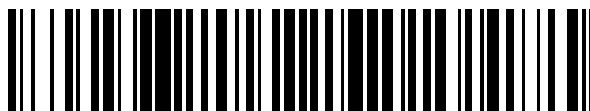


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 644 009**

51 Int. Cl.:

G01B 11/06 (2006.01)

B29L 23/00 (2006.01)

B29C 47/00 (2006.01)

B29C 47/92 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.11.2014 PCT/DE2014/100405**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.05.2015 WO15074642**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.11.2014 E 14815566 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.07.2017 EP 3071927**

54 Título: **Dispositivo de medición y procedimiento para medir objetos de test**

30 Prioridad:

22.11.2013 DE 102013223945

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
27.11.2017

73 Titular/es:

**INOEX GMBH INNOVATIONEN UND
AUSRÜSTUNGEN FÜR DIE
EXTRUSIONSTECHNIK (100.0%)
Maschweg 70
49324 Melle, DE**

72 Inventor/es:

STICH, DOMINIK

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 644 009 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Dispositivo de medición y procedimiento para medir objetos de test.

5 La invención se refiere a un dispositivo de medición de terahercios y a un procedimiento para medir objetos de test. Los objetos de test que hay que medir presentan, en particular, por lo menos a tramos, por lo menos una capa de material en forma de cilindro hueco.

10 Por el documento DE 10 2008 046 988 A1 se conoce un reflectómetro para la caracterización de materiales con respecto a por lo menos una propiedad de reflexión óptica. El reflectómetro comprende un espejo elipsoidal en cuyo primer foco se sujeta una muestra caracterizadora mediante un sujetador de muestras. La muestra se puede girar mediante el sujetador de muestras alrededor de un eje de giro. La irradiación de la muestra tiene lugar a través de una abertura en el espejo elipsoidal mediante una fuente de radiación. El espejo elipsoidal proyecta la radiación reflejada por la muestra iluminada en el primer foco mediante un diafragma posicionado en
15 el segundo foco sobre un detector situado detrás. Los datos de medición del reflectómetro son evaluados a continuación para la caracterización de la muestra.

20 El documento DE 199 146 96 A1 describe un aparato para la medición rápida de efectos de difracción dependientes del ángulo en superficies finamente construidas, en el cual se irradia desde una fuente de radiación coherente, en particular un láser, luz para la determinación de anchuras de estructura muy pequeñas en el margen submicroscópico, en particular en el intervalo de 0,25 μm , para determinar la superficie mediante efectos de difracción.

25 El documento US 2006/0285112 A1 describe un procedimiento y un sistema para la determinación de una desviación en la posición de un rayo de luz con respecto a un objeto que gira, midiéndose un Waver de semiconductor.

30 El documento US 6,201,601 B₁ describe la utilización de una superficie curvada para medir el perfil de altura de un Waver de semiconductor mediante reflexión en caso de iluminación inclinada. Para ello se irradia con una longitud de onda de p. ej. 488 nm.

35 El documento US 2009/0225313 A1 describe un espectrómetro de terahercios en el cual se irradian terahercios para exploraciones espectrométricas, en particular también con la utilización de un espejo eléctrico, para enfocar el rayo de terahercios reflejado por un objeto sobre un detector.

40 La invención se plantea el problema de crear un dispositivo de medición de terahercios para la medición por reflexión de objetos de test, en particular de plástico, que haga posible la medición de objetos de test, de forma sencilla y flexible. El dispositivo de medición de terahercios debe hacer posible, en particular, la medición de objetos de test los cuales, por lo menos a tramos, presentan por lo menos una capa de material en forma de cilindro hueco.

45 Este problema se resuelve mediante un dispositivo de medición de terahercios con las características de la reivindicación 1. El dispositivo de medición de terahercios o el dispositivo de medición de reflexión sirve para la realización de mediciones de reflexión en el objeto de test que hay que medir. La medición del objeto de test tiene lugar, por lo tanto, mediante mediciones de reflexión. El primer espejo de la por lo menos una disposición de espejos está curvado, por lo menos a tramos, elípticamente y forma, en un plano x-y, un primer foco y un segundo foco correspondiente. En la zona del primer foco está dispuesto un segundo espejo, el cual se extiende a través del primer foco y está dispuesto inclinado con respecto al plano x-y, es decir que abarca con éste un ángulo distinto de 0°. El objeto de test que hay que medir está dispuesto, mediante el portaobjetos de test, en la zona del segundo foco. La por lo menos una unidad emisor-receptor está dispuesta fuera del plano x-y, por lo tanto distanciada en una dirección z del eje x-y. Esto es posible gracias al giro mediante el segundo espejo abarca, con el plano x-y, un ángulo α cumpliéndose para α que: $30^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$, en particular que $35^\circ \leq \alpha \leq 55^\circ$ y, en particular, que $40^\circ \leq \alpha \leq 50^\circ$. El ángulo α mide, preferentemente, 45° .

55 Para medir el objeto de test se emite, desde el emisor de la unidad emisor-receptor, en primer lugar, radiación en la dirección del segundo espejo. La radiación emitida es desviada, mediante el segundo espejo, en el plano x-y e incide, a continuación, sobre el primer espejo. Mediante la curvatura elíptica del primer espejo la radiación es reflejada en la dirección del segundo foco. A causa de la disposición del objeto de test en la zona del segundo foco, la radiación incide sobre el objeto de test y es de nuevo reflejada allí. El objeto de test está dispuesto, preferentemente, de tal manera que el eje longitudinal central del objeto de test se extiende a través del segundo foco, de manera que la radiación o el rayo incide de forma radial sobre el objeto de test y el ángulo de incidencia de la radiación corresponde al ángulo de reflexión. La radiación reflejada en el objeto de test presenta la misma trayectoria de los rayos, si bien en dirección opuesta, que la radiación incidente. La radiación reflejada es reflejada por el primer espejo, a causa de su curvatura elíptica, en la dirección del primer foco e incide allí sobre
60 el segundo espejo. El segundo espejo desvía la radiación reflejada transversalmente, en particular perpendicularmente con respecto al plano x-y, en la dirección de la unidad emisor-receptor. El receptor detecta la

radiación reflejada y transmite los valores de medición a la unidad de control, la cual evalúa la radiación detectada o los valores de medición.

5 El dispositivo de medición de terahercios según la invención está construido de manera comparativamente sencilla, dado que por lo menos una unidad emisor-receptor se puede posicionar, a causa de la disposición del
 10 espejo correspondiente, fuera, es decir, distanciada en la dirección z con respecto al plano x-y. El objeto de test se puede medir de manera flexible a causa de la disposición del objeto de test en la zona del segundo foco mediante el portaobjetos de test y del segundo espejo en la zona el primer foco. Por ejemplo, mediante
 15 basculación o giro del segundo espejo alrededor del primer foco y/o mediante basculación o giro del objeto de test alrededor del segundo foco se puede medir, por ejemplo, otra zona perimétrica del objeto de test con únicamente una unidad emisor-receptor. Es posible, por ejemplo, la medición de un grosor de por lo menos una capa de material en forma de cilindro hueco sobre la totalidad del perímetro. El objeto de test está formado, preferentemente, en forma de cilindro hueco, es decir como tubo con una sección transversal circular. El objeto de test está realizado, preferentemente, a partir de plástico. El objeto de test presenta, en particular, una capa de material en forma de cilindro hueco o varias capas de material en forma de cilindro hueco.

La por lo menos una unidad emisor-receptor está formada de tal manera que se puede emitir y detectar radiación
 20 electromagnética con una frecuencia en el intervalo comprendido entre 0,01 THz y 50 THz, en particular de 0,05 THz hasta 20 THz, y en particular de 0,1 THz hasta 10 THz. Con ello se hace posible, en particular, la medición de objetos de test realizados a partir de plástico. La medición del objeto de test mediante la radiación o radiación de THz se basa en la medición de una diferencia de tiempo de recorrido de la radiación que es reflejada en las capas límite. Las capas límite son las superficies del objeto de test, por ejemplo la pared exterior del tubo y la pared interior del tubo, y capas de material contiguas entre sí en el interior del objeto de test. Dicha por lo menos una unidad emisor-receptor está formada, en particular, de tal manera que se pueden emitir y detectar impulsos
 25 de THz.

Un dispositivo de medición de terahercios según la reivindicación 2 garantiza, de forma sencilla, una medición del
 30 objeto de test. Gracias a que la por lo menos una unidad emisor-receptor está dispuesta a lo largo del eje z, es decir distanciada perpendicularmente del plano x-y, el espacio limitado por el primer espejo o el espacio interior no se ve influido, innecesariamente, por la unidad emisor-receptor, teniendo lugar, de manera sencilla, una desviación de la radiación. El segundo espejo requiera una necesidad de espacio comparativamente pequeña, de manera que la disposición de espejo está construida de manera comparativamente compacta. El tamaño de la disposición de espejo es determinado, únicamente, por el tamaño del mayor de los objetos de test que hay que medir. El eje z se extiende perpendicularmente con respecto al plano x-y. Correspondientemente, el segundo
 35 espejo está inclinado 45° con respecto al plano x-y para desviar la radiación.

Un dispositivo de medición de terahercios según la reivindicación 3 garantiza una medición perimétrica completa
 40 del objeto de test. En un lado alejado del segundo espejo del objeto de test está una zona del objeto de test ella misma ensombrecida a causa de la extensión espacial del objeto de test, de manera que esta zona no se puede medir mediante la primera disposición de espejo. La zona ensombrecida es medida mediante la segunda disposición de espejo, la cual está dispuesta desplazada en la dirección z con respecto a la primera disposición de espejo. En caso de una disposición adecuada de exactamente dos disposiciones de espejo se puede medir el objeto de test en la totalidad de su perímetro, si bien pueden estar previstas más de dos disposiciones de espejo, cuando esto es ventajoso. Las disposiciones de espejo están orientadas de tal manera entre sí que la zona
 45 ensombrecida, la cual no puede medir la primera disposición de espejo, se puede medir mediante la segunda disposición de espejo y viceversa. Las dos disposiciones de espejos están, preferentemente, construidas idénticas. La previsión de varias disposiciones de espejo es ventajosa en particular cuando el objeto de test no se puede bascular o girar alrededor del segundo foco correspondiente, por ejemplo cuando la medición del objeto de test tiene lugar inline durante el proceso de fabricación.

