

410003

73



P.- 55.128

TI-4785

SPAIN

Int. Cl.<sup>2</sup>: H01P//G06F

MEMORIA DESCRIPTIVA

para solicitar PATENTE DE INVENCION por 20 AÑOS

A nombre de TEXAS INSTRUMENTS INCORPORATED

entidad norteamericana

establecida en 13500 North Central Expressaway, Dallas,  
Texas, Estados Unidos de América.

por: "UN DISPOSITIVO CONMUTADOR DE PAR DE GUIAONDAS  
ASIMETRICO"

(Clase Internacional G06f, H01p)

25-9-73

-1-



El presente invento se refiere a sistemas  
ópticos de tratamiento de datos en general y, mas  
particularmente, a sistemas tales que incluyen con-  
mutadores ópticos asimétricos de dos guias de ondas  
5 de película delgada en donde la conmutación se rea-  
liza por interacción de ondas ópticas y ondas  
acústicas .

Como resultado del desarrollo de fuentes  
ópticas perfeccionadas y dispositivos asociados, los  
10 sistemas ópticos de tratamiento de datos se han  
hecho mas realizables. Sin embargo, para obtener pro-  
vecho plenamente de las ventajas de tales sistemas,  
puede disponerse la miniaturización de los compo-  
nentes e integración de las funciones separadas.

15 Un paso notable hacia la consecución de un sistema de  
óptica integrada implica la fabricación de compo-  
nentes ópticos de película delgada para la realiza-  
ción de funciones discretas. En el campo de los  
dispositivos pasivos, han sido fabricadas guias de  
20 ondas ópticas en geometría de película delgada  
mediante la utilización de películas cristalinas  
delgadas evaporadas, películas de vidrio obtenidas  
por pulverización iónica y películas de organosilicio  
depositadas por plasma. Las medidas han indicado  
25 que las películas obtenidas por pulverización





óptica integrada.

En conformidad, un objeto del presente invento es la creación de un conmutador para conmutar de una guía de ondas ópticas a otra.

5 Un objeto adicional del invento es la creación de un conmutador de un par de guías de ondas o guíaondas asimétricas.

Otro objeto del invento es un conmutador de un par de guíaondas asimétricas en donde una señal es conmutada desde una guía de ondas a una segunda  
10 guía de ondas en respuesta a una onda acústica de superficie.

Brevemente, de acuerdo con el invento, se crean métodos y aparatos para conmutar una señal de una  
15 guía de ondas óptica dieléctrica a otra. Mas particularmente, un conmutador de dos guíaondas asimétricas incluye dos guíaondas dieléctricas asimétricas. Cada guía de ondas tiene una constante de propagación preseleccionada, para la cual puede sostener la propagación de  
20 una señal. Las guías de ondas están separadas, excepto en el lugar donde tiene lugar la conmutación, en cuyo punto las guías de onda están en estrecha proximidad (separadas en general en una distancia del mismo orden de magnitud que el ancho de las guías de ondas). Se disponen medios  
25 para variar la constante de propagación de la guía de



ondas portadora de señal a un valor que no sostendrá la propagación de señal. Los medios son también eficaces para cambiar la constante de propagación de la otra guía de ondas a un valor que sostendrá la propagación de señal. De este modo, la señal es acoplada de una guía a la otra.

En una realización preferida los medios para variar la constante de propagación de las guías de ondas comprenden interacción de una onda acústica de superficie con las guías de ondas. La onda acústica es generada definiendo transductores interdigitales sobre una película piezoeléctrica que está depositada sobre la región en que las guías de ondas están muy próximas.

Se crea también, de acuerdo con el invento, un método para conmutar una señal de una guía de ondas a otra. El método incluye las operaciones de generar una onda acústica de superficie y producir la interacción de la onda acústica de superficie con las guías de ondas ópticas para variar efectivamente las constantes de propagación de las mismas para realizar la conmutación de la señal.

Quedarán puestos de manifiesto otros objetos y ventajas al leer la siguiente descripción detallada de realizaciones ilustrativas en combinación



con los dibujos, en donde:

La figura 1 es una vista en perspectiva, en corte transversal parcial, de un conmutador de un par de guías de ondas asimétricas de acuerdo con el invento;

5 Las figuras 2A y 2B ilustran gráficamente la distribución de campo del modo fundamental de propagación de guías de ondas ópticas adecuadas para utilización en el conmutador de la figura 1;

10 Las figuras 3A y 3B ilustran gráficamente la interacción entre dos guías de ondas ópticas dieléctricas muy próximas con una señal que se propaga solamente en una de ellas.

