

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 380 322**

51 Int. Cl.:

**F21V 9/04** (2006.01)

**F21V 9/06** (2006.01)

**G02B 5/30** (2006.01)

**G01J 1/42** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **99929681 .7**

96 Fecha de presentación: **12.07.1999**

97 Número de publicación de la solicitud: **1112459**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **04.07.2001**

54 Título: **Aparato y cámara de visión UV insensibles a la luz solar**

30 Prioridad:  
**20.07.1998 IL 12541298**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**10.05.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**10.05.2012**

73 Titular/es:  
**Ofil Ltd.**  
**16 Einstein Street, Kiryat Weizman Science Park**  
**74140 Nes Ziona , IL**

72 Inventor/es:  
**ELSTEIN, Shimon;**  
**LINDNER, Malka y**  
**LINDNER, Pinhas**

74 Agente/Representante:  
**Lehmann Novo, Isabel**

ES 2 380 322 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

Aparato y cámara de visión UV insensibles a la luz solar.

### Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a medios para detectar y ver fuentes de emisión ultravioleta. Más particularmente, la invención se refiere a medios biespectrales para ver y representar visualmente fuentes de ultravioleta (UV) con la imagen visible de su fondo.

### Antecedentes de la invención

10 La formación de imágenes de emisión de UV es ventajosa para una amplia variedad de usos, particularmente donde el UV es la única emisión de luz, o la más dominante, como las descargas eléctricas (corona) en líneas de alta tensión, el resplandor de Cherenkov en las protecciones nucleares y el plasma.

15 En muchas aplicaciones, como la detección de fuego desde larga distancia donde la emisión de UV no es dominante, la formación de imágenes de la emisión de UV aun así puede proporcionar una ventaja significativa debido a los bajos niveles de ecos parásitos y fondo en el UV. La formación de imágenes de fuentes de UV activas también puede aplicarse para propósitos de rastreo e identificación. La invención se refiere a la visualización de imágenes UV insensibles a la luz solar (en lo sucesivo "SBUV") y la combinación de las imágenes SBUV con la imagen de la escena visible. Por lo tanto, se le denominará como formación de imágenes UV insensible a la luz solar visible biespectral (en lo sucesivo "VSBUV").

20 La región ultravioleta se divide normalmente en tres secciones: UVc, de 200 a 280 nm; UVb, de 280 a 320 nm; y UVa, de 320 a 380 nm. Cuando se mide en las bandas UV seleccionadas, la eficiencia de bloqueo de la radiación en las porciones UV restantes del espectro, y en los intervalos espectrales visible e infrarrojo (en lo sucesivo: "IR"), es crucial.

25 El denominado intervalo "insensible a la luz solar", UV insensible a la luz solar (SBUV), en la región del UVc es el intervalo entre 240 nm y 280 nm. En este intervalo, debido a la capa de ozono en la estratosfera, la radiación solar es bloqueada completamente y la radiación de fondo en la superficie de la tierra es cero. Esta ausencia de radiación de fondo puede utilizarse para detectar una imagen a niveles de emisión de UV extremadamente débiles. Incluso con la irradiación de SBUV de fotones individuales, la relación de señal a fondo alcanzable puede ser mucho mejor que en la detección en otras regiones espectrales. El intervalo insensible a la luz solar se utiliza para detectar señales UV de llamas y penachos (por ejemplo, en la patente de EE.UU. nº 5.021.668). Esta situación también puede utilizarse para la detección temprana de incendios forestales, o para la detección de incendios en fábricas y plantas industriales. Además puede utilizarse para detectar fuentes de luz artificial, chispas de corona, y emisiones de Cherenkov. La transmisión de señales UV en aplicaciones de comunicaciones a corta distancia también es factible, tal como se describe, por ejemplo, en la patente de EE.UU. nº 4.731.881.

35 Se sabe que los incendios de combustible y madera pueden ser detectados a plena luz del día usando fotomultiplicadores insensibles a la luz solar con fotocátodos de CsTe, RbTe o CsRbTe equipados con filtros insensibles a la luz solar [M. Lindner y otros, "UV Devices for Solar Blind and Background Limited Detection", SPIE 3110, págs. 527 - 534 (1997)]. Así, un sistema de detección de incendios basado en un fotomultiplicador insensible a la luz solar puede ser un valioso sistema de seguridad y alarma para proteger instalaciones como hangares, fincas de cisternas de combustible, y gasolineras. Sin embargo, cuando se usa un fotomultiplicador para medir la radiación de una llama en la región "insensible a la luz solar" del UVc, la fuga de luz solar de incluso fotones individuales dentro del detector puede hacer poco fiable la medición. Por lo tanto, el uso de un filtro insensible a la luz solar que transmita luz sólo en el intervalo insensible a la luz solar es crítico. La detección UV en el intervalo insensible a la luz solar es particularmente valiosa para la detección de "llamas no vistas", que tienen baja emisión visible e IR, pero considerable emisión de UV. Estas incluyen llamas procedentes de combustibles como el hidrógeno, diversos alcoholes y combustibles metalizados. El hidrógeno líquido, usado hoy en día en naves espaciales, se considera como un futuro combustible comercial, y por lo tanto, la detección de las llamas de H<sub>2</sub> será de importancia en el futuro. Los sistemas de alarma antiincendios que usan sistemas de formación de imágenes también son ventajosos.