50 Un dispositivo de medición de terahercios según la reivindicación 4 garantiza una medición perimétrica completa del objeto de test. Un eje longitudinal central del objeto de test coincide con las rectas a través de los focos, de manera que la radiación incide en por lo menos dos disposiciones de espejo, en cada caso de manera radial, sobre el objeto de test o una superficie del objeto de test.

55 Un dispositivo de medición de terahercios según la reivindicación 5 garantiza una medición completa a lo largo del perímetro del objeto de test mediante las exactamente dos disposiciones de espejo. Mediante la orientación de exactamente las dos unidades de espejo se garantiza que mediante una de las disposiciones de espejo se pueda medir la zona ensombrecida, la cual no puede ser medida por la en cada caso otra disposición de espejo. El plano y-z se extiende perpendicularmente con respecto al plano x-y a través de los correspondientemente
 60 segundos focos. Los focos están situados, preferentemente, en un plano x-z, que se extiende a través de segundos focos.

65 Un dispositivo de medición de terahercios según la reivindicación 6 garantiza una medición sencilla y rápida del objeto de test. Gracias a que a cada disposición de espejo está asignada una unidad emisor-receptor propia se puede medir, mediante las por lo menos dos disposiciones de espejo, simultáneamente el objeto de test. El

dispositivo de medición presenta, en particular, exactamente dos disposiciones de espejo y exactamente dos unidades emisor-receptor correspondientes.

5 Un dispositivo de medición de terahercios según la reivindicación 7 garantiza una medición aproximadamente sobre la totalidad del perímetro del objeto de test. Esto es válido, en particular, cuando el propio objeto de test no se puede bascular o girar alrededor del segundo foco, por ejemplo cuando la medición tiene lugar inline durante el proceso de fabricación. Mediante la basculación del segundo espejo alrededor del eje z la radiación emitida incide, con ángulos diferentes, sobre el primer espejo, de manera que el primer espejo – partiendo de puntos de reflexión diferentes – refleja la radiación en la dirección del segundo foco. La radiación incide por consiguiente, 10 en puntos diferentes, sobre la superficie del objeto de test, con lo cual el objeto de test es medido en otra zona perimétrica. Con excepción de la zona ensombrecida por el propio objeto de test, es posible, por consiguiente, una medición aproximadamente sobre la totalidad del perímetro del objeto de test. Para una medición sobre la totalidad del perímetro del objeto de test está prevista, en particular, una segunda disposición de espejo, siendo el segundo espejo que se puede girar alrededor del eje z correspondiente a través del primer foco correspondiente. 15

Un dispositivo de medición de terahercios según la reivindicación 8 garantiza, de manera sencilla, una medición sobre la totalidad del perímetro del objeto de test. El segundo espejo puede estar dispuesto fijo con respecto al primer espejo, de manera que tiene lugar una medición sobre la totalidad del perímetro exclusivamente mediante la basculación o el giro del objeto de test. Además el segundo espejo puede ser girado alrededor de un eje z que se extiende paralelamente a la dirección z a través del primer foco, de manera que el portaobjetos de test debe ser girado únicamente de tal manera que la zona ensombrecida del objeto de test que no se puede alcanzar mediante el giro del segundo espejo se pueda medir mediante el giro del objeto de test. 20

25 Un dispositivo de medición de terahercios según la reivindicación 9 garantiza, de manera sencilla, una medición exacta del objeto de test. La radiación emitida presenta, en el plano x-y, una divergencia de rayo. La magnitud de la zona de medición depende de la geometría de elipse del primer espejo, variando la magnitud de la zona de medición, dependiente de un ángulo de giro del segundo espejo, tanto menos cuanto menor sea la relación entre las longitudes del semieje longitudinal con respecto al semieje más corto. 30

Un dispositivo de medición de terahercios según la reivindicación 10 garantiza, de manera sencilla, una medición exacta del objeto de test. La radiación determinada y desviada por el segundo ejemplo presenta, perpendicularmente con respecto al plano x-y, una divergencia de rayo. Mediante la formación curvada del primer espejo en la dirección z se enfoca la radiación reflejada o por lo menos colimada en el primer espejo, dependiendo de la curvatura del primer espejo. Con ello se garantiza que la radiación reflejada por el objeto de test recorra de nuevo la trayectoria de los rayos exactamente en dirección opuesta y sea, por consiguiente, detectable. 35

Si el primer espejo está curvado de forma parabólica en la dirección z y si el primer foco coincide, en particular para todos los ángulos de giro del segundo espejo, con el foco de la parábola o de la curvatura parabólica, entonces se colima en la dirección z la radiación reflejada en el primer espejo. Todos los rayos parciales del rayo o de la radiación inciden, independientemente del radio del objeto de test, siempre perpendicularmente sobre el objeto de test. La extensión de la zona de medición en la dirección z es el diámetro de rayo colimado, que viene dado por el ángulo de divergencia y por la distancia entre el segundo y el primer espejo a lo largo de la trayectoria de los rayos recorrida. 40 45

Si el primer espejo está curvado elípticamente en la dirección z, coincidiendo el primer foco del primer espejo en el plano x-y, en particular para todos los ángulos de giro del segundo espejo, con el primer foco de la radiación reflejada en la dirección z o con la curvatura elíptica, entonces se enfoca la radiación reflejada en un segundo foco, el cual está situado sobre la superficie del objeto de test. La extensión de la zona de medición en la dirección z está por consiguiente optimizada a causa del enfoque. 50

Si el primer espejo está curvado de forma esférica en la dirección z, de manea que el primer espejo es un elipsoide de rotación, el cual se genera durante la rotación alrededor de un eje y, entonces la radiación está enfocada en el plano x-y y a lo largo de la dirección z en el segundo foco. Con ello tiene lugar un enfoque del rayo o de la radiación en la dirección z, siendo el enfoque tanto más intenso cuanto menor es el radio del objeto de test. Una curvatura esférica es especialmente ventajosa cuando el radio del objeto de test es notablemente menor que los semiejes. 55

Además, el primer espejo puede estar curvado como superficie de forma libre en la dirección z y estar optimizado para que para una zona predefinida del radio del objeto de test se consiga una zona de medición o punto de medición con el tamaño de foco deseado. 60

Un dispositivo de medición de terahercios según la reivindicación 11 garantiza, de una manera sencilla, una medición exacta del objeto de test. La radiación o el rayo es enfocada sobre el objeto de test gracias a que el primer espejo está formado plano en la dirección z y a que se utiliza un elemento de enfoque, que influye sobre 65

la propagación del rayo perpendicularmente con respecto al plano x-y, y a que enfoca la radiación o el rayo en la dirección z. Por ejemplo, el segundo espejo puede estar formado curvado, de manera que éste actúa, adicionalmente, como elemento de enfoque y enfoca la radiación en la dirección z. El elemento de enfoque puede estar formado, además, como lente la cual está dispuesta en la trayectoria de los rayos entre la unidad de emisor-receptor y el segundo espejo correspondiente y que influye sobre la propagación del rayo en dirección z, es decir que enfoca la radiación en la dirección z. El elemento de enfoque se puede girar, en particular junto con el segundo espejo, alrededor del eje z.

Por ejemplo, la radiación colimada incidente es enfocada con un elemento de enfoque, formado como lente cilíndrica, sobre el segundo espejo dispuesto en el primer foco. El elemento de enfoque y el segundo espejo rotan, preferentemente, de manera conjunta y están dispuestos de tal manera entre sí, que el plano divergente del rayo o de la radiación está situado después del segundo espejo en el plano x-y. Un segundo elemento de enfoque, formado a modo de lente cilíndrica, está dispuesto perpendicularmente con respecto a la primera lente y es posicionado, asimismo, en la trayectoria de los rayos antes del segundo espejo y se puede rotar en correspondencia con la primera lente, junto con el segundo espejo. Mediante la segunda lente se enfoca la radiación del segundo espejo en la dirección y, y tras el segundo espejo, en la dirección z.

La distancia de la segunda lente hasta la superficie del objeto de test corresponde a su distancia focal. Mediante una variación de la posición de la lente de la segunda lente a lo largo del eje z se puede adaptar el foco de medición en la dirección z sobre los objetos de test con un radio diferente.

La invención se plantea además el problema de crear un procedimiento el cual haga posible, de manera sencilla y flexible, la medición de objetos de test. El procedimiento debe hacer posible, en particular, la medición objetos de test los cuales presenten, por lo menos a tramos, una capa de material en forma de cilindro hueco.

Este problema se resuelve mediante un procedimiento con las características de la reivindicación 12. Las ventajas del procedimiento según la invención corresponden a las ventajas ya descritas del dispositivo de medición según la invención. El procedimiento según la invención se puede perfeccionar, en particular, mediante las características de las reivindicaciones 2 a 11. Correspondientemente se puede perfeccionar el dispositivo de medición de las reivindicaciones 1 a 11 mediante las características de las reivindicaciones 12 a 15.

Un procedimiento según la reivindicación 13 garantiza una medición a lo largo de todo el perímetro del objeto de test. El objeto de test puede ser girado alrededor de un eje de giro que pasa por el segundo foco y/o el segundo espejo puede ser girado alrededor del eje z que pasa por el primer foco. Con ello se puede medir el objeto de test en una segunda zona perimétrica, pudiendo medirse en particular también una zona ensombrecida con la posibilidad de basculación o posibilidad de giro correspondiente. Para una medición del objeto de test inline durante el proceso de fabricación se puede bascular o girar, en particular, el segundo espejo alrededor del eje z. Durante el proceso de fabricación no se puede bascular o girar el propio objeto de test, por regla general, alrededor de su eje longitudinal central.

