

AB.

W.J. Tabor 4



322872

P A T E N T E   D E   I N V E N C I O N

=====

a favor de

WESTERN ELECTRIC COMPANY, INCORPORATED, de nacionalidad  
norteamericana, domiciliada en 195, Broadway (New York,  
N.Y. 10007)

por:

"Dispositivo óptico para producir imágenes múltiples  
de un solo objeto".

=====

M e m o r i a   d e s c r i p t i v a

Este invento se refiere a dispositivos para  
propagar energía ondulatoria electromagnética, luz  
típicamente visible y UV, y en particular a los que  
forman a la vez varias imágenes de un simple objeto.

5            Se sabe que las lentes de varias facetas, cono-  
cidas alternativamente por lentes reticulares o, en



322872

forma más descriptiva, por lentes de ojos de mosca, producen imágenes múltiples de un simple objeto. Tales lentes, útiles, por ejemplo, en la fabricación de semiconductores, como se expone en I.B.M. Journal of Research & Development, abril 1963/7, 2:146s, son difíciles de obtener sin defectos, y por ello las perfectas resultan costosas. Además, esas lentes se caracterizan por presentar distorsión, producida ante todo por variar la distancia entre la imagen y el eje óptico y por la imposibilidad general de obtener imágenes sin distorsión con una lente de un solo índice de refracción para la luz que incide en ella desde diferentes ángulos.

Un objeto de este invento es un dispositivo sencillo y relativamente económico para producir imágenes múltiples de un solo objeto.

De conformidad con este invento, se reconsidera el antiguo y respetado procedimiento de laboratorio de Huygens para mostrar la polarización en la calcita. En ese procedimiento, la disposición de la luz en un primer cristal de calcita se analiza observando su salida a través de un segundo cristal giratorio. Dando vuelta al segundo cristal, se alcanza una orientación a la cual un solo rayo de luz aparece como cuatro. Una reseña del experimento se ha publicado en la obra de Jenkins y White, "Fundamentals of Optic", 3ª ed., McGraw-Hill Book Co., Inc., 1957, pág. 499.

El solicitante se basa en este procedimiento fundamental para la provisión de un dispositivo práctico y relativamente económico de varios cristales, en el cual se proyectan sobre un plano de imagen una multitud de imágenes substancialmente exentas de distorsión. Concretamente, de



acuerdo con una forma de realización de este invento, varios prismas de Wollaston se orientan de modo que la luz que pasa por ellos es desviada por cada uno según dos ángulos distintos. Con  $n$  prismas de Wollaston la luz procedente de cada objeto se desvía según  $2n$  ángulos diferentes. Una lente convergente ordinaria enfoca la luz de salida a  $2n$  imágenes discretas, libres esencialmente y de distorsión e iguales en intensidad.

En consecuencia, un aspecto de este invento concierne a un dispositivo que consta de varios prismas de Wollaston, cada uno con una orientación fija respecto a los otros, para desviar la luz incidente por igual según dos ángulos distintos.

Aunque el invento se expone a base de prismas de Wollaston, debe entenderse que permite emplear otros cristales birrefringentes, por ejemplo, cristales simples de calcita, o prismas complejos de Rochon y Senarmont.

Los anteriores y otros objetos y aspectos del invento se comprenderán mejor por la siguiente descripción detallada, con referencia a los planos adjuntos, en los cuales:

La fig. 1, es una vista esquemática de un dispositivo de varios prismas conforme al invento, indicándose por E el eje del mismo.

La fig. 2, es una vista esquemática explotada de dos prismas adyacentes del dispositivo de la figura 1, que muestra la estructura interna de esos prismas y la formación en ellos de rayos múltiples, indicándose por EO la dirección del eje óptico de estos prismas.

Las figs. 3,4,5 y 6, son vistas de frente ampliadas

322872



5 de las emisiones del dispositivo de la figura 1 en sus diversas fases, representandose la desviación vertical en las figuras 4 y 6, y la desviación por orientación a  $45^\circ$  en la figura 5 y por la línea  $D45^\circ$  de la figura 3.

La fig. 7, es una vista esquemática de otro dispositivo de varios prismas conforme al invento.

10 En concreto, la figura 1 ilustra un dispositivo de varios prismas conforme al invento, el cual incluye, por ejemplo, cuatro prismas de Wollaston P1, P2, P3, P4 de espesor cada vez mayor, y una lente 11 situada junto al prisma P4. Los prismas contiguos están orientados  $45^\circ$  entre sí como se explica más adelante, y unidos por un material de índice de refracción adecuado.