50 La detección temprana de fugas eléctricas puede ser ventajosa para las empresas de servicios eléctricos en la prevención de fallos del sistema de transmisión. La detección de descargas en corona y parciales en los aisladores y otros equipos en los sistemas de transmisión de alta tensión es difícil. Los fenómenos de emisión de UV procedente de la corona, que se produce ya en las primeras etapas de la fuga es bien conocida y fue estudiada en detalle [F. Grum y otros, "Spectral Emission of Corona Discharges", Applied Optics Vol. 15, págs. 76 - 79 (1976)]. La descarga en corona emite radiación UV en el intervalo de 200 a 430 nm. Estas descargas son invisibles a plena luz del día. La radiación UV - v, concretamente la radiación a longitud de onda de 380 - 430 nm, es visible durante la noche pero la inspección y operación nocturna de los equipos de mantenimiento no se ve favorecida por las compañías de servicios eléctricos. Debería observarse que el uso de los dispositivos existentes de visión y formación de imágenes UV está restringido a la noche o la tarde. En las mediciones en el exterior bajo condiciones de luz diurna, la fuga de luz solar dentro del detector es mucho mayor que la emisión en corona, haciendo imposible la visión. El uso de helicópteros de inspección que vuelan a baja altitud está descartado durante la noche y la operación de grupos de

mantenimiento por la noche está restringida debido a diversas dificultades técnicas y problemas de seguridad.

La detección de la corona de descarga con un fotomultiplicador equipado con una ventana transmisora de UV ya fue sugerida en 1973 [T.H. Teich "Locating Corona Points by Detection of their UV Emittance", Conference on Diagnostic Testing of High Voltage Systems, nº 1215109, págs. 26 - 30 (1973)]. La detección de la corona a plena luz del día puede hacerse posible mediante el uso de un fotomultiplicador insensible a la luz solar y un filtro insensible a la luz solar, tal como se describe en el documento GB 2.278.435. Aunque la emisión de las descargas en corona en el intervalo insensible a la luz solar (240 - 280 nm) es aproximadamente dos órdenes de magnitud inferior a la emisión en el intervalo UVa, debido a bajos ecos parásitos procedente del entorno y la ausencia de radiación solar en la superficie de la tierra en la banda insensible a la luz solar, la detección limitada a esta banda tiene la ventaja de una relación de señal a fondo mucho mejor que el intervalo UVa. La posibilidad de formación de imágenes de corona y fuego de combustible de gasolina a plena luz del día en la banda SBUV fue demostrada [M. Lindner y otros "Solar Blind Bandpass Filters for UV Imaging Devices", SPIE 3302, páginas 176 - 183 (1988)].

Además, un sistema que incluye lámparas UV y una cámara insensible a la luz solar ya ha resultado eficiente en aplicaciones de navegación en niebla y condiciones lluviosas, por ejemplo en el documento USP 5.719.567. La presente invención facilita el rastreo visual de objetivos, por ejemplo, el rastreo de un vehículo que lleva una lámpara UV. Las huellas dactilares, las manchas como sangre, semen y saliva, o los rastros de aceites y otros materiales que son invisibles a simple vista pueden detectarse iluminándolos con luz ultravioleta y formando la imagen de la luminiscencia reflejada [por ejemplo, el documento de Gui Qiang W., "Detecting and Enhancing Latent Fingerprints with Short Wave UV Reflection Photography", Actas del Simposio sobre detección e identificación de huellas dactilares, Neurim (Israel), junio de 1995, págs. 37 - 49; y el documento de E. Springer y otros "Detection of Dry Body Fluids by Inherent Short Wavelength UV luminiscence: Preliminary results", Foresinc Sci. Int. 66, págs. 89 - 94 (1994)].

Hay algunos dispositivos conocidos para ver la emisión de UV, particularmente para detectar la emisión de UV relacionada con la corona. Algunos de estos dispositivos, usando un filtro de banda relativamente ancha, adquieren una imagen de la escena, incluyendo la emisión de UV en corona y el espectro visible del entorno. Después, generalmente están provistos medios en estos dispositivos para aumentar el contraste entre la porción UV de la imagen y el fondo visible. Sin embargo, los resultados de estos dispositivos no son satisfactorios, ya que a la luz del día la emisión en corona que es de intensidad muy débil apenas puede ser detectada, y en días soleados, la detección de la corona es imposible mediante el uso de estos dispositivos. Por ejemplo, un producto conocido como "CoroCam" (W.L. Vosloo, G.R. Stopler y P. Baker, "Daylight Corona Discharge Observation and Recording System", 10<sup>th</sup> International Symposium on High Voltage Engineering, 1997) es una cámara de vídeo para ver la emisión en corona con el fondo visual. La cámara, CoroCaM III, puede funcionar correctamente sólo en el crepúsculo, o durante la noche, y no en días soleados, particularmente cuando la cámara está dirigida contra la luz del sol. Esto es debido particularmente al uso de un filtro UV, que no está limitado sólo al intervalo insensible a la luz solar.