15 La figura 4 es una vista en planta que ilustra esquemáticamente el funcionamiento del conmutador de un par de guías de ondas asimétricas de acuerdo con el invento;

Las figuras 5A-5D ilustran gráficamente la distribución de campo de las guías de ondas ilustradas en la figura 4, que representa el funcionamiento del conmutador;

20 La figura 6 ilustra esquemáticamente la acción de conmutación del par de guías de ondas asimétricas en respuesta a una onda acústica de superficie;

25 La figura 7 ilustra esquemáticamente una realización variante de un conmutador de dos guías de ondas; y



Las figuras 8A-8D son vistas en corte transversal que ilustran la fabricación del par de guiaondas asimétricas de acuerdo con el invento;

5                   Con referencia ahora a los dibujos, y por el momento a la Figura 1, se ilustra un conmutador de un par de guiaondas asimétricas de acuerdo con el invento. El conmutador incluye dos canales independientes de guiaondas 10 y 12. Preferiblemente, las guiaondas 10 y 12 están definidas por un primer medio dieléctrico  
10                   embebido en un segundo dieléctrico 14 que tiene un índice de refracción más bajo que el dieléctrico utilizado para las guias 10 y 12. Las estructuras de guiaondas están formadas sobre un substrato 16 adecuado. A modo de ejemplo, un substrato adecuado puede ser un semiconductor del grupo III-V, tal como el GaAs. El substrato  
15                   está soportado mecánicamente sobre un soporte 15 adecuado. Materiales dieléctricos adecuados incluyen el vidrio de calcogenuro que puede ser dispuesto por pulverización iónica en RF sobre substratos de materiales de los  
20                   grupos III-V utilizando técnicas convencionales. Pueden obtenerse diferencias apropiadas de índices de refracción mediante ajustes mínimos de la composición del vidrio. También, pueden introducirse variaciones de índice de refracción utilizando implatación iónica y técnicas de  
25                   haz electrónico.



Como se ilustra en la figura 1, las guías 10 y 12 independientes están separadas en una distancia mayor que el orden de magnitud del ancho de las respectivas guías, excepto en la región en donde se desea la conmutación de una guía de ondas a la otra. En esta región las dos guías de ondas están separadas próximamente en general en una distancia del mismo orden de magnitud que los anchos de las respectivas guías de ondas. En la región muy próxima está depositada una película 18 piezoeléctrica. A modo de ejemplo, la película 18 puede componerse de óxido de zinc. Pueden ser utilizadas otras películas piezoeléctricas adecuadas conocidas en la técnica.

Los transductores 20 y 22 de onda acústica de superficie interdigitales están definidos sobre la película 18 piezoeléctrica para permitir la emisión de una onda acústica de superficie en la región del conmutador de un par de guías de ondas donde las guías 10 y 12 están muy próximas. Como se explicará con detalle posteriormente, la onda acústica de superficie permite la conmutación de una guía a la otra. Los transductores interdigitales de onda de superficie y el método de fabricación son bien conocidos en la técnica y no necesitan describirse aquí con detalle.

En esta ocasión puede ser beneficiosa



para una mejor comprensión del invento una breve descripción de las estructuras de guías de ondas ópticas pasivas.

5 Las ondas electromagnéticas de frecuencias ópticas pueden ser guiadas en placas dieléctricas y estructuras de guías de ondas, en donde el índice de refracción de la estructura es mayor que el del medio que la rodea. Es posible la propagación de modo único en el modo de orden más bajo para dimensiones apropiadas de la configuración geométrica, de modo que los modos de orden superior están bajo corte para la frecuencia de interés.