15 En la figura 1, se ven los prismas de sección transversal cuadrada, para subrayar esta orientación de los cristales ; pero pueden ser de sección circular. Junto al prisma P1 se indica un foco de luz 12, separado del mismo por una placa 13 que tienen una abertura X, y una

20 lente 14. Cerca de la lente 11 se representa un plano de imagen ideal 15. En la práctica una fotografía colocada en la abertura X proporciona el objeto.

En actividad el foco 12 dirige un haz luminoso L por la abertura X y la lente 14. La abertura X define

25 la imagen, y la lente distribuye la luz en rayos paralelos. El foco 12 está regulado por un circuito externo usual, no incluido en los dibujos. El foco 12 puede ser, por ejemplo, una bombilla ordinaria (con un filtro apropiado, según se explicará después), una lámpara de vapor de sodio, o un maser óptico. Sirve igualmente luz pola-

30



322872

rizada y no polarizada. Si se quiere luz polarizada,  
puede situarse un polarizador (no representado) entre la  
placa 13 y la lente 14. Se supone, para esta descripción  
que el haz L no está polarizado, y que su dirección de  
5 propagación es normal a la superficie del prisma de Wo-  
llaston P1. Un prisma de Wollaston comprende dos cris-  
tales birrefringentes unidos entre sí, por ejemplo, con  
bálsamo de Canadá o con polímeros sintéticos, de modo  
que produzcan una doble refracción de un haz incidente  
10 en la superficie del primer cristal y perpendicular a su  
eje óptico. Por consiguiente, el eje óptico del primer  
cristal de un prisma de Wollaston se designa por eje  
óptico del prisma correspondiente. El prisma de Wollas-  
ton y su funcionamiento se describen en la obra de Jen-  
15 kins y White "Fundamentals of Optics", pág. 504. La do-  
ble refracción del haz dirigido al prisma P1 forma dos  
haces salientes de igual intensidad, con direcciones de  
polarización ortogonales entre sí. Estos dos haces sa-  
lientes se propagan en direcciones que forman reciproca-  
20 mente(un ángulo de desviación) A. El ángulo A está ali-  
neado con el eje óptico del prisma, y se indica en la  
figura 2 junto al prisma P1.

Con luz no polarizada, el eje óptico del prisma P1  
no necesita asumir una orientación especial. Para fines  
25 ilustrativos, se supone que el eje óptico del prisma P1  
es vertical, de modo que la interficie de sus dos cris-  
tales forma un ángulo  $\delta_1$  con el extremo inferior de la  
cara frontal(de incidencia) del prisma, según se ve en  
la figura 2. El prisma P1 divide la luz incidente en dos  
30 componentes polarizados dirigidos a lo largo de dos tra-



yectos distintos (según dos ángulos diferentes). Las dos direcciones de polarización se representan por las flechas y las líneas de trazos contiguas al prisma P1 en la figura 2 y por las flechas ortogonales en la figura 4. Debe entenderse que estas flechas representan simplemente el eje de vibración de la luz, más bien que una dirección particular. Los dos trayectos (ángulos) se indican con líneas de trazos L1 y L2 (fig. 2), y aparecen desviados a lo largo de la vertical, formando un ángulo A alineado con el eje óptico del prisma.

Dos distintos haces inciden en el prisma P2, representado por un prisma de Wollaston como el P1, pero su espesor  $t$  ( $t = f$ ) difiere del de éste, como se explica mas adelante. El eje óptico del prisma P2 está orientado (por giro en sentido antihorario, es decir de izquierda a derecha, en la figura 2) a  $45^\circ$  respecto al prisma P1, como se indica en las figuras 1 y 2. Tal orientación hace que cada haz incidente en el prisma P2 se divida en dos haces distintos con direcciones de polarización opuestas (ortogonales) y los ángulos de desviación  $A_{12}$  y  $A_{34}$  entre ellos están orientados a  $45^\circ$  respecto al comprendido entre los haces incidentes; es decir, el ángulo de desviación entre cada par de haces salientes está alineado con el eje óptico del prisma P2. Si las direcciones de polarización de las dos haces desde el prisma P1 fuesen vertical y horizontal, como indican las flechas en la figura 4, las de los haces que salen del prisma P2, aun siendo ortogonales entre sí, giran  $45^\circ$  (en sentido antihorario de izquierda a derecha, fig. 2), según indican las flechas contiguas al prisma P2 en la figura 2. En este aspecto, las flechas

