

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 905 748**

51 Int. Cl.:

A44C 15/00 (2006.01)

A44C 17/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **31.08.2016 PCT/EP2016/070507**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.03.2017 WO17042075**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.08.2016 E 16766241 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.11.2021 EP 3346867**

54 Título: **Piedras preciosas de color modificable**

30 Prioridad:

09.09.2015 EP 15184408

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

12.04.2022

73 Titular/es:

D. SWAROVSKI KG (100.0%)

Swarovskistrasse 30

6112 Wattens, AT

72 Inventor/es:

BRUNTHALER, MICHAEL;

LEXER, FRANZ;

MAIR, MATHIAS y

ALTENBERGER, ERNST

74 Agente/Representante:

PADIAL MARTÍNEZ, Ana Belén

ES 2 905 748 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

Piedras preciosas de color modificable

Campo de la invención

5 La invención se refiere a un elemento de joyería decorativo que contiene una piedra preciosa transparente, una capa selectiva en longitud de onda y una superficie de soporte de color modificable y que, por tanto, puede producir efectos estéticos por cambios de color.

Antecedentes de la técnica

10 El diseño de color de las piedras preciosas decorativas se realiza normalmente por el uso de piedras preciosas coloreadas. Sin embargo, también se sabe que, en el caso de las piedras preciosas transparentes en combinación con un fondo coloreado, el efecto coloreado de la piedra preciosa cambia. La luz refractada por el material transparente y el color del fondo se superponen. Si el color del fondo es modificable, se puede variar el efecto de color de la piedra preciosa.

15 El logro de efectos estéticos también se está volviendo más importante en áreas funcionales. Por ejemplo, la tecnología ponible es un campo de aplicación para los efectos estéticos. En particular, es deseable un cambio de color combinado con una apariencia brillante (véase más abajo). A partir del documento EP 1 086 269 B1 se sabe que por el color de un sustrato textil en combinación con elementos de vidrio aplicados al mismo se produce un efecto óptico modificado de los elementos de vidrio. El objetivo del documento EP 1 086 269 B1 no es poner a disposición piedras preciosas brillantes. En el documento US 2012/01133676 A1 se describe una pantalla reflectante que consiste en una estructura de múltiples capas. Por el uso de filtros de color, la porción de luz reflejada y transmitida en las capas se modifica bajo la luz ambiental y, por tanto, varía el color reflejado total. El objetivo de la solicitud no son las piedras preciosas brillantes. A partir del documento CN201700538 (U), se conoce un arete como pieza de joyería en el que se pueden lograr efectos cromáticos con una batería, un circuito y LED de color modificable. El objetivo del documento CN201700538 (U) no es poner a disposición piedras preciosas brillantes. El documento GB 798.080 A divulga una piedra preciosa recubierta en la parte posterior, que adquiere su efecto por la luz ambiental que incide sobre la piedra preciosa desde arriba. En el documento US 2007/0274160 A1 se describe un reloj que está decorado con piedras preciosas iluminadas.

20

25

El objetivo de la presente invención es realizar un cuerpo compuesto de color conmutable que combine un cambio de color con una apariencia brillante (véase más abajo).

Descripción de la invención

30 De forma sorprendente, se ha descubierto que las piedras preciosas presentan una apariencia brillante por aplicación de una capa selectiva en longitud de onda con propiedades de reflexión y transmisión especiales y por combinación con una superficie de soporte de color conmutable. De acuerdo con la invención, con apariencia brillante se entiende un comportamiento de reflexión en el que la luz no solo se refleja de forma difusa, sino que también están presentes puntos de luz de reflexión acentuados individuales. Los cuerpos compuestos de acuerdo con la invención no solo tienen un efecto estético mejorado, sino que también son muy adecuados como transmisores de señales ópticos (véase más abajo).

35

Por lo tanto, el objetivo de la presente invención es un elemento de joyería de color modificable, que contiene a) una piedra preciosa transparente con geometría planoconvexa, b) una superficie de soporte de color modificable y c) una capa selectiva en longitud de onda y c) que está dispuesta entre la piedra preciosa transparente (B) y la superficie de soporte de color modificable (D).

40

Los componentes a) - c) del elemento de joyería de color modificable están preferentemente unidos entre sí con un adhesivo. Si, en un modo de realización preferente, el adhesivo se aplica directamente a la piedra preciosa transparente, la desviación del índice de refracción del adhesivo del índice de refracción del elemento de joyería decorativo es menor de ± 20 %. Si la diferencia entre índices de refracción es demasiado grande, habrá pérdidas por reflexión no deseadas. En un modo de realización preferente, el elemento de joyería decorativo consiste sustancialmente en los componentes a) - c) en dicha sucesión mencionada, estando los componentes a) - c) preferentemente unidos con adhesivo.

45

En la figura 1 está representada una posible combinación estructural del elemento de joyería decorativo (cuerpo compuesto), en la que los símbolos de referencia tienen el siguiente significado: A) elemento de joyería conmutable, B) piedra preciosa planoconvexa, C) capa selectiva en longitud de onda, D) superficie de soporte de color modificable.

50

Las opciones de uso de la presente invención se encuentran tanto en el área estética como también funcional. La invención se puede usar, por ejemplo, en el campo de la tecnología ponible. Los productos en este campo a menudo pueden registrar determinados valores de medición con ayuda de elementos de control sensoriales. Alcanzar un valor de medición crítico se podría señalar, por ejemplo, por un cambio de color de una pantalla. Los valores críticos

pueden ser la pulsación, la temperatura corporal, el consumo de calorías, radiación electromagnética y otras variables que se pueden registrar con sensores.

5 Una opción de aplicación del elemento de joyería decorativo de acuerdo con la invención (un cuerpo compuesto), por ejemplo, se representa por pulseras equipadas con sensores que cambian el color de la superficie de soporte cuando se alcanza un valor de medición crítico. Como resultado, la pulsera adquiere una apariencia de color modificable (= conmutable). En este modo de realización no solo son concebibles pulseras, sino también, por ejemplo, piezas de joyería, como brazaletes o collares.

10 La aplicación del elemento de joyería decorativo no está limitada al área de la tecnología ponible que usa elementos de control sensoriales. También se pueden usar elementos de joyería en pulseras o collares desde el punto de vista puramente estético. La combinación de una piedra preciosa transparente con una capa selectiva en longitud de onda y una superficie de soporte de color modificable no solo posibilita su uso como elemento señal, sino que también abre una amplia gama de opciones de uso con respecto a la estética y diseño.

15 Preferentemente, la piedra preciosa transparente tiene un facetado para reforzar la apariencia brillante. En el modo de realización planoconvexo preferente, la piedra preciosa se ilumina de forma óptima en términos de área. De acuerdo con la invención, con geometría planoconvexa se entiende que la superficie de soporte de la piedra preciosa es lisa. Su lado superior tiene áreas curvadas predominantemente convexas y presenta facetas. En un modo de realización preferente, las áreas curvadas predominantemente convexas corresponden a al menos un 50 % de la superficie, preferentemente, en particular, son al menos un 70 %, muy preferentemente, en particular, al menos un 80 %, en particular, un 100 %. En el lado superior, en el centro, la piedra preciosa puede presentar una faceta paralela a la superficie de soporte o curvaturas cóncavas. También podrían estar presentes curvaturas cóncavas lateralmente en el área de borde (véase más abajo), por ejemplo, para encajar las piedras preciosas en un engaste. En el caso de las piedras preciosas redondas, el área de borde a menudo se denomina filetín.

25 Preferentemente, el ángulo de inclinación α de la primera faceta de la piedra preciosa facetada transparente, con respecto a la base o superficie de soporte horizontal de la piedra preciosa, se encuentra en el intervalo angular de 10° a 40° (véanse también las figs. 2 y 3). Esto tiene la ventaja de que se conserva la homogeneidad del color incluso cuando la piedra preciosa se observa lateralmente hasta alrededor de 35°. Si la piedra preciosa se encuentra horizontalmente sobre el lado plano, entonces el ángulo de inclinación α preferente es el ángulo agudo que se incluye con la superficie de soporte horizontal. El ángulo de visión, en cambio, se mide desde la dirección perpendicular. La así llamada área de borde de una piedra preciosa (RB = área de borde, fig. 3) tiene preferentemente un ángulo de inclinación β de 80° a 100°. A modo de ejemplo, en la figura 2 está representado el contorno de una piedra preciosa sin área de borde. A modo de ejemplo, en la figura 3 está representada el área de borde con un ángulo de inclinación β de 90°.

35 La transparencia de la piedra preciosa es una propiedad sustancial para los efectos ópticos. La transparencia de la piedra preciosa está relacionada con sus propiedades de transmisión. De acuerdo con la invención, con transparencia de la piedra preciosa se entiende una transmisión de la luz incidente de al menos un 50 %, preferentemente de más de un 80 %.

40 De acuerdo con la invención, los componentes del elemento de joyería decorativo se unen preferentemente con adhesivo; preferentemente, en particular, son adhesivos de curado por UV (280-380 nm) o de fotocurado (380-780 nm), ya que curan muy rápidamente bajo el efecto de la luz UV o visible. Tanto los adhesivos de curado por UV como también los de fotocurado son suficientemente conocidos para el experto en la técnica. Por motivos ópticos, el adhesivo debe ser lo suficientemente transparente para que llegue la mayor cantidad de luz posible a la capa selectiva en longitud de onda. Preferentemente tiene una transparencia de al menos un 80 %, preferentemente, en particular, de al menos un 90 %. De acuerdo con la invención, es muy preferente, en particular, el uso de adhesivos de acrilato, en particular, de adhesivos de acrilato de uretano modificado, de curado por UV o de fotocurado. Estos se comercializan por numerosas empresas, por ejemplo, por Delo bajo el nombre comercial Delo-Photobond® GB 368, un adhesivo que se puede curar por luz UV y luz visible en la región de 320-420 nm. En el sentido de la invención, también se pueden usar otros adhesivos, por ejemplo, adhesivos de resina epoxi, como, por ejemplo, EPO-TEK® 301-2 de la empresa EPOXY-Technology. Los procedimientos para determinar la transparencia son suficientemente conocidos para el experto en la técnica. También se debe mencionar expresamente aquí que también existen otras opciones de unión para los componentes del elemento de joyería decorativo, por ejemplo, mecánicamente, por ejemplo, por elementos de fijación adecuados, de modo que no es obligatoria una unión con adhesivo.