10 Considerando una guía de ondas de sección transversal rectangular de índice  $n_2$  embebida en un medio de índice  $n_1$ , siendo  $n_2 > n_1$ , la energía correspondiente al modo de orden más bajo está confinada casi totalmente en la región de índice más alto si

20

$$n_1 = n_2 (1 - \Delta)$$

20 donde

$$\Delta \approx 3 \frac{(\lambda_0)^2}{W}$$

$\lambda_0$  = longitud de onda en el espacio libre,

25



5  $W =$  ancho de la región de índice  $n_2$ ,  
siempre que  $2 \lambda_0 / W n_2 \ll 1$ . Sin embargo, esto permite  
que se propaguen igualmente varios modos de orden  
superior. Todos los modos de orden superior estarán  
bajo corte, permitiendo la propagación solamente en  
el modo de orden inferior para

$$\frac{W}{\lambda_0} (n_2^2 - n_1^2)^{1/2} \approx 0,8$$

10 o aproximadamente

$$\sqrt{2} \frac{W}{\lambda_0} n_2 \triangle^{1/2} \approx 0,8 .$$

15 Para evitar la conversión de modo y pérdida  
de radiación en los codos de la guía de ondas sobre la  
superficie, el radio mínimo de curvatura debe ser  
mayor que  $R_{MIN}$  ,

20

$$R_{MIN} \approx \frac{n_1^2 W^3}{4 \lambda_0^2} .$$

25



Pueden ser utilizadas varias técnicas para emitir una onda óptica en la guía de película. Los acopladores de prisma y retículas de difracción de superficie son medios eficientes de acoplamiento de un rayo Laser en la guía.

Con referencia ahora a las figuras 2A y 2B, se ilustran guías de ondas adecuadas para utilización en el conmutador de un par de guías de ondas asimétricas de la figura 1. La guía 30 de ondas tiene una constante  $k_a$  de propagación; la distribución de campo que corresponde al modo fundamental de propagación de la guía 30 está ilustrada en 32. En la figura 2B se ilustra la otra guía 34 de onda del par de guías de ondas asimétricas. La guía 34 de ondas tiene una constante  $k_b$  de propagación que es diferente de  $k_a$ . La distribución de campo correspondiente al modo de propagación fundamental de la guía 34 está ilustrada en 36.

Con referencia al conmutador de dos guías de ondas ilustrado en la Figura 1, supóngase primero que se está propagando solamente en la guía 10 de ondas una onda que tiene una distribución 32 de campo. En la región en que las guías 10 y 12 están muy próximas, referenciada en general en 35 en la figura 1, la guía 12 tendrá una ligera influencia



sobre la distribución de campo de la onda que se propaga en la guía 10. Esto está ilustrado gráficamente en la figura 3A, en donde la interacción de dos guías muy próximas produce una ligera perturbación 20 en la guía 12. La interacción con la guía 12 produce una nueva constante  $k'_a$  de propagación para la guía 10 en la región 35. Sin embargo,  $k'_a$  es aproximadamente igual a  $k_a$ . Después de propagarse la onda 32 más allá de la región 35, en donde las dos guías están muy próximas, la guía 10 está caracterizada nuevamente por una constante  $k_a$  de propagación y la onda 32 continúa propagándose sin atenuar en la guía 10, habiendo experimentado solamente una ligera pérdida debido a la interacción.

Similarmente, para la situación en que se propaga en la guía 12 una onda que tiene una distribución 34 de campo inicialmente, y no está presente ninguna señal en la guía 10, la guía 12 presentará, en la región 35 en que las guías 10 y 12 están muy próximas, una constante  $k'_b$  de propagación que es aproximadamente igual a  $k_b$ . Esto está ilustrado gráficamente en la figura 3B. Como se representa, solamente se produce una pequeña perturbación 42 en la guía 10 como resultado de la onda 36 que se propaga en la guía 12.



-30-

Se describirá ahora con referencia a las figuras 4-6 el funcionamiento del par de guíasondas asimétricas acopladas acústica y ópticamente de acuerdo con el invento. Las guíasondas A y B asimétricas están separadas inicialmente en una distancia sustancial, tal como se ilustra en la región 40. A modo de ejemplo, es preferido que esta separación sea mayor que el orden de magnitud del ancho de una de las guías, con el fin de reducir la interacción entre ellas. Las distancias de separación no son, sin embargo, críticas. Las guías A y B pueden estar definidas por materiales dieléctricos embebidos en un soporte dieléctrico que tiene un índice de refracción más bajo que las guías, como se ha explicado anteriormente. Los materiales dieléctricos pueden estar formados sobre un substrato adecuado tal como GaAs (no representado en la figura 4). Se describirá a continuación, con referencia a las figuras 7A-7D, una técnica adecuada para formar las guías de ondas.