Un procedimiento según la reivindicación 14 garantiza una medición flexible de objetos de test en forma de cilindro hueco. Si el objeto de test está formado, por ejemplo, en forma de cilindro hueco como un tubo, es posible una medición del grosor de la pared a lo largo del perímetro y de la longitud del tubo. Si el tubo o el objeto de test presenta, adicionalmente, varias capas de material, se pueden medir también los grosores de capa de las capas de material sobre la totalidad del perímetro y de la longitud. Lo correspondiente es válido para objetos de test, los cuales están formados en el sentido más amplio en forma de cilindro hueco y que presenta un eje longitudinal central y/o en el sentido más amplio capas de material en forma de cilindro hueco con una sección transversal circular. El objeto de test está formado, preferentemente, como tubo con una sección transversal circular, el cual está formado de un material uniforme o de varias capas de material en forma de cilindro hueco. El objeto de test está realizado, preferentemente, a partir de plástico. Para medir objetos de test de plástico es adecuada, en particular, la radiación THz. Los objetos de test con sección transversal circular están dispuestos de tal manera que un eje longitudinal central de los objetos de test se extiende a través del segundo foco. En el caso de una disposición de este tipo de los objetos de test la radiación incide radialmente sobre la superficie de los objetos de test, con lo cual se consigue una gran precisión de medición. Si el objeto de test está formado, por ejemplo, como cilindro macizo es posible una medición del grosor de pared de una capa de material en forma de cilindro hueco.

Un procedimiento según la reivindicación 15 garantiza una medición sencilla de objetos de test de plástico.

Otras características, ventajas y detalles de la invención resultan de la descripción que viene a continuación de varios ejemplos de formas de realización. Se muestra, en:

la Fig. 1, una vista lateral de un dispositivo de medición de terahercios para medir un objeto de test según un primer ejemplo de forma de realización,

la Fig. 2, una vista superior sobre un dispositivo de medición de terahercios en la Fig. 1,

la Fig. 3, una vista lateral de un dispositivo de medición de terahercios para la medición de un objeto de test según un segundo ejemplo de forma de realización,

5 la Fig. 4, una vista superior sobre un dispositivo de medición de terahercios en la Fig. 3,

la Fig. 5, una vista lateral de un dispositivo de medición de terahercios para la medición de un objeto de test según un tercer ejemplo de forma de realización,

10 la Fig. 6, una primera vista lateral de un dispositivo de medición de terahercios para la medición de un objeto de test según un cuarto ejemplo de forma de realización,

la Fig. 7, una segunda vista lateral, girada 90°, del dispositivo de medición de terahercios en la Fig. 6,

15 la Fig. 8, una vista superior sobre un dispositivo de medición de terahercios para la medición de un objeto de test con dos disposiciones de espejos y dos unidades de emisor-receptor correspondientes según un quinto ejemplo de forma de realización, y

20 la Fig. 9, un desarrollo temporal de una radiación emitida a modo de impulsos de THz.

A continuación se explica, sobre la base de las Figs. 1 y 2, un primer ejemplo de forma de realización de la invención. Un dispositivo de medición de terahercios 1 presenta, para la medición de un objeto de test 2, una unidad de emisor-receptor 3, una disposición de espejos 4 correspondiente, un portaobjetos de test 5 y una

25

La disposición de espejos 4 comprende un primer espejo 7, el cual está formado y dispuesto simétricamente con respecto a un plano x-y E_{xy} . El plano x-y E_{xy} está definido por una dirección x y por una dirección y, que se extiende perpendicularmente con respecto a ella. El primer espejo 7 está curvado elípticamente en el plano x-y E_{xy} y paralelamente con respecto a él. El primer espejo 7 forma, por lo tanto, en el plano x-y E_{xy} una superficie de espejo S_1 en forma de una elipse. El primer espejo 7 presenta, a causa de la curvatura elíptica, dos focos B_1 y B_2 en el plano x-y E_{xy} . Los focos B_1 y B_2 presentan, en la dirección x, en cada caso una distancia e con respecto a un centro M de la elipse.

30

La elipse o la forma elíptica del primer espejo 7 está definida por un primer semieje A, con una longitud a correspondiente, y un segundo semieje B, más corto en comparación con el primer semieje A, con una longitud b. Para una relación de las longitudes a/b se cumple que: $a/b \leq 1,3$, en particular que $a/b \leq 1,2$ y, en particular, que $a/b \leq 1,1$.

35

La disposición de espejos 4 comprende además un segundo espejo 8, el cual está dispuesto en la zona del primer foco B. El segundo espejo 8 está formado plano, presenta por lo tanto una superficie de espejo S_2 plana. El segundo espejo 8 abarca con el plano x-y E_{xy} un ángulo α , cumpliéndose para α – dependiendo de la disposición de la unidad emisor-receptor 3 que: $30^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$, en particular que $35^\circ \leq \alpha \leq 55^\circ$ y, en particular, que $40^\circ \leq \alpha \leq 50^\circ$. Preferentemente el ángulo mide $\alpha = 45^\circ$. El segundo espejo 8 está dispuesto preferentemente de tal manera que el primer foco B_1 está situado, esencialmente, en posición central sobre la superficie del espejo S_2 .

40

45

La unidad emisor-receptor 3 comprende un emisor 9 para la emisión de radiación S. La radiación emitida desde el emisor 9 hasta el objeto de test 2, se designa en lo que viene a continuación como S. La radiación reflejada en el objeto de test 2, desde el objeto de test 2 hasta un receptor 10, se designa en lo que viene a continuación mediante R. El receptor 10 sirve para detectar la radiación R reflejada en el objeto de test 2. Para la medición del objeto de test 2 se evalúa la radiación R detectada mediante la unidad de control 6.

50

Mediante la curvatura elíptica del primer espejo 7 tiene lugar una desviación de la radiación S, R entre los focos B_1 y B_2 . Por el contrario, el segundo espejo 8 sirve para desviar la radiación S, R entre una dirección z, que se extiende transversal o perpendicularmente con respecto al plano x-y E_{xy} . La dirección z se extiende perpendicularmente con respecto a la dirección x y a la dirección y, de manera que las direcciones x, y y z forman un sistema cartesiano de coordenadas.

55

La unidad emisor-receptor 3 está distanciada, en la dirección z, con respecto al plano x-y E_{xy} . La unidad emisor-receptor 3 está dispuesta a lo largo del primer eje z Z_1 , el cual se extiende paralelo con respecto a la dirección z, a través del primer foco B_1 .

60

La unidad emisor-receptor 3, la disposición de espejos 4, el portaobjetos de test 5 y la unidad de control 6 están sujetos a un bastidor de base 11 del dispositivo de medición 1. El portaobjetos de test 5 está formado de tal manera que el objeto de test 2 se puede girar alrededor de un segundo eje z Z_2 . El segundo eje z Z_2 se extiende paralelamente con respecto a la dirección z a través del segundo foco B_2 . Para ello el portaobjetos de test 5

65

5 presenta, por ejemplo, dos alojamientos de sujeción 12, 13, los cuales están dispuestos a ambos lados del plano x-y E_{xy} y de manera concéntrica con respecto al eje z Z_2 . Los alojamientos de sujeción 12, 13 se pueden girar, con respecto al bastidor de base 11, alrededor del segundo eje z Z_2 . Para ello el portaobjetos de test 5 presenta una primera unidad de accionamiento 14 eléctrica, que acciona en giro, de manera sincrónica, los alojamientos de sujeción 12, 13. Mediante una segunda unidad de accionamiento 15 eléctrica el portaobjetos de test 5 se puede desplazar linealmente en la dirección z .

10 El objeto de test 2 está formado en forma de cilindro hueco y presenta una sección transversal circular o anular. El objeto de test 2 está dispuesto de tal manera, mediante el portaobjetos de test 5, que un eje longitudinal central L coincide con el segundo eje z Z_2 . El objeto de test 2 está formado por dos capas y presenta dos capas de material K_1 y K_2 en forma de cilindro hueco. El objeto de test 2 está realizado a partir de plástico, estando en particular las dos capas realizadas a partir de material K_1 y K_2 de materiales de plástico diferentes. Para la medición del objeto de test 2 está formada de tal manera una unidad emisor-receptor 3 que la radiación electromagnética S, R se puede emitir y detectar con una frecuencia en el intervalo comprendido entre 0,01 THz y 50 THz, en particular entre 0,05 THz y 20 THz y, en particular, entre 0,1 THz y 10 THz. La radiación es emitida, preferentemente, a modo de impulsos, es decir que se generan impulsos de THz.

20 Para enfocar la radiación S, R en la dirección z el primer espejo 7 está curvado cóncavo en la dirección z . Como se muestra en la Fig. 1 la superficie de espejo S_1 del primer espejo 7 presenta una curvatura elíptica en la dirección z .

La forma de funcionamiento del dispositivo de medición de terahercios 1 es como sigue:

25 El emisor 9 emite radiación S en forma de impulsos THz. La generación de impulsos de THz es fundamentalmente conocida. Los impulsos de THz son generados, por ejemplo, de forma óptica mediante impulsos láser de femtosegundos y conmutadores fotoconductores. La radiación S es emitida, esencialmente, en la dirección z y es enfocada sobre el primer foco B_1 .