322872



indicadas en las figuras 3,4,5 y 6 son imaginarias, pues la luz toma en cada caso la forma expuesta en las figuras con lentes imaginarias, como la lente l1. Se advierte que cada haz incidente produce un par de haces con direcciones de polarización ortogonales; una sigue al eje óptico, y la otra el ortogonal. Con haces incidentes L1 y L2, el prisma P2 proporciona haces salientes L'1, L'2 y L'3, L'4, respectivamente. Las flechas de la figura 5 muestran una vista de frente (mirando de derecha a izquierda en las figuras 1 ó 2) de las direcciones de polarización.

El tercer prisma P3 aparece como el prisma P1, orientado en la misma dirección, y con su eje óptico girado en sentido horario 45° respecto al prisma P2. El prisma P3 comprende un ángulo  $\delta_3$  correspondiente al ángulo  $\delta_1$  del prisma P1, pero mayor, como se explica más adelante. Una vez más, cada haz incidente en el prisma P3 se divide en dos haces de direcciones de polarización opuestas cada una a 45° respecto a la del haz incidente. Una orientación vertical del eje óptico del prisma P3 divide cada haz en dos haces verticalmente desviados, como se describe con relación a la figura 4. Por consiguiente, los cuatro haces (fig. 5) incidentes en el prisma P3 producen dos haces verticalmente desplazados entre sí, con direcciones de polarización ortogonales a 45° respecto a los haces incidentes. La vista de frente de los ocho haces resultantes se expone en la figura 6.

Estos ocho haces inciden en el prisma P4, orientado como el P2, o sea, a un ángulo de 45° (girando en sentido antihorario, de izquierda a derecha en la figura 1) res-

29 EN



322872

5 pecto al prisma P3. Además, el prisma P4 tiene un ángulo  
δ4 (fig. 1) que difiere del ángulo semejante del prisma  
de orden inmediato inferior, según se explica más adelan-  
te. Estos haces de luz se dividen también en dos, des-  
viados, análogamente por el prisma P4 a 45°, como se des-  
cribe con relación al prisma P2 y a la figura 5. Una vis-  
ta de frente de los dieciséis haces resultantes se expone  
en la figura 3. Debe subrayarse que la vista del plano  
de la imagen 15 en la figura 3 es de frente (de derecha  
10 a izquierda de la fig. 1) y opuesta a la ofrecida en la  
figura 1.

Los haces representados en la figura 3 están alinea-  
dos en hileras y columnas, y las hileras según un ángulo  
de 45° respecto a los ejes X e Y superpuestos. En este  
15 gráfico, las direcciones de polarización de los haces co-  
rrespondientes a las dos columnas de la derecha en la fi-  
gura son ascendentes hacia la derecha, como indican allí  
las flechas. La dirección de polarización de los haces  
correspondientes a las dos columnas de la izquierda, es  
20 ascendente hacia la izquierda, como indican las flechas  
así orientadas en la figura. El mismo diseño general  
se expone en la figura 6, donde los haces correspondientes  
a las dos hileras superiores siguen direcciones de polari-  
zación hacia la derecha, como indican en ella las flechas.  
25 Comparando las figuras 3 y 6 con las figuras 5 y 4, convie-  
ne señalar que como cada haz, según se indica en la fi-  
gura 4, da origen a dos (fig. 5) con direcciones de polari-  
zación ortogonales a 45° respecto al haz primitivo, cada  
haz en la figura 6 da haces análogos a los indicados en  
30 la figura 3. También conviene señalar que los ángulos de

322872

29 EN



desviación pasan de la vertical a la orientación de  $45^\circ$  en las figuras 4 y 5 y en las figuras 6 y 3, respectivamente.

5 Para simplificar, se representan cuatro prismas de Wollaston, por los cuales se hace pasar un solo haz entrante siguiendo  $2^n = 2^4$  o sea dieciséis ángulos separados. Los haces, en los diversos ángulos, son enfocados por la lente ll hacia dieciséis posiciones discretas, por ejemplo, sobre una placa fotografica situada en el plano de imagen. 10 Esta disposición final de los haces en dicha placa es la expuesta en la figura 1.