Las dos guías A y B están en estrecha proximidad en la región 42. A modo de ejemplo, las guías pueden estar separadas en una distancia del mismo orden de magnitud que el ancho de las guías. En la región 42 está depositada una película piezoeléctrica. Los transductores 44 y 46 interdigitales están formados sobre la película piezoeléctrica utilizando técnicas

3 v.



convencionales. Están incluidos medios (no representados) para aplicar señales a los transductores con el fin de emitir una onda acústica de superficie en la región 42. Como se ha indicado anteriormente, la onda acústica de superficie es eficaz para alterar la constante de propagación de las guías A y B .

Considerése, por ejemplo, una señal que se propaga inicialmente en la guía A. En ausencia de una onda acústica, una señal que llega por la guía A se propagará a través del dispositivo según el modo "A" de dos guías y saldrá, aún en la guía A, habiendo sufrido solamente una pequeña pérdida de acoplamiento, como se ilustra en las figuras 2-3. Sin embargo, de acuerdo con el presente invento, son utilizadas interacciones acústico ópticas en una guía de ondas dieléctrica para producir conversión de modo mediante la suma y resta vectorial para cambiar la constante de propagación. De este modo, en la Figura 4, cuando se propagan ondas acústicas a través del dispositivo con  $\Delta k = k'_b - k'_a$ , se producirá la conversión al modo "B". La interacción acústico-óptica en la guía portadora de señal cambiará la constante de propagación a un valor que la guía no puede sostener. Sin embargo, puesto que la nueva constante  $k'_b$  puede ser sostenida por la guía adyacente vacía, se refuerza grandemente



el acoplamiento entre las guías.

La conmutación de la señal desde la guía A a la guía B está ilustrada gráficamente en las figuras 5A-5D. En la figura 5A puede verse que está presente una señal solamente en la guía A. En la

5 figura 5B se ilustran los valores de señal relativos presentes en las guías A y B en la vecindad del transductor 44. Aquí la interacción de la guía B con la guía A cambia la constante de propagación de la guía A a un valor  $k'_a$ . Las interacciones acústico-ópticas

10 que resultan de las ondas acústicas de superficie generadas por el transductor 44 cambian la constante de propagación de la guía A a un valor que no puede sostener la guía. Las interacciones acústico-ópticas,

15 sin embargo, producen una constante  $k'_b$  de propagación que es de un valor que puede ser sostenido en el canal B vacío. De este modo, en la región situada entre los transductores 44 y 46, la señal propagada inicialmente en el canal A, se extingue, mientras que el canal B anteriormente vacío mantiene a una

20 señal. En otras palabras, la señal es acoplada desde el canal A al canal B como resultado de las interacciones acústico-ópticas. Esto está ilustrado en la figura 5C. Las flechas referenciadas en general en 45 (figura 4) ilustran esquemáticamente el acoplamiento de la se-

25 ñal desde la guía A a la guía B.



En la figura 5D está ilustrada la distribución de señal del acoplamiento de la señal de la guía A a la guía B y la separación de las dos guías.

5 El acoplamiento de una señal desde una guía de ondas a una guía de ondas adyacentes como resultado de interacciones acústico-ópticas está ilustrado en la figura 6, en donde una señal representada por el vector  $\vec{k}_b$  se propaga inicialmente en la guía B. Este vector representa el modo fundamental de propagación de la

10 guía B. Una onda acústica de superficie produce interacción acústico-óptica representada por el vector  $\vec{\Delta k}$ . La suma del vector  $\vec{\Delta k}$  al vector  $\vec{k}_b$  produce una señal que no puede ser sostenida por la guía B. Sin embargo, la señal resultante está en concordancia con

15 el vector  $\vec{k}_A$  que puede ser sostenida por el canal A adyacente y, en efecto, la señal es acoplada desde la guía B a la guía A.

En la figura 7 se ilustra una realización variante del conmutador de un par de guías de ondas de acuerdo con el invento. En esta realización

20 están definidas dos guías de ondas A y B ópticas dieléctricas, de tal modo que están muy próximas entre sí (generalmente en una distancia del mismo orden de magnitud que el ancho de una de las guías) en la región donde se

25 desea la conmutación. El vector,  $\vec{k}_{1a}$  de propagación



del modo  $TE_{1a}$  fundamental de la guía A no está en concordancia con un vector  $\vec{k}_{1b}$  de propagación para cualquiera de los modos  $TE_{1b}$  de la guía B de ondas. Sin embargo, un vector  $\vec{K}_{3a}$  de propagación correspondiente al modo  $TE_{3a}$  de la guía A de ondas está en concordancia con un vector  $\vec{K}_{1b}$  de propagación de la guía B de ondas. Preferiblemente, este vector es  $\vec{K}_{1b}$  que corresponde al modo  $TE_{1b}$  fundamental de la guía B de ondas.