Otra cámara de vídeo, la HC1000, fabricada por Duncan Technologies Inc., permite la visualización de llamas invisibles que están presentes en la escena. Esta cámara, sin embargo, está limitada a la detección de emisión IR, y no detecta emisión de UV. Además, aunque esta cámara superpone la vista IR sobre la escena visible, esto se hace de una manera muy complicada y nada sencilla de operar, usando tres cámaras: una primera, la cámara en color, una segunda cámara que adquiere una vista filtrada para que incluya la banda IR de la llama y el fondo IR, y una tercera cámara que adquiere una vista filtrada para que incluya las longitudes de onda del fondo IR que no son de las llamas. Luego se procesan y combinan las tres imágenes para proporcionar una vista superpuesta de la escena y de la emisión IR. Un dispositivo llamada el "CoronaScope", fabricado por Forsyth Electro - Optics Inc., se vende para ver descargas en corona. Sin embargo, este dispositivo puede funcionar sólo en presencia de poca luz de fondo, incluyendo la iluminación interior normal no intensa, o a media luz exterior, o en la oscuridad. Se solicitó una patente para el aparato tal como se describe en el documento CA 2211490. Se plantearon reivindicaciones para usar filtros de paso de banda centrados en la longitud de onda que corresponde a una de las líneas de emisión de UV del nitrógeno, 315,9 nm, 337,1 nm, 353,7 nm, 375,5 nm y 380,5 nm y para las líneas de 295,3, 296,2 y 297,7 nm. No se planteó ninguna reivindicación sobre una banda de paso en la región insensible a la luz solar de 240 - 280 nm, que es la región en la que el aparato de la presente invención está detectando. El dispositivo de Forsyth no puede detectar la corona a la luz del día usando las bandas de paso superponiendo las líneas de nitrógeno, como las enumeradas anteriormente, porque el fondo solar excede mucho en intensidad la emisión de la corona en estas bandas de paso.

El documento US 5.719.567 (Norris Victor J) desvela un sistema para mejorar la navegación o la vigilancia en condiciones de baja visibilidad que emplea una o más fuentes de radiación ultravioleta.

El documento EP 651.233 desvela un sensor espacial ultravioleta y, más particularmente, un sensor de recuento de fotones de amplio campo visual que usa una placa de microcanales y una serie de ánodos discretos.

El documento US 5.107.333 (Pouque y otros) desvela un sistema de captación biespectral y representación visual de colores falsos que comprende una cámara biespectral para analizar una imagen en el intervalo visible y una imagen en el intervalo infrarrojo, y generar dos señales de vídeo respectivas, una para el intervalo visible y una para el intervalo infrarrojo.

Por lo tanto, un objeto de la invención es proporcionar un aparato eficaz para representar visualmente una imagen biespectral, a saber, una imagen que combine la vista de la emisión de UV en el intervalo espectral insensible a la luz solar, con la vista del fondo visible.

5 Más particularmente, un objeto de la invención es proporcionar una cámara fotográfica o de vídeo que proporcione una imagen combinada de emisión de UV en el espectro insensible a la luz solar, y del fondo visible.

Otro objeto de la invención es proporcionar un visor biespectral que represente visualmente una vista simultánea, combinada de una emisión de UV en el espectro insensible a la luz solar, y de la vista del fondo visible.

10 Además, un objeto adicional de la invención es proporcionar un aparato que sea capaz de detectar y representar visualmente la emisión de UV existente junto con una fuerte iluminación artificial o diurna, en otros intervalos espectrales.

Otro objeto más de la invención es proporcionar tal aparato en una forma compacta, que sea sencillo de manejar.

Otros objetos y propósitos de la invención resultarán evidentes a medida que avance la descripción.

### Sumario de la invención

15 La invención se refiere a un método para detectar la emisión de UV en entornos fuertemente iluminados, estando definido el método por la reivindicación 1.

Según una realización de la invención, la combinación de las imágenes se lleva a cabo por medios ópticos pasivos que permiten a un observador visualizar la imagen combinada.

20 Según otra realización de la invención, el método además comprende la transferencia de la imagen combinada a medios electrónicos de grabación y / o representación visual para grabar y / o representar visualmente la imagen combinada. Los medios electrónicos de grabación y / o representación visual pueden ser, por ejemplo, una cinta de vídeo y una pantalla.

25 Preferentemente, según una realización preferida de la invención, comprendiendo además el método adquirir primero una imagen que abarca al menos los espectros visible y UV insensible a la luz solar del campo visual, y luego separar el espectro de la imagen adquirida, en el que el espectro UV de la imagen adquirida es transferido a la unidad de formación de imágenes UV, y el espectro visible de la imagen adquirida es transferido a la unidad visible.

Preferentemente, según una realización preferida de la invención, la formación de imágenes del campo visual se lleva a cabo por separado por cada una de las dos unidades de formación de imágenes.

