

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102021000025166
Data Deposito	30/09/2021
Data Pubblicazione	30/03/2023

Classifiche IPC

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	02	F	1	01

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	02	F	1	313

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	02	B	6	12

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	02	F	1	015

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	02	F	1	025

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	02	F	1	035

Titolo

DISPOSITIVO DI ACCOPPIAMENTO OTTICO E RELATIVO METODO DI SINTONIZZAZIONE

DESCRIZIONE

Titolo: **DISPOSITIVO DI ACCOPPIAMENTO OTTICO E RELATIVO METODO DI SINTONIZZAZIONE.**

Campo tecnico dell'invenzione

La presente invenzione riguarda un dispositivo di accoppiamento ottico e un relativo metodo di sintonizzazione di detto dispositivo.

Stato della tecnica

La presente invenzione si colloca nel campo della fotonica, ossia l'insieme delle
5 tecnologie e dei metodi per la generazione, la trasmissione, l'elaborazione e la ricezione di segnale ottico.

Il termine "ottico" fa riferimento ad una radiazione elettromagnetica che ricade in un intorno allargato della banda ottica visibile, e non necessariamente ricadente strettamente all'interno della banda ottica visibile (vale a dire indicativamente 400-700
10 nm), ad esempio tale intorno allargato della banda ottica visibile tipicamente ricomprende il vicino infrarosso (per esempio lunghezza d'onda compresa tra circa 700 nm a circa 2 μ m).

Nel campo della fotonica, sono noti dispositivi di accoppiamento ottico, in cui un segnale ottico che entra in una porta di ingresso è ripartito in due segnali ottici distinti,
15 ciascuno in uscita da una rispettiva porta di uscita.

In una forma realizzativa, un dispositivo di accoppiamento ottico può comprendere una coppia di guide d'onda ottiche reciprocamente otticamente accoppiate in una regione di accoppiamento.

Sono altresì noti dispositivi di accoppiamento ottici sintonizzabili, in cui un rapporto tra
20 le potenze ottiche dei due segnali ottici in uscita (splitting ratio) può essere variato dinamicamente, ad una data lunghezza d'onda (fino a ricomprendere il caso di un rapporto che va da 0-100 a 100-0), e/o può essere variata la lunghezza d'onda a cui si ottiene un dato rapporto tra le potenze ottiche.

Con il termine "drogaggio" si intende, nell'ambito dei semiconduttori, l'aggiunta al
25 semiconduttore puro (anche chiamato "intrinseco") di percentuali variabili di atomi di elementi differenti rispetto al semiconduttore puro (e.g. silicio, carburo di silicio), al fine di modificare le proprietà fisiche del materiale costituente il semiconduttore puro. Tipicamente il drogaggio migliora la conducibilità elettrica del semiconduttore puro. Le tipologie di drogaggio sono comunemente due e sono definite rispettivamente di tipo

“n” e di tipo “p”. Le tipologie di drogaggio e le caratteristiche operazionali che tali tipologie di drogaggio conferiscono al semiconduttore puro sono di per sé note e non verranno ulteriormente descritte. Nel contesto della presente invenzione l'espressione “tipologia di drogaggio” ricomprende anche il caso in cui il semiconduttore sia puro
5 (ossia assenza di drogaggio), per un totale di tre tipologie di drogaggio.

Il documento JP2014182185A descrive un interruttore ottico nella forma di un interferometro di Mach-Zehnder (MZI), comprendente due dispositivi di accoppiamento ottico (e.g. divisori/accoppiatori a 3dB) e due percorsi ottici che collegano tra loro i due dispositivi di accoppiamento ottico. Tale MZI viene sintonizzato
10 tramite iniezione di una corrente elettrica in corrispondenza di uno dei due percorsi ottici, causando una variazione dell'indice di rifrazione.

Sommario dell'invenzione

La Richiedente ha riscontrato che un dispositivo di accoppiamento ottico sintonizzabile basato su un interferometro di Mach-Zehnder comporta alcuni svantaggi.

15 Innanzitutto, la struttura stessa dell'MZI è complessa, poiché ad esempio deve comprendere i due dispositivi di accoppiamento ottico e i due percorsi ottici di collegamento. La necessaria presenza delle suddette parti comporta inoltre un ampio ingombro spaziale (o impronta) da parte dell'MZI.

La Richiedente ha pertanto affrontato il problema di realizzare un dispositivo di accoppiamento ottico in grado di essere sintonizzato in modo efficiente (ossia con un consumo elettrico modesto) e che sia al contempo strutturalmente semplice, e/o
20 economico e/o con limitato ingombro spaziale.

Secondo la Richiedente il suddetto problema è risolto da un dispositivo di accoppiamento ottico e da un metodo di sintonizzazione di detto dispositivo in accordo
25 con le allegate rivendicazioni e/o avente una o più delle seguenti caratteristiche.

Secondo un aspetto l'invenzione riguarda un dispositivo di accoppiamento ottico.

Il dispositivo comprende:

- una prima guida d'onda ottica a semiconduttore avente un primo ingresso e una prima uscita;
- 30 - una seconda guida d'onda ottica avente un secondo ingresso e una seconda uscita; dove dette prima e seconda guida d'onda ottica sono reciprocamente otticamente accoppiate in corrispondenza di rispettivamente un primo e un secondo tratto di accoppiamento ottico rispettivamente interposti tra detti primo ingresso e prima uscita

e tra detti secondo ingresso e seconda uscita,
dove detta prima guida d'onda ottica comprende una prima e una seconda regione aventi una rispettiva tipologia di drogaggio tra loro differenti e aventi una reciproca interfaccia,

- 5 dove detto dispositivo comprende un primo elettrodo e un secondo elettrodo elettricamente connessi alla prima guida d'onda ottica da parti opposte di detta interfaccia e
dove detta interfaccia è almeno parzialmente disposta in corrispondenza di detto primo tratto di accoppiamento ottico.
- 10 Secondo un aspetto l'invenzione riguarda un metodo di sintonizzazione di un dispositivo di accoppiamento ottico. Il metodo comprende:
- predisporre detto dispositivo di accoppiamento ottico secondo la presente invenzione;
 - applicare una differenza di tensione elettrica tra detti primo e secondo elettrodo per
- 15 applicare a detta interfaccia un campo elettrico;
- introdurre un segnale ottico in ingresso a detto primo ingresso;
 - regolare un valore di detta differenza di tensione elettrica per variare un rapporto tra potenze ottiche di un primo segnale ottico in uscita da detta prima uscita e un secondo segnale ottico in uscita da detta seconda uscita.
- 20 Secondo la Richiedente, la prima e la seconda regione della prima guida d'onda ottica aventi tra loro differente tipologia di drogaggio (incluso il caso dove una tra la prima e la seconda regione è priva di drogaggio, ossia intrinseca) e con reciproca interfaccia almeno parzialmente in corrispondenza del primo tratto di accoppiamento ottico, consentono sostanzialmente di realizzare un diodo con la giunzione in corrispondenza
- 25 di tale interfaccia, ossia nel primo tratto di accoppiamento ottico.
- In tal modo, grazie al campo elettrico applicato all'interfaccia tra la prima e la seconda regione, è possibile regolare, al variare del segno e/o del valore di tensione elettrica applicata agli elettrodi, la densità di portatori di carica liberi (e.g. elettroni e/o lacune) nella prima e nella seconda regione, ad esempio variando l'estensione spaziale della
- 30 regione di svuotamento del diodo e/o iniettando nuovi portatori di carica (e.g. mediante iniezione di corrente elettrica). La regolazione della densità di portatori di carica liberi consente a sua volta di poter variare dinamicamente l'indice di rifrazione ottico di almeno una porzione del tratto di accoppiamento ottico della prima guida d'onda ottica

disposta in corrispondenza dell'interfaccia tra le due regioni (come noto dalla relazione di Kramers-Kronig e dalle equazioni di Soref), permettendo così la sintonizzazione del dispositivo di accoppiamento stesso (nella forma di una coppia di guide d'onda ottiche). In tal modo si realizza un dispositivo di accoppiamento ottico sintonizzabile con una struttura semplificata rispetto alla struttura di un MZI, con conseguenti minori costi e/o minore ingombro spaziale.

