivo ed il sistema di rivelazione di radiazioni sopra descritti, permettano di raggiungere gli scopi proposti. In particolare, è evidente come il dispositivo ed il sistema di rivelazione di radiazioni possano massimizzare l'angolo solido, a parità di area
25 totale degli elementi sensibili alle radiazioni impiegati, con conseguente ottimizzazione dell'efficienza di raccolta complessiva delle radiazioni emesse dal campione C. Inoltre, il dispositivo rivelatore di radiazioni secondo l'invenzione è in grado di raccogliere le radiazioni emesse dal campione con maggiore uniformità tra i diversi elementi sensibili alle radiazioni, per cui tutti gli elementi
30 sensibili possono operare, idealmente, alla massima capacità di conteggio consentita dall'elettronica di lettura e processamento del segnale, con conseguente massimizzazione della capacità di conteggio complessiva del dispositivo rivelatore di radiazioni.

35 È infine evidente, ad un tecnico del ramo, che è possibile apportare modifiche e varianti alla soluzione descritta con riferimento alle figure senza per

questo fuoriuscire dall'ambito di protezione della presente invenzione come definito dalle rivendicazioni allegate. Ad esempio, è possibile prevedere qualsiasi inclinazione e disposizione degli elementi sensibili alle radiazioni intorno al campione che siano finalizzate ad ottimizzare l'angolo solido totale e
5 rendere uniforme il conteggio delle unità, compatibilmente con aspetti legati all'ingombro e alle interconnessioni meccaniche, elettriche e termiche degli elementi sensibili.

RIVENDICAZIONI

1. Dispositivo (100) rivelatore di radiazioni emesse da un campione (C) irraggiato con un fascio (F) di eccitazione, il dispositivo rivelatore (100) comprendendo:
 - 5 - un elemento di guida cavo (40) avente un'apertura di ingresso (42) ed un'apertura di uscita (44) e atto a guidare il fascio (F) di eccitazione lungo un asse di propagazione orientato dall'apertura di ingresso (42) all'apertura di uscita (44); ed
 - una pluralità di elementi (20; 120; 220) sensibili alle radiazioni, i quali sono
10 disposti attorno all'elemento di guida cavo (40);
caratterizzato dal fatto che gli elementi sensibili (20; 120; 220) presentano ciascuno una superficie attiva (21; 121), la quale è inclinata rispetto ad un piano ortogonale all'asse di propagazione del fascio (F) di eccitazione e rivolta verso l'apertura di uscita (44) dell'elemento di guida cavo (40).
- 15 2. Dispositivo rivelatore (100) secondo la rivendicazione 1, comprendente una struttura (25; 125) di supporto degli elementi (20; 120; 220) sensibili alle radiazioni, la struttura di supporto (25; 125) essendo dotata di un'apertura (24; 124) di passaggio dell'elemento di guida cavo (40).
- 20 3. Dispositivo rivelatore (100) secondo la rivendicazione 1 o 2, in cui la struttura di supporto (25) comprende una piastra (26), in cui è ricavata l'apertura (24) di passaggio dell'elemento di guida cavo (40), ed una pluralità di blocchi (27), ergentisi dalla piastra (26), di collegamento degli elementi sensibili (20; 220) alla piastra (26).
- 25 4. Dispositivo rivelatore (100) secondo la rivendicazione 1 o 2, in cui la struttura di supporto (125) comprende una superficie di supporto curva (125), in cui è ricavata l'apertura (124) di passaggio dell'elemento di guida cavo (40), gli elementi (120) sensibili alle radiazioni essendo disposti su una faccia concava della superficie di supporto curva (125).
- 30 5. Dispositivo rivelatore (100) secondo la rivendicazione 4, in cui la superficie di supporto curva (125) è emisferica.
6. Dispositivo rivelatore (100) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui gli elementi (20; 120) sensibili alle radiazioni sono disposti simmetricamente attorno all'elemento di guida cavo (40).