30 Aunque el método de la invención es más ventajoso al monitorizar la emisión de UV en entornos fuertemente iluminados, una tarea que, esencialmente, no puede ser realizada por los aparatos de la técnica anterior, el método, por supuesto, puede usarse eficazmente en entornos que no están fuertemente iluminados.

La invención también se refiere a un aparato para detectar la emisión de UV en entornos fuertemente iluminados según la reivindicación 4.

35 Según una realización de la invención, este medio de adquisición de imagen comprende dos elementos de adquisición de imagen, un primer elemento en la unidad UV que proporciona la primera imagen del campo visual a la unidad UV y un segundo elemento en la unidad visible que proporciona una segunda imagen del campo visual a la unidad visible.

Según una realización de la invención, el primer y el segundo elementos son lentes ópticas. El filtro óptico ultravioleta insensible a la luz solar puede estar colocado antes de la lente óptica de la unidad UV, después de la lente óptica de la unidad UV, o incorporado dentro de la lente óptica de la unidad UV.

40 El medio de adquisición de imagen comprende un divisor de haz que recibe haces ópticos del campo visual, y divide los dichos haces ópticos recibidos de manera que los haces que abarcan al menos el espectro visible son dirigidos hacia la unidad visible, y los haces que abarcan el espectro UV son dirigidos hacia la unidad UV. El divisor de haz puede ser, por ejemplo, un divisor de haz dicróico.

45 Preferentemente, la unidad UV además comprende una primera lente que recibe la radiación en el espectro insensible a la luz solar que pasa a través del filtro óptico ultravioleta insensible a la luz solar, y produce una imagen UV insensible a la luz solar del campo visual. El medio de representación visual de imagen UV además comprende un sensor de imagen UV situado en el punto focal de la primera lente, dicho sensor de imagen UV crea una imagen visible de la imagen UV insensible a la luz solar del campo visual. El sensor de imagen UV es, según una realización de la invención, una pantalla fluorescente. Según otra realización de la invención el sensor de imagen UV es un intensificador de imagen insensible a la luz solar UV. Alternativamente, el sensor de imagen UV puede seleccionarse de entre un CCD (dispositivo acoplado por carga), un BCCD (dispositivo acoplado por carga retroiluminado), un EBCCD (dispositivo acoplado por carga bombardeado con electrones), un ICCD (dispositivo acoplado por carga

50

intensificado usando intensificador), un MCP - PMT (fotomultiplicador de placa de microcanales) que tiene ánodos múltiples u otra salida de ánodos sensibles a la posición para producir primeras señales electrónicas que describen la dicha imagen UV.

5 La combinación de la imagen visible del espectro UV insensible a la luz solar del campo visual y la imagen visible se lleva a cabo, según una realización preferida de la invención, mediante un divisor de haz que ve simultáneamente las imágenes, tal como son proporcionadas por las unidades UV y visual respectivamente.

10 Para permitir procesar electrónicamente las imágenes separadas o combinadas, la unidad de imagen visible también comprende preferentemente un sensor de imagen seleccionado de entre el CCD, el CMOS (semiconductor complementario de óxido metálico), el CID (dispositivo de inducción de carga) que recibe la imagen visible, y que produce segundas señales electrónicas que describen dicha imagen.

15 Según otra realización de la invención, están provistos medios de procesamiento para combinar la imagen visible del espectro UV insensible a la luz solar del campo visual, y la imagen del espectro visible del campo visual. Más particularmente, para ese propósito pueden seleccionarse métodos de procesamiento conocidos en la técnica, como mezcla aritmética, mezcla no aritmética, modulación de luminancia o modulación de crominancia para combinar la primera y la segunda señales electrónicas producidas por las unidades UV y visible respectivamente.

20 Preferentemente, según una realización de la invención la señal combinada, procesada por los medios de procesamiento o no, se suministra a medios electrónicos de grabación y / o representación visual para grabar y / o representar visualmente la imagen visual combinada. Tales medios pueden ser, por ejemplo, una cinta de vídeo y una pantalla, o una cámara fotográfica para grabar la imagen visual combinada en una película de cámara fotográfica.

Alternativamente, el aparato según la invención puede ser un visor en forma monocular o binocular, que no contenga ningún medio de vídeo o cámara fotográfica, sino que comprenda medios ópticos pasivos y un intensificador de imagen UV para permitir al operador del aparato ver la imagen visible combinada.

25 Tal como se mencionó anteriormente en este documento, pueden aplicarse métodos de procesamiento según la invención, para procesar la imagen SBUV, la imagen visible, o la imagen combinada. Para llevar a cabo el procesamiento, además está provista preferentemente una unidad de procesamiento en el aparato para mejorar el contraste entre la imagen de la emisión de UV y la imagen de la vista visible en la imagen combinada, o para eliminar el ruido, para la identificación de emisores de UV en el campo visual, o para captar eventos UV transitorios en el campo visual. La unidad de procesamiento según la invención puede ser una digital o una analógica.