La Richiedente ha in tal modo superato un pregiudizio comune del campo della fotonica secondo cui per realizzare un dispositivo di accoppiamento ottico sintonizzabile era necessaria una struttura a MZI in quanto solo in tal caso era possibile disporre gli elettrodi sfruttando lo spazio disponibile in corrispondenza di uno dei due rispettivi percorsi ottici (ossia lontano dai due dispositivi di accoppiamento ottico fissi tipicamente a 3 dB). Al contrario la presente invenzione contempla la sintonizzazione del singolo dispositivo di accoppiamento ottico nella forma di una coppia di guide d'onda ottiche otticamente accoppiate, realizzando un diodo in corrispondenza del primo tratto di accoppiamento ottico.

Per 'sostanzialmente ortogonale' relativamente ad elementi geometrici (quali rette, piani, superfici etc.) si intende che tali elementi formano un angolo di $90^\circ \pm 15^\circ$, preferibilmente di $90^\circ \pm 10^\circ$.

Per 'sostanzialmente parallelo' relativamente ai suddetti elementi geometrici si intende che tali elementi formano un angolo di $0^\circ \pm 15^\circ$, preferibilmente di $0^\circ \pm 10^\circ$.

La presente invenzione in uno o più dei suddetti aspetti può presentare una o più delle seguenti caratteristiche preferite.

Tipicamente ciascun tratto di accoppiamento ottico ha sviluppo principale lungo una direzione longitudinale.

Preferibilmente detta interfaccia è sostanzialmente interamente disposta in corrispondenza di detto primo tratto di accoppiamento ottico. In tal modo l'interfaccia è disposta in modo efficace ai fini della sintonizzazione.

Preferibilmente detta seconda guida d'onda ottica è a semiconduttore. In tal modo le guide d'onda ottiche sono realizzabili con la stessa tecnologia, a vantaggio della semplicità del dispositivo.

Preferibilmente dette prima e seconda guida d'onda ottica comprendono ciascuna una rispettiva linea di sviluppo principale (e.g. una linea di cammino del segnale ottico).

Preferibilmente detti primo e secondo elettrodo sono in contatto elettrico (diretto) con

rispettivamente dette prima e seconda regione. In tal modo si rende efficace l'applicazione del campo elettrico all'interfaccia.

Preferibilmente una densità di drogaggio di almeno una di, più preferibilmente di entrambe dette, prima e seconda regione in corrispondenza di una rispettiva area di contatto con rispettivamente detti primo e secondo elettrodo è maggiore di una densità di drogaggio di una parte restante della rispettiva regione. In tal modo si realizza un serbatoio per i portatori di carica e/o si migliora il contatto elettrico tra elettrodi e guida d'onda ottica.

Preferibilmente detta densità di drogaggio della prima e/o della seconda regione in corrispondenza della rispettiva area di contatto è maggiore o uguale a 10^{15} atomi/cm³, più preferibilmente maggiore o uguale a 10^{17} atomi/cm³, e/o minore o uguale a 10^{21} atomi/cm³, più preferibilmente minore o uguale a 10^{20} atomi/cm³. Preferibilmente detta densità di drogaggio della parte restante della prima e/o seconda regione è maggiore o uguale a 10^{14} atomi/cm³, più preferibilmente maggiore o uguale a 10^{16} atomi/cm³, e/o minore o uguale a 10^{18} atomi/cm³, più preferibilmente minore o uguale a 10^{17} atomi/cm³. Tali densità di drogaggio risultano particolarmente adatte per la trasmissione delle correnti elettriche limitando al contempo i costi di realizzazione e/o potenziali disturbi alla propagazione del segnale ottico.

Preferibilmente detta prima guida d'onda ottica è una guida d'onda a costola ("rib waveguide") almeno in corrispondenza di detti primo e secondo elettrodo. Preferibilmente detta guida d'onda a costola ha sezione, su un piano (sostanzialmente) ortogonale a detta linea di sviluppo principale, che comprende una porzione centrale e una prima e una seconda porzione laterale disposte da parti opposte di, e in continuità con, detta porzione centrale e aventi altezza minore rispetto alla porzione centrale. Preferibilmente ciascuno di detti primo e secondo elettrodo è in contatto elettrico (diretto) con almeno una tra detta prima e seconda porzione laterale. In tal modo le porzioni laterali forniscono sufficiente spazio per disporre gli elettrodi limitando al contempo l'interferenza con il segnale ottico.

Preferibilmente la seconda guida d'onda ottica comprende una rispettiva prima e seconda regione aventi una rispettiva tipologia di drogaggio tra loro differenti e aventi una rispettiva reciproca interfaccia almeno parzialmente disposta in corrispondenza del secondo tratto di accoppiamento ottico. In tal modo, anche per la seconda guida d'onda ottica, si realizza un diodo con la giunzione in corrispondenza del tratto di

accoppiamento ottico per poter sintonizzare il dispositivo anche mediante la seconda guida d'onda ottica (in aggiunta alla prima guida d'onda ottica, come di seguito descritto).

5 In una prima forma realizzativa detti primo e secondo elettrodo sono disposti (i.e. contattano direttamente detta prima guida d'onda ottica) da parti longitudinalmente opposte di, ed esternamente a, detto primo tratto di accoppiamento ottico. In tal modo è possibile regolare la concentrazione di portatori di carica liberi in corrispondenza del tratto di accoppiamento ottico mantenendo al contempo limitata la complessità strutturale del dispositivo (e.g. rispetto ad altri posizionamenti dell'interfaccia). Inoltre
10 la conformazione delle guide nel punto di contatto lascia sufficiente spazio per gli elettrodi.

Preferibilmente detta interfaccia della prima guida d'onda ottica si sviluppa (sostanzialmente) ortogonalmente a detta direzione longitudinale (i.e. l'interfaccia è - sostanzialmente- trasversale). In tal modo è razionalmente disposta in funzione del
15 posizionamento degli elettrodi. Con il termine "trasversale" e simili, si intende una direzione sostanzialmente ortogonale alla direzione longitudinale.

Preferibilmente ciascuno di detti primo e secondo elettrodo è in contatto elettrico (diretto) con entrambe detta prima e seconda porzione laterale. In tal modo si migliora l'intensità e/o l'uniformità del campo elettrico.

20 Preferibilmente dette prima e seconda guida d'onda ottica sono reciprocamente elettricamente isolate. In tal modo si evita che la seconda guida d'onda ottica subisca effetti da parte dei due elettrodi durante la sintonizzazione.

Preferibilmente detta prima guida d'onda ottica (più preferibilmente ciascuna guida d'onda ottica) è una guida d'onda a canale ("channel waveguide") in corrispondenza
25 di (interamente) detto primo (e rispettivamente secondo) tratto di accoppiamento ottico. In tal modo si realizza in modo costruttivamente semplice il suddetto isolamento elettrico.

Preferibilmente dette porzioni laterali di detta sezione della prima guida d'onda ottica si rastremano verso la porzione centrale procedendo lungo detta linea di sviluppo
30 principale da detta area di contatto verso detto primo tratto di accoppiamento ottico. In tal modo si realizza in modo efficace la zona di transizione da "rib waveguide" a "channel waveguide".

Preferibilmente detto dispositivo comprende un terzo elettrodo e un quarto elettrodo

elettricamente connessi a detta seconda guida d'onda ottica da parti opposte di detta interfaccia della seconda guida d'onda ottica.

Preferibilmente detti terzo e quarto elettrodo sono disposti (i.e. contattano direttamente detta seconda guida d'onda ottica) da parti longitudinalmente opposte di, ed
5 esternamente a, detto secondo tratto di accoppiamento ottico. Preferibilmente anche detta interfaccia della seconda guida d'onda ottica si sviluppa (sostanzialmente) ortogonalmente alla direzione longitudinale.

Preferibilmente detto metodo comprende applicare una rispettiva differenza di tensione elettrica tra detti terzo e quarto elettrodo per applicare a detta interfaccia della
10 seconda guida d'onda ottica un rispettivo campo elettrico. Preferibilmente detto metodo comprende regolare un valore di detta rispettiva differenza di tensione elettrica tra detti terzo e quarto elettrodo per variare detto rapporto tra le potenze ottiche. In tal modo è possibile variare l'indice di rifrazione anche della seconda guida d'onda.