55 En un modo de realización preferente, la capa selectiva en longitud de onda (véase más abajo) se aplica directamente a la piedra preciosa en el lado plano opuesto al facetado (fig. 1). Este lado recubierto se adhiere preferentemente a la superficie de soporte de color modificable. En un modo de realización alternativo preferente de acuerdo con la invención, la capa selectiva en longitud de onda se aplica a la superficie de soporte de color modificable. La superficie de soporte de color modificable así formada se adhiere entonces preferentemente a la piedra preciosa transparente. Sin embargo, la adherencia de las partes individuales no absolutamente necesaria.

La capa selectiva en longitud de onda es preferentemente un recubrimiento selectivo en longitud de onda (véase más abajo) o una película selectiva en longitud de onda (véase más abajo). Los recubrimientos selectivos en longitud de

onda han demostrado ser ventajosos, ya que tienen muy buenas propiedades de reflexión y transmisión. La película selectiva en longitud de onda (véase más abajo) se puede usar como alternativa o bien complemento a un recubrimiento selectivo en longitud de onda (véase más abajo). Está unida preferentemente con la superficie de soporte de color modificable y con la piedra preciosa transparente por capas adhesivas. Sin embargo, la adherencia de las partes individuales no absolutamente imprescindible. Como superficie de soporte se usan preferentemente pantallas conmutables electrónicamente; como resultado, se puede realizar un cambio de color con control electrónico. De acuerdo con la invención, este intercambio tiene lugar preferentemente entre el color blanco y negro. El principio de acción de la piedra preciosa de color modificable se representa en las figuras 4 y 5. Si la superficie de soporte es negra, como en la figura 4, entonces la porción de luz transmitida por la capa selectiva en longitud de onda se absorbe predominantemente, y solo se puede percibir la porción de luz reflejada en la capa selectiva en longitud de onda. Con una superficie de soporte blanca, como en la figura 5, la porción de luz transmitida por la capa selectiva en longitud de onda se refleja en la superficie blanca y se superpone con la porción de luz reflejada en la capa selectiva en longitud de onda para crear un nuevo color. El fondo blanco se refleja preferentemente de forma difusa. Esto tiene la ventaja de que se puede registrar el intercambio de color en un mayor intervalo angular.

Como superficie de soporte, también son adecuadas, por ejemplo, las pantallas biestables (véase más abajo), por ejemplo, e-paper o E-ink®. Tienen la ventaja de que solo requieren energía durante el propio intercambio de color. Esto es ventajoso para las tecnologías posibles con sus bajos recursos energéticos. Sin embargo, igualmente se pueden usar otras tecnologías de visualización, por ejemplo, OLED, TFT, LCD.

Se usa el espacio de color $L^*a^*b^*$ de acuerdo con DIN EN ISO 11664-4 para medir el intercambio de color del elemento de joyería decorativo. Si la posición cromática del elemento de joyería se determina cuantitativamente, por ejemplo, con una superficie de soporte blanca y negra preferente de acuerdo con la invención, entonces la posición cromática $p = (L_p^*, a_p^*, b_p^*)$ se adquiere a partir del elemento de joyería medido con una superficie de soporte blanca y la posición cromática $v = (L_v^*, a_v^*, b_v^*)$ con una superficie de soporte negra. El intercambio de color se calcula por la diferencia de la posición cromática "p" y la posición cromática "v". La diferencia de la posición cromática "p" de la posición cromática

"v" es $\Delta E = \sqrt{(L_p^* - L_v^*)^2 + (a_p^* - a_v^*)^2 + (b_p^* - b_v^*)^2}$. De acuerdo con la invención, preferentemente es una diferencia ΔE que es mayor o igual a 5, es decir, $\Delta E \geq 5$, para que el intercambio de color sea distinguible para el ojo humano.

El objetivo de la invención asimismo es el procedimiento para modificar el color de un elemento de joyería decorativo cambiando el color de la superficie de soporte por medio de un circuito electrónico.

Piedra preciosa transparente

La piedra preciosa transparente puede estar formada de muy diversos materiales, por ejemplo, de vidrio transparente, plástico, cerámica transparente o una gema transparente. De acuerdo con la invención, son preferentes las piedras preciosas transparentes fabricadas a partir de vidrio o a partir de plástico, ya que estas son las más económicas. Debido a su excelente efecto óptico, de acuerdo con la invención es preferente el vidrio

Vidrio

En principio, la invención no está limitada a la composición del vidrio, siempre que sea transparente. Con vidrio se entiende un líquido subenfriado congelado que forma un cuerpo sólido amorfo. El índice de refracción del vidrio se encuentra preferentemente en el intervalo de 1,5 a 1,9. De acuerdo con la invención, se pueden usar tanto vidrios oxídicos como también vidrios de calcogenuro, metales vítreos o metales no vítreos. También pueden ser adecuados los vidrios de oxinitruro. Pueden ser vidrios de un componente (por ejemplo, cuarzo fundido) o de dos componentes (por ejemplo, vidrio de borato alcalino) o de varios componentes (vidrio de sosa y cal). El vidrio se puede fabricar por fusión, por procedimientos sol-gel o por ondas de choque. Los procedimientos son conocidos para el experto en la técnica. De acuerdo con la invención, son preferentes los vidrios inorgánicos, en particular, vidrios oxídicos. A estos pertenecen los vidrios de silicato, vidrios de borato o vidrios de fosfato. Los vidrios sin plomo son preferentes, en particular. Los vidrios de silicato son preferentes para la fabricación de piedras preciosas transparentes facetadas. Los vidrios de silicato tienen en común que su red está formada principalmente de dióxido de silicio (SiO_2). Por adición de óxidos adicionales, como, por ejemplo, óxido de aluminio o diversos óxidos alcalinos, se crean los vidrios aluminosos o de silicato alcalino. Si el pentóxido de fósforo o botrióxido aparecen como formadores de la red principal de un vidrio, se habla de vidrios de fosfato o de borato, cuyas propiedades asimismo se pueden establecer por adición de óxidos adicionales. Estos vidrios también se pueden usar en el sentido de la invención. Los vidrios de este tipo consisten principalmente en óxidos, por lo que se denominan colectivamente vidrios oxídicos. En un modo de realización preferente de acuerdo con la invención, la composición de vidrio contiene los siguientes componentes: (a) de aproximadamente un 35 a aproximadamente un 85 % en peso de SiO_2 (b) de un 0 a aproximadamente un 20 % en peso de K_2O ; (c) de un 0 a aproximadamente un 20 % en peso de Na_2O ; (d) de un 0 a aproximadamente un 5 % en peso de Li_2O ; (e) de un 0 a aproximadamente un 13 % en peso de ZnO ; (f) de un 0 a aproximadamente un 11 % en peso de CaO ; (g) de un 0 a aproximadamente un 7 % en peso de MgO ; (h) de un 0 a aproximadamente un 10 % en peso de BaO ; (i) de un 0 a aproximadamente un 4 % en peso de Al_2O_3 ; (j) de un 0 a aproximadamente un 5 % en peso de ZrO_2 ; (k) de un 0 a aproximadamente un 6 % en peso de B_2O_3 ; (l) de un 0 a aproximadamente un 3 % en peso de

F; (m) de un 0 a aproximadamente un 2,5 % en peso de Cl. Todas las cantidades se han de entender como que suman un 100 % en peso.

El facetado de los objetos de vidrio se adquiere por técnicas de esmerilado y pulido que son suficientemente conocidas para el experto en la técnica. De acuerdo con la invención, por ejemplo, es adecuado un vidrio sin plomo, en particular, el de la empresa Swarovski.

Plástico

Como materia prima adicional para la fabricación de la piedra preciosa transparente se pueden usar plásticos transparentes. Todos los plásticos que son transparentes después del curado de los monómeros son adecuados de acuerdo con la invención; estos son suficientemente conocidos para el experto en la técnica. Entre otros, aquí encuentran uso los siguientes materiales: vidrio acrílico (poli(metacrilato de metilo)), PMMA, policarbonato (PC), poli(cloruro de vinilo) (PVC), poliestireno (PS), poli(éter fenílico) (PPO), polietileno (PE), poli(n-metilmetacrilimida) (PMMI). Las ventajas de los plásticos transparentes con respecto al vidrio son, en particular, su menor peso específico, que solo es de alrededor de la mitad del vidrio. También se pueden establecer específicamente otras propiedades del material. Con frecuencia, los plásticos son además más fáciles de trabajar que el vidrio. El bajo módulo de elasticidad en comparación con el vidrio y la baja dureza superficial, así como el enorme descenso de la resistencia a temperaturas a partir de alrededor de 70 °C, ejercen un efecto desfavorable. Un plástico preferente de acuerdo con la invención es poli(n-metilmetacrilimida), que se comercializa, por ejemplo, por Evonik con el nombre Pleximid® TT70. Pleximid® TT70 tiene un índice de refracción de 1,54 y una transmitancia de un 91 %, medidos de acuerdo con ISO 13468-2 usando luz estándar D65.

Geometría

El diseño geométrico de la piedra preciosa transparente básicamente no está limitado y está fuertemente influenciado por los aspectos del diseño. La forma básica de la piedra preciosa es preferentemente cuadrada, rectangular o redonda. De acuerdo con la invención, la piedra preciosa tiene preferentemente una superficie facetada, ya que las facetas son ventajosas para obtener una apariencia brillante. De acuerdo con la invención, son preferentes las piedras preciosas con una geometría planoconvexa, ya que la piedra preciosa se ilumina bien. En combinación con las facetas, esto da como resultado una apariencia, en particular, brillante. Si las facetas tienen un ángulo de inclinación α preferente de 10° a 40°, entonces también está presente una impresión total homogénea en cuanto a color cuando se observa lateralmente. Con respecto a la forma geométrica de las facetas, en principio, no existe ninguna limitación, pero son preferentes las facetas en forma de un trapecoide o triángulo, así como las facetas rectangulares o cuadradas.