7. Dispositivo rivelatore (100) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 5, in cui gli elementi (220) sensibili alle radiazioni sono disposti in modo asimmetrico attorno all'elemento di guida cavo (40).
8. Dispositivo rivelatore (100) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni
5 precedenti, in cui gli elementi (20; 120; 220) sensibili alle radiazioni sono piani.
9. Dispositivo rivelatore (100) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 7, in cui gli elementi (20; 120; 220) sensibili alle radiazioni sono curvi.
10. Dispositivo rivelatore (100) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni
10 precedenti, in cui ciascun elemento sensibile (20; 120; 220) della pluralità di elementi sensibili alle radiazioni comprende un chip a sua volta comprendente una matrice monolitica composta da una sola unità sensibile (22) o da più unità sensibili (22) integrate sullo stesso chip monolitico.
11. Dispositivo rivelatore (100) secondo la rivendicazione 10, in cui ciascuna unità sensibile (22) è del tipo a deriva di silicio oppure a deriva di germanio.
- 15 12. Dispositivo rivelatore (100) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui gli elementi (20; 120; 220) sensibili alle radiazioni sono alloggiati in un corpo scatolare (10), il quale comprende una base (12) di supporto degli elementi sensibili (20; 120; 220), chiusa da un coperchio (14), nella base (12) e nel coperchio (14) essendo ricavata una rispettiva finestra radiotrasparente (13,
20 15), ciascuna disposta in corrispondenza degli elementi sensibili.
13. Dispositivo rivelatore (100) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, comprendente inoltre una scheda a circuito stampato (30), alla quale gli elementi (20; 120; 220) sensibili alle radiazioni sono collegati elettricamente per mezzo di un connettore (28).
- 25 14. Dispositivo rivelatore (100) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui il corpo cilindrico cavo (40) è realizzato in un materiale, ad esempio molibdeno, in grado di schermare gli elementi (20; 120; 220) sensibili alle radiazioni dal fascio (F) di eccitazione che passa attraverso esso.
- 30 15. Dispositivo rivelatore (100) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, comprendente inoltre un dispositivo di raffreddamento termoelettrico (50).
16. Dispositivo rivelatore (100) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 12 a 15, in cui nella base (12) sono ricavati due fori longitudinali (19) per la

circolazione, all'interno del dispositivo rivelatore (100), di un fluido di raffreddamento.

17. Dispositivo rivelatore (100) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui le radiazioni sono raggi X o elettroni ed il fascio di eccitazione
5 è un fascio di raggi X o un fascio di elettroni.

18. Sistema (300) di rivelazione di radiazioni emesse da un campione (C) irraggiato con un fascio (F) di eccitazione, il sistema (300) comprendendo una sorgente (200) del fascio (F) di eccitazione ed un dispositivo rivelatore (100) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti.

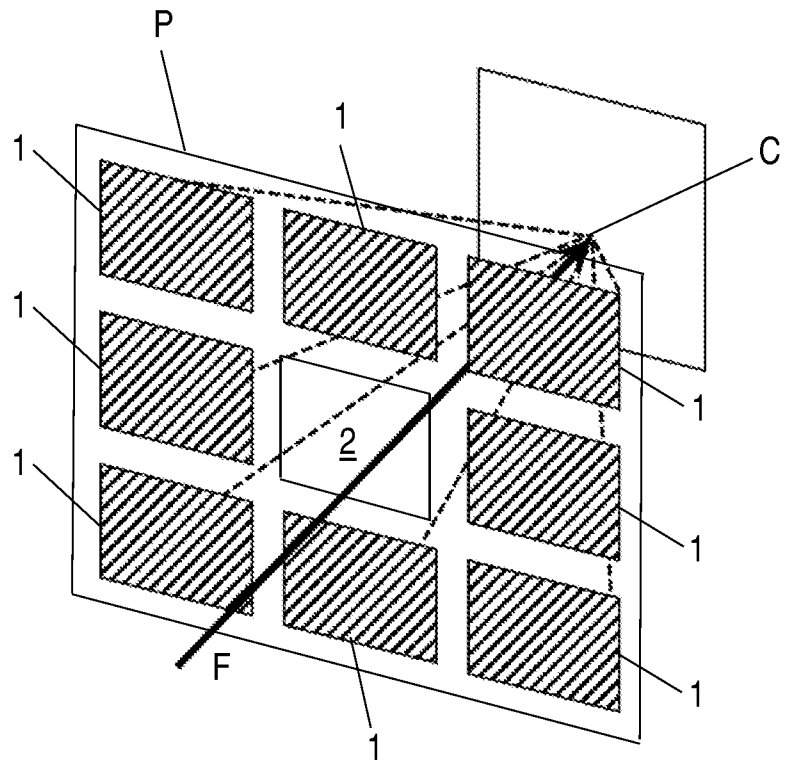


FIG. 1
(TECNICA NOTA)