Preferibilmente detto metodo comprende applicare detta differenza di tensione
15 elettrica tra detti primo e secondo elettrodo con segno opposto rispetto a detta rispettiva differenza di tensione elettrica applicata tra detti terzo e quarto elettrodo. In tal modo è possibile variare la densità dei portatori di carica liberi nella prima guida d'onda ottica con andamento opposto rispetto alla variazione di densità di portatori di carica liberi della seconda guida d'onda ottica, per ottenere una desiderata differenza
20 tra i due valori di densità di portatori. In tal modo, è possibile ottenere una differenza tra i due valori di densità di portatori (e quindi di indice di rifrazione) globalmente maggiore (e.g. rispetto al caso di variazione mediante tensione elettrica applicata ad una sola guida d'onda ottica). Inoltre, a parità di tale differenza di densità di portatori, ciascuna densità di portatori di carica liberi può assumere un minor valore assoluto,
25 riducendo il consumo di potenza.

In una seconda forma realizzativa detta prima guida d'onda ottica è una guida d'onda a costola in corrispondenza di detto primo tratto di accoppiamento ottico, detto primo elettrodo essendo in contatto elettrico (diretto) con detta prima porzione laterale esternamente al primo tratto di accoppiamento ottico, la prima porzione laterale
30 essendo rivolta verso la seconda guida d'onda ottica, e detto secondo elettrodo essendo in contatto elettrico (diretto) con detta seconda porzione laterale in corrispondenza del primo tratto di accoppiamento ottico. In tal modo è possibile regolare la densità di portatori di carica liberi mantenendo al contempo limitata la

differenza di tensione elettrica applicata agli elettrodi (e.g. poiché è possibile limitare la distanza tra elettrodi e interfaccia). Inoltre la conformazione della guida d'onda fornisce spazio per gli elettrodi.

Preferibilmente detta interfaccia della prima guida d'onda ottica si sviluppa (sostanzialmente) parallelamente a detta direzione longitudinale. In tal modo è posizionata razionalmente.

Preferibilmente detta interfaccia si sviluppa per sostanzialmente tutto detto primo tratto di accoppiamento ottico. In tal modo la variazione dell'indice di rifrazione interessa l'intero primo tratto di accoppiamento ottico, a vantaggio dell'efficienza di sintonizzazione.

Preferibilmente detta prima guida d'onda ottica è interamente una guida d'onda a costola. In tal modo si semplifica il dispositivo.

Preferibilmente detta interfaccia è disposta in prossimità, o in corrispondenza, di detta porzione centrale della sezione della prima guida d'onda ottica. In tal modo si migliora ulteriormente l'efficienza di variazione dell'indice di rifrazione (e.g. mediante variazione dell'estensione spaziale della regione di svuotamento che, a parità di tensione elettrica applicata agli elettrodi, può interessare in modo spazialmente più esteso la porzione di guida d'onda ottica in cui si trasmette sostanzialmente interamente il segnale ottico).

Preferibilmente detto primo elettrodo comprende (almeno) due sotto-elettrodi disposti rispettivamente da parti longitudinalmente opposte del primo tratto di accoppiamento ottico. In tal modo, applicando una stessa tensione elettrica ai capi longitudinalmente opposti dell'interfaccia, si migliora l'uniformità e/o l'intensità del campo elettrico, ad esempio in corrispondenza del centro longitudinale dell'interfaccia.

Preferibilmente detto secondo elettrodo comprende una pluralità di sotto-elettrodi tra loro distinti e longitudinalmente distribuiti (preferibilmente tra loro equispaziati) lungo almeno parte di, più preferibilmente sostanzialmente interamente, detto primo tratto di accoppiamento ottico. In tal modo si migliora ulteriormente il contatto elettrico.

Preferibilmente anche detta seconda guida d'onda ottica è una guida d'onda a costola in corrispondenza di detto secondo tratto di accoppiamento ottico (più preferibilmente ciascuna prima e seconda guida d'onda ottica è interamente una guida d'onda a costola). In tal modo si semplifica il dispositivo.

Preferibilmente detta prima guida d'onda ottica (a costola) ha detta prima porzione laterale in comune con una prima porzione laterale di detta seconda guida d'onda

ottica almeno in corrispondenza dei rispettivi primo e secondo tratto di accoppiamento ottico (le prime porzioni laterali essendo fra loro affacciate). In tal modo il dispositivo risulta compatto.

5 Preferibilmente detto primo elettrodo è in contatto elettrico (diretto) con detta prima porzione laterale in comune in prossimità di (ed esternamente a) detti primo e secondo tratto di accoppiamento ottico. In tal modo il primo elettrodo risulta in contatto elettrico anche con la seconda guida d'onda ottica.

10 Preferibilmente le prime regioni rispettivamente della prima e della seconda guida d'onda ottica sono fra loro continue (e.g. costituiscono un'unica prima regione), e più preferibilmente comprendono (interamente) detta prima porzione laterale in comune. Preferibilmente le prime regioni della prima e della seconda guida d'onda ottica hanno una stessa tipologia di drogaggio, e più preferibilmente una stessa densità di drogaggio. In tal modo si semplifica la realizzazione delle prime regioni.

15 Preferibilmente la seconda guida d'onda ottica ha una o più delle caratteristiche della prima guida d'onda ottica. In tal modo il dispositivo è razionale.

Preferibilmente detto dispositivo comprende un ulteriore elettrodo elettricamente connesso a detta seconda guida d'onda ottica da parte opposta dell'interfaccia della seconda guida d'onda ottica rispetto a detto primo elettrodo. Preferibilmente detto metodo comprende applicare una rispettiva differenza di tensione elettrica tra detti
20 primo e ulteriore elettrodo per applicare a detta interfaccia della seconda guida d'onda ottica un rispettivo campo elettrico. Preferibilmente detto metodo comprende regolare un valore di detta rispettiva differenza di tensione tra detti primo e ulteriore elettrodo per variare detto rapporto tra le potenze ottiche. In tal modo è possibile sintonizzare il dispositivo operando anche sulla seconda guida d'onda ottica, aumentando l'efficienza
25 di sintonizzazione.

Preferibilmente detto metodo comprende applicare detta differenza di tensione elettrica tra detti primo e secondo elettrodo con segno opposto rispetto a detta rispettiva differenza di tensione elettrica applicata tra detti primo e ulteriore elettrodo. In tal modo le variazioni di densità dei portatori di carica liberi nelle due guide d'onda
30 ottiche sono tra loro opposte, con effetto analogo a quanto sopra descritto.

Preferibilmente detto ulteriore elettrodo è in contatto elettrico (diretto) con detta seconda porzione laterale della seconda guida d'onda ottica in corrispondenza del secondo tratto di accoppiamento ottico. In tal modo è razionalmente disposto.

Preferibilmente anche l'interfaccia della seconda guida d'onda ottica si sviluppa (sostanzialmente) parallelamente alla direzione longitudinale. In tal modo la sintonizzazione è semplificata.

5 Preferibilmente ciascun elettrodo ha sezione che si rastrema procedendo in avvicinamento a rispettivamente dette prima o seconda guida d'onda ottica. In tal modo si favorisce il contatto elettrico.

Preferibilmente detto dispositivo comprende un piano di simmetria longitudinale. In tal modo il dispositivo è versatile e otticamente simmetrico.

10 Preferibilmente detto dispositivo comprende un piano di simmetria trasversale (sostanzialmente) ortogonale a detto piano di simmetria longitudinale. In tal modo si migliora il funzionamento del dispositivo.

Preferibilmente detto dispositivo comprende uno strato in materiale elettricamente isolante (e.g. ossido di silicio). Preferibilmente detto strato circonda sostanzialmente interamente (e.g. ad eccezione delle zone degli elettrodi) dette prima e seconda guida
15 d'onda ottica. In tal modo il dispositivo è robusto e si realizza una separazione elettrica fra le guide d'onda ottiche (almeno nella prima forma realizzativa).