Para aplicaciones prácticas del dispositivo de la figura 1, conviene que los haces de luz puedan ser resueltos por la lente ll en un despliegue de imágenes equidistantes. Para ello, los ángulos  $\xi$  entre los cristales componentes de los prismas de Wollaston sucesivos varían de modo que el prisma P1 produzca 1 unidad de desviación de haces de luz incidentes,  $\sqrt{2}$  unidades el prisma P2, 2 unidades el prisma P3,  $2\sqrt{2}$  unidades el prisma P4, etc. Este 15 aumento sucesivo de desviación proporciona espacios iguales entre los haces salientes, como se aprecia examinando el triángulo formado entre las tres flechas superiores en la figura 3. Si las flechas de las hileras y columnas están a distancias iguales D, la comprendida entre flechas 20 adyacentes sobre una diagonal es de  $D\sqrt{2}$ . El modo más práctico de efectuar los cambios de ángulo  $\xi$  es utilizar prismas de Wollaston sucesivamente más gruesos, que correspondan al ángulo buscado. En el comercio se expenden prismas de Wollaston con ángulos  $\xi$  adecuados. Si los ángulos  $\xi$  25 de los prismas son iguales, más de un haz terminara en 30



322872

posiciones particulares en el plano de la imagen; por consiguiente, a prismas formarán menos de 2<sup>n</sup> haces, y variarán las intensidades de las imágenes producidas.

5 Un dispositivo del tipo expuesto en la figura 1, pero con ocho prismas de Wollaston de 2 x 2 cm, con orientaciones fijadas de acuerdo con este invento, produjeron 256 imágenes semejantes de igual intensidad y exentas de distorsión. Los primeros cuatro prismas eran de cuarzo, y los otros cuatro, de calcita. El ángulo de desviación entre los haces salientes proporcionados por cada uno de los prismas varió desde 30 minutos en el primer cristal hasta 4° en el último, por fases sucesivas (30 min, 1°, 2°, 4°), ajustándose a la relación descrita entre los ángulos  $\delta$  sucesivos. Se  
10 utilizó una lente para situar las imágenes en posiciones discretas.

Aunque el invento se describe a base de prismas de Wollaston con determinada estructura y disposición de orientaciones, debe entenderse que pueden emplearse  
20 otros prismas, exclusivamente o en combinación con los de Wollaston. Además, las orientaciones y las interfaces de los prismas pueden ser distintas de las descritas. Por ejemplo, la interficie en un prisma de Wollaston puede inclinarse hacia abajo y hacia atrás, como se  
25 ve en la figura 2. Por otra parte, el prisma de Wollaston, por ejemplo, el P1, puede orientarse de manera que desvíe los haces a posiciones dispuestas en sentido horizontal y no en el perpendicular como se indican en la figura 4. Los prismas sucesivos pueden colocarse también  
30 a 45° o 135°, en sentido horario o antihorario,



322872

5 respecto a los adyacentes. Los prismas sucesivos se pueden orientar a  $45^\circ$  mas, en sentido horario o antihorario disponiendo para ello una progresión helicoidal de orientaciones. Todos estos arreglos se consideran dentro de la finalidad del invento, y producen sólo un cambio en la distribución de los haces ( o las imágenes) salientes, como muestra la figura 3, al aplicarlos en la disposición de la figura 1.

10 Por otra parte, el eje óptico de cada prisma sucesivo puede orientarse a  $90^\circ$  respecto al inmediato siguiente, y, por ejemplo, entre ellos se colocan placas de  $1/4$  de onda o de media onda (mica o cuarzo) para el cambio adecuado de cada haz de luz polarizada en un plano, de un solo prisma, aun haz con direcciones de polarización ortogonales apropiadas para su propagación por el siguiente

15 prisma de orden superior, de conformidad con el invento. El eje óptico de una placa de  $1/4$  de onda se orienta a  $45^\circ$  respecto al eje óptico del prisma; el de una placa de media onda se orienta a  $22\ 1/2^\circ$  respecto al eje óptico del

20 siguiente prisma de orden inferior. Estos materiales se denominan "rotatores" en adelante. Otros materiales adecuados de separación, como los de Faraday, u ópticamente activos, como cuarzo, y soluciones de azúcar, sirven también para el caso. Estos materiales pueden necesitar o no

25 orientaciones fijas, como comprenderán los entendidos en la especialidad. La orientación a  $90^\circ$  de prismas sucesivos sirve para proporcionar desviaciones horizontales y verticales en el dispositivo, a fin de obtener un despliegue de imágenes.