30 Mediante el segundo espejo 8 se desvía la radiación S desde la dirección z hacia el plano x-y E_{xy} e incide sobre la superficie de espejo S_1 del primer espejo 7. A causa de la curvatura elíptica la radiación S se refleja, procedente de la dirección del primer foco B_1 , en la superficie de espejo S_1 en la dirección del segundo foco B_2 . Dado que el objeto de test 2 se encuentra en la trayectoria de los rayos entre la superficie de espejo S_1 y el segundo foco B_2 , la radiación S incide de forma radial sobre el objeto de test 2 y es reflejada en las diferentes capas límite del objeto de test 2. Las superficies límite individuales son la superficie exterior y la superficie interior del objeto de test 2 así como la capa límite de las capas de material K_1 y K_2 situada entre ellas. Los impulsos de THz son irradiados por la unidad de emisor-receptor 3 de forma radial sobre el objeto de test 2 o el tubo 2.

40 La radiación R reflejada o los impulsos de THz reflejados van de vuelta a lo largo de la misma trayectoria del rayo de vuelta a la unidad de emisor-receptor 3 y son detectados allí por parte del detector 10. La estructura del receptor 10 es fundamentalmente conocida. Los impulsos de THz son detectados, por ejemplo, mediante exploración óptica (Sampling) con impulsos láser de femtosegundos.

45 Durante la medición del objeto de test 2 se determinan, en particular, un grosor de pared d_w del objeto de test 2 así como grosores de capa d_1 y d_2 de las capas de material K_1 y K_2 . La mediación del grosor de pared d_w así como de los grosores de capa d_1 y d_2 se basan en la medición de diferencias de tiempos de recorrido de los impulsos de THz reflejados en las capas límite individuales. Mediante la unidad de control 6 se evalúan los tiempos de recorrido y los grosores d_w , d_1 y d_2 .

50 En las Figuras 1 y 2 se ha dibujado, mediante líneas continuas, un rayo ideal. La radiación S incide como rayo ideal en forma de puntos sobre el objeto de test 2, de manera que el objeto de test 2 es medido en un punto de medición. Mediante giro del objeto de test 2 alrededor del segundo eje de giro z Z_2 , que representa el eje de giro, mediante el portaobjetos de test 5, se puede medir el objeto de test 2 por completo a lo largo de una línea perimétrica. Para ello se giran los alojamientos de sujeción 12, 13, mediante la unidad de accionamiento 14, alrededor del segundo eje Z_2 . Mediante la segunda unidad de accionamiento 15 el portaobjetos de test 5 se puede desplazar linealmente, además, a lo largo de la dirección z , de manera que el objeto de test 2 es medido también por completo a lo largo de su longitud.

60 En las Figs. 1 y 2 está dibujada además, mediante línea de trazos, una propagación real de la radiación S, R. La radiación S emitida es enfocada, mediante la unidad emisor-receptor 3, en primer lugar en el primer foco B_1 . Para ello la unidad de emisor-receptor 3 presenta, por ejemplo, una lente. La radiación S reflejada en el segundo espejo 8 presenta una divergencia de rayo. La radiación S, R presenta, por un lado, un ángulo de divergencia $\Delta_{\varphi R}$ en el eje x-y E_{xy} y un ángulo de divergencia $\Delta_{\varphi z}$ en la dirección z . Mediante la curvatura elíptica del primer espejo 7 en el plano x-y E_{xy} se enfoca la radiación S, R sobre el foco B_1 y B_2 correspondiente. La radiación S no incide, durante la propagación real del rayo, de manera puntual sobre el objeto de test 2, sino en una zona de medición, incidiendo los rayos o rayos parciales individuales en cada caso de manera radial sobre el objeto de

test 2. La magnitud de la zona de medición depende del ángulo de divergencia $\Delta\varphi_R$ y de un radio r del objeto de medición 2.

El segundo espejo 8 está dispuesto de tal manera que la radiación S es reflejada hacia el primer espejo 7, de manera ideal, con un ángulo φ_R con respecto a la dirección x, presentando la radiación S, a causa de su propagación real del rayo, un ángulo de divergencia $\Delta\varphi_R$. A causa de la disposición fija del segundo espejo 8 se cumple para el ángulo φ_R que: $\varphi_R = 90^\circ$. La radiación S incide sobre el objeto de test 2, durante la propagación ideal del rayo, con un ángulo φ_L con respecto a la dirección z, presentando la radiación S, al incidir sobre el objeto de test 2, un ángulo de divergencia $\Delta\varphi_L$. Para el ángulo de divergencia o el ángulo de apertura $\Delta\varphi_L$ se cumple que:

$$\Delta\varphi_L(\varphi_R, \Delta\varphi_R, a, b) = \arccos\left(\frac{2a^2 - b^2 - \frac{ab^2}{a + \sqrt{a^2 - b^2} \cos(\varphi_R + \Delta\varphi_R/2)}}{\sqrt{a^2 - b^2} \left(2a - \frac{b^2}{a + \sqrt{a^2 - b^2} \cos(\varphi_R + \Delta\varphi_R/2)}\right)}\right) - \arccos\left(\frac{2a^2 - b^2 - \frac{ab^2}{a + \sqrt{a^2 - b^2} \cos(\varphi_R - \Delta\varphi_R/2)}}{\sqrt{a^2 - b^2} \left(2a - \frac{b^2}{a + \sqrt{a^2 - b^2} \cos(\varphi_R - \Delta\varphi_R/2)}\right)}\right) \quad (1)$$

Para la dimensión d de la zona de medición en el plano x-y E_{xy} se cumple, de manera aproximada, que:

$$d(\Delta\varphi_L, r) = \Delta\varphi_L \cdot r \quad (2)$$

La dimensión d de la zona de medición bajo un ángulo φ_L determinado es, por consiguiente, directamente proporcional al radio r del objeto de test 2. Para una zona de medición lo más pequeña posible $\Delta\varphi_L$ debe ser lo más pequeña posible. El ángulo de apertura $\Delta\varphi_L$ depende del ángulo φ_R . El ángulo $\Delta\varphi_L$ es tanto menor cuanto menor sea φ_R .

El ángulo $\Delta\varphi_L$ depende además de las longitudes a y b de los semiejes A y B.

Mediante una única unidad emisor-receptor 3 así como la disposición de espejos 4 correspondiente el objeto de test 2 puede ser por consiguiente medido por completo. A pesar de la propagación divergente del rayo, la radiación S o el impulso de THz correspondiente incide de manera radial sobre las capas límite del objeto de test 2, es decir, perpendicularmente sobre las capas límite y además en instantes iguales. Con ello se garantiza que la radiación R reflejada presenta una buena calidad de señal y, en particular, los impulsos de THz reflejados no están borrosos y no están debilitados en cuanto a su amplitud.

Gracias a que la superficie de espejo S_1 está curvada elípticamente también en la dirección z, la radiación S, R es enfocada también en la dirección z. El primer espejo 7 está curvado preferentemente de tal manera elípticamente en la dirección z, que un primer foco coincide con el primer foco B_1 y que un segundo foco está situado sobre la superficie exterior del objeto de test 2. Esto se muestra en la Fig. 1. La radiación S presenta, por consiguiente, también en la dirección z, una zona de medición optimizada, es decir lo más pequeña posible.

A continuación se describe, sobre la base de las Figs. 3 y 4, un segundo ejemplo de forma de realización de la invención. A diferencia con el primer ejemplo de forma de realización el segundo espejo 8 se puede girar alrededor del primer eje z Z_1 , mediante una tercera unidad de accionamiento 16, en particular girar 360° . El ángulo φ_R se puede modificar, por lo tanto, mediante el giro. Con ello se puede medir el objeto de test 2, incluso cuando está fijo alrededor del segundo eje z Z_2 , en otra zona perimétrica. En la Fig. 4 están dibujadas, en comparación con la Fig. 2, trayectorias de rayos adicionales de la radiación, que ilustran una medición del objeto de test. Independientemente del ángulo φ_R se desvía la radiación S, mediante el primer espejo 7, entre los focos B_1 y B_2 . Durante la medición del objeto de test 2 la radiación S incide, independientemente del ángulo φ_R , siempre de manera radial o perpendicular sobre el objeto de test 2.

Para un ángulo $\varphi_{R,máx}$ la radiación S que se extiende hacia el objeto de test 2 es tangente al objeto de test 2, de manera que el objeto de test 2 es ensombrecido, para ángulos mayores que $\varphi_{R,máx}$, en un lado alejado del segundo espejo 8. La zona ensombrecida del objeto de test 2 está representada mediante trazos en la Fig. 4 y está designada mediante D. Para un ángulo $\varphi_{R,máx}$ se cumple que:

$$\varphi_{R,max} = \pi - \arcsin\left(\frac{r}{2e}\right) \quad (3)$$

La radiación S incide, para un ángulo $\varphi_{R,máx}$, bajo un ángulo $\varphi_{L,máx}$ sobre el objeto de test 2, de manera que la zona angular máxima que se puede medir del objeto de test 2, cuando éste está fijo alrededor del segundo eje z Z_2 , vale $2\varphi_{L,máx}$.

La zona D ensombrecida es medida gracias a que el objeto de test 2 es girado, en correspondencia con el primer ejemplo de forma de realización, alrededor del segundo eje z Z_2 . A diferencia del primer ejemplo de forma de realización el objeto de test 2 no debe poder ser girado, sin embargo, 360° alrededor del segundo eje Z_2 , sino únicamente puede ser girado de tal manera que la zona D ensombrecida este situada en una posición girada en la zona angular $2\varphi_{L,m\acute{a}x}$ que se puede medir.

De acuerdo con la ecuación (1) el ángulo de divergencia $\Delta\varphi_L$ depende del ángulo φ_R . La variación de $\Delta\varphi_L$ dependiendo del ángulo φ_R es, sin embargo, tanto menor cuanto más cercanas están entre sí las longitudes a del semieje mayor A y b del semieje menor B. La precisión de medición del dispositivo de medición de terahercios 1 es, por consiguiente, tanto menos dependiente del ángulo φ_R cuanto más se aproxima a 1 la relación a/b .