Breve descrizione delle figure

La figura 1 mostra schematicamente una vista in pianta di una prima forma realizzativa del dispositivo secondo la presente invenzione;

20 la figura 2 mostra schematicamente una sezione lungo il piano AA di figura 1;

la figura 3 mostra schematicamente una sezione lungo il piano BB di figura 1;

la figura 4 mostra schematicamente una vista in pianta di una seconda forma realizzativa del dispositivo secondo la presente invenzione;

la figura 5 mostra schematicamente una sezione lungo il piano CC di figura 4;

25 la figura 6 mostra schematicamente una sezione lungo il piano DD di figura 4.

Descrizione dettagliata di alcune forme realizzative dell'invenzione

Le caratteristiche e i vantaggi della presente invenzione saranno ulteriormente chiariti dalla seguente descrizione dettagliata di alcune forme realizzative, presentata a titolo esemplificativo e non limitativo della presente invenzione, con riferimento alle figure
30 allegate (non in scala).

Nelle figure con il numero 99 è globalmente indicato un dispositivo di accoppiamento ottico.

Il dispositivo 99 comprende esemplarmente una prima guida d'onda ottica 1 a

semiconduttore (e.g. silicio, carburo di silicio, etc.) avente un primo ingresso 10 e una prima uscita 11, e una seconda guida d'onda ottica 2 a semiconduttore avente un secondo ingresso 20 e una seconda uscita 21.

Esemplarmente la prima 1 e la seconda guida d'onda ottica 2 sono reciprocamente otticamente accoppiate in corrispondenza di rispettivamente un primo 3 e un secondo tratto di accoppiamento ottico 7 rispettivamente interposti tra il primo ingresso 10 e la prima uscita 11 e tra il secondo ingresso 20 e la seconda uscita 21. Esemplarmente i tratti di accoppiamento ottico 3, 7 hanno sviluppo principale lungo una direzione longitudinale 100.

10 Esemplarmente il dispositivo 99 comprende un piano di simmetria longitudinale (che interseca il piano delle figure 1 e 4 lungo la direzione longitudinale 100), e un piano di simmetria trasversale ortogonale al piano di simmetria longitudinale (nelle figure 1 e 4 coincidente con rispettivamente i piani di sezione BB e DD).

Esemplarmente ciascuna guida d'onda ottica 1, 2 comprende una prima 4 e una
15 seconda regione 5 aventi una rispettiva tipologia di drogaggio tra loro differenti (n, p o intrinseca), e aventi una rispettiva interfaccia 6 sostanzialmente interamente disposta in corrispondenza di rispettivamente il primo 3 e il secondo tratto di accoppiamento ottico 7.

Esemplarmente il dispositivo 99 comprende un primo elettrodo 8 e un secondo
20 elettrodo 9 disposti in contatto elettrico diretto rispettivamente con la prima 4 e la seconda regione 5 della prima guida d'onda ottica 1 da parti opposte dell'interfaccia 6 della prima guida d'onda ottica.

In una prima forma realizzativa, mostrata nelle figure 1-3, il primo 8 e il secondo elettrodo 9 sono esemplarmente disposti da parti longitudinalmente opposte di, ed
25 esternamente a, il primo tratto di accoppiamento ottico 3. Esemplarmente ciascuna interfaccia 6 si sviluppa ortogonalmente alla direzione longitudinale 100 in modo che le rispettive prima e seconda regione sono interamente longitudinalmente opposte tra loro.

In una forma realizzativa (non mostrata) ciascuna interfaccia 6 può definire un angolo
30 qualsiasi rispetto alla direzione longitudinale (e.g. 45°) e/o avere forma diversa da quella planare mostrata nelle figure.

Nella prima forma realizzativa la prima guida d'onda ottica 1 è esemplarmente una guida d'onda a costola solamente in corrispondenza della zona di contatto con il primo

8 e il secondo elettrodo 9. La guida d'onda a costola (figura 2) ha esemplarmente sezione, in un piano ortogonale ad una linea di sviluppo principale della guida d'onda ottica (e.g. il piano AA), che comprende una porzione centrale 70 e una prima 71 e una seconda porzione laterale 72 disposte da parti opposte di, e in continuità con, la porzione centrale 70 e aventi altezza minore rispetto alla porzione centrale 70 (ossia la sezione ha un profilo a T rovesciata).

Esemplarmente entrambi il primo 8 e il secondo elettrodo 9 sono in contatto elettrico diretto con entrambe la prima 71 e la seconda porzione laterale 72 della prima guida d'onda ottica.

Nella prima forma realizzativa (fig. 1) il dispositivo 99 comprende esemplarmente un terzo 12 ed un quarto elettrodo 13 in contatto elettrico diretto con rispettivamente la prima 4 e la seconda regione 5 della seconda guida d'onda ottica 2 da parti opposte dell'interfaccia 6 della seconda guida d'onda ottica 2.

Esemplarmente il terzo 12 e il quarto elettrodo 13 sono disposti da parti longitudinalmente opposte di, ed esternamente a, il secondo tratto di accoppiamento ottico 7.

Esemplarmente anche la seconda guida d'onda ottica è una guida d'onda a costola solamente in corrispondenza di una rispettiva area di contatto con il terzo 12 e quarto elettrodo 13, il terzo 12 e il quarto elettrodo 13 essendo in contatto elettrico diretto con entrambe la prima 71 e la seconda porzione laterale 72 della seconda guida d'onda ottica.

Nella prima forma realizzativa, la prima 1 e la seconda guida d'onda ottica 2 sono tra loro elettricamente isolate, e, a tal fine, entrambe sono esemplarmente una guida d'onda a canale, mostrata in sezione in figura 3, in corrispondenza almeno dell'intero rispettivo tratto di accoppiamento ottico 3, 7.

Esemplarmente, come mostrato in figura 1, le porzioni laterali 71, 72 di entrambe le guide d'onda ottiche si rastremano verso la rispettiva porzione centrale 70 procedendo lungo una linea di sviluppo principale della rispettiva guida d'onda ottica, dalla rispettiva area di contatto con l'elettrodo verso il rispettivo tratto di accoppiamento ottico 3, 7.

Vantaggiosamente, in corrispondenza dei tratti di accoppiamento ottico 3, 7, ciascuna guida d'onda ottica 1, 2 ha la stessa forma in sezione (fig. 3) della rispettiva porzione centrale 70.

Nella seconda forma realizzativa, mostrata nelle figure 4-6, ciascuna interfaccia 6 si sviluppa parallelamente alla direzione longitudinale 100 per sostanzialmente tutto il rispettivo tratto di accoppiamento ottico 3, 7. In altri termini le rispettive prima e seconda regione sono interamente trasversalmente opposte.

- 5 Nella seconda forma realizzativa, ciascuna guida d'onda ottica 1, 2 è interamente una guida d'onda a costola avente la rispettiva prima porzione laterale 71 rivolta verso l'altra guida d'onda ottica.

Nella seconda forma realizzativa la prima guida d'onda ottica 1 ha esemplarmente la prima porzione laterale 71 in comune con la prima porzione laterale 71 della seconda guida d'onda ottica 2 in corrispondenza dei rispettivi tratti di accoppiamento ottico 3, 7 e anche oltre, e in prossimità di, tali tratti di accoppiamento ottico.

Esemplarmente le prime regioni 4 rispettivamente della prima 1 e della seconda guida d'onda ottica 2 costituiscono un'unica prima regione continua 4, avente unica tipologia e densità di drogaggio e comprendente parzialmente la prima porzione laterale 71 in comune (fig. 1 e 6).

Esemplarmente ciascuna interfaccia 6 è disposta in prossimità della porzione centrale 70 della rispettiva guida d'onda ottica, esternamente alla prima porzione laterale in comune (ossia in corrispondenza della seconda porzione laterale 72 della rispettiva guida d'onda ottica).

- 20 In una forma realizzativa (non mostrata), le interfacce possono essere disposte in prossimità della rispettiva porzione centrale, internamente alla prima porzione laterale in comune.

In una ulteriore forma realizzativa (non mostrata), le interfacce possono essere disposte in corrispondenza della (internamente alla) rispettiva porzione centrale.