Capa selectiva en longitud de onda

La capa selectiva en longitud de onda es sustancialmente responsable del hecho de que la piedra preciosa adquiera su apariencia brillante y, como resultado, que se perciba primordialmente como una piedra preciosa. Se encuentra entre la piedra preciosa transparente y la superficie de soporte de color modificable. La capa selectiva en longitud de onda es preferentemente una película selectiva en longitud de onda o un recubrimiento selectivo en longitud de onda. El recubrimiento selectivo en longitud de onda se fabrica preferentemente por PVD, CVD o procedimientos químicos húmedos. Sin embargo, igualmente se puede adquirir una capa selectiva en longitud de onda mediante una superficie microestructurada. Los procedimientos para la microestructuración son bien conocidos para el experto en la técnica.

Como resultado de la reflexión y transmisión de una región definida del espectro de luz visible, la capa selectiva en longitud de onda actúa como un filtro. Como resultado, el elemento óptico gana brillo y aparece ante el espectador en un determinado color. El brillo aumenta además por el facetado del objeto planoconvexo. En un modo de realización preferente de la invención, la capa selectiva en longitud de onda refleja y transmite una porción de luz en la región de 380-780 nm, es decir, en la región visible. De acuerdo con la invención, es preferente, en particular, una capa selectiva en longitud de onda que tenga una reflectancia media menor de un 75 % en la región de longitud de onda visible de 400 a 700 nm. De acuerdo con la invención, con reflectancia media se entiende la relación de la integral de la curva de reflexión (fig. 6, área sombreada) de la capa selectiva en longitud de onda con respecto a la integral de la curva de reflexión máxima posible principal (fig. 6, área bajo la línea punteada) en la misma región de longitud de onda en porcentaje. La región de integración es la región de longitud de onda de 400 nm a 700 nm. Con una reflectancia media de la capa selectiva en longitud de onda por encima de un 75 %, la superficie de soporte de color modificable tiene una influencia más baja sobre el intercambio de color visible del elemento de joyería decorativo debido a la reflexión más intensa en la capa selectiva en longitud de onda. La reflectancia media menor de un 75 % intensifica el efecto de intercambio de color y, por lo tanto, es preferente de acuerdo con la invención. La figura 6 muestra un ejemplo para una reflectancia media menor de un 75 %; la integral bajo la línea punteada en la región de longitud de onda de 400 nm a 700 nm se normaliza a un 100 %. La figura 7 muestra un ejemplo para una reflectancia media para nada óptima por encima de un 75 %.

La luz incidente se refleja parcialmente y se transmite parcialmente en la capa selectiva en longitud de onda. La capa selectiva en longitud de onda es de gran importancia para la división de la luz y la apariencia brillante del elemento de joyería decorativo. Una reflexión difusa en la capa selectiva en longitud de onda reduce la apariencia brillante, ya que

no se crean puntos de luz acentuados. Por lo tanto, la porción de luz dispersada de la luz reflejada de la capa selectiva en longitud de onda es preferentemente inferior a un 5 %.

La capa selectiva en longitud de onda se aplica preferentemente directamente al lado plano de la piedra preciosa o, de forma alternativa, a la superficie de soporte de color modificable.

- 5 La capa selectiva en longitud de onda tiene la propiedad de que la reflexión en ella depende del ángulo. Una modificación del ángulo de visión provoca una modificación del espectro reflejado. En la figura 8 se representa la modificación del espectro reflejado para diversos ángulos de visión para la variante de recubrimiento 1 de la tabla 1 (véase más abajo). El ángulo de visualización de 0° corresponde a una visualización perpendicular de la piedra preciosa, y el ángulo de visualización de 85°, medido desde un eje perpendicular, corresponde a una visualización desde un lado. La modificación del espectro reflejado de la capa selectiva en longitud de onda en función de la dirección de visualización en combinación con piedras preciosas preferentemente facetadas de acuerdo con la invención da lugar a que diferentes porciones de color se reflejen por las facetas. Si el ángulo de inclinación α preferente de la faceta se encuentra en el intervalo angular de 10° a 40°, entonces la homogeneidad del color se conserva incluso cuando se observa lateralmente.
- 10
- 15 Si como elemento de unión de los componentes individuales del elemento de joyería decorativo se usa un adhesivo de curado por UV o de fotocurado, entonces la propiedad de transmisión de la capa selectiva en longitud de onda es importante para el curado del adhesivo. Para poder adherir los componentes individuales del elemento de joyería decorativo con adhesivo de curado por UV o de fotocurado, es imprescindible que la capa selectiva en longitud de onda sea lo suficientemente transparente. De acuerdo con la invención, la capa selectiva en longitud de onda transmite preferentemente al menos un 20 % en la región de longitud de onda de 360 nm a 420 nm.
- 20

Películas selectivas en longitud de onda

- Se pueden usar películas selectivas en longitud de onda como alternativa o bien complemento al recubrimiento selectivo en longitud de onda (véase más abajo). Las películas selectivas en longitud de onda como filtros de reflexión están disponibles comercialmente bajo el nombre comercial "Radiant Light Film". Estas son películas poliméricas de múltiples capas que se pueden aplicar a otros materiales. Estas láminas ópticas son espejos de Bragg y reflejan una alta porción de luz visible y genera efectos cromáticos. En función del ángulo de incidencia de la luz, se reflejan las diversas longitudes de onda de la luz y se producen fenómenos de interferencia. Como resultado, el color cambia en función del ángulo de visualización.
- 25

- De acuerdo con la invención, preferentemente, en particular, las películas consisten en películas poliméricas de múltiples capas, cuya capa exterior es un poliéster. Las películas de este tipo se comercializan, por ejemplo, por la empresa 3M con el nombre Radiant Color Film CM 500, con los números de artículo 76917, 76922, 76924 y 76926. Las láminas tienen un intervalo de reflexión de 590-740 nm o 500-700 nm.
- 30

- De forma complementaria, las películas selectivas en longitud de onda que no se basan en la reflexión, sino en la absorción, se pueden usar como filtros de absorción, por ejemplo, la película Roscolux n.º 80 Primary Blue de la empresa Rosco. Mediante filtros de absorción se pueden alcanzar desplazamientos cromáticos.
- 35

- La película selectiva en longitud de onda se une preferentemente con la superficie de soporte de color modificable y la piedra preciosa transparente con la ayuda de un adhesivo transparente. En un modo de realización preferente, el índice de refracción del adhesivo se desvía del índice de refracción de la piedra preciosa transparente en menos de $\pm 20\%$. En un modo de realización preferente, en particular, la desviación es inferior a $\pm 10\%$, muy preferente, en particular, inferior a $\pm 5\%$. Solo de esta forma se garantiza que se puedan minimizar las pérdidas por reflexión debidas a los diferentes índices de refracción.
- 40

- Los índices de refracción también se pueden ajustar entre sí corrugando las respectivas capas límite (efecto de ojo de polilla). Las así llamadas "superficies de ojo de polilla" consisten en finas estructuras con nudos que no modifican repentinamente el comportamiento de refracción de la luz, sino idealmente de forma continua. Como resultado, se eliminan los claros límites entre los diferentes índices de refracción, de modo que la transición se realiza prácticamente de forma fluida y la luz puede penetrar sin obstáculos. Los tamaños de estructura imprescindibles para ello deben ser inferiores a 300 nm. Mediante los efectos de ojo de polilla se asegura que la reflexión en las capas límite se minimice y, por tanto, se logre un mayor rendimiento lumínico durante el paso por las capas límite.
- 45

Recubrimiento selectivo en longitud de onda

- Debido a sus propiedades de reflexión y transmisión, los recubrimientos selectivos en longitud de onda también son adecuados para construir una capa selectiva en longitud de onda. Los materiales de recubrimiento son bien conocidos para el experto en la técnica. En un modo de realización preferente de la invención, los recubrimientos selectivos en longitud de onda contienen al menos un metal y/o un compuesto metálico, preferentemente con una estructura que comprende una sucesión de capas de SiO₂ y TiO₂. Además de metales y óxidos metálicos, los posibles materiales de recubrimiento adicionales comprenden, por ejemplo, nitruros metálicos, fluoruros metálicos, carburos metálicos o cualquier combinación de estos compuestos en cualquier orden, que se aplican a las piedras preciosas o a la superficie de soporte de color modificable por medio de uno de los procedimientos de recubrimiento comunes. También se
- 50
- 55

5 pueden aplicar capas sucesivas de diversos metales o compuestos metálicos. Los procedimientos para fabricar recubrimientos, así como los propios recubrimientos, son suficientemente conocidos para el experto en la técnica. De acuerdo con el estado de la técnica, estos incluyen, entre otros, procedimientos de PVD (depósito físico en fase de vapor), procedimientos de CVD (depósito químico en fase de vapor), procedimientos de pintura y procedimientos químicos húmedos. De acuerdo con la invención, son preferentes los procedimientos de PVD.

10 Los procedimientos de PVD son un grupo de procedimientos de recubrimiento al vacío o tecnologías de capa delgada que son suficientemente conocidos para el experto en la técnica y se usan, en particular, para recubrir vidrio y plástico en las industrias de la óptica y la joyería. En el procedimiento de PVD, el material de recubrimiento se transfiere a la fase gaseosa. A continuación, el material gaseoso se alimenta al sustrato que se va a recubrir, donde se condensa y forma la capa objetivo.

15 Los materiales de recubrimiento se transfieren térmicamente a la fase gaseosa calentando una fuente rellena con el material de recubrimiento, por ejemplo, de forma resistiva o inductiva, y calentando el material hasta el punto de ebullición. Un procedimiento de depósito térmico en fase de vapor adicional es el así llamado depósito en fase de vapor por haz de electrones, en el que la energía para el depósito en fase de vapor se genera por medio de un haz de electrones de alta energía. Para los procedimientos de depósito térmico en fase de vapor, es adecuado, por ejemplo, el modelo BAK1101 de la empresa Evatec o Balzers BAK760.