5

10

15

20

25

Está definido un transductor 45 de onda acústica de superficie en posición adyacentes a la guía A de ondas. en un lugar que será atravesado por una señal en la guía A, anterior al punto donde se desea conmutar la señal a la guía B de ondas. El transductor puede comprender un diseño o modelo interdigital de electrodos definido sobre una película piezoeléctrica (no representada) de un modo similar al ilustrado con respecto al transductor 44 (figura 4). El transductor 45, sin embargo, emite una onda de superficie que produce interacción solamente con la guía A de ondas. La onda acústica de superficie emitida por el transductor 45 está definida de modo que tiene un vector  $\vec{\Delta k}$  de propagación que es igual a  $\vec{K}_{1a} - \vec{K}_{3a}$ . De este modo, si no es emitida la onda acústica de superficie, la señal permanecerá en la guía A de ondas. Sin embargo, en respuesta a una onda acústica que





la estructura en esta etapa de fabricación. En la  
operación siguiente, se dispone por pulverización ióni-  
ca en RF una segunda película 58 de vidrio de calcogenuro  
que tiene un índice de refracción más bajo que el vidrio  
5 52 alrededor de las guías 56 y 57 de ondas. Se define  
entonces una película 60 piezoeléctrica sobre la super-  
ficie de la capa 58 de vidrio utilizando técnicas conven-  
cionales. La película 60 se forma preferiblemente sólo  
en la región en donde están muy próximas las dos guías  
10 56 y 57 de ondas. Finalmente, se definen transductores  
interdigitales de onda de superficie (no representados)  
en la capa 60 piezoeléctrica utilizando métodos adecuados  
bien conocidas en la técnica.

Aún cuando se ha descrito el presente  
15 invento con detalle respecto a una realización ilustra-  
tiva, se observará que resultarán evidentes diversos  
cambios para los expertos en la técnica sin apartarse  
de la esencia o campo del invento. Por ejemplo, aún  
cuando está representada la onda acústica propagándose  
20 longitudinalmente a lo largo de la estructura de dos  
guías, puede utilizarse también propagación trans-  
versal.

La presente solicitud, que corresponde  
a la presentada en Estados Unidos de América, el 26  
25 de Octubre de 1972, bajo el Nº 300.953, se acoge a los



beneficios del Artículo 51 del vigente Estatuto sobre propiedad Industrial.

5

REIVINDICACIONES

10 Los puntos de invención propia y nueva, que se  
representan para que sean objeto de esta solicitud de  
Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los  
que se recogen en las reivindicaciones siguientes:

15 1º.-Un dispositivo conmutador de par de  
guiaondas asimétrico, que comprende: (a) una primera  
guia de ondas óptica dieléctrica, portadora de señal,  
caracterizada por una primera constante de propagación;  
20 (b) una segunda guia de ondas óptica dieléctrica separada  
de dicha primera guia de ondas y que tiene una segunda  
constante de propagación; y (c) medios para variar dicha  
primera constante de propagación a un valor que corresponde  
a la constante de propagación de dicha segunda guia de  
25 ondas, permitiendo así la conmutación de dicha señal  
desde dicha primera guia de ondas a dicha segunda guia  
de ondas.






2º.-Un dispositivo conmutador de par de  
guiaondas asimétrico para acoplar una señal presente  
en una guia de ondas a la otra guia de ondas, que  
comprende: (a) primera y segunda guias ópticas  
5 dieléctricas de ondas separadas, caracterizado por  
diferentes constantes de propagación, estando  
destinada una de dichas guias de ondas a propagar  
una señal de entrada; y (b) medios para provocar la  
interacción de una onda acústica de superficie con  
10 al menos dicha guia de ondas portadora de señal para  
cambiar la constante de propagación de la misma a un  
valor que corresponde al modo fundamental de propagación  
de la otra guia de ondas, permitiendo así la con-  
mutación de la señal desde una guia de ondas a la otra.