30 La figura 7 muestra prismas de Wollaston P1', P2',

322872

29 ENE.



P3', P4', cada vez más gruesos, orientados a 90° respecto a los adyacentes. Esta orientación se aprecia por la posición de los ángulos  $\delta 1'$ ,  $\delta 2'$ ,  $\delta 3'$  y  $\delta 4'$ . Los prismas se representan separados por placas de onda WP1, WP2, WP3 y WP4, respectivamente. Las placas de onda se hacen girar sobre el eje del dispositivo a un ángulo respecto al prisma, según se indica. Como la figura 7, tiene por objeto ilustrar dispositivos con placas de  $1/4$  de onda o de media onda, el ángulo de orientación se indica agudo no especificado, de 45° y 22 1/2°, respectivamente. La pila de prismas y placas de onda está limitada por lentes l4' y l1', como se indica en la figura. Los diversos prismas y lentes llevan iguales números que los elementos análogos de la figura 1, para mostrar su concordancia. El dispositivo expuesto en la figura 7 puede reemplazar a la lente l4, los prismas P1-P4 y la lente l1 de la disposición de la figura 1. El resultado es sólo un cambio en la distribución de haces, como se indica en la figura 3.

Un foco de luz compatible con este invento proporciona un haz luminoso con un haz de longitudes de onda limitado por la resolución que interesa en el plano de imagen. En este aspecto, los prismas de Wollaston, por ejemplo desvían la luz de distintas longitudes de onda según ángulos diferentes. Así, para una luz que comprenda una banda de longitudes de onda, se introduce cierta dispersión en cada prisma. Si el foco es un maser óptico o una lámpara de vapor de sodio, el haz entrante consta esencialmente de una sola longitud de onda, y no plantea ningún problema. Si el foco es una lámpara ordinaria, se emplea un filtro que limite el margen de longitudes de onda. Tales

322872

29 EN



filtros son muy conocidos.

Es importante comprender, a este propósito, que como se utiliza aquí una técnica de polarización para producir imágenes múltiples, éstas se forman con luz de diferentes direcciones de polarización. Pero tales direcciones apenas influyen en las superficies de trabajo situadas en el plano de la imagen. Todo lo que se requiere es que la longitud de onda y la intensidad de la luz sobre ellas sean adecuadas para conseguir lo que interesa. Concretamente, pueden ser necesarias distintas longitudes de onda e intensidades para llegar a diferentes resultados en medios (superficies de trabajo) situados en el plano de la imagen. Por ejemplo, la exposición de una placa fotográfica típica a una luz azul con longitudes de onda de unos 5000 A, requiere intensidades de  $10^{-10}$  vatios/cm<sup>2</sup>, aproximadamente, durante unos diez segundos. La polimerización de una solución fotorresistente con luz azul exige intensidades aproximadas de  $10^{-6}$  vatios/cm<sup>2</sup> durante unos 120 segundos. El fotograbado con luz azul requiere 1 vatio/cm<sup>2</sup> durante unos diez minutos. La luz de longitudes de onda menores puede ser menos intensa, o aplicarse menos tiempo. Hay focos disponibles para proporcionar las longitudes de onda y las intensidades necesarias con los dispositivos descritos.

Debe entenderse que los ejemplos de realización concretamente descritos son sólo ilustrativos, y que los entendidos en la materia pueden idear numerosas y distintas disposiciones conforme a los principios del invento, sin salirse del espíritu y alcance del mismo.

322872

29



F O T A

Se reivindica como objeto de esta patente:

5 1.- Dispositivo óptico para producir imágenes múltiples de un solo objeto, substancialmente exentas de distorsión, y con intensidad igual en substancia; caracterizado porque se disponen  $n > 2$  cristales birrefringentes (P1, P2, P3, P4) para transmitir un haz radiante (L) en sucesión, y las orientaciones de los cristales se fijan mutuamente de modo que cada haz (L) de radiación transmitida por los cristales sea desviado por cada uno de ellos según varios trayectos.

15 2.- Dispositivo según la reivindicación 1, caracterizada porque dicho haz de radiación es de luz, y se disponen medios para producir este haz de luz y medios para formar varias imágenes del mismo en un plano de imagen.

3.- Dispositivo según los planos 1 o 2, caracterizado porque los citados cristales birrefringentes son cristales complejos.