- 25 Esemplarmente il primo elettrodo 8 è in contatto elettrico diretto con la prima porzione laterale 71 in comune delle due guide d'onda ottiche, in prossimità di, ed esternamente a, il primo e il secondo tratto di accoppiamento ottico. Esemplarmente, nella seconda forma realizzativa, il primo elettrodo è quindi in contatto elettrico diretto anche con la prima regione 4 della seconda guida d'onda ottica 2. Esemplarmente il primo elettrodo
- 30 8 comprende due sotto-elettrodi disposti rispettivamente da parti longitudinalmente opposte del primo 3 e del secondo tratto di accoppiamento ottico 7 e in posizione sostanzialmente equidistante dalle porzioni centrali 70 della prima 1 e seconda guida d'onda ottica 2.

Nella seconda forma realizzativa, figura 4, le seconde regioni 5 della prima 1 e della seconda guida d'onda ottica 2 si sviluppano esemplarmente in corrispondenza delle seconde porzioni laterali 72 della rispettiva guida d'onda ottica in corrispondenza di sostanzialmente tutto il rispettivo tratto di accoppiamento ottico 3, 7. In tal modo, se la

5 seconda regione è drogata n o p, si limita l'estensione del drogaggio per ridurre i costi. Nella seconda forma realizzativa, il secondo elettrodo 9 è esemplarmente in contatto elettrico diretto con la seconda porzione laterale 72 della prima guida d'onda ottica 1, il secondo elettrodo 9 comprendendo esemplarmente una pluralità di sotto-elettrodi tra loro distinti e longitudinalmente distribuiti tra loro equispaziati lungo sostanzialmente

10 l'intero primo tratto di accoppiamento ottico 3.

Nella seconda forma realizzativa, il dispositivo 99 comprende un ulteriore elettrodo 14 in contatto elettrico diretto con la seconda porzione laterale 72 della seconda guida d'onda ottica 2 da parte opposta dell'interfaccia 6 della seconda guida d'onda ottica 2 rispetto al primo elettrodo 8. Nella seconda forma realizzativa l'ulteriore elettrodo 14 è

15 esemplarmente speculare al secondo elettrodo 9 rispetto al piano di simmetria longitudinale.

In entrambe le forme realizzative, una densità di drogaggio della prima 4 e della seconda regione 5 di entrambe le guide d'onda ottiche in corrispondenza di ciascuna rispettiva area di contatto con un rispettivo elettrodo (nelle figure indicato

20 schematicamente dai segni +) è esemplarmente maggiore di una densità di drogaggio della parte restante della rispettiva regione.

Esemplarmente la densità di drogaggio della prima 4 e della seconda regione 5 in corrispondenza della rispettiva area di contatto con l'elettrodo è pari a circa 10^{19} atomi/cm³, e la densità di drogaggio della parte restante è pari a circa 10^{16} atomi/cm³.

25 Esemplarmente ciascun elettrodo 8, 9, 12-14 è in materiale elettricamente conduttivo (e.g. metallo) e ha sezione che si rastrema procedendo in avvicinamento a rispettivamente la prima 1 e/o la seconda guida d'onda ottica 2.

Esemplarmente il dispositivo 99 comprende uno strato 30 in materiale elettricamente isolante (e.g. ossido di silicio), che circonda sostanzialmente interamente la prima 1 e

30 la seconda guida d'onda ottica 2.

Esemplarmente lo strato 30 comprende, per ciascun elettrodo 8, 9, 12-14 un'apertura 31 che alloggia il rispettivo elettrodo e permette il contatto elettrico con la rispettiva guida d'onda ottica. Esemplarmente ciascuna apertura è controsagomata al rispettivo

elettrodo (ossia non vi è spazio tra elettrodo e pareti dell'apertura). Ad esempio, durante la realizzazione, lo strato 30 viene forato e interamente riempito con il metallo (e.g. mediante tecniche note di micro e/o nanofabbricazione).

Opzionalmente il dispositivo 99 comprende una piastra 90 (mostrata esemplarmente in abbinamento alla seconda forma realizzativa, figura 6) elettricamente conduttiva avente una faccia rivolta verso la prima 1 e la seconda guida d'onda ottica 2 in corrispondenza dei tratti di accoppiamento ottico delle guide d'onda ottiche, dove una distanza libera è mantenuta tra le guide d'onda ottiche e la piastra 90 (la piastra essendo esemplarmente in appoggio sullo strato 30).

10 Esemplarmente la piastra 90 è posta ad un potenziale elettrico costante. La piastra consente esemplarmente di poter attirare e/o respingere ulteriori portatori di carica liberi nelle/dalle porzioni di guida d'onda ottica 1, 2 in corrispondenza della piastra, per variare una densità di drogaggio delle guide d'onda ottiche e dunque la loro conducibilità elettrica.

15 In uso, il dispositivo 99 consente esemplarmente di ripartire un segnale ottico in ingresso al primo ingresso 10, in una coppia di segnali ottici in uscita rispettivamente dalla prima uscita 11 e dalla seconda uscita 21 (nelle figure i segnali ottici sono rappresentati da frecce orientate).

Opzionalmente (non mostrato), un segnale ottico può essere immesso nel secondo
20 ingresso e ripartito tra le uscite.

Esemplarmente, il dispositivo 99 può essere sintonizzato per variare dinamicamente il rapporto tra le potenze ottiche dei segnali in uscita rispettivamente dalla prima uscita 11 e dalla seconda uscita 21.

Esemplarmente, in entrambe le forme realizzative, per sintonizzare il dispositivo 99 è
25 previsto applicare una differenza di tensione elettrica tra il primo 8 e il secondo elettrodo 9 per applicare all'interfaccia 6 della prima guida d'onda ottica 1 un campo elettrico, e regolare un valore della differenza di tensione elettrica per variare il suddetto rapporto tra potenze ottiche. Esemplarmente nelle figure 1 e 4 è schematicamente mostrato un generatore di tensione 91 elettricamente connesso a il
30 primo 8 e il secondo elettrodo 9 per applicare la suddetta differenza di tensione elettrica.

Nella prima forma realizzativa, può essere inoltre esemplarmente previsto (opzionale, non mostrato) applicare una rispettiva differenza di tensione elettrica tra il terzo 12 e il

quarto elettrodo 13 per applicare all'interfaccia 6 della seconda guida d'onda ottica 2 un rispettivo campo elettrico.

Preferibilmente è previsto applicare la differenza di tensione elettrica tra il primo 8 e il secondo elettrodo 9 con segno opposto rispetto alla rispettiva differenza di tensione

5 elettrica applicata tra il terzo 12 e il quarto elettrodo 13. Ad esempio, con la prima regione 4 drogata p e la seconda regione 5 drogata n per entrambe le guide d'onda ottiche, la prima guida d'onda ottica (che operativamente si comporta come un diodo) può essere operata in tensione diretta (i.e. primo elettrodo 8 a potenziale positivo, secondo elettrodo 9 a potenziale negativo), e la seconda guida d'onda ottica
10 (anch'essa operativamente assimilabile ad un diodo) può essere operata in tensione inversa (i.e. terzo elettrodo 12 a potenziale negativo e quarto elettrodo 13 a potenziale negativo). Con tale collegamento, applicando tensione, la densità di portatori di carica liberi della prima guida d'onda ottica è incrementata mediante iniezione di corrente elettrica, mentre la densità di portatori di carica liberi della seconda guida d'onda ottica
15 è diminuita mediante ampliamento dell'estensione spaziale della regione di svuotamento del diodo, fino anche a ricomprendere l'intera seconda guida d'onda ottica. In tal modo le densità di portatori di carica liberi delle due guide d'onda ottiche sono variate in senso tra loro opposto, migliorando l'efficacia di sintonizzazione. Alternativamente, è anche possibile il collegamento opposto rispetto a quanto sopra
20 descritto.