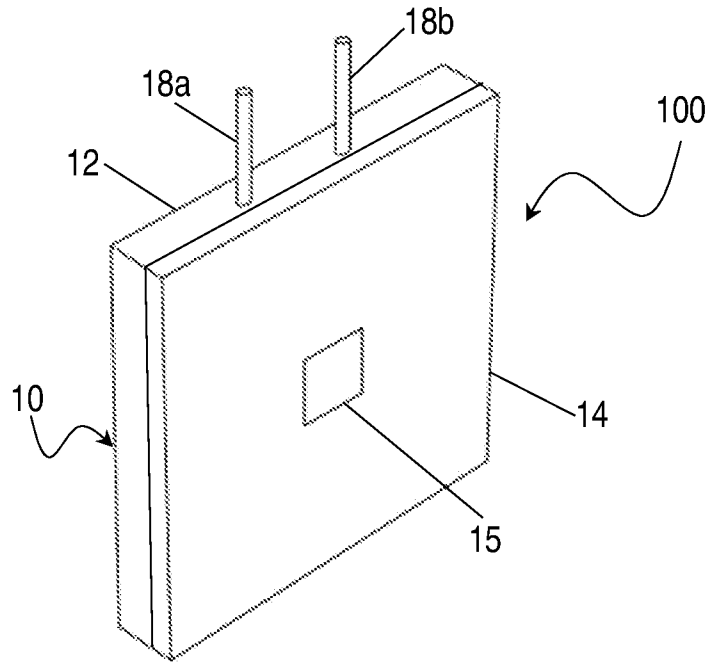


FIG. 2

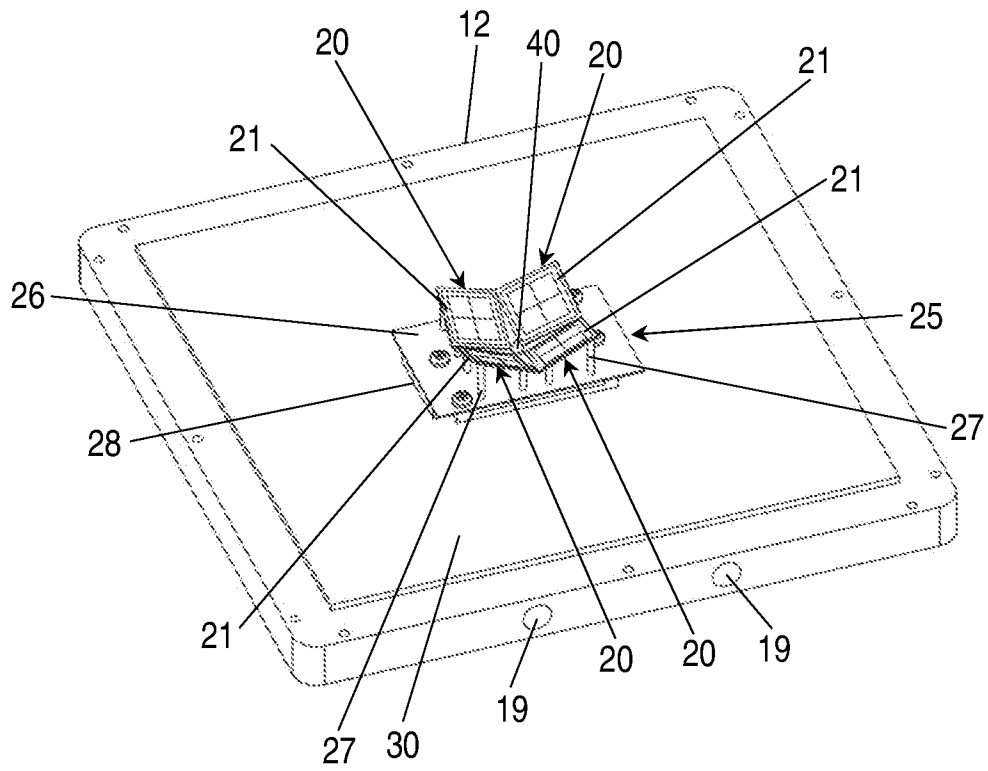