30 Preferentemente, el aparato además puede comprender un conjunto de circuitos para proporcionar una alerta que indica la detección de emisión de UV superior a un nivel umbral predefinido. Además, en el momento de tal detección, puede iniciarse automáticamente una acción adicional, como la activación de un extintor de incendios. Además, pueden estar provistos en el aparato medios de documentación para grabación de eventos UV en el campo visual.

35 Según otra realización preferida de la invención, se proporciona un método para detectar la emisión de fuentes UV y la emisión de fuentes IR en un campo visual común, que comprende la formación de imágenes de un campo visual que se sospecha que contiene una fuente de emisión de UV, con dos unidades de formación de imágenes, siendo una primera unidad la encargada de representar visualmente las imágenes que pasan por un filtro que transmite sólo en el intervalo SBUV, y siendo una segunda unidad la encargada de representar visualmente las imágenes en la región IR; y combinar las imágenes procedentes de dichas primera y segunda unidades en una imagen visual combinada.

45 El método y el aparato de la invención pueden aplicarse en diferentes campos, y para diversos propósitos, como para la detección y vista de emisión en corona, para la detección de emisión de UV procedentes del fuego, para localizar y rastrear objetos que están provistos de una fuente que emite radiación UV, para formación de imágenes y monitorización de fenómenos que producen emisión de UV, como una radiación de Cherenkov, o para formación de imágenes de fenómenos emisores de UV transitorios.

El método y aparato de la invención también pueden usarse en aplicaciones forenses para visualización e identificación de huellas dactilares, manchas de sangre, etc.

#### Breve descripción de los dibujos

50 En los dibujos:

- la figura 1 es un diagrama de bloques de un sistema de formación de imágenes UV insensible a la luz solar / visible biespectrales según un ejemplo que no es parte de la presente invención;

- las figuras 2A, 2B y 2C representaciones de diagramas de bloques de sistemas de formación de imágenes biespectrales, configurados para observar un campo visual a lo largo de ejes ópticos paralelos, convergentes y

coincidentes en la misma medida las Figuras 2A y 2B representan ejemplos que no corresponden a la presente invención.

- la figura 3 es una descripción de diagrama de bloques de una realización preferida de la invención, que emplea medios ópticos para superposición de imágenes;

5 - la figura 4 es una descripción de diagrama de bloques de otra realización preferida de la invención, que incorpora generadores de imágenes de vídeo y medios electrónicos para superposición de imágenes;

- la figura 5 es un diagrama de bloques que ilustra un método para llevar a cabo la superposición de imágenes por medios de procesamiento de imagen digital, según una realización preferida de la invención;

10 - las figuras 6A, 6B y 6C muestran las imágenes visibles, UV insensible a la luz solar y biespectral de una llama de etanol, respectivamente;

- la figura 7 muestra la imagen biespectral de una llama de hidrógeno;

- las figuras 8A y 8B muestran respectivamente la imagen visible y la biespectral de un fuego prendido en gasolina extendida sobre una bandeja de agua de 20 cm x 20 cm observada desde un alcance de 400 m;

15 - las figuras 9A y 9B muestran respectivamente la imagen visible y biespectral de la corona en una línea de transmisión eléctrica de alta tensión; y

- las figuras 10A y 10B muestran la imagen visible y la biespectral de un automóvil con una lámpara de descarga de mercurio de 4 vatios conectada a su antena.

#### Descripción detallada de realizaciones preferidas

20 La figura 1 muestra en diagrama de bloques la estructura básica de un aparato de formación de imágenes biespectrales que no es parte de la presente invención. El aparato comprende tres unidades principales, una unidad de formación de imágenes ultravioleta insensible a la luz solar 1, una unidad de formación de imágenes visibles 2, y una unidad de superposición de imágenes 3. La radiación óptica 20 procedente de la escena es recibida por las unidades 1 y 2. En la unidad de formación de imágenes ultravioleta insensible a la luz solar 1, el filtro óptico ultravioleta insensible a la luz solar 11 transmite la radiación óptica en el intervalo de longitud de onda insensible a la luz solar, y absorbe la radiación óptica en todas las demás regiones espectrales. La lente objetivo ultravioleta 12 enfoca la radiación transmitida por el filtro óptico ultravioleta insensible a la luz solar 11 sobre el área fotosensible del sensor de imagen ultravioleta 13, creando allí la imagen ultravioleta del campo visual. La absorción óptica del filtro óptico ultravioleta insensible a la luz solar 11 en todas las regiones espectrales exclusiva del intervalo de 240 nm a 280 nm es de magnitud suficiente para asegurar que el sensor de imagen ultravioleta 13 no producirá ninguna señal debida a la iluminación solar terrestre diurna. El sensor de imagen ultravioleta 13 puede ser de cualquiera de los tipos que incluyen pero no están limitados a dispositivos acoplados por carga, dispositivos acoplados por carga retroiluminados, y dispositivos basados en fotocátodos como tubos intensificadores de imagen, dispositivos acoplados por carga intensificados, y dispositivos acoplados por carga bombardeados con electrones. El sensor de imagen ultravioleta 13 produce una señal 101 representativa exclusivamente de dicha imagen ultravioleta del campo visual. Dicha señal representativa puede ser en forma de una imagen visible, como en el caso de los tubos intensificadores de imagen que tienen una pantalla de fósforo, o en forma de una señal electrónica en formato de vídeo u otro formato, como en los casos de sensores de imagen que incorporan tubos intensificadores de imagen y / o dispositivos acoplados por carga o un intensificador de imagen con salidas de ánodos sensibles a la posición.