Otra diferencia en comparación con el primer ejemplo de forma de realización es que el primer espejo 7 está curvado de forma parabólica en la dirección z , coincidiendo el primer foco B_1 , para todos los ángulos φ_R , con el foco de la parábola. Mediante reflexión de la radiación S se colima la radiación S en la dirección z . Esto se muestra en la Fig. 3. Mediante la curvatura parabólica del primer espejo 7 la radiación S es colimada en la dirección z , de manera que todos los rayos o rayos parciales, independientemente del radio r del objeto de test 2, inciden siempre perpendicularmente sobre el objeto de test 2. La extensión de la zona de medición en la dirección z es el diámetro de la radiación S colimada, que viene dada o se puede ajustar mediante el ángulo de divergencia $\Delta\varphi_z$.

En lo que respecta a la estructuración posterior y a la forma de funcionamiento posterior se remite al primer ejemplo de forma de realización.

A continuación se describe, sobre la base de la Fig. 5, un tercer ejemplo de forma de realización de la invención. A diferencia con los ejemplos de formas de realización anteriores el primer espejo 7 está curvado de forma esférica a lo largo de la dirección z . El primer espejo 7 es, por consiguiente, un elipsoide de rotación que se genera durante una rotación alrededor del eje y . La radiación S está enfocada, por consiguiente, en el plano x - y E_{xy} y a lo largo de la dirección z en el segundo foco B_2 . Esto es especialmente ventajoso cuando el radio r del objeto de test 2 es esencialmente menor que las longitudes a o b . En cuanto a la estructuración posterior y la forma de funcionamiento posterior se remite a los ejemplos de formas de realización anteriores.

A continuación se describe, sobre la base de las Figs. 6 y 7, un cuarto ejemplo de forma de realización de la invención. A diferencia con los ejemplos de formas de realización anteriores el primer espejo 7 está formado plano en la dirección z . Para enfocar la radiación S están dispuestos dos elementos de enfoque 17, 18 en la trayectoria de los rayos entre la unidad de emisor-receptor 3 y el segundo espejo 8. Los elementos de enfoque 17, 18 rotan, junto con el segundo espejo 8, alrededor del primer eje z Z_1 . La radiación S colimada incidente es enfocada, mediante el primer elemento de enfoque 17, en la dirección x sobre el primer foco B_1 . Para ello el elemento de enfoque 17 está formado como lente cilíndrica. El segundo elemento de enfoque 18 enfoca la radiación en la dirección y , con lo cual, tras la reflexión de la radiación S en el segundo espejo 8, la radiación S es enfocada en la dirección z . Esto se muestra en la Fig. 6. El segundo elemento de enfoque 18 está formado asimismo como lente cilíndrica, cuyo cilindro está orientado en la dirección x y se extiende perpendicularmente con respecto al cilindro de la lente 17 orientado en la dirección y . La distancia de la lente 18 hasta la superficie del objeto de test 2 corresponde a la distancia focal de la lente 18. La radiación S diverge, por consiguiente, únicamente en cuanto al plano x - y E_{xy} . Mediante la variación de la posición de la segunda lente 18 a lo largo del eje z Z_1 tiene lugar un enfoque de la radiación S en la dirección z sobre objetos de test 2 con radio r diferente. Esto significa que el enfoque en la dirección z se puede adaptar, a lo largo del eje z Z_1 , a los objetos de test 2 con radio r diferente mediante la modificación de la posición de la segunda lente 18. De forma alternativa pueden estar formados integrados el segundo espejo 8 y el segundo elemento de enfoque 18, de manera que el segundo espejo 8, a causa de una curvatura, da lugar el mismo a un enfoque en la dirección z . En lo que respecta a la estructuración posterior y la posterior forma de funcionamiento se remite a los ejemplos de formas de realización anteriores.

A continuación se describe, sobre la base de la Fig. 8, un quinto ejemplo de forma de realización. A diferencia con respecto a los ejemplos de formas de realización anteriores el dispositivo de medición 1 presenta exactamente dos disposiciones de espejos 4 y dos unidades de emisor-receptor 3 correspondientes. Para la diferenciación se designan la segunda disposición de espejos 4 así como los componentes correspondientes mediante un ' en lo que viene a continuación. Las disposiciones de espejos 4 y 4' están construidas de manera idéntica, si bien están distanciadas entre sí a lo largo de la dirección z y están giradas de tal manera entre sí que los segundos focos B_2 y B_2' están situados, distanciados entre sí, sobre el segundo eje z Z_2 y los primeros focos B_1 y B_1' lo están en un plano x - z E_{xz} que se extiende a través de los segundos focos B_2 y B_2' . Los focos B_1 y B_1' están, por consiguiente, distanciados de manera máxima de un plano y - z E_{yz} que se extiende a través de los segundos focos B_2 y B_2' . Los segundos espejos 8, 8' se pueden girar alrededor de sus primeros ejes z Z_1 y Z_1' correspondientes y que pasan por el primer foco B_1 , B_1' correspondiente. El objeto de test 2 es medido inline durante el proceso de fabricación y no se puede girar, correspondientemente, alrededor de un eje longitudinal central L propio, es decir alrededor del segundo eje z Z_2 o Z_2' . Como se explicó ya para el segundo ejemplo de forma de realización, el objeto de test 2 tiene una zona ensombrecida D, D' durante la medición mediante la

disposición de espejos 4, 4' correspondiente y la unidad de emisor-receptor 3, 3' correspondiente. Mediante el posicionamiento de las disposiciones de espejos 4, 4' puede medir, sin embargo, la disposición de espejos 4' la zona D ensombrecida de la disposición de espejos 4 y, correspondientemente, la disposición de espejos 4 la zona D' ensombrecida de la disposición de espejos 4'. Por consiguiente, el objeto de test 2 se puede medir en la totalidad de su perímetro, a pesar de que éste no se pueda bascular o girar. El objeto de test 2 presenta, a causa del proceso de fabricación, una dirección de extrusión la cual se extiende en la dirección z de manera que el objeto de test 2 se puede medir o se mide también a lo largo de su longitud. El portaobjetos de test 5 no tiene, por consiguiente, que girar el objeto de test 2 ni activamente ni desplazarlo de manera lineal y puede presentar, correspondientemente, una estructura simplificada de tal tipo que esté garantizada únicamente una guía del objeto de test 2.

Un ámbito de aplicación del dispositivo de medición 1 es, por consiguiente, la comprobación completa inline del grosor de la pared d_w y de los grosores de las capas d_1 y d_2 del objeto de test 2 formado como tubo de plástico durante el proceso de extrusión. La medición del objeto de test 2 tiene lugar, en correspondencia con los ejemplos de formas de realización anteriores, sin contacto y sin medio de acoplamiento alguno. Gracias a que para la medición completa o a lo largo del perímetro completo del objeto de test 2 se necesitan únicamente dos unidades emisor-receptor 3, 3', la estructuración continua siendo comparativamente sencilla, con lo cual el dispositivo de medición 1 garantiza una relación coste-beneficio aceptable. En caso de que se necesiten más de dos disposiciones de espejos 4 y unidades emisor-receptor 3 que corresponden a ellas correspondientemente, esto es evidentemente posible en el caso del dispositivo de medición 1. Las unidades emisor-receptor 3, 3' están dispuestas, además, en posición fija con respecto a los primeros espejos 7, 7' correspondientes, con lo que está garantizada asimismo una estructuración sencilla.

En lo que se refiere a la restante estructuración y a la restante forma de funcionamiento se remite a los ejemplos de formas de realización anteriores.

Las características de los ejemplos de formas de realización descritos se pueden combinar entre sí de manera discrecional. En particular puede tener lugar el enfoque o la colimación de la radiación S en la dirección z, dependiendo de las necesidades, y se puede combinar con otras características del dispositivo de medición 1. Además se puede optimizar la superficie del espejo S_1 del en cada caso primer espejo 7 o 7' en la dirección z para que, para una zona de radio predeterminada del objeto de test 2, se consiga una zona de medición o punto de medición con un tamaño de foco aceptable. Para ello puede estar formada la superficie del espejo S_1 como superficie de forma libre en la dirección z.

El ámbito de aplicación preferido del dispositivo de medición 1 según la invención es la comprobación total o la comprobación total inline de grosores de pared y/o de capas de tubos de plástico, en particular durante el proceso de fabricación o de extrusión.

La radiación emitida está formada, en particular, como radiación de THz pulsada, como radiación CW de THz (CW: Continuous Wave) y/o como radiación FMCW de THz (FMCV: Frequency Modulated Continuous Wave). En la Fig. 9 está representado el desarrollo temporal de una radiación de THz pulsada. Los impulsos de THz T_1 y T_2 consecutivos así como otros impulsos de THz correspondientes presentan, en cada caso, un espectro de frecuencias el cual está situado en la zona de THz mencionada. Mediante la radiación THz las mediciones tienen lugar sin contacto y sin medio de acoplamiento.

Además se pueden llevar a cabo, mediante el dispositivo de medición 1 según la invención, otras evaluaciones o mediciones. Por ejemplo se puede determinar la posición del eje longitudinal central L del objeto de test 2 con respecto al segundo foco B_2 . A causa de la curvatura elíptica del primer espejo 7 o 7' el recorrido de una trayectoria de los rayos, que pasa desde un foco mediante reflexión a la superficie del espejo S_1 en el otro foco, es siempre constante. En el caso de un objeto de test 2 dispuesto de forma concéntrica con respecto al segundo foco B_2 tienen, correspondientemente, todas las trayectorias de los rayos exactamente el mismo recorrido. Por consiguiente no varía el tiempo de recorrido de la radiación R o de los impulsos de THz reflejados y la posición temporal detectada queda constante durante la exploración del objeto de test 2. Si no coinciden el eje longitudinal central L y el segundo foco B_2 varía la posición temporal de los impulsos de THz durante la exploración del objeto de test 2. Los impulsos de THz, los cuales inciden a lo largo de las rectas definidas por el eje longitudinal central L y el segundo foco B_2 , presentan los desplazamientos de impulso máximos. Por consiguiente, la dirección del desplazamiento y también la magnitud del desplazamiento vienen dadas por la diferencia de tiempo de recorrido máxima y se puede determinar durante la evaluación. Por consiguiente se puede determinar la posición del eje longitudinal central L con respecto a los segundos focos B_2 . Estas informaciones se pueden emplear, por ejemplo, para el ajuste automático del objeto de test 2 al ponerse en marcha el proceso de extrusión o para un ajuste posterior, eventualmente necesario, del dispositivo de medición 1. No se necesita una medición de referencia.