FIG. 3

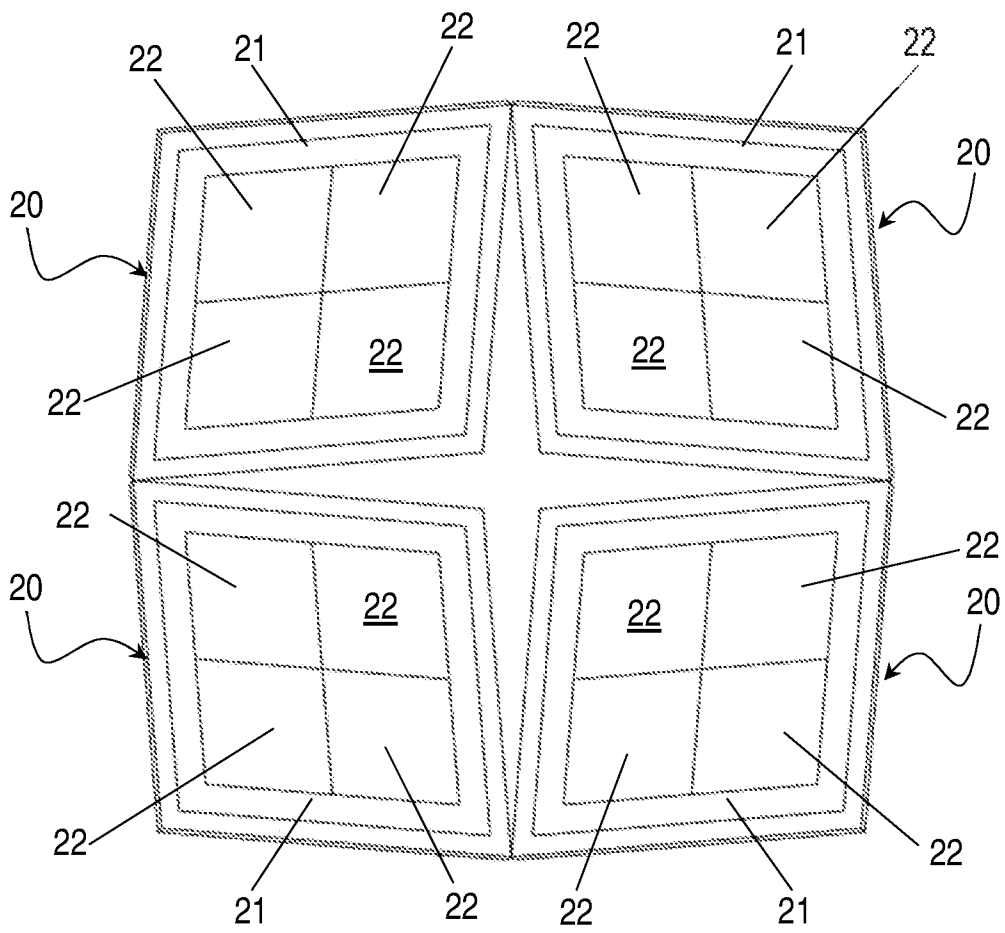
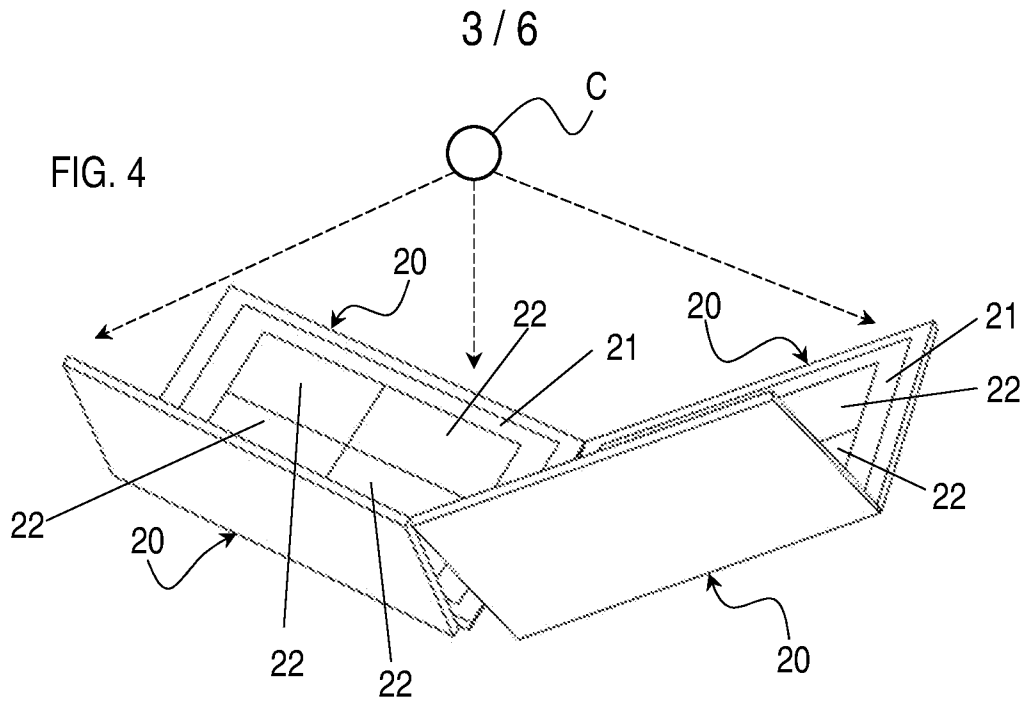