20 La pulverización catódica es un procedimiento adicional para transferir el material de recubrimiento a la fase gaseosa. Durante la pulverización catódica, los iones de gas de alta energía se aceleran sobre la superficie de una diana en una cámara de vacío. La diana está formada de material de recubrimiento. Los átomos se liberan de la diana por impactos mecánicos. Las partículas liberadas inciden sobre el sustrato que se va a recubrir y se condensan en la superficie. El modelo Radiance de la empresa Evatec, por ejemplo, es adecuado para la pulverización catódica.

25 Con algunos de estos procedimientos de PVD (pulverización catódica, depósito por láser en fase de vapor, depósito térmico en fase de vapor, etc.), se pueden lograr bajas temperaturas de procedimiento. Esto hace posible que se recubran incluso plásticos de bajo punto de fusión. De esta forma, se puede depositar una pluralidad de metales en forma muy pura en capas delgadas. Si el procedimiento se realiza en presencia de gases reactivos como oxígeno, también se pueden depositar óxidos metálicos. Un sistema de capas típico se puede construir a partir de una sola o de una pluralidad de capas, de acuerdo con los requisitos en términos de función y apariencia óptica.

30 Por ejemplo, los materiales dieléctricos en gran medida libres de absorción son adecuados para construir un recubrimiento selectivo en longitud de onda. La reflectancia y transmitancia deseadas se pueden establecer mediante la selección adecuada de los materiales de recubrimiento, el número de capas y espesor de capa. Los siguientes materiales de recubrimiento son preferentemente adecuados para los materiales dieléctricos en gran medida libres de absorción: MgF_2 , SiO_2 , CeF_3 , Al_2O_3 , CeO_3 , ZrO_2 , Si_3N_4 , Ta_2O_5 , TiO_2 o cualquier combinación de estos compuestos en cualquier sucesión de capas.

35 También es posible usar materiales absorbentes en la capa selectiva en longitud de onda. Esto da como resultado opciones de diseño adicionales con respecto a la coloración. Como materiales absorbentes en el sistema de capas son adecuados, por ejemplo, Cr , Cr_2O_3 , Fe , Fe_2O_3 , Al , Au , SiO , Mn , Si , Cu , Ag , Ti o cualquier combinación de estos compuestos en cualquier sucesión de capas.

40 El color también se puede modificar de forma ventajosa por combinación de la capa selectiva en longitud de onda con una película absorbente. Dependiendo de la estructura, la película de absorción se encuentra entre la capa selectiva en longitud de onda y la superficie de soporte de color modificable o entre la capa selectiva en longitud de onda y la piedra preciosa decorativa.

45 De acuerdo con la invención, son preferentes los recubrimientos que están contruidos a partir de materiales dieléctricos y, debido a fenómenos de interferencia, transmiten o reflejan solo ciertas porciones de la luz visible y, como resultado, tienen un efecto coloreado, por ejemplo, una sucesión múltiple de TiO_2 y SiO_2 . El número de capas y el espesor de capa pueden variar fuertemente de acuerdo con el color. Son posibles diversos colores con una saturación de alta a baja.

Superficie de soporte de color modificable

50 La superficie de soporte de color modificable es preferentemente una pantalla conmutable electrónicamente que se intercambia de color por control electrónico. El intercambio de color tiene lugar preferentemente entre dos colores, preferentemente, en particular, entre los colores blanco y negro. El intercambio entre los colores blanco y negro posibilita un intercambio de color claramente visible del elemento de joyería decorativo. En el sentido de la invención, el intercambio de color también puede tener lugar entre otros colores.

55 Las pantallas conmutables electrónicamente preferentes son pantallas biestables, ya que con estas solo se ha de gastar energía para la conmutación durante el intercambio de color. El estado cambiado se conserva sin ningún gasto de energía. Si las piedras preciosas de color modificable funcionan con baterías o celdas fotovoltaicas, un suministro con ahorro de energía es de gran importancia.

Las pantallas biestables son, por ejemplo, e-paper, E-ink® o LCD biestable. El e-paper se denomina papel electrónico. Es una tecnología de visualización pasiva basada en la reflexión y, por tanto, no autoiluminada. El e-paper contiene microcápsulas blancas cargadas y/o negras cargadas que se encuentran en un medio viscoso. Al aplicar brevemente una tensión eléctrica, las microcápsulas cargadas modifican su posición y se hacen visibles o desaparecen: por tanto, la pantalla puede intercambiar de color sobre la base del efecto de electroforesis, por ejemplo, entre blanco y negro. El uso de microcápsulas también permite usar plástico flexible como material de soporte en lugar de vidrio. E-Ink® es un nombre comercial de E Ink® Corporation y, por lo tanto, es un sinónimo del nombre comercial e-paper. El producto AEP0213021201042_001 de la empresa Admatec, por ejemplo, es adecuado como e-paper.

También se pueden usar Liquid Crystal Displays (LCD) como superficie de soporte de color modificable. Estas son pantallas de cristal líquido. Se usan de diversas formas, por ejemplo, en monitores, juegos de ordenador y, sobre todo, en dispositivos móviles de electrónica de comunicación y entretenimiento. Las LCD están disponibles tanto con fuente de alimentación como también en versión biestable. Las celdas de cristal líquido son la base de las pantallas LCD. Con este tipo de pantalla, se gira el plano de polarización de la luz. Al aplicar un campo eléctrico a la celda de cristal líquido, las moléculas de cristal líquido se orientan en el campo eléctrico, con lo que se puede controlar la permeabilidad de la celda de cristal líquido con respecto a la luz.

Son preferentes las LCD biestables que mantienen su visualización de pantalla sin una fuente de alimentación adicional. Con este tipo de pantalla, solo se requiere energía para cambiar la alineación de los cristales líquidos. Una vez que están en posición, estos mantendrán su orientación hasta que se reorienten la próxima vez que se ajusten. El producto LS010B7DH01 de la empresa Sharp, por ejemplo, se puede usar como pantalla LCD biestable.

Los diodos orgánicos emisores de luz (OLED) asimismo son adecuados como superficie de soporte de color modificable. El OLED es un componente de capa delgada luminoso y genera luz a partir de cargas eléctricas por el empleo de electroluminiscencia. Los OLED consisten en una capa orgánica o en una serie de diversas capas orgánicas delgadas que están incluidas entre dos contactos. Uno de los contactos ha de ser transparente para posibilitar el acoplamiento de la luz generada. La tecnología de OLED se usa, por ejemplo, en monitores y pantallas.

Otras variantes de visualización, por ejemplo, LED o pantallas controladas por TFT, son asimismo adecuadas para su uso de acuerdo con la invención. En general, son adecuados tanto los sistemas de un solo píxel como también los de múltiples píxeles. Las pantallas son bien conocidas para el experto en la técnica.

Como superficie de soporte de color modificable se pueden usar además materiales de color modificable en función de la temperatura, por ejemplo, láminas termocrómicas, pinturas o tintas. El cambio de color puede ser reversible. Se produce un cambio de color como resultado del calentamiento; si el material se enfría, entonces se restablece el color original. Por ejemplo, los productos R20C5B, R25C5B, R29C4B, R30C5B, R35C1B, R35C5B, R40C5B y R45C5B de la empresa LCR Hallcrest son adecuados como película termocrómica, y el producto JC21A de la empresa LCR Hallcrest, por ejemplo, es adecuado como tinta termocrómica. Estos materiales termocrómicos son bien conocidos para el experto en la técnica.

Los elementos de joyería decorativos con mensajes ocultos, como textos o símbolos, son una opción de uso interesante adicional. Por ejemplo, las láminas termocrómicas se proporcionan con mensajes impresos que solo se vuelven visibles mediante un cambio de color. Por ejemplo, un mensaje de texto impreso en color negro se puede ver con una superficie de soporte blanca. Si el color cambia de blanco a negro, entonces ya no se podrá reconocer el mensaje de texto. Esto se puede usar, por ejemplo, para logotipos de empresas, nombres de empresas u otros símbolos.

Además de las superficies de soporte de color modificable ya mencionadas, también se pueden usar materiales fotocromáticos como láminas o pinturas. Con fotocromismo se entiende una conversión reversible inducida por la luz. El desencadenante de la conversión es, en su mayoría, la luz UV.

Listado de figuras:

Figura 1: estructura del elemento de joyería decorativo A: B = piedra preciosa, C = capa selectiva en longitud de onda, D = superficie de soporte de color modificable.

Figura 2: ángulo de inclinación α de la primera faceta.

Figura 3: ángulo de inclinación α de la primera faceta, así como área de borde y ángulo de inclinación β .

Figura 4: trayectoria del haz principal con una superficie de soporte negra; A es la luz incidente y B es la luz reflejada.

Figura 5: trayectoria del haz principal con una superficie de soporte blanca; A es la luz incidente y B es la luz reflejada.

Figura 6: ejemplo para una reflectancia media inferior a un 75 %.

Figura 7: ejemplo para una reflectancia media mayor a un 75 %.

Figura 8: dependencia angular del espectro reflejado de la tabla 1, dirección de visualización de 0° a 85°.

Figura 9: esquema de medición para determinar la posición cromática: (1) elemento de joyería, (2) cámara de medición, (3) semiesfera con superficie interior reflectante, (4) fuente de luz, (5) abertura con 2x15°, (6) diámetro de la semiesfera, (7) distancia del centro de la semiesfera a la cámara

5 Figura 10: disposición de medición para determinar el brillo: (1) elemento de joyería, (2) cámara de medición, (3) difusor, (4) fuente de luz, (5) espejo semitransparente, (6) distancia del elemento de joyería al difusor, (7) distancia del elemento de joyería a la cámara de medición

Figura 11: medición del brillo con la variante de recubrimiento 2 con una superficie de soporte blanca.

Figura 12: medición del brillo con la variante de recubrimiento 2 con una superficie de soporte negra.