A partir del tiempo de recorrido de los impulsos de THz se pueden determinar además el diámetro o el radio r del objeto de test 2 así como eventuales variaciones de la forma circular como, por ejemplo, la excentricidad u ovalidad. El diámetro del objeto de test 2 resulta, para los parámetros conocidos del espejo 7 o 7' elíptico,

directamente del tiempo de recorrido del impulso de THz correspondiente. Los parámetros de forma tales como la excentricidad y la ovalidad, se pueden calcular a partir de las desviaciones del tiempo de recorrido de impulsos de THz individuales.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de medición de terahercios para medir objetos de test, en particular de plástico, con
- 5 - por lo menos una unidad de emisor-receptor (3; 3, 3') con
- un emisor (9) para emitir una radiación de terahercios (S) en el intervalo de frecuencias de terahercios comprendido entre 0,01 THz y 50 THz,
- 10 - un receptor (10) correspondiente para detectar una radiación (R) reflejada en el objeto de test (2) en el intervalo de frecuencias de terahercios comprendido entre 0,01 THz y 50 THz,
- por lo menos una disposición de espejos (4; 4, 4') con
- 15 - un primer espejo (7; 7, 7'),
- que en un plano x-y (E_{xy} , E_{xy} , E_{xy}') está formado un primer foco (B_1 ; B_1 , B_1') y un segundo foco (B_2 ; B_2 , B_2'), y
- 20 - que está curvado elípticamente por lo menos a tramos entre los focos (B_1 , B_2 ; B_1 , B_2 , B_1' , B_2') para desviar la radiación (S, R),
- un segundo espejo (8; 8, 8'), dispuesto en la zona del primer foco (B_1 ; B_1 , B_1') para desviar la radiación (S, R) entre una dirección z, que se extiende transversalmente con respecto al plano x-y (E_{xy} , E_{xy} , E_{xy}') y el plano x-y (E_{xy} , E_{xy} , E_{xy}'),
- 25 - un portaobjetos de test (5) para disponer el objeto de test (2) en la zona de un segundo foco (B_2 ; B_2 , B_2'), y
- una unidad de control (6),
- 30 estando la unidad de control (6) conectada con el emisor (3) y con el receptor (11) para controlar el emisor (3) y evaluar la radiación (R) reflejada detectada por el receptor y determinar un grosor de pared (d_w) o grosor de capa del objeto de test (2).
- 35 2. Dispositivo de medición de terahercios según la reivindicación 1, caracterizado por que dicha por lo menos una unidad de emisor-receptor (3; 3, 3') está dispuesta a lo largo de un eje z (Z_1 ; Z_1 , Z_1') que se extiende en paralelo a la dirección z a través del primer foco (B_1 ; B_1 , B_1').
- 40 3. Dispositivo de medición de terahercios según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que por lo menos dos disposiciones de espejos (4, 4'), en particular exactamente dos disposiciones de espejos (4, 4'), están dispuestas desplazadas entre sí en la dirección z, y cuyos respectivos primeros focos (B_1 , B_1') están distanciados en la dirección z, estando dichas por lo menos las dos disposiciones de espejos (4, 4') construidas en particular de manera idéntica.
- 45 4. Dispositivo de medición de terahercios según la reivindicación 3, caracterizado por que los respectivos segundos focos (B_2 , B_2') están situados sobre una recta (Z_2), que se extiende en paralelo a la dirección z.
- 50 5. Dispositivo de medición de terahercios según la reivindicación 3 o 4, caracterizado por que los respectivos primeros focos (B_1 , B_1') de exactamente las dos disposiciones de espejos (4, 4') están situados sobre diferentes lados de un plano y-z (E_{yz}) que se extiende a través de los segundos focos (B_2 , B_2').
- 55 6. Dispositivo de medición de terahercios según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que una unidad de emisor-receptor (3, 3') está asociada a cada disposición de espejos (4, 4').
- 60 7. Dispositivo de medición de terahercios según la reivindicación 1 a 6, caracterizado por que el segundo espejo (8; 8, 8') puede ser girado alrededor de un eje z (Z_1 ; Z_1 , Z_1') que se extiende en paralelo a la dirección z a través del primer foco (B_1 ; B_1 , B_1').
8. Dispositivo de medición de terahercios según las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por que el portaobjetos de test (5) está configurado de tal manera que el objeto de test (2) pueda ser girado alrededor de un eje de giro (Z_2 ; Z_2 , Z_2') que se extiende a través del segundo foco (B_2 ; B_2 , B_2').
- 65 9. Dispositivo de medición de terahercios según una de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado por que el respectivo primer espejo (7; 7, 7') está curvado a lo largo de una elipse, siendo la elipse definida por un primer semieje (A) con una longitud a, y un segundo semieje (B) que es más corto en comparación con el primer

semieje (A) con una longitud b, siendo válido para una relación de las longitudes que: $a/b \leq 1,3$, en particular que $a/b \leq 1,2$ y, en particular, que $a/b \leq 1,1$.

5 10. Dispositivo de medición de terahercios según una de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado por que el respectivo primer espejo (7; 7, 7') presenta una curvatura cóncava en la dirección z, siendo la curvatura seleccionada en particular de entre el grupo parabólico, elíptico y esférico.

10 11. Dispositivo de medición de terahercios según la reivindicación 1 a 9, caracterizado por que el respectivo primer espejo (7; 7, 7') está configurado para que sea plano en la dirección z, y por lo menos un elemento de enfoque (18) está previsto para enfocar la radiación de terahercios (S) en la dirección z.

12. Procedimiento para medir objetos de test, en particular de plástico, y para determinar un grosor de pared (d_w) o grosor de capa de los objetos de test (2), que comprende las etapas siguientes:

- 15
- proporcionar un dispositivo de medición de terahercios (1) según por lo menos una de las reivindicaciones 1 a 11,
 - disponer un objeto de test (2) de tal manera que su eje longitudinal central (L) se extienda través del
- 20
- segundo foco ($B_2; B_2, B_2'$),
 - emitir una radiación de terahercios (S) en el intervalo comprendido entre 0,01 THz y 50 THz, mediante el emisor (9),
 - desviar la radiación de terahercios (S) mediante el segundo espejo (8; 8, 8') y el primer espejo (7; 7,
- 25
- 7') en la dirección del segundo foco ($B_2; B_2, B_2'$),
 - reflejar la radiación de terahercios (S) en el objeto de test (2),
 - desviar la radiación de terahercios (R) reflejada mediante el primer espejo (7; 7, 7') y el segundo
- 30
- espejo (8; 8, 8') en la dirección de receptor (10),
 - detectar la radiación de terahercios (R) reflejada mediante el receptor (10),
 - evaluar la radiación (R) detectada, y
- 35
- determinar un grosor de pared (d_w) o grosor de capa a partir de la radiación de terahercios (R) detectada reflejada.

40 13. Procedimiento según la reivindicación 12, caracterizado por que el objeto de test (2) y el segundo espejo (8; 8, 8') son girados relativamente entre sí, en particular el segundo espejo (8;8, 8') es girado alrededor del eje z ($Z_1; Z_1, Z_1'$) que se extiende en paralelo a la dirección z a través del primer foco ($B_1; B_1, B_1'$).

45 14. Procedimiento según la reivindicación 12 o 13, caracterizado por que el objeto de test (2) presenta por lo menos a tramos una capa de material (K_1, K_2) en forma de cilindro hueco, siendo la capa de material en particular producida a partir de un plástico.

50 15. Procedimiento según la reivindicación 14, caracterizado por que la medición y determinación de un grosor de pared (d_w) o de un grosor de capa de por lo menos una capa de material en forma de cilindro hueco se lleva a cabo sobre la totalidad del perímetro del objeto de test (2).