20 4.- Dispositivo según la reivindicación 3, caracterizado porque dichos cristales complejos son prismas de Wollaston.

25 5.- Dispositivo según la reivindicación 4, caracterizado porque los citados prismas de Wollaston sucesivos están orientados a  $45^\circ$  entre si.

6.- Dispositivo según las reivindicaciones 4 ó 5, caracterizado porque los prismas de Wollaston sucesivos son cada vez mas gruesos y están unidos con un cemento.

30 7.- Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 3, 4, 5 o 6, caracterizado porque los citados

322872

29



cristales complejos adyacentes están orientados a  $90^\circ$  entre sí, y separados por rotadores de polarización con orientaciones fijadas respecto a la dirección de polarización de la luz incidente en ellos.

5           8.- Dispositivo según la reivindicación 7, caracterizado porque los rotadores de polarización son placas de  $1/4$  de onda.

10           9.- Dispositivo según la reivindicación 8, caracterizado porque los cristales complejos tienen orientaciones primera y segunda, y cada una de las placas de  $1/4$  de onda tiene una tercera orientación a  $45^\circ$  respecto a las de dichos cristales.

15           10.- Dispositivo según la reivindicación 7, caracterizado porque los citados rotadores de polarización son placas de media onda.

20           11.- Dispositivo según la reivindicación 10, caracterizado porque los cristales complejos tienen orientaciones primera y segunda, y cada placa de media onda tiene una tercera orientación a  $22\ 1/2^\circ$  respecto a la del cristal de orden inferior más inmediato.

12.- Dispositivo óptico para producir imágenes múltiples de un sólo objeto.

Esta memoria consta de quince páginas escritas por una sólo cara.

BARCELONA, 29 ENE. 1966

P. A.

322872



FIG. 1

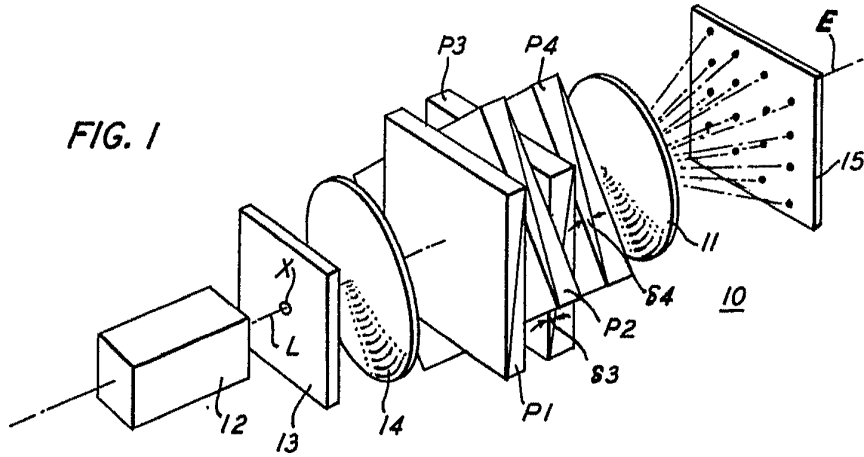
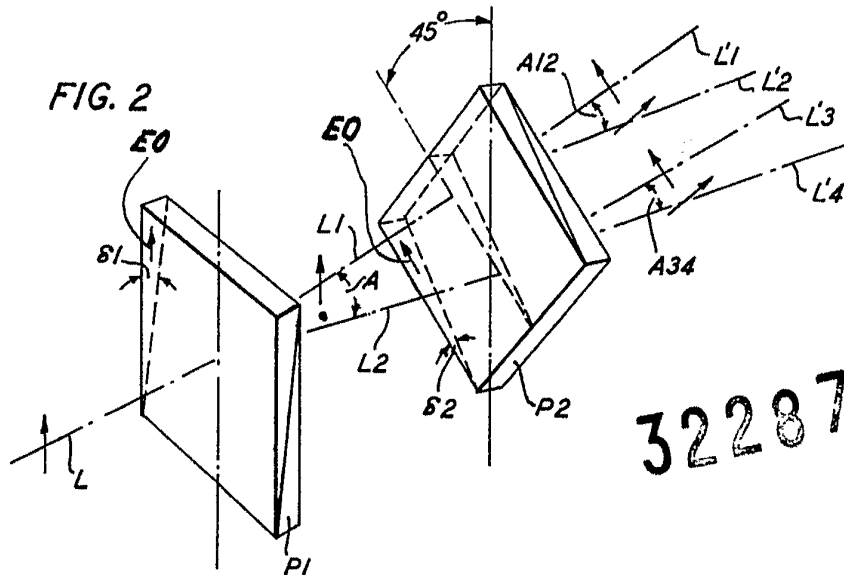
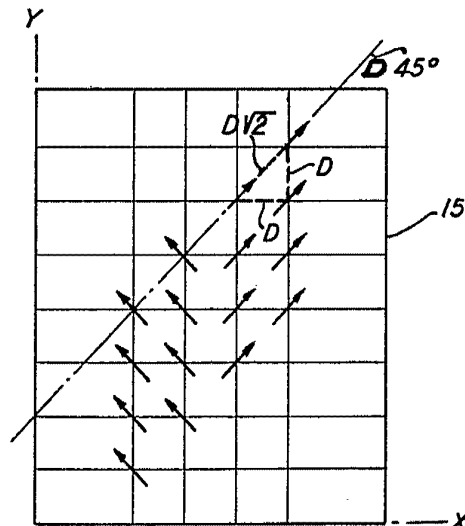