10 Figura 13: medición del brillo sin capa selectiva en longitud de onda con una superficie de soporte blanca.

Figura 14: medición del brillo sin capa selectiva en longitud de onda con una superficie de soporte negra.

Ejemplos de acuerdo con la invención

15 Se examinaron diferentes elementos de joyería decorativos en diversas mediciones. Los elementos de joyería decorativos estaban contruidos a partir de un elemento de joyería transparente, una capa selectiva en longitud de onda y una superficie de soporte de color modificable. La capa selectiva en longitud de onda se realizó como un recubrimiento por PVD selectivo en longitud de onda (véase más arriba). Por motivos de practicidad, para las mediciones se usó una película blanca o negra como superficie de soporte de color modificable. Las láminas corresponden a un e-paper en sus propiedades ópticas y posibilitaron un pequeño y compacto esquema de medición. Se usó el producto 303/W como película blanca y el artículo 303/B de la empresa Coroplast como película negra.

20 Como piedra preciosa transparente, para todas las mediciones se usó la piedra preciosa transparente circular facetada plana Chessboard-Circle (n.º de art. 2035 con 14 mm de diámetro) de la empresa Swarovski.

25 Las piedras preciosas se depositaron en fase de vapor por medio del procedimiento de PVD con el sistema de recubrimiento cúbico (Balzers BAK760), véase la posición C en la figura 1. Los materiales de capa se depositaron en fase de vapor por medio de un aparato para el depósito en fase de vapor por haz de electrones. El depósito sobre la superficie de la piedra preciosa estuvo respaldado por iones de oxígeno acelerados de una fuente de iones del tipo Veeco Mark II.

30 El recubrimiento por PVD selectivo en longitud de onda presentaba una transparencia UV suficiente como para posibilitar el curado del adhesivo. Una piedra preciosa de tipo Chessboard-Circle recubierta por PVD se aplicó a la lámina blanca con un adhesivo de curado por UV transparente disponible comercialmente, y una segunda piedra preciosa de tipo Chessboard-Circle igualmente recubierta a la lámina negra, véase la posición D de la figura 1.

Se eligió la variante de recubrimiento 1 que figura en la tabla 1 (véase más abajo) como recubrimiento por PVD selectivo en longitud de onda para tener un ejemplo de colores con alta saturación. Cuando se observa aproximadamente de forma perpendicular, se obtiene el color magenta con una superficie de soporte blanca y el color verde con una superficie de soporte negra.

35 La variante de recubrimiento 2 de la tabla 2 (véase más abajo) se eligió como ejemplo adicional. Cuando se observa aproximadamente de forma perpendicular, se adquiere el amarillo con una superficie de soporte blanca y el azul con una superficie de soporte negra.

40 En las mediciones del brillo, se usaron piedras preciosas de tipo Chessboard-Circle sin capa selectiva en longitud de onda como ejemplos comparativos para demostrar la importancia de la capa para el brillo. Las piedras preciosas de tipo Chessboard-Circle transparentes se aplicaron directamente a la lámina blanca y a la negra con el adhesivo de curado por UV.

Tabla 1: variante de recubrimiento 1 para los colores magenta y verde; colores cuando se observa aproximadamente de forma perpendicular.

Capa n.º	Material	Espesor de capa [nm]
1	TiO ₂	143
2	SiO ₂	100
3	TiO ₂	69
4	SiO ₂	30

Capa n.º	Material	Espesor de capa [nm]
5	TiO ₂	59
6	SiO ₂	117
7	TiO ₂	28
8	SiO ₂	129
9	TiO ₂	26
10	SiO ₂	129
11	TiO ₂	21
12	SiO ₂	136
13	TiO ₂	27
14	SiO ₂	127
15	TiO ₂	133
16	SiO ₂	65

Tabla 2: variante de recubrimiento 2 para los colores amarillo y azul; colores cuando se observa aproximadamente de forma perpendicular.

Capa n.º	Material	Espesor de capa [nm]
1	TiO ₂	43,8
2	SiO ₂	38,1
3	TiO ₂	65,2
4	SiO ₂	52
5	TiO ₂	50
6	SiO ₂	83,8
7	TiO ₂	41,6
8	SiO ₂	89,2
9	TiO ₂	39,8
10	SiO ₂	89,6
11	TiO ₂	55,1
12	SiO ₂	39,1
13	TiO ₂	67
14	SiO ₂	138,5

Esquema de medición

Medición de la posición cromática

- 5 Para la medición de la posición cromática se usó el espacio de color L*a*b* de acuerdo con DIN EN ISO 11664-4, y para el cálculo del intercambio de color se calculó la diferencia de color ΔE para (véase más arriba).

En la figura 9 está representado el esquema de medición. Se seleccionó una iluminación semiesférica aproximadamente difusa como fuente de luz y una cámara de medición digital para registrar la posición cromática. Una iluminación difusa tiene la ventaja de que no hay ninguna dirección preferente. En la figura 9, el elemento de

joyería decorativo se iluminó indirectamente con una fuente de luz circular (4), que tenía una emisión de luz en dirección de la semiesfera (3). Mediante las reflexiones en la semiesfera se realizó la iluminación del elemento de joyería decorativo. Sin embargo, la iluminación era solo aproximadamente difusa, ya que era necesaria una abertura (5) de la semiesfera (3) para la medición con la cámara. La semiesfera (3) de la figura 9 estaba formada de plástico, tenía un diámetro (6) de 300 mm y, en la superficie interior, estaba provista de un color blanco (pintura acrílica mate de tipo RAL9010M). Como fuente de luz (4) se usó una fuente de luz circular del tipo Osram L32W/25C blanco universal. Mediante esta estructura se lograron condiciones lumínicas aproximadamente difusas. La semiesfera (3) tenía un intervalo de apertura (5) de $2 \times 15^\circ$ para registrar la posición cromática. Como cámara de medición (2) se usó una cámara del tipo Canon EOS400D a una distancia (7) de 200 mm desde el centro de la semiesfera hasta la lente frontal de la cámara. El elemento de joyería decorativo (1) se colocó a alrededor de 12 mm con desplazamiento horizontal desde el centro de la semiesfera. Esto simula un "ángulo de visualización inclinado" del elemento de joyería decorativo, como a menudo es el caso cuando se observan visualmente elementos de joyería. La dirección del desplazamiento horizontal es arbitraria, ya que la iluminación es suficientemente difusa.

Medición del brillo

El elemento de joyería decorativo es brillante incluso durante el intercambio de color (véase más arriba). Para mostrar cuán importante es la estructura del elemento de joyería decorativo para el brillo, se llevaron a cabo mediciones del brillo con y sin un recubrimiento selectivo en longitud de onda. Las mediciones se realizaron en una sala oscura para no tener influencias lumínicas perturbadoras adicionales.

En la figura 10 está representado el esquema de medición. El elemento de joyería decorativo (1) se iluminó a través del espejo semitransparente (5), el divisor de haz de placa n.º 46-583 de la empresa Edmund Optics, con una fuente de luz aproximadamente colimada (4) con un ancho de haz de $2 \times 0,25^\circ$. La fuente de luz aproximadamente colimada se materializó con un proyector de luz LED de color blanco enfocable disponible comercialmente.

La luz reflejada por el elemento de joyería se recogió en el difusor (3) a una distancia de 300 mm (6). El difusor (3) tenía un tamaño de $600 \times 600 \text{ mm}^2$ y era una película difusora disponible comercialmente, el Light Shaping Diffuser 60° de Luminit. A una distancia (7) de 1500 mm desde el elemento de joyería a la cámara de medición, se colocó una cámara de medición del tipo AVT Manta G-235C con objetivo de 12 mm para medir la distribución de la luz reflejada

Se llevaron a cabo las siguientes mediciones:

- V1: ejemplo de acuerdo con la invención: medición de la posición cromática con superficie de soporte blanca y negra con la variante de recubrimiento 1
- V2: ejemplo de acuerdo con la invención: medición de la posición cromática con superficie de soporte blanca y negra con la variante de recubrimiento 2
- V3: ejemplo de acuerdo con la invención: medición del brillo mediante la medición de la distribución de la luz reflejada del elemento de joyería decorativo con superficie de soporte blanca y negra con la variante de recubrimiento 2
- V4: ejemplo comparativo: medición del brillo mediante la medición de la distribución de la luz reflejada del elemento de joyería decorativo con superficie de soporte blanca y negra sin capa selectiva en longitud de onda

Resultado de las mediciones:

V1:

La medición V1 de la posición cromática con piedras preciosas de la variante de recubrimiento 1 con superficie de soporte blanca y negra dio como resultado:

superficie de soporte negra: $L^* = 71,4 / a^* = -73,4 / b^* = 14,5$

superficie de soporte blanca: $L^* = 39,4 / a^* = 63,5 / b^* = 67,6$

La diferencia de color entre la superficie de soporte blanca y negra fue $\Delta E = 160,6$.

V2:

La medición V2 de la posición cromática con piedras preciosas de la variante de recubrimiento 2 con superficie de soporte blanca y negra dio como resultado:

superficie de soporte negra: $L^* = 71,2 / a^* = -18,8 / b^* = -68,3$

superficie de soporte blanca: $L^* = 58,9 / a^* = 57,9 / b^* = 67,2$

La diferencia de color entre la superficie de soporte blanca y negra fue $\Delta E = 156,2$.

V3:

La medición del brillo con piedras preciosas de la variante de recubrimiento 2 con superficie de soporte blanca dio como resultado la distribución de la figura 11. La distribución tiene muchos y pronunciados puntos de luz de reflexión.

5 Se adquirió la distribución de la figura 12 para una superficie de soporte negra. Esta distribución tiene asimismo muchos y pronunciados puntos de luz de reflexión.

V4:

La medición del brillo se llevó a cabo con la superficie de soporte blanca y negra incluso sin capa selectiva en longitud de onda. Sin capa selectiva en longitud de onda, la reflexión se redujo significativamente con una superficie de soporte blanca, como se puede ver en la figura 13.

10 Lo mismo se aplica a una superficie de soporte negra. En la figura 14 se ve claramente la reflexión reducida de la luz.