Nella seconda forma realizzativa, può essere esemplarmente previsto (opzionale, non mostrato) applicare una rispettiva differenza di tensione elettrica tra il primo 8 e l'ulteriore elettrodo 14 per applicare all'interfaccia 6 della seconda guida d'onda ottica 2 un rispettivo campo elettrico, e regolare un valore della rispettiva differenza di
25 tensione elettrica tra il primo e l'ulteriore elettrodo per variare il suddetto rapporto tra le potenze ottiche.

Preferibilmente, anche nella seconda forma realizzativa, è previsto applicare la differenza di tensione elettrica tra il primo e il secondo elettrodo con segno opposto rispetto alla rispettiva differenza di tensione elettrica applicata tra il primo e l'ulteriore
30 elettrodo (per ottenere il medesimo risultato sopra descritto).

RIVENDICAZIONI

1. Dispositivo (99) di accoppiamento ottico comprendente:

- una prima guida d'onda ottica (1) a semiconduttore avente un primo ingresso (10) e una prima uscita (11);

5 - una seconda guida d'onda ottica (2) avente un secondo ingresso (20) e una seconda uscita (21);

dove dette prima (1) e seconda guida d'onda ottica (2) sono reciprocamente otticamente accoppiate in corrispondenza di rispettivamente un primo (3) e un secondo tratto di accoppiamento ottico (7) rispettivamente interposti tra detti primo ingresso (10) e prima uscita (11) e tra detti secondo ingresso (20) e seconda uscita (21),

10 dove detta prima guida d'onda ottica (1) comprende una prima (4) e una seconda regione (5) aventi una rispettiva tipologia di drogaggio tra loro differenti e aventi una reciproca interfaccia (6),

dove detto dispositivo (99) comprende un primo elettrodo (8) e un secondo elettrodo (9) elettricamente connessi alla prima guida d'onda ottica (1) da parti opposte di detta interfaccia (6) e

dove detta interfaccia (6) è almeno parzialmente disposta in corrispondenza di detto primo tratto di accoppiamento ottico (3).

2. Dispositivo (99) secondo la rivendicazione 1, dove detti primo (8) e secondo elettrodo (9) sono disposti da parti longitudinalmente opposte di, ed esternamente a, detto primo tratto di accoppiamento ottico (3), detti primo (3) e secondo tratto di accoppiamento ottico (7) avendo sviluppo principale lungo una direzione longitudinale (100).

3. Dispositivo (99) secondo la rivendicazione 2, dove detta interfaccia (6) si sviluppa sostanzialmente ortogonalmente a detta direzione longitudinale (100) e per sostanzialmente tutto detto primo tratto di accoppiamento ottico (3), dove detta prima guida d'onda ottica (1) è una guida d'onda a costola almeno in corrispondenza di detti primo (8) e secondo elettrodo (9), dove detta guida d'onda a costola ha sezione, su un piano sostanzialmente ortogonale ad una linea di sviluppo principale della prima guida d'onda ottica, che comprende una porzione centrale (70) e una prima (71) e una seconda porzione laterale (72) disposte da parti opposte di, e in continuità con, detta porzione centrale (70) e aventi altezza minore rispetto alla porzione centrale (70), dove ciascuno di detti primo (8) e secondo elettrodo (9) è in contatto elettrico con almeno una tra detta prima (71) e seconda porzione laterale (72), dove dette prima (1) e seconda guida d'onda ottica (2) sono reciprocamente elettricamente isolate, e dove detta prima guida d'onda

ottica (1) è una guida d'onda a canale in corrispondenza di detto primo tratto di accoppiamento ottico (3).

4. Dispositivo (99) secondo la rivendicazione 2 o 3, dove detta seconda guida d'onda ottica (2) comprende una rispettiva prima (4) e seconda regione (5) aventi una rispettiva
5 tipologia di drogaggio tra loro differenti e aventi una rispettiva reciproca interfaccia (6) almeno parzialmente disposta in corrispondenza del secondo tratto di accoppiamento ottico (7), dove detto dispositivo (99) comprende un terzo elettrodo (12) e un quarto elettrodo (13) elettricamente connessi a detta seconda guida d'onda ottica (2) da parti opposte di detta interfaccia (6) della seconda guida d'onda ottica (2), dove detti terzo (12)
10 e quarto elettrodo (13) sono disposti da parti longitudinalmente opposte di, ed esternamente a, detto secondo tratto di accoppiamento ottico (7), e dove detta interfaccia (6) della seconda guida d'onda ottica si sviluppa sostanzialmente ortogonalmente a detta direzione longitudinale (100).

5. Dispositivo (99) secondo la rivendicazione 1, dove detta prima guida d'onda ottica (1)
15 è una guida d'onda a costola in corrispondenza di detto primo tratto di accoppiamento ottico (3), dove detta guida d'onda a costola ha sezione, su un piano sostanzialmente ortogonale ad una linea di sviluppo principale della prima guida d'onda ottica, che comprende una porzione centrale (70) e una prima (71) e una seconda porzione laterale (72) disposte da parti opposte di, e in continuità con, detta porzione centrale (70) e aventi
20 altezza minore rispetto alla porzione centrale (70), detto primo elettrodo (8) essendo in contatto elettrico con detta prima porzione laterale (71) esternamente al primo tratto di accoppiamento ottico (3), detta prima porzione laterale (71) essendo rivolta verso la seconda guida d'onda ottica (2), e detto secondo elettrodo (9) essendo in contatto elettrico con detta seconda porzione laterale (72) in corrispondenza del primo tratto di
25 accoppiamento ottico (3).

6. Dispositivo (99) secondo la rivendicazione 5, dove detta interfaccia (6) si sviluppa sostanzialmente parallelamente ad una direzione longitudinale (100) di sviluppo principale di detti primo (3) e secondo tratto di accoppiamento ottico (7) e per sostanzialmente tutto detto primo tratto di accoppiamento ottico (3), dove detta interfaccia
30 (6) è disposta in prossimità, o in corrispondenza, di detta porzione centrale (70), dove detto primo elettrodo (8) comprende almeno due sotto-elettrodi disposti rispettivamente da parti longitudinalmente opposte del primo tratto di accoppiamento ottico (3), e dove detto secondo elettrodo (9) comprende una pluralità di sotto-elettrodi tra loro distinti e longitudinalmente distribuiti lungo almeno parte di detto primo tratto di accoppiamento

ottico (3).

7. Dispositivo (99) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 5 o 6, dove la seconda guida d'onda ottica (2) comprende una rispettiva prima (4) e seconda regione (5) aventi una rispettiva tipologia di drogaggio tra loro differenti e aventi una rispettiva reciproca interfaccia (6) almeno parzialmente disposta in corrispondenza del secondo tratto di accoppiamento ottico (7), dove anche detta seconda guida d'onda ottica (2) è una guida d'onda a costola in corrispondenza di detto secondo tratto di accoppiamento ottico (7), dove detta prima guida d'onda ottica (1) ha detta prima porzione laterale (71) in comune con una prima porzione laterale (71) di detta seconda guida d'onda ottica (2) almeno in corrispondenza dei rispettivi primo (3) e secondo tratto di accoppiamento ottico (7), dove detto primo elettrodo (8) è in contatto elettrico con detta prima porzione laterale (71) in comune in prossimità di, ed esternamente a, detti primo (3) e secondo tratto di accoppiamento ottico (7), dove detto dispositivo (99) comprende un ulteriore elettrodo (14) elettricamente connesso a detta seconda guida d'onda ottica (2) da parte opposta dell'interfaccia (6) della seconda guida d'onda ottica rispetto a detto primo elettrodo (8), detto ulteriore elettrodo (14) essendo in contatto elettrico con una seconda porzione laterale (72) della seconda guida d'onda ottica (2) in corrispondenza del secondo tratto di accoppiamento ottico (7), e dove anche l'interfaccia (6) della seconda guida d'onda ottica (2) si sviluppa sostanzialmente parallelamente a detta direzione longitudinale (100).
8. Dispositivo (99) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, comprendente un piano di simmetria longitudinale e un piano di simmetria trasversale, dove una densità di drogaggio di almeno una di dette prima (4) e seconda regione (5) di almeno una di dette prima (1) e seconda guida d'onda ottica (2) in corrispondenza di una rispettiva area di contatto con un rispettivo elettrodo (8, 9, 12, 13, 14) è maggiore di una densità di drogaggio di una parte restante della rispettiva regione, dove detta densità di drogaggio della prima (4) e/o della seconda regione (5) in corrispondenza della rispettiva area di contatto è maggiore o uguale a 10^{15} atomi/cm³ e minore o uguale a 10^{21} atomi/cm³, e dove detta densità di drogaggio della parte restante della prima e/o seconda regione è maggiore o uguale a 10^{14} atomi/cm³ e minore o uguale a 10^{18} atomi/cm³.
9. Metodo di sintonizzazione di un dispositivo (99) di accoppiamento ottico, il metodo comprendendo:
- predisporre detto dispositivo (99) di accoppiamento ottico secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti;
 - applicare una differenza di tensione elettrica tra detti primo (8) e secondo elettrodo (9)

per applicare a detta interfaccia (6) della prima guida d'onda ottica (1) un campo elettrico;
- introdurre un segnale ottico in ingresso a detto primo ingresso (10);

- regolare un valore di detta differenza di tensione elettrica per variare un rapporto tra potenze ottiche di un primo segnale ottico in uscita da detta prima uscita (11) e un
5 secondo segnale ottico in uscita da detta seconda uscita (21).