40 La unidad de formación de imagen visible 2 produce una señal 201 representativa de la imagen visible del campo visual. La señal representativa 201 puede ser en forma de una imagen óptica visible o en forma de una señal electrónica en formato de vídeo u otro formato de acuerdo con el tipo de señal producido por la unidad de formación de imagen ultravioleta insensible a la luz solar 1, y la señal 101.

45 La unidad de formación de imagen visible 2 comprende típicamente una lente objetivo 21 que produce una imagen óptica visible del campo visual. En las realizaciones de la invención que requieren la señal representativa 201 en forma de una imagen óptica visible de acuerdo con el formato de la señal 101 generada desde la unidad de formación de imagen ultravioleta insensible a la luz solar 1, la imagen óptica visible producida por la lente objetivo 21 constituye la señal 201. Las realizaciones de la invención que requieren la señal 201 en un formato electrónico de acuerdo con el formato de la señal 101 generada desde la unidad de formación de imagen ultravioleta insensible a la luz solar 1, incorporan típicamente un dispositivo acoplado por carga u otro sensor de imagen electrónico dentro de la unidad de formación de imagen visible 2. El área activa de dicho dispositivo acoplado por carga u otro sensor de imagen electrónico (según se use), está situada en el plano focal de dicha imagen óptica visible del campo visual. Dicho dispositivo acoplado por carga, u otro sensor de imagen electrónico produce una señal electrónica 201 en formato de vídeo u otro formato, que corresponde a la imagen óptica visible del campo visual.

55 La unidad de superposición de imágenes 3 combina la señal 101 representativa exclusivamente de dicha imagen ultravioleta del campo visual con la señal 201 representativa de la imagen visible del campo visual mediante

cualquiera de una diversidad de métodos de superposición, mezcla y modulación implementados por medios ópticos o electrónicos que producen la imagen de salida ultravioleta - visible biespectral 301. La imagen de salida ultravioleta - visible biespectral 301 proporciona información espacial respecto a la localización y la intensidad de las fuentes de radiación ultravioleta en relación con los objetos visibles del campo visual. La imagen de salida ultravioleta - visible biespectral 301 puede ser presentada óptica o electrónicamente en formato de vídeo u otro formato. Dichos medios ópticos para superposición de imágenes pueden comprender elementos parcialmente reflectantes, dicróicos u holográficos. Los medios electrónicos para superposición de imágenes pueden proporcionarse, según una realización preferida de la invención, convirtiendo dichas imágenes ópticas en señales electrónicas ya sea analógicas o digitales, en formato de vídeo o cualquier otro formato de imagen mediante el uso de un dispositivo acoplado por carga u otro sensor de imagen. Dichas señales electrónicas pueden ser combinadas por cualquiera de los medios que incluyen, pero no están limitados a mezcla aritmética, mezcla no aritmética, modulación de luminancia y modulación de crominancia que se emplean en los campos del procesamiento de vídeo, el procesamiento de imagen y los campos relacionados.

Los interruptores 102 y 202 sirven para interrumpir, cuando sea necesario, la señal 101 y la señal 201 respectivamente, permitiendo así, cuando se desee, la visión de la representación visible de la imagen ultravioleta insensible a la luz solar, o la imagen visible independientemente. Los interruptores 102 y 202 pueden ser implementados por una multiplicidad de medios incluyendo, pero no limitados a obturadores ópticos, interruptores eléctricos, o electrónicos, y pueden ser implementados en cualquier sección de la cadena de señales antes o dentro de la unidad de superposición de imágenes.

Cuando las señales 101 y 201 son señales electrónicas, son combinadas por cualquiera de los medios conocidos en la técnica incluyendo, pero no limitados a, mezcla aritmética, mezcla no aritmética, modulación de luminancia o modulación de crominancia que se emplean en los campos del procesamiento de vídeo, procesamiento de imagen digital o campos relacionados. Los medios de procesamiento de vídeo se llevan a cabo típicamente por medio de conjuntos de circuitos electrónicos, ya sean analógicos o digitales, para añadir o conmutar dos o más señales.

El uso de procesamiento de imagen digital, según una realización de la invención, proporciona un sistema más flexible que el que puede conseguirse generalmente mediante un sistema analógico convencional. Por ejemplo, cuando las imágenes de vídeo visible y UV son digitalizadas, es más fácil generar con exactitud por el sistema una señal de alarma en el momento de detectar una emisión de UV superior a un umbral predefinido. Los medios para llevar a cabo el procesamiento de imagen digital pueden estar situados típicamente, pero no exclusivamente, dentro del aparato de la invención, o pueden ser medios basados en ordenador para manipular las imágenes.