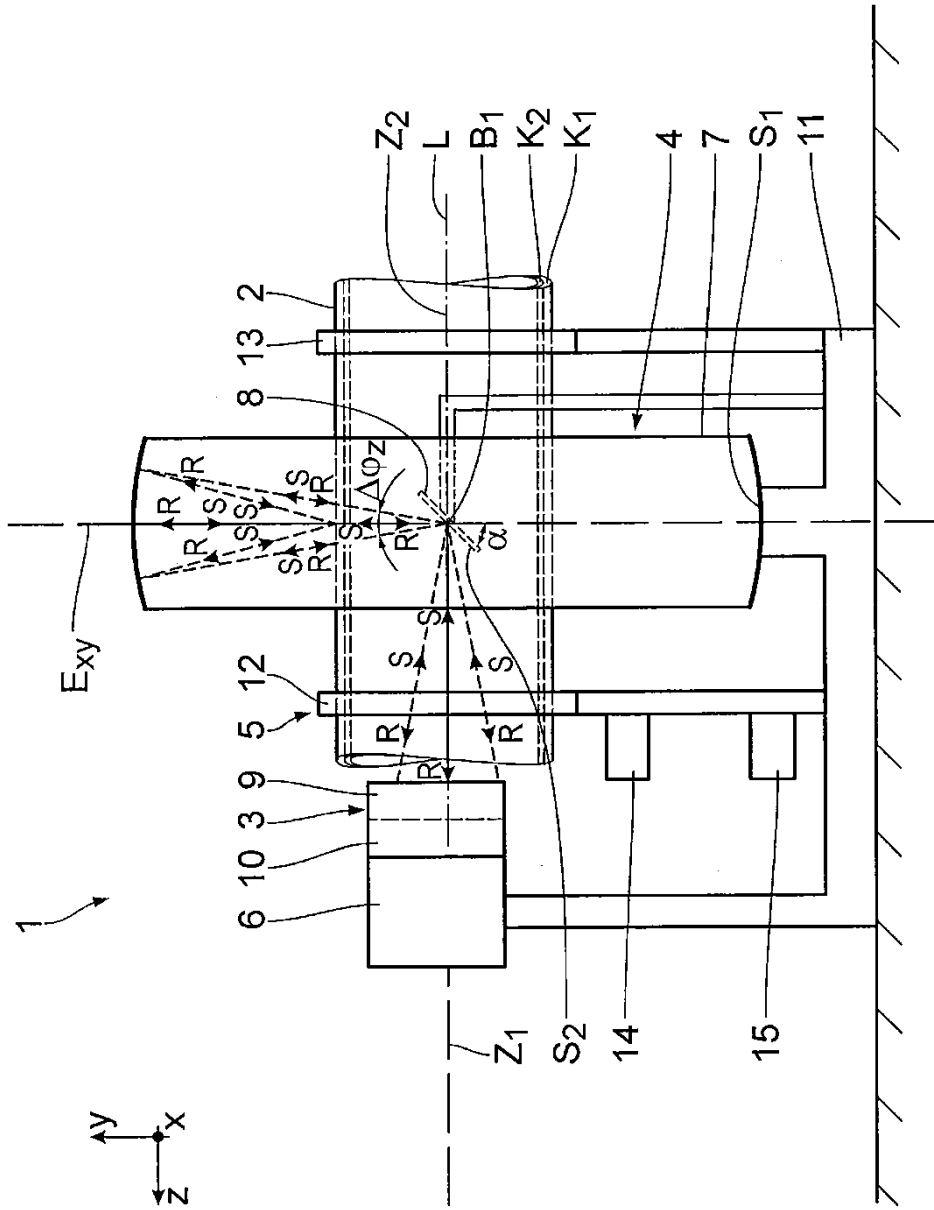


Fig. 1

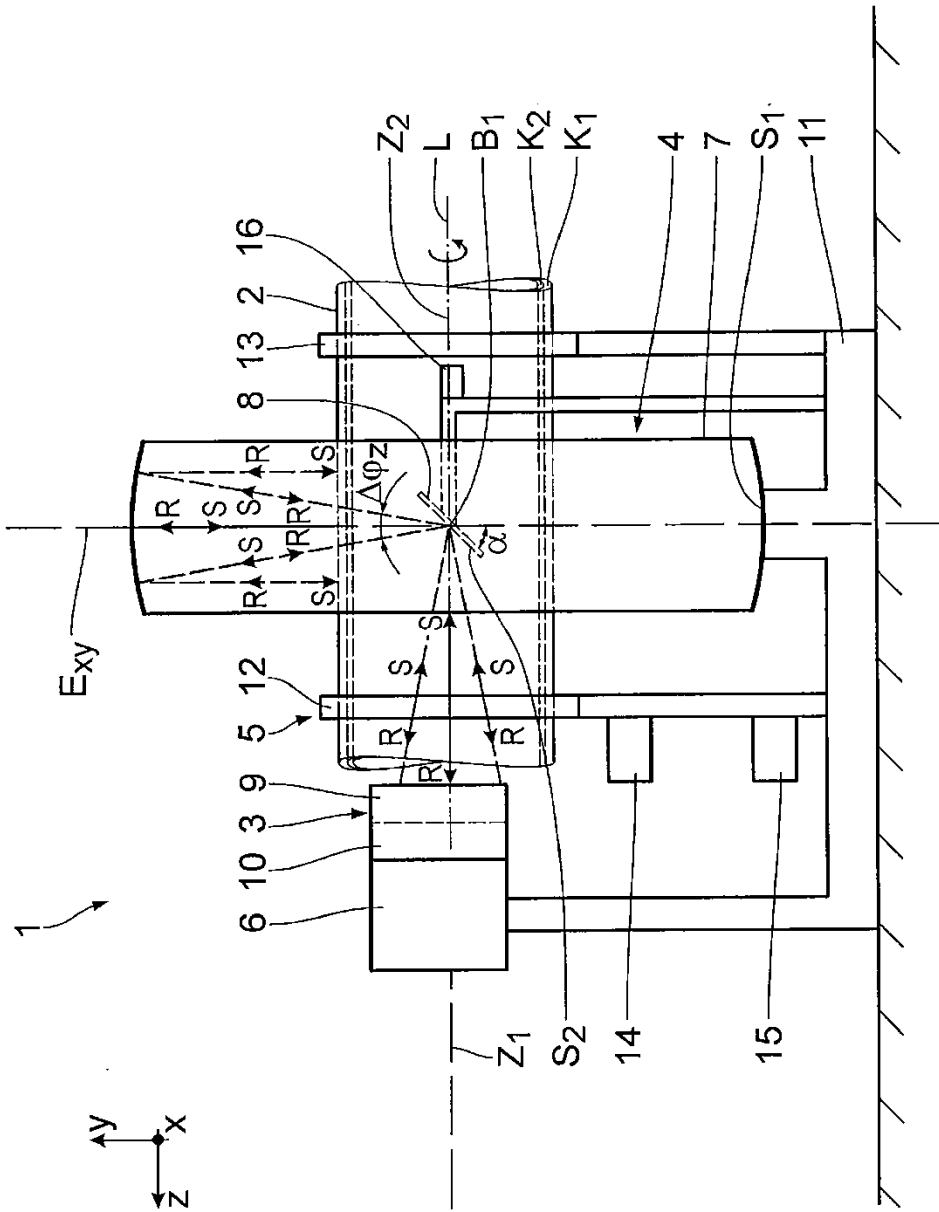


Fig. 3

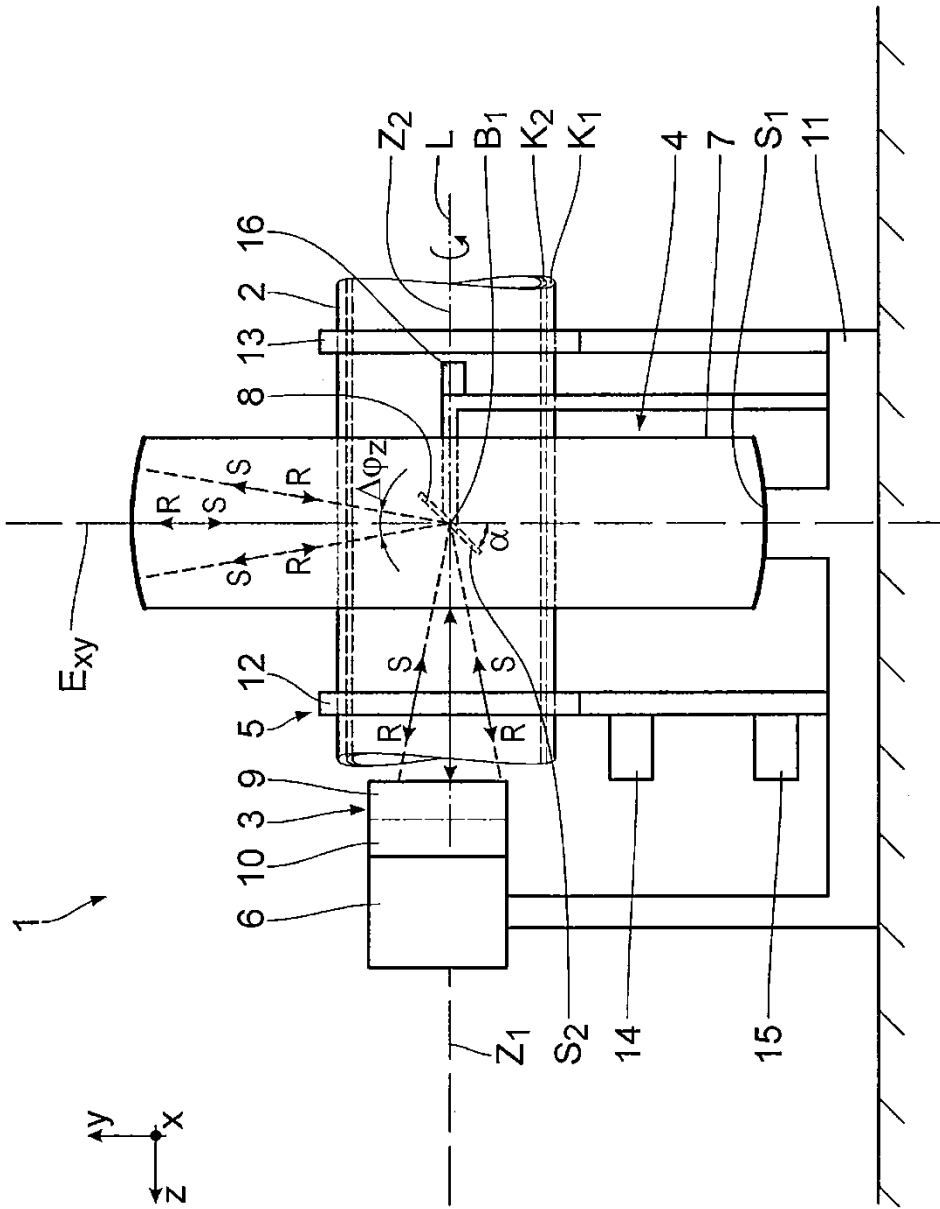


Fig. 5