Análisis de los resultados de medición:

15 A partir de las mediciones V1 y V2 se puede ver que el cambio de color de la superficie de soporte de negro a blanco da lugar a claros cambios de color del elemento de joyería decorativo. El color del elemento de joyería decorativo se puede ver influenciado por la piedra preciosa, la estructura de la capa selectiva en longitud de onda y el color de la superficie de soporte.

20 Las mediciones V3 y V4 muestran claramente que la capa selectiva en longitud de onda es sustancial para la apariencia óptica, en particular, para el brillo. Con la superficie de soporte tanto blanca como también negra, el recubrimiento selectivo en longitud de onda, véase la figura 11 y 12, se adquieren puntos de luz de reflexión pronunciados y ampliamente distribuidos que corresponden a un alto nivel de brillo (véase más arriba). Sin un recubrimiento selectivo en longitud de onda (figuras 13 y 14), solo están presentes unos pocos y poco pronunciados puntos de luz de reflexión que corresponden a un bajo nivel de brillo.

REIVINDICACIONES

1. Elemento de joyería de color modificable (A) que contiene
 - a. una piedra preciosa transparente con geometría planoconvexa (B), **caracterizado por**
 - b. una superficie de soporte de color modificable (D), y
 - 5 c. una capa selectiva en longitud de onda (C) que está dispuesta entre la piedra preciosa transparente (B) y la superficie de soporte de color modificable (D).
2. Elemento de joyería de color modificable de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** la piedra preciosa transparente (B) está formada de vidrio o plástico.
3. Elemento de joyería de color modificable de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, **caracterizado por que** la piedra preciosa transparente (B) está facetada.
- 10 4. Elemento de joyería de color modificable de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado por que** el ángulo de inclinación α de la primera faceta con respecto a la base de la piedra preciosa transparente (B) se encuentra en el intervalo angular de 10° a 40°.
5. Elemento de joyería de color modificable de acuerdo con la reivindicación 3 o 4, **caracterizado por que** la capa selectiva en longitud de onda (C)
 - 15 a) se aplica al lado plano opuesto al lado facetado en la piedra preciosa (B) o
 - b) se aplica a la superficie de soporte (D).
6. Elemento de joyería de color modificable de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la capa selectiva en longitud de onda (C) está formada por un recubrimiento selectivo en longitud de onda o una lámina selectiva en longitud de onda.
- 20 7. Elemento de joyería de color modificable de acuerdo con la reivindicación 6, **caracterizado por que** el recubrimiento selectivo en longitud de onda (C) contiene al menos un metal y/o un compuesto metálico, preferentemente con una estructura que comprende una sucesión de capas de SiO₂ y TiO₂.
8. Elemento de joyería de color modificable de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la capa selectiva en longitud de onda (C) se refleja y transmite en la región de longitud de onda de 380-780 nm.
- 25 9. Elemento de joyería de color modificable de acuerdo con la reivindicación 8, **caracterizado por que** la capa selectiva en longitud de onda (C) transmite adicionalmente al menos un 20 % en la región de longitud de onda de 360-420 nm.
- 30 10. Elemento de joyería de color modificable de acuerdo con la reivindicación 8 o 9, **caracterizado por que** la capa selectiva en longitud de onda (C) tiene una reflectancia media menor de un 75 % en la región de longitud de onda de 400 a 700 nm.
11. Elemento de joyería de color modificable de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** como superficie de soporte (D) se usa una pantalla conmutable electrónicamente.
- 35 12. Elemento de joyería de color modificable de acuerdo con la reivindicación 11, **caracterizado por que** la pantalla conmutable electrónicamente conmuta entre el color blanco y el negro.
13. Elemento de joyería de color modificable de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** los componentes a) - c) del elemento de joyería decorativo están unidos con un adhesivo.
- 40 14. Procedimiento para modificar el color de un elemento de joyería de color modificable de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el color de la superficie de soporte (D) se intercambia por medio de un circuito electrónico.