La figura 5 describe un método típico para llevar a cabo la superposición de imágenes por procesamiento de imagen digital. Tal como se muestra, dos señales de vídeo que representan las imágenes visible y UV respectivamente, son proporcionadas por separado por los medios de adquisición de imagen UV y visible (no mostrados) al digitalizador de imagen visible 237, y al digitalizador de imagen UV 238, que transforman las dos señales y producen representaciones digitalizadas de las dos imágenes adquiridas. La imagen digitalizada visible es proporcionada luego desde el digitalizador de imagen visible 237 al almacenamiento de imagen visible 239. El bloque de LUT (tabla de consulta) de color 241 es opcional. Como en algunos casos es preferible asignar a diferentes niveles de intensidad de emisión de UV diferentes colores de imagen, para obtener un mejor contraste al combinar los mismos con la imagen visible, la tabla de consulta de color 241 proporciona en su salida valores digitales específicos según los valores de entrada procedentes del digitalizador de imagen UV 238. Sin embargo, en un sistema donde no está incluido el uso de determinación de color, la salida del digitalizador UV puede proporcionarse directamente al almacenamiento de imagen UV 240. Los dos bloques de almacenamiento de imagen visible y UV 239 y 240 almacenan valores que corresponden a píxeles de las imágenes visible y UV. La superposición de imágenes 244 suma las dos imágenes, y proporciona la salida de imagen biespectral, en forma digitalizada. Existen varios algoritmos mediante los cuales el bloque 244 puede combinar las dos imágenes, como se analizará en lo sucesivo más detalladamente. El procesamiento de imagen digital 260 realiza un procesamiento adicional (cuando se requiere) sobre la imagen combinada, o sólo sobre una de las dos imágenes individuales en orden, por ejemplo, para neutralizar la interferencia por ruido, para mejorar el contraste entre las imágenes, para corregir artefactos como los errores de magnificación, la distorsión y el desplazamiento lateral introducidos por la lente objetivo y la alineación óptica, aumentar las visibilidades de imágenes UV pequeñas y / o transitorias incrementando su tamaño y / o persistencia. Una primera salida del bloque de superposición de imágenes 259 se proporciona a un convertidor de vídeo digital a analógico 255, y desde este bloque, se proporciona un vídeo biespectral analógico a un dispositivo visualizador 256, que representa visualmente la imagen biespectral por cualquier medio convencional. Una segunda salida 257 de la superposición de imágenes 244 puede usarse opcionalmente para almacenar las imágenes combinadas y / o cualquiera de las imágenes individuales en medios de memoria. Las salidas de control 262 del bloque de procesamiento de imagen digital pueden usarse opcionalmente para diferentes propósitos, como para generar una alerta, si se detecta una emisión de UV superior al nivel umbral, o, por ejemplo, para la activación del sistema de supresión.

En el procesamiento digital, como el mostrado en el diagrama de bloques de la figura 5, la mezcla aritmética de la imagen de salida de la imagen de salida, C, se obtiene a partir de dos imágenes de entrada, A (de la imagen visible) y B (de la imagen UV), por la relación:  $C = \alpha A + (1 - \alpha) B$ ;  $0 < \alpha < 1$ , en la que  $\alpha$  es un coeficiente adimensional. En el procesamiento analógico, donde se realiza mezcla no aritmética, la imagen de salida, C, se obtiene a partir de dos

imágenes de entrada, A y B, por la relación:  $C = A + \beta B$ ;  $0 < \beta < 1$ .

El término “modulación” se refiere en este documento al método de combinar dos imágenes de vídeo mezclando aritmética o no aritméticamente porciones específicas de una imagen con porciones correspondientes de una segunda imagen, basándose en características distintivas en dichas porciones específicas de dicha segunda imagen, o basándose en características distintivas en porciones correspondientes de una tercera imagen. En la modulación de luminancia dichas características distintivas se refieren al nivel de señal representativo de la luminancia. En la modulación de crominancia dichas características distintivas se refieren a la intensidad de un color específico de porciones de la imagen. Una modulación típica según una realización de la invención es la generación de una imagen de vídeo de salida que comprende la imagen de vídeo visible exclusiva de porciones del campo visual en las que la imagen ultravioleta insensible a la luz solar contiene señales superiores a un umbral predefinido. Porciones del campo visual en dicha imagen de vídeo visible son sustituidas por porciones correspondientes de la imagen ultravioleta insensible a la luz solar, o por una tercera imagen. La tercera imagen es típicamente un color de máscara que proporciona contraste mejorado frente al fondo de la imagen de vídeo visible.

Puede conseguirse una multiplicidad de propósitos por la aplicación de técnicas de procesamiento de imagen digital tal como se analizó anteriormente en este documento, incluyendo, pero no limitadas a, supresión de ruido debido a ruido oscuro, suprimir los defectos de la MCP (placa de microcanales) que producen manchas brillantes continuos en la representación de la imagen UV, eliminar los efectos de las fuentes UV brillantes fuera del campo visual, y proporcionar medios automatizados para la identificación de la presencia, localización y / o naturaleza de fuentes de luz UV en el campo visual, e identificación y grabación automatizadas de eventos UV transitorios que se producen en el campo visual.