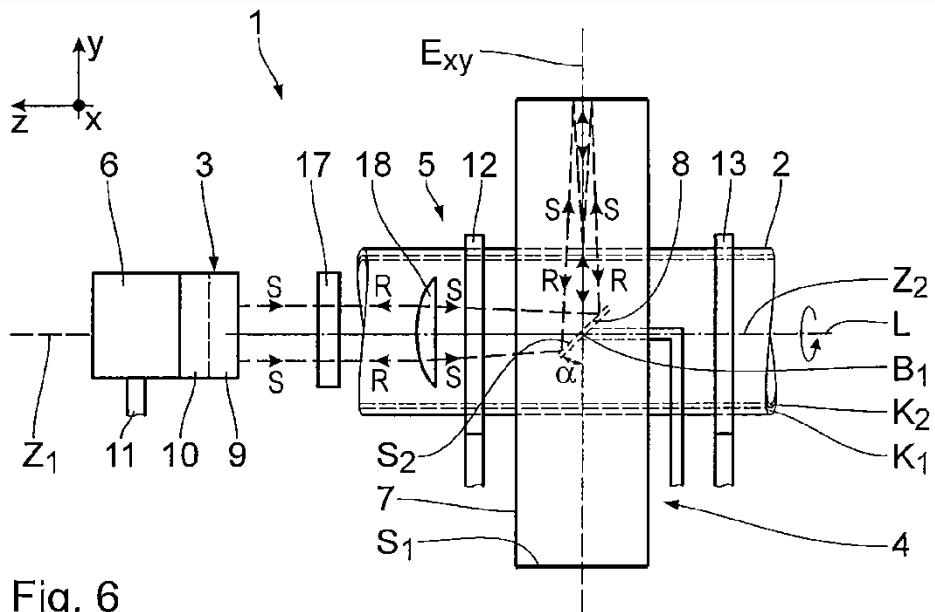


Fig. 6

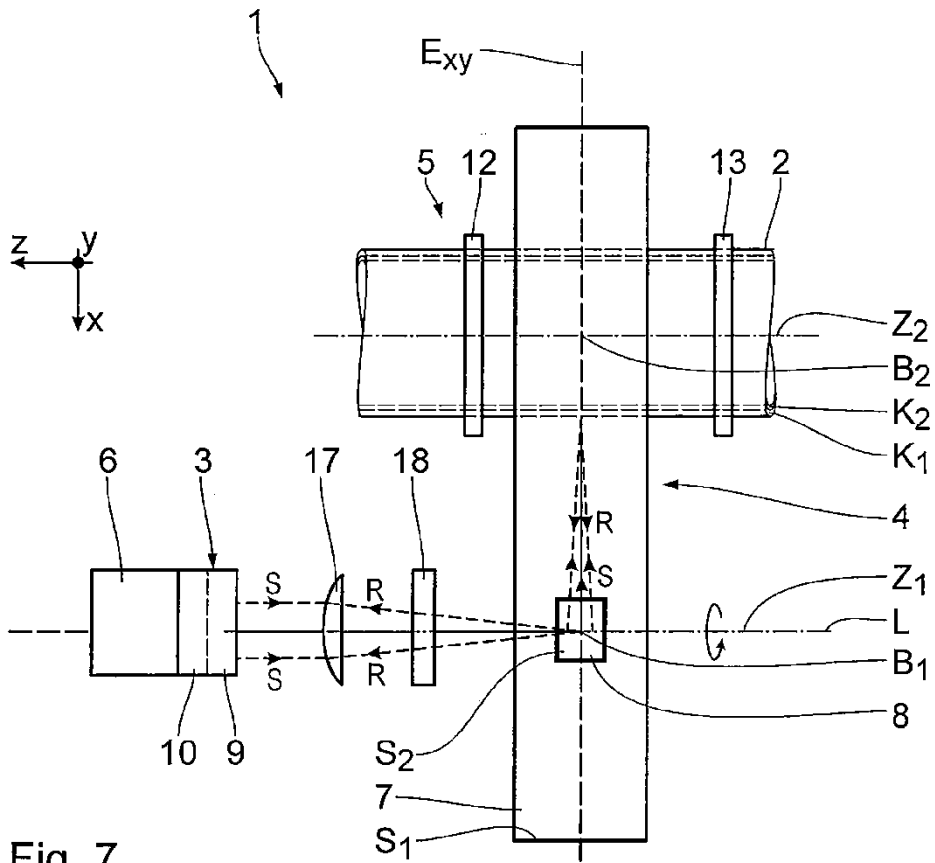
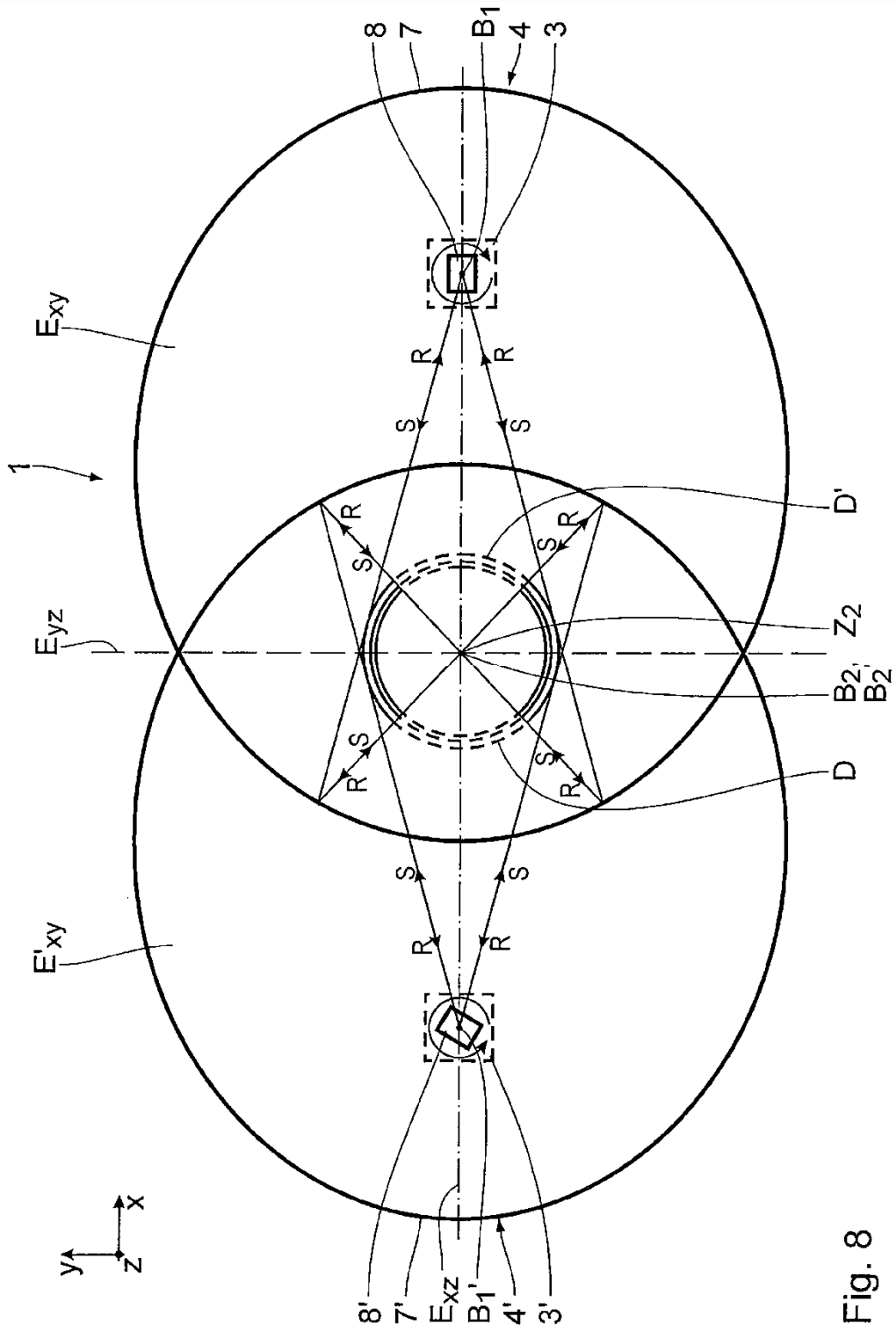


Fig. 7



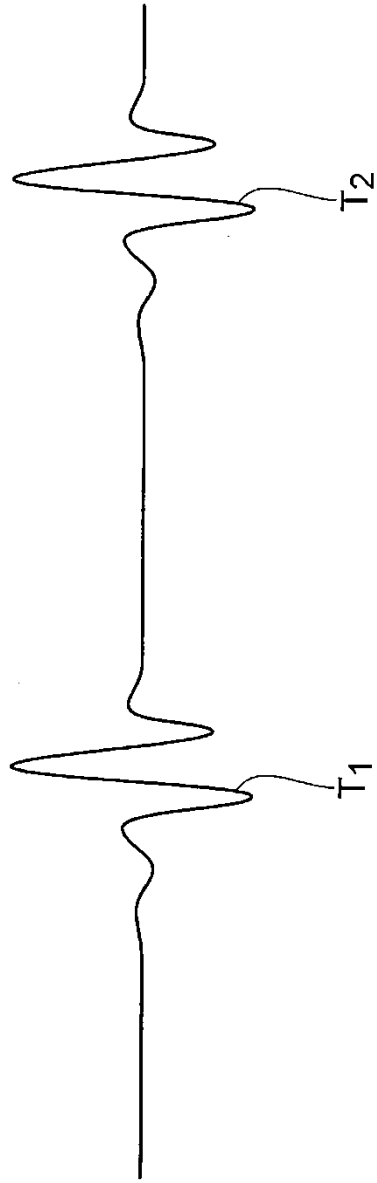


Fig. 9