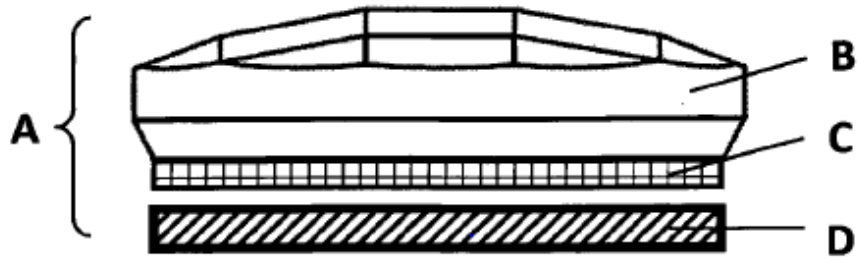


Figura 1



Figura 2



Figura 3

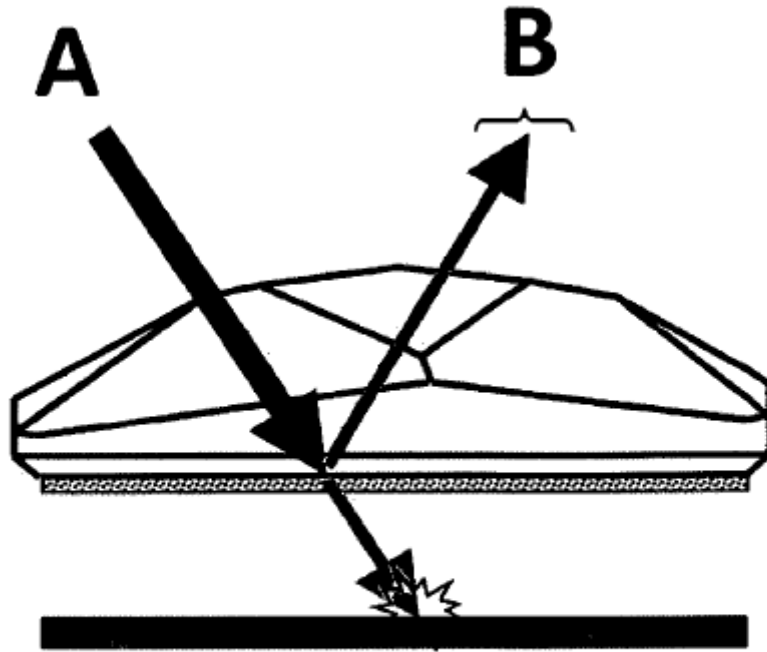


Figura 4

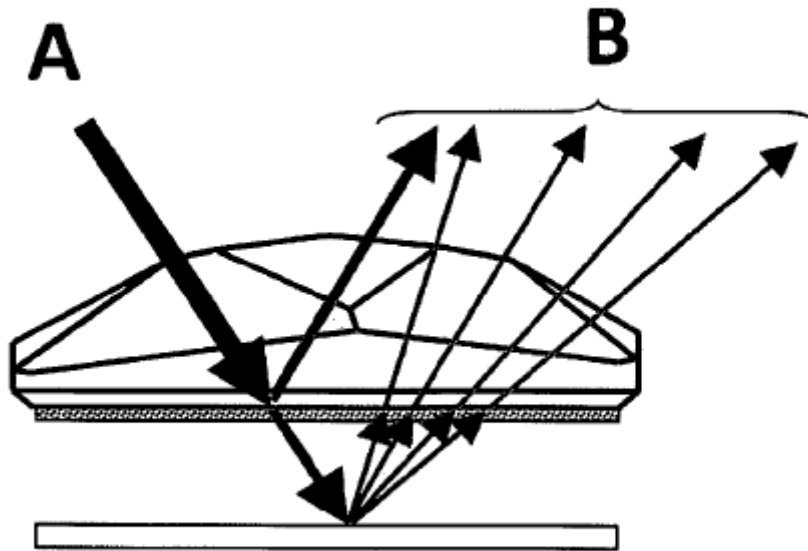


Figura 5

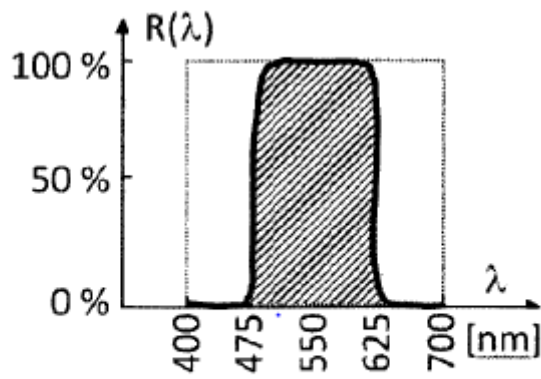


Figura 6

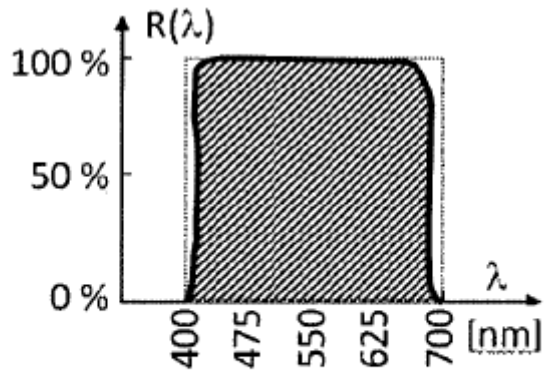


Figura 7

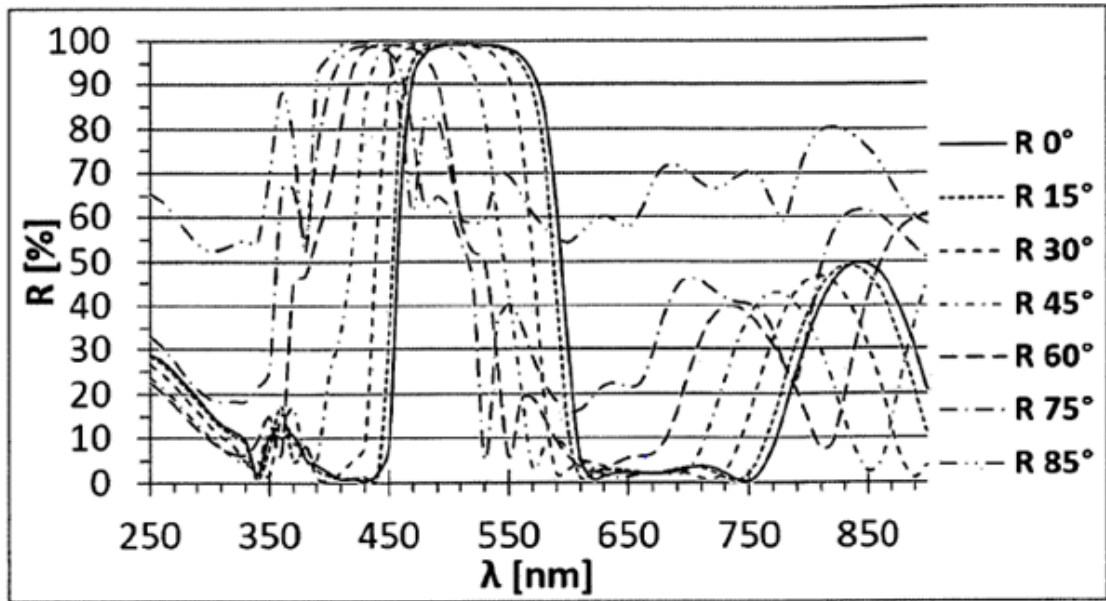