FIG. 5

4 / 6

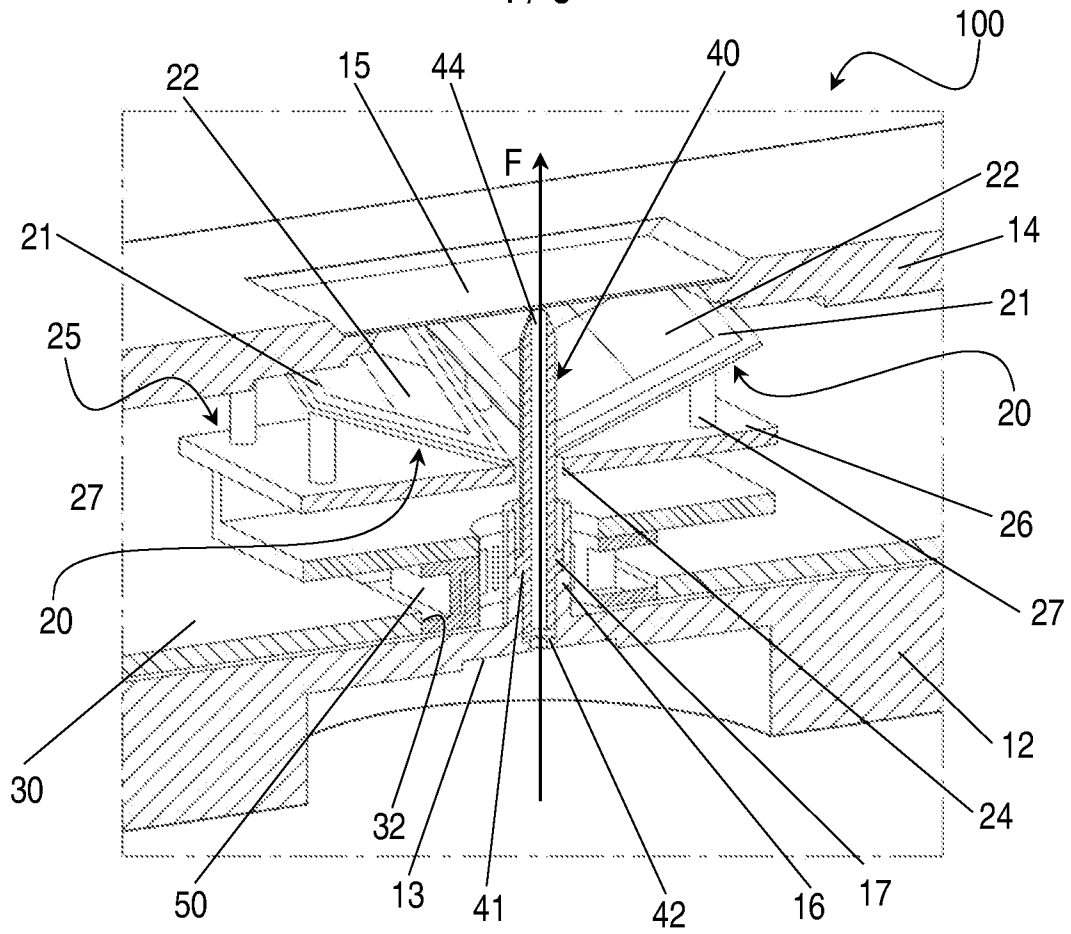


FIG. 6

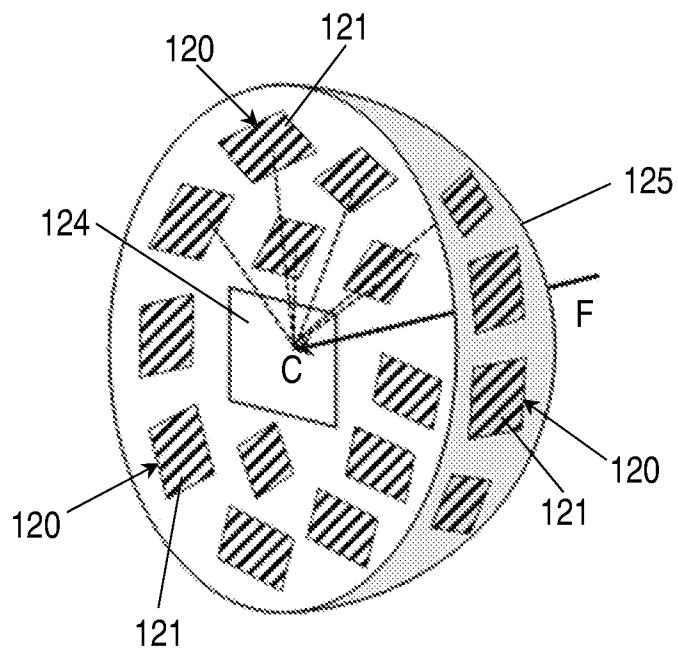