FIG. 2



322872

FIG. 3



*PA*  
*[Handwritten scribbles]*

W. J. Tabor 4

322872

29 ENE 1912



FIG. 4

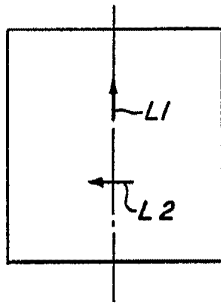


FIG. 5

45°

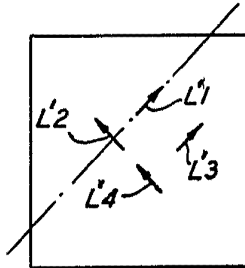
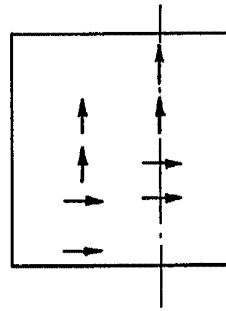
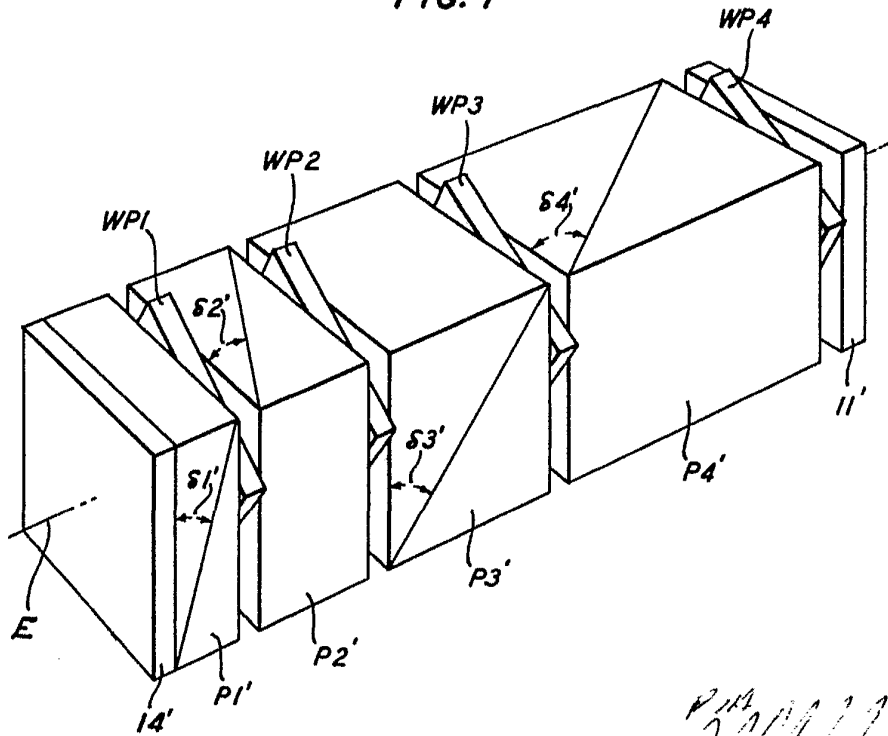


FIG. 6



322872

FIG. 7



*Handwritten signature and scribbles*