Figura 8

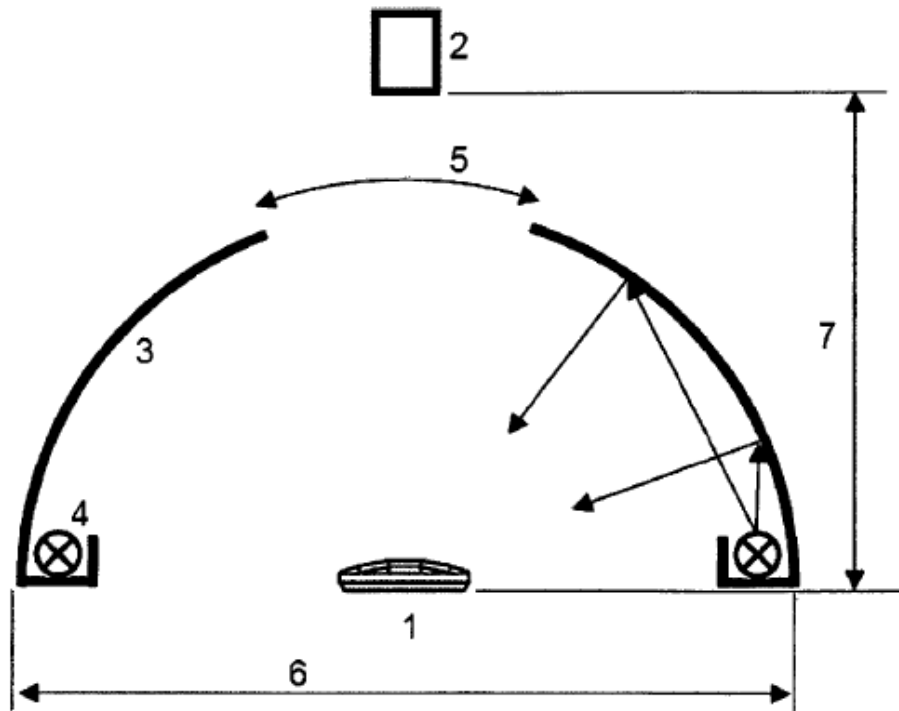


Figura 9

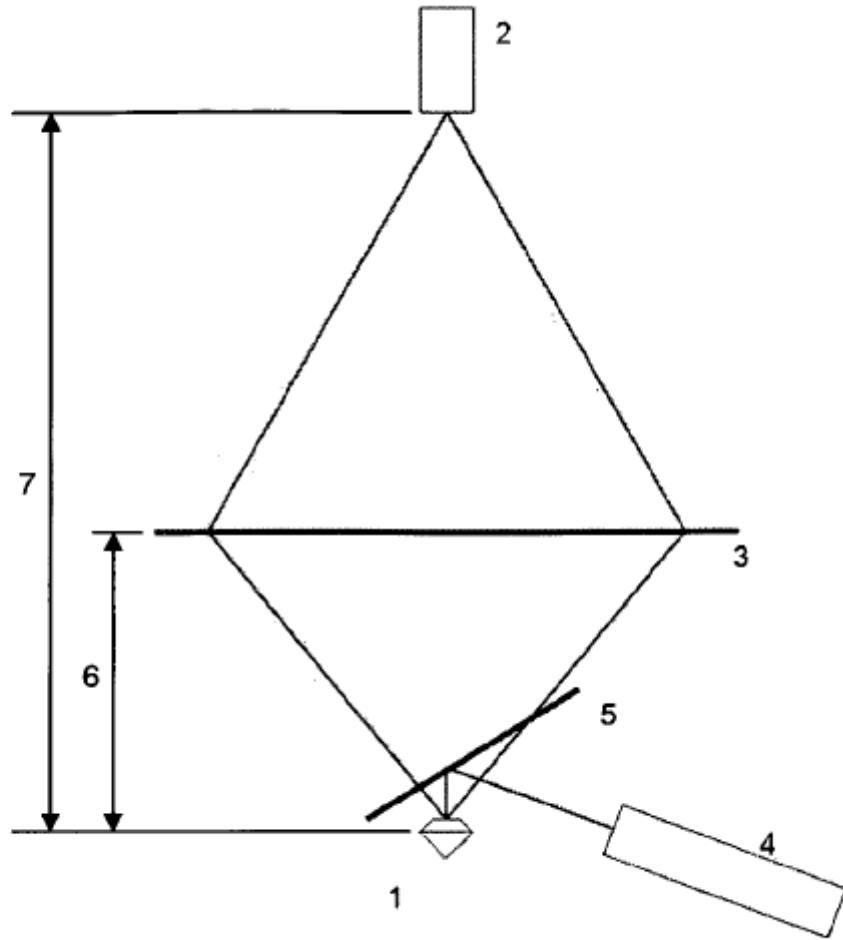


Figura 10

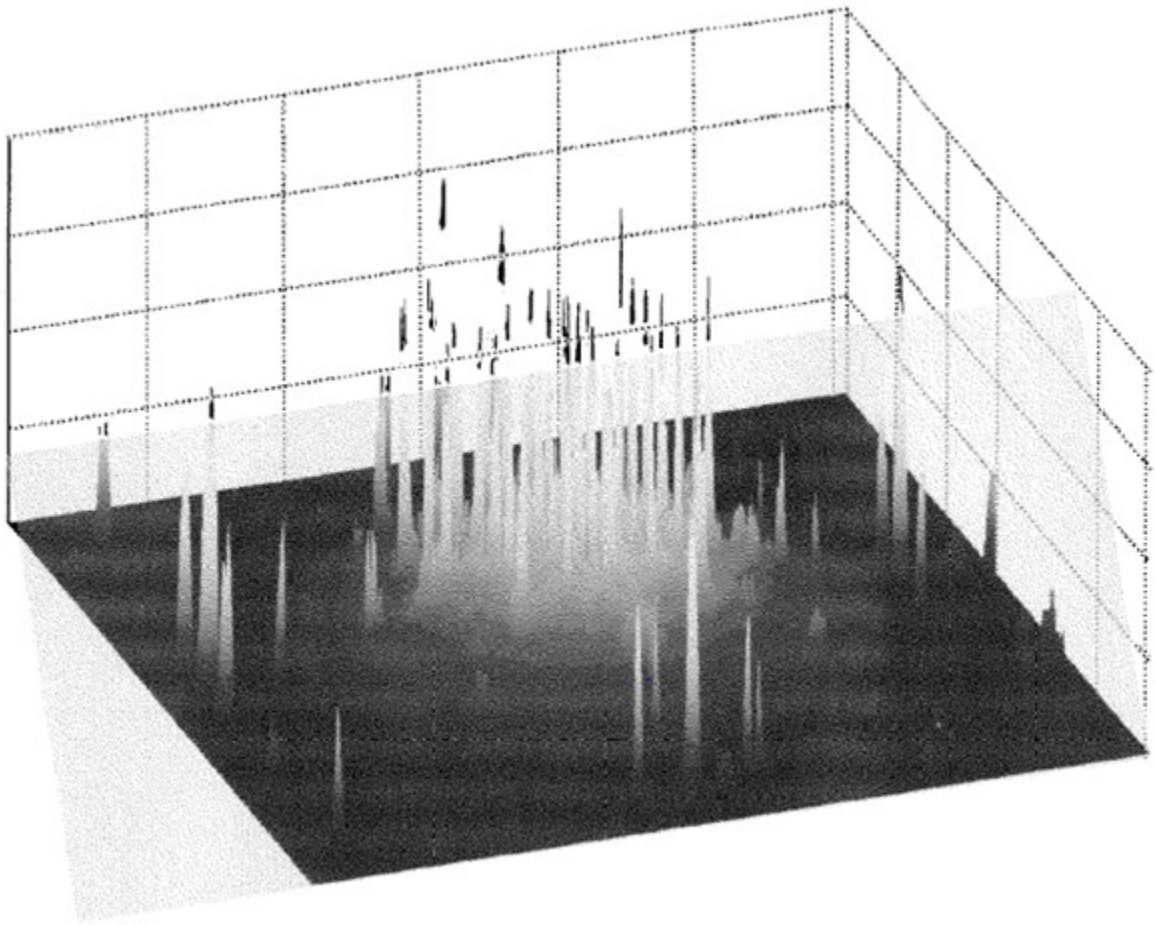


Figura 11

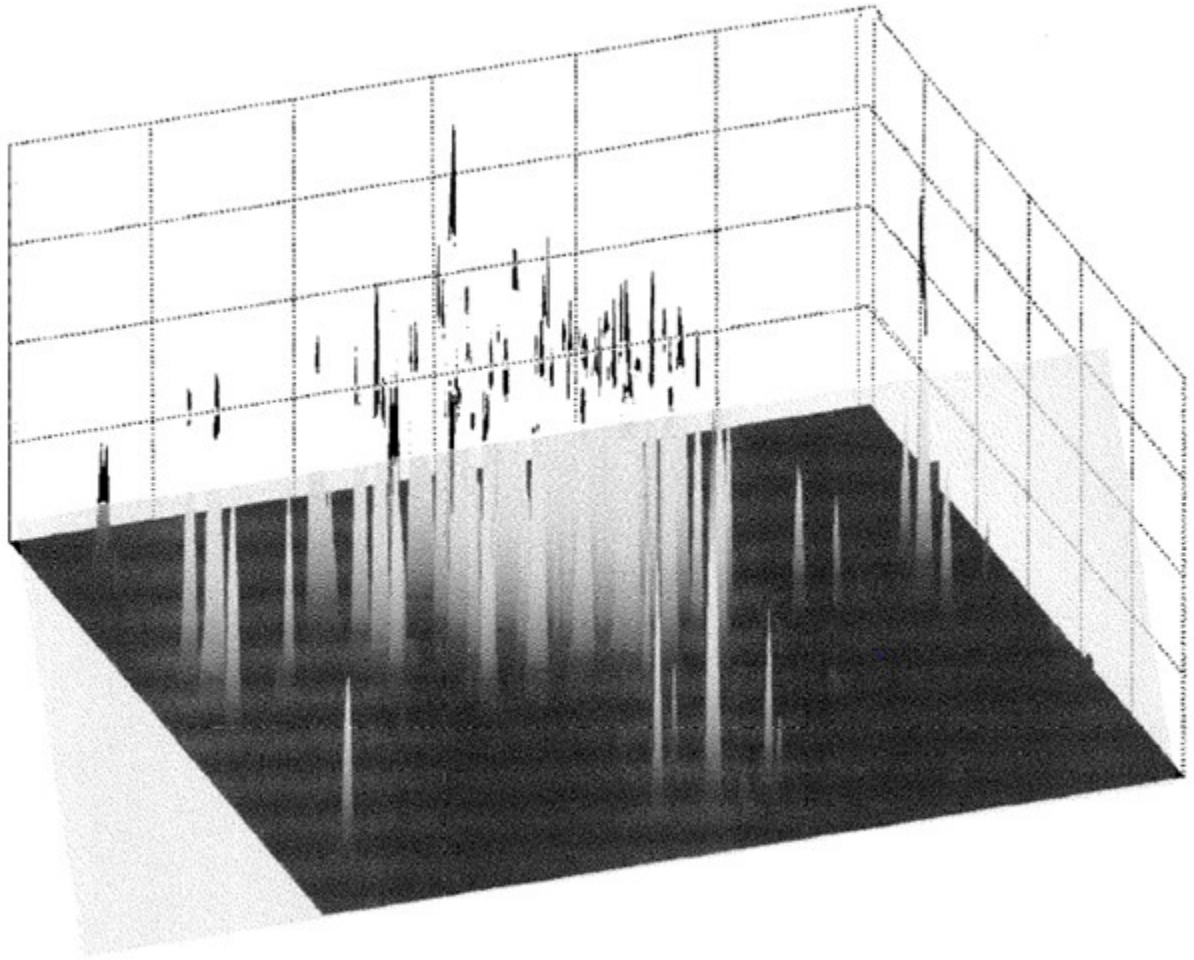


Figura 12

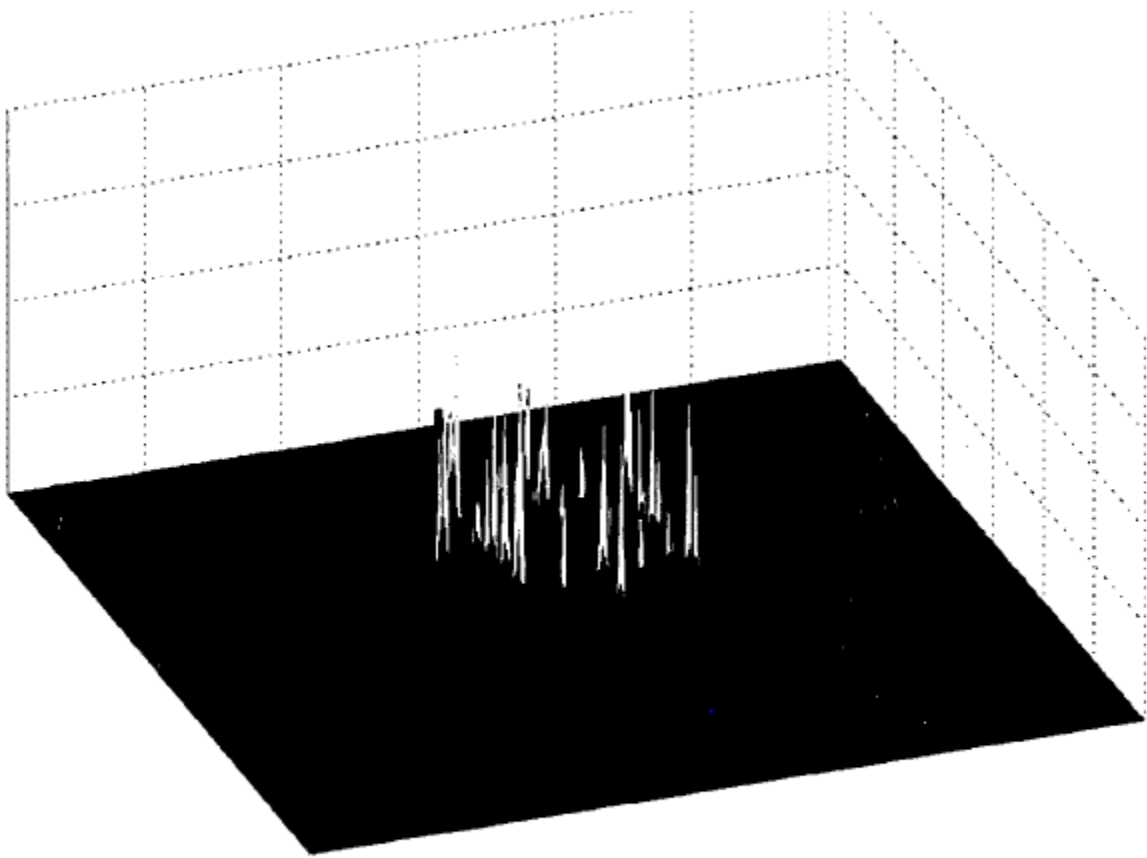


Figura 13

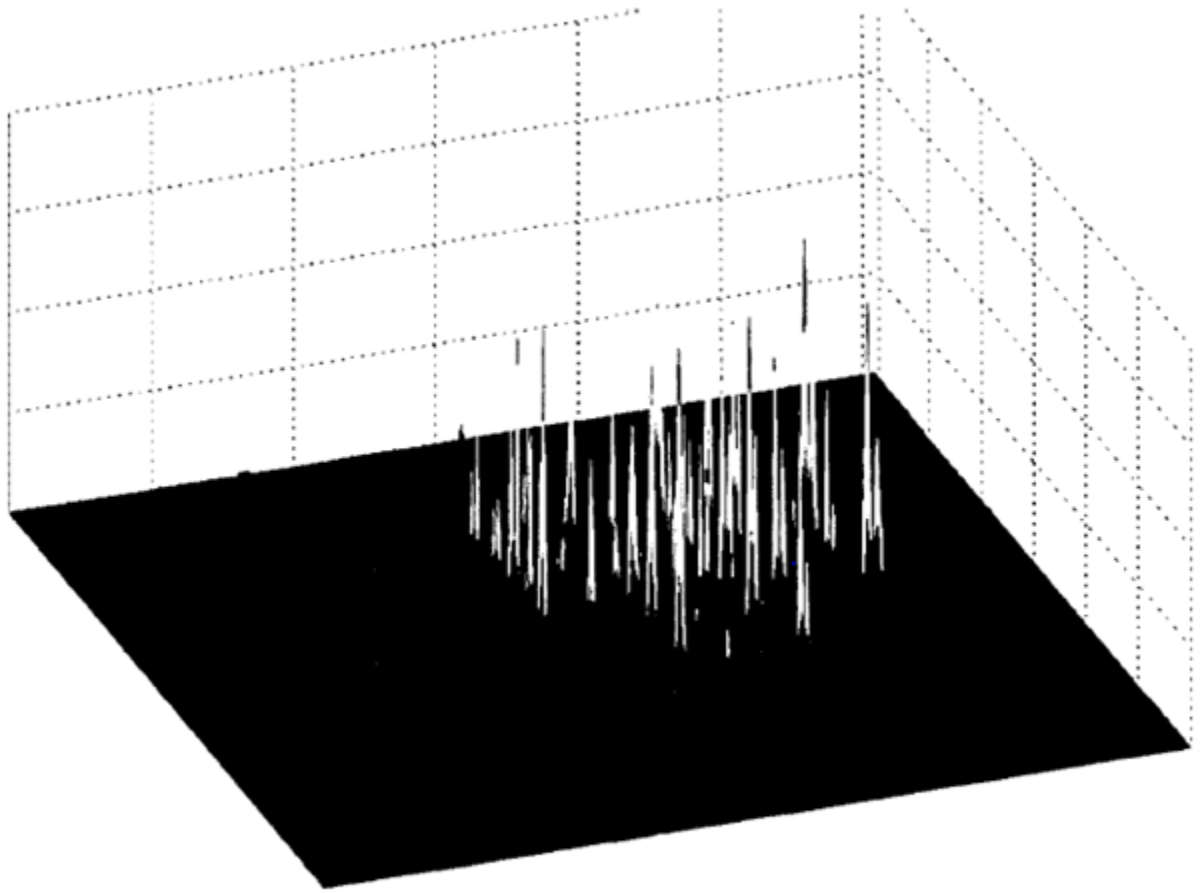


Figura 14