Típicamente, las fuentes de ruido se clasifican como que tienen un patrón fijo o aleatorio. En el sistema de la invención, el ruido de patrón fijo es causado típicamente por artefactos del sistema como canales defectuosos en la MCP (descrito en lo sucesivo con respecto a la figura 3), que generan una corriente de electrones constante que tiene como resultado un punto brillante constante en la pantalla de fósforo. El procesamiento de imagen digital puede llevarse a cabo por algoritmos conocidos por los expertos en la materia para eliminar tal ruido de patrón fijo de la imagen de salida. El ruido oscuro y la dispersión atmosférica de luz ultravioleta procedente de fuentes brillantes como la soldadura por arco presentes más allá de los límites del campo visual producen generalmente puntos brillantes distribuidos aleatoriamente en la imagen ultravioleta que están aislados tanto espacial como temporalmente de otros puntos de imagen brillantes. El procesamiento de imagen digital, cuando se usa en el aparato biespectral de la invención, puede incluir algoritmos para eliminar de la imagen de salida tales elementos de formación de imagen aislados distribuidos aleatoriamente. Dicho procesamiento se realiza en el sistema de la figura 5 por el bloque 260.

La detección automática es relevante para la detección de fuentes de radiación ultravioleta en campos visuales que carecen típicamente de tales fuentes, o para la detección de transitorios UV en el campo visual. Un ejemplo típico de este tipo de aplicación es la detección de incendios. La detección automática según una realización de la invención está basada en la detección de niveles de señal que no es ruido superiores a un umbral predefinido. Los algoritmos de identificación automática pueden estar basados, según una realización preferida de la invención, en rasgos geométricos, como la forma, el tamaño, la orientación, o la ubicación de objetos en el campo visual, en rasgos de nivel de señal, y también en características temporales de los rasgos geométricos y de nivel de señal como el movimiento y el parpadeo. Los algoritmos de detección automática pueden iniciar cualquier tipo de acción realizable por equipo electrónico, incluyendo (pero no limitada a) almacenamiento de imagen, notificación o inicio de alarma y / o el inicio de medidas correctivas como extinción de incendios. Estas técnicas son conocidas, y por lo tanto, por brevedad, no se analizarán detalladamente en este documento.

Además, las técnicas de procesamiento de imagen digital pueden aplicarse opcionalmente en el bloque 260 sobre los formatos electrónicos digitales de alguna o tanto de la representación visible de la imagen ultravioleta insensible a la luz solar como la imagen visible del campo visual. Puede conseguirse una multiplicidad de propósitos mediante la aplicación de técnicas de procesamiento de imagen digital a estas imágenes, incluyendo, pero no limitadas a, la identificación de la ubicación y naturaleza de fuentes de luz ultravioleta basada en la relación espacial de dichas fuentes con objetos visibles.

La unidad de formación de imagen ultravioleta insensible a la luz solar 1 y la unidad de formación de imagen de espectro visible 2 (figura 1) pueden observar el campo visual a lo largo de dos ejes ópticos distintos, paralelos o secantes 1a y 2a tal como se describe a efectos de ejemplo en las figuras 2A y 2B respectivamente. La observación del campo visual a lo largo de dos ejes ópticos distintos introduce paralaje. Durante la superposición de imágenes, dicho paralaje generalmente introduce errores, expresados como un desplazamiento lateral de las imágenes de las fuentes de la radiación ultravioleta presentes en la señal 101, en relación con los objetos presentes en la señal 201 representativa de la imagen visible del campo visual. La magnitud de dicho desplazamiento variará de acuerdo con los alcances de las fuentes de la radiación ultravioleta, y de acuerdo con la magnitud de la separación a dichos alcances de dichos ejes ópticos.

El desplazamiento lateral que resulta del paralaje puede ser corregido durante la superposición de imágenes introduciendo una magnitud de desplazamiento igual en la dirección opuesta. La determinación de la magnitud de

corrección de desplazamiento requerida está basada en una medición o estimación del alcance de la fuente de radiación ultravioleta, y en la separación y el ángulo entre los dos ejes ópticos.

En la figura 2C se describe una realización adicional de la invención que elimina el paralaje y el desplazamiento de imagen. El divisor de haz 4 está orientado paralelo al espejo 5 y está desplazado del espejo 5 por una distancia igual a la separación de los ejes ópticos 1a y 2a. En esta configuración, la unidad de formación de imagen ultravioleta insensible a la luz solar 1 observa el campo visual por reflexión desde el divisor de haz 4 y el espejo 5 a lo largo del eje óptico 1a' coincidente con el eje óptico 2a, eliminando así el desplazamiento de imagen durante la superposición de imágenes. El divisor de haz 4 puede ser de varios tipos, como uno espectralmente neutro, uno dicroico, o uno de naturaleza holográfica.

En la figura 3 se describe una realización preferida de la invención que incorpora medios ópticos para conseguir la superposición de imágenes. La radiación óptica que representa el campo visual es dirigida al dispositivo en el eje 100. La unidad de formación de imagen ultravioleta insensible a la