15 3º.-Un dispositivo según la reivindicación 2,  
en donde dichos medios comprenden: (a) una película  
piezoeléctrica dispuesta sobre una porción de al menos  
dicha guia de ondas portadora de señal; y (b) un trans-  
ductor interdigital de onda de superficie definido sobre  
20 dicha película piezoeléctrica.

4ºUn dispositivo conmutador de par de guia-  
ondas asimétrico , que comprende; (a) un substrato  
que tiene una superficie principal; (b) un primer  
dieléctrico que tiene un primer índice de refracción  
25 preseleccionado, habiéndose dispuesto un diseño sobre

 27-9-73

10



5 dicho primer dieléctrico para definir un par de guías de ondas separadas; (c) un segundo dieléctrico que tiene un segundo índice de refracción más bajo que dicho índice de refracción preseleccionado, cubriendo dicho segundo dieléctrico dichas guías de ondas; (d) una película de material piezoeléctrico que recubre una porción de dicho par de guías de ondas; y (e) un transductor interdigital de onda de superficie definido sobre dicha película para generar una onda acústica de superficie en la misma.

10 5<sup>a</sup>.- Un dispositivo según la reivindicación 4, en donde dichas guías de ondas son sustancialmente paralelas en una porción de su longitud y están separadas en una distancia del mismo orden de magnitud que el ancho de una de las guías, estando separadas dichas guías de ondas una distancia sustancial en todas las regiones, excepto en dicha porción sustancialmente paralela.

15 6<sup>a</sup>.- Un dispositivo según la reivindicación 5, en donde dicho substrato es un material semiconductor.

20 7<sup>a</sup>.- Un dispositivo según la reivindicación 6, en donde dicho substrato semiconductor es GaAs.

25 8<sup>a</sup>.- Un dispositivo según la reivindicación 7, en donde dichos primer y segundo dieléctricos comprenden vidrio de calcogenuro.



10 JUN.



9<sup>a</sup>.- UN DISPOSITIVO CONMUTADOR DE PAR DE GUIA  
ONDAS ASIMETRICO.

Tal y como se ha descrito en la Memoria que  
antecede, representado en los dibujos que se acompañan  
5 y para los fines que se han especificado.

Esta Memoria consta de veintitres hojas es-  
critas a máquina por una sola cara.

Madrid, 10 JUN. 1974

10

P.A.