10. Metodo secondo la rivendicazione 9, comprendente:

- applicare una rispettiva differenza di tensione elettrica tra detti terzo (12) e quarto elettrodo (13), o tra detti primo (8) ed ulteriore elettrodo (14), per applicare a detta interfaccia (6) della seconda guida d'onda ottica (2) un rispettivo campo elettrico;

10 - regolare un valore di detta rispettiva differenza di tensione elettrica tra detti terzo (12) e quarto elettrodo (13), o tra detti primo (8) ed ulteriore elettrodo (14), per variare detto rapporto tra le potenze ottiche,

dove detto metodo comprende inoltre applicare detta differenza di tensione elettrica tra detti primo (8) e secondo elettrodo (9) con segno opposto rispetto a detta rispettiva

15 differenza di tensione elettrica applicata tra detti terzo (12) e quarto elettrodo (13), o tra detti primo (8) ed ulteriore elettrodo (14).

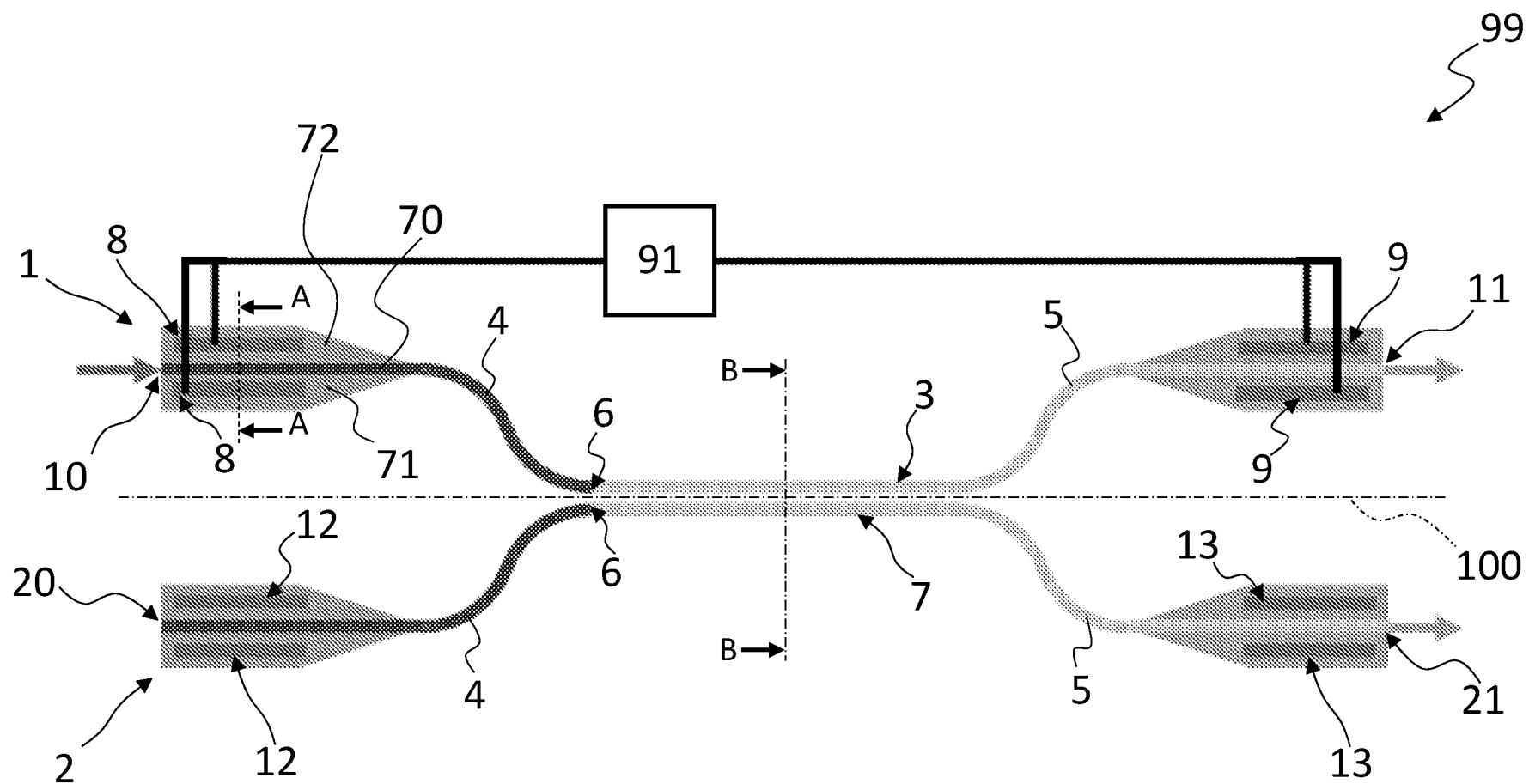


FIG.1

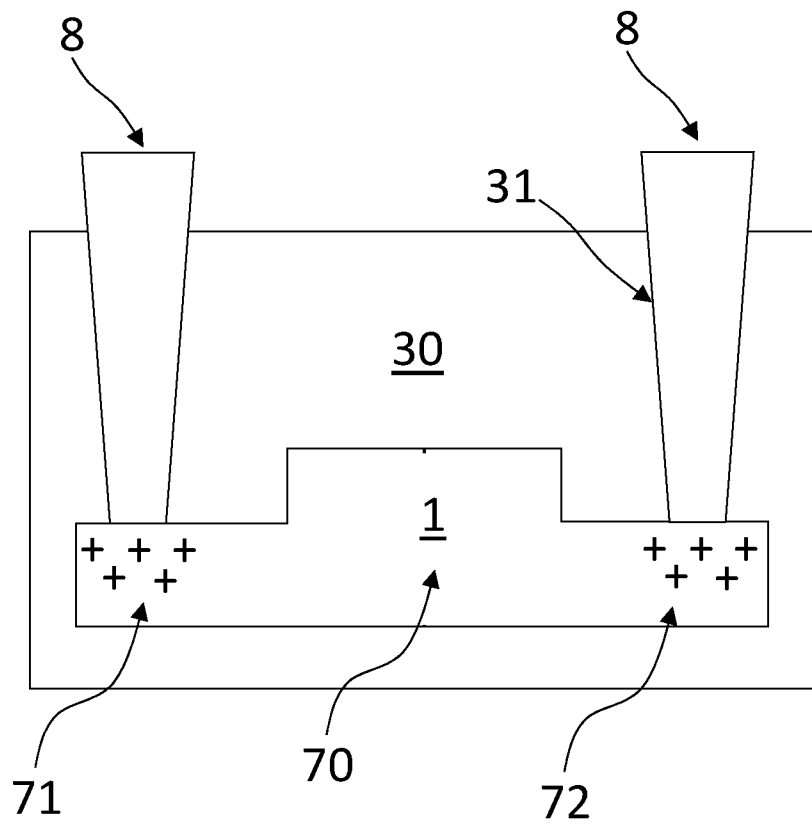


FIG. 2

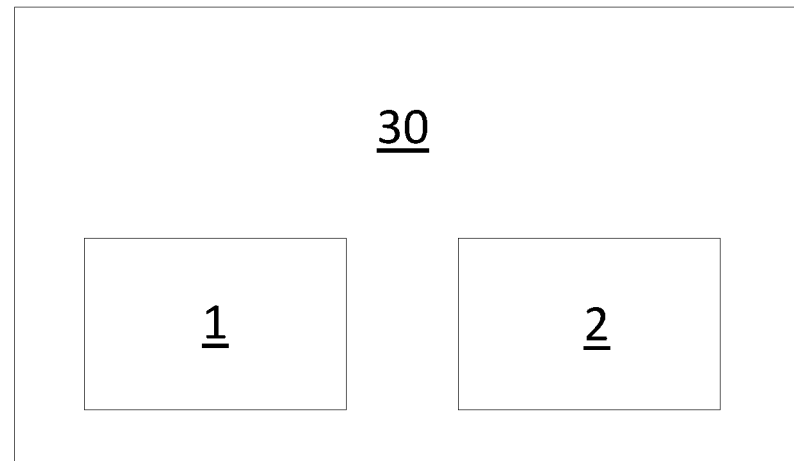


FIG. 3

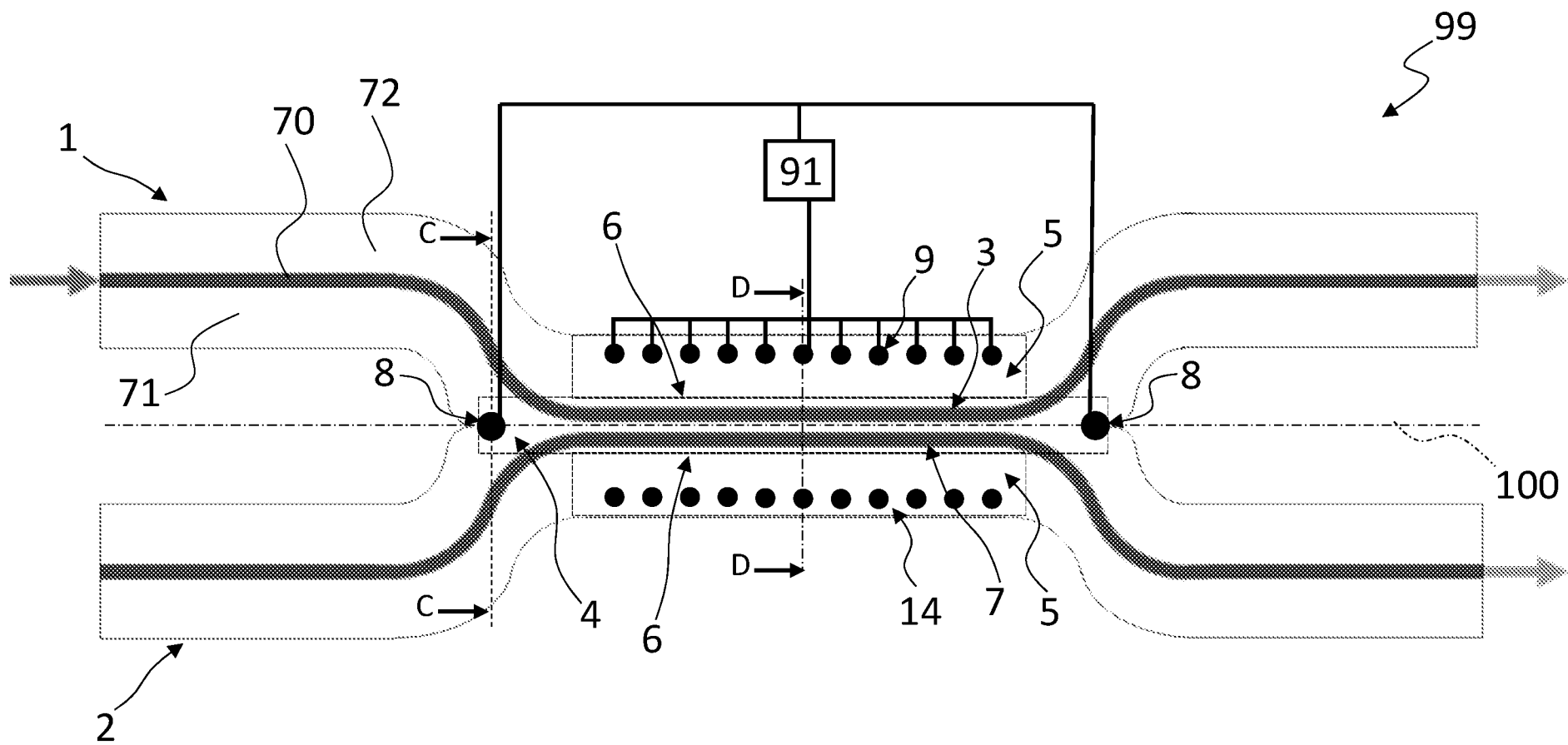


FIG.4

FIG.5

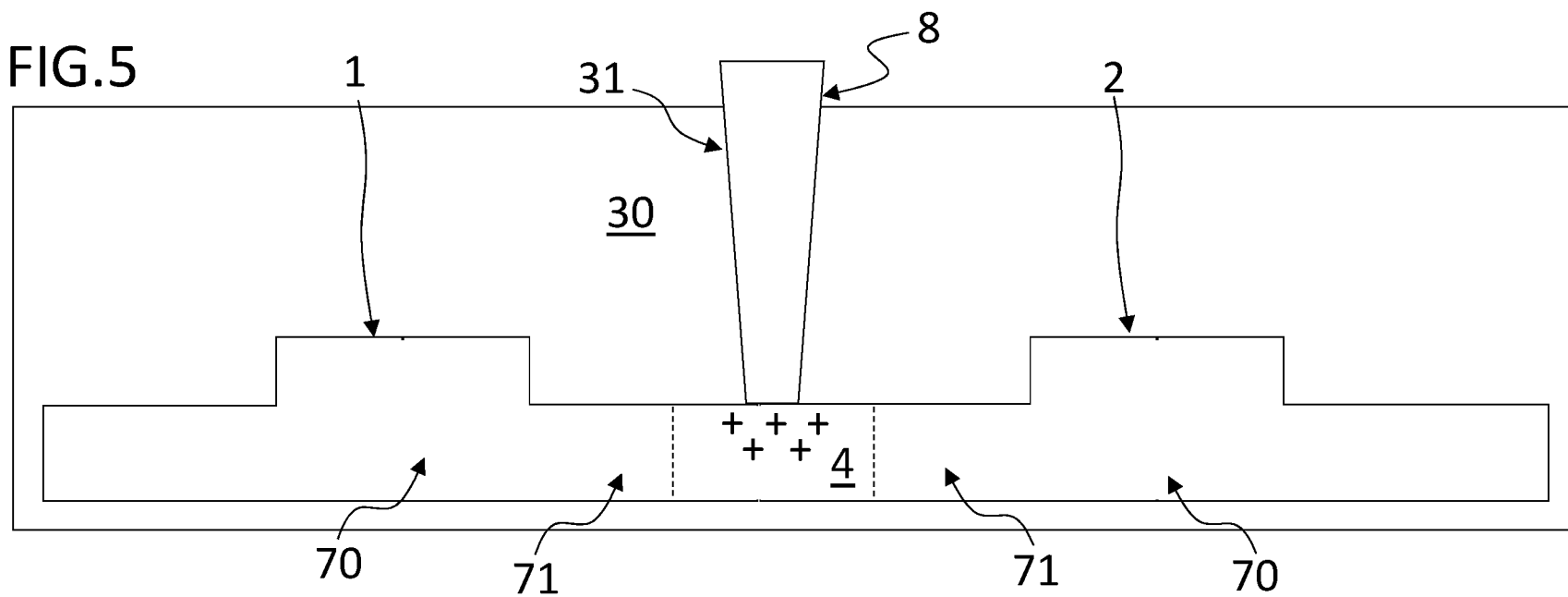


FIG.6