FIG. 7

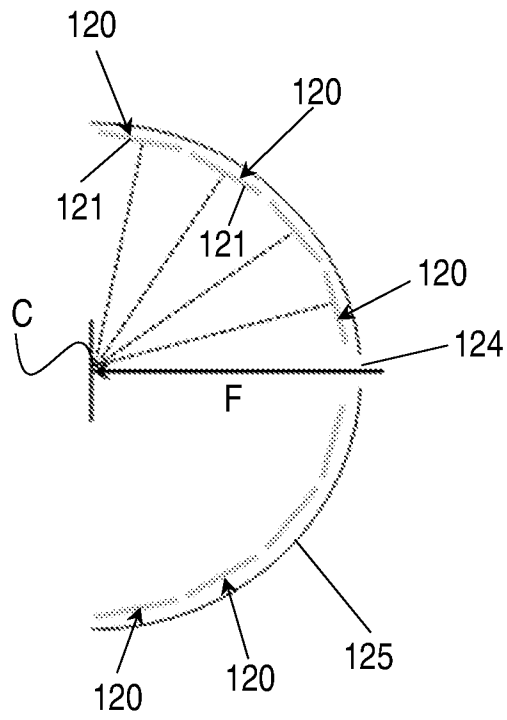


FIG. 8

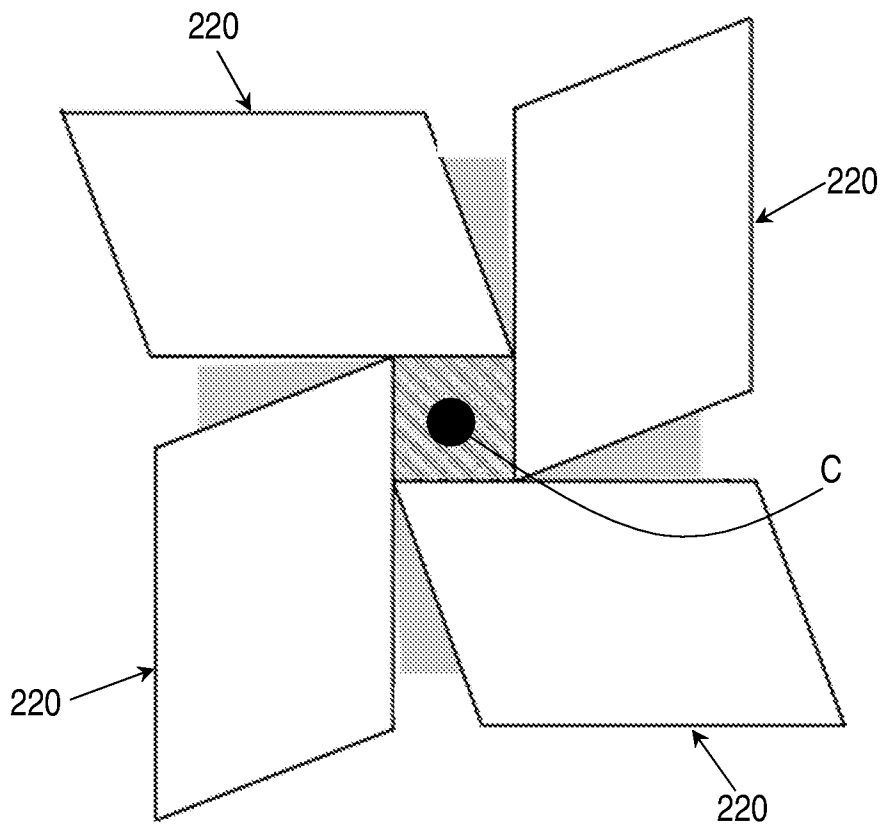


FIG. 9

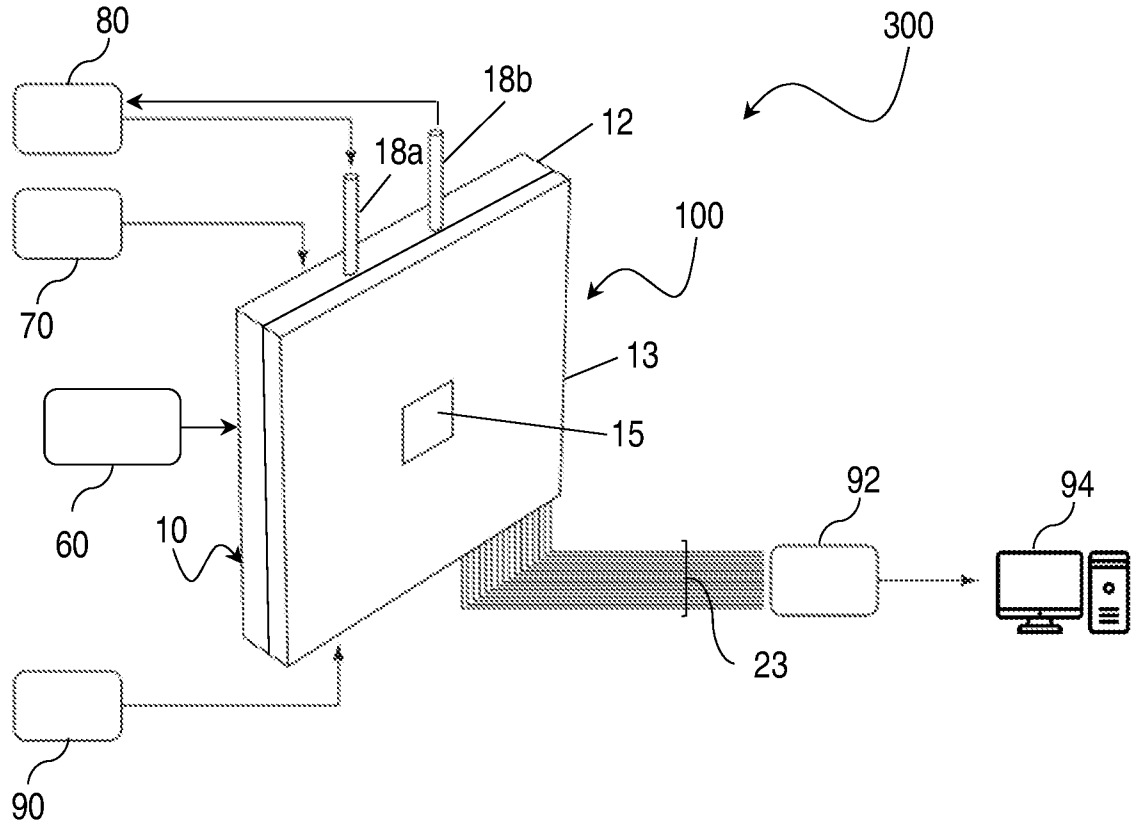


FIG.10