Alberto de Eizaburo  
Por Eizaburo

20-5-74  
jui

- 23 -



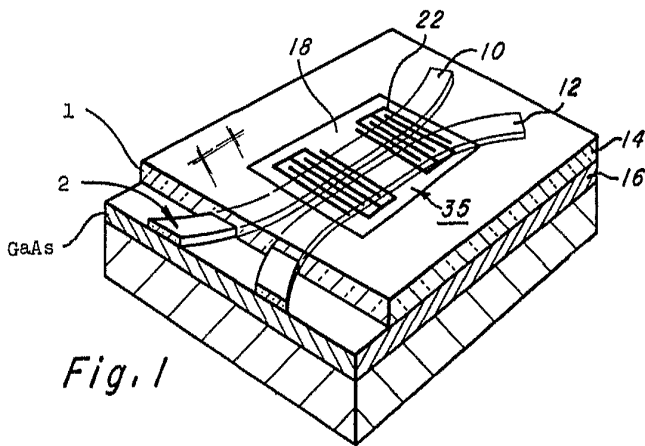


Fig. 1

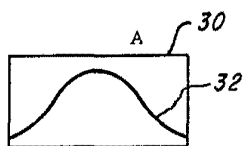


Fig. 2A

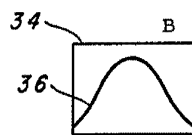


Fig. 2B

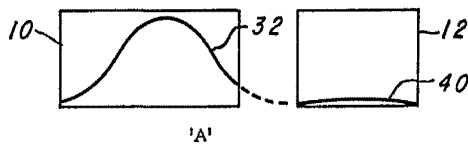


Fig. 3A

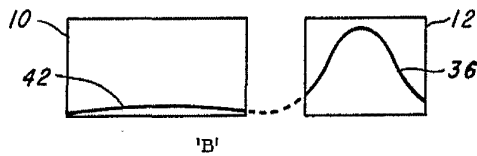


Fig. 3B

ALL RIGHTS RESERVED  
 BY INVENTOR

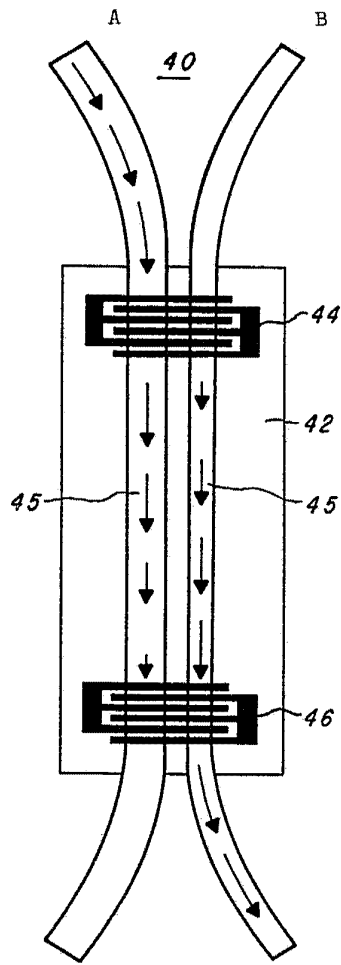


Fig. 4

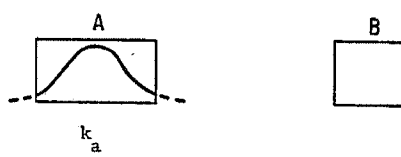


Fig. 5A

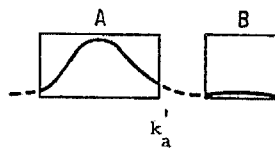


Fig. 5B

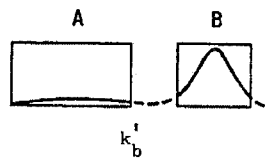


Fig. 5C

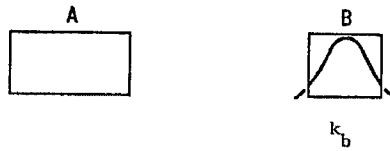


Fig. 5D

*Handwritten signature or initials.*

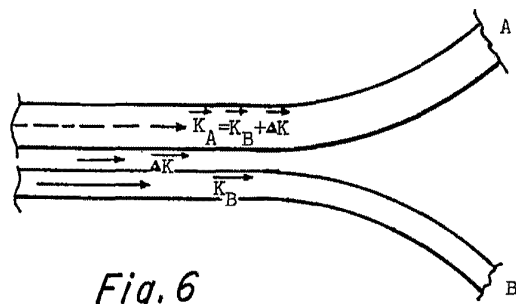


Fig. 6

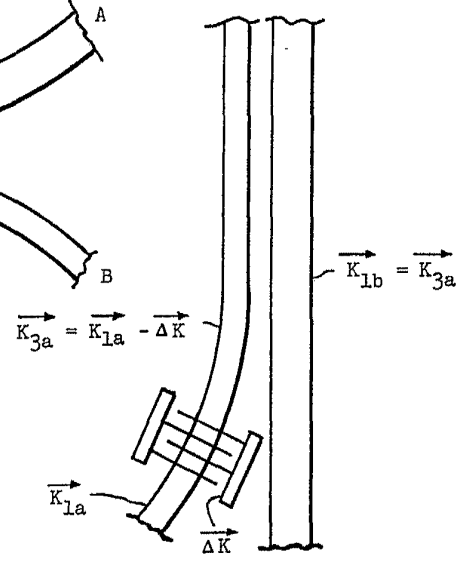


Fig. 7

Fig. 8A

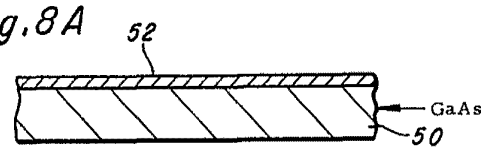


Fig. 8B

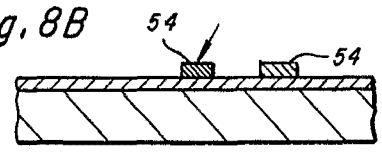


Fig. 8C

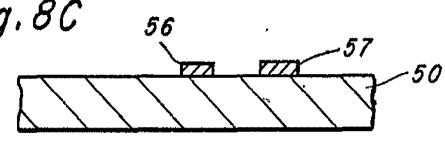


Fig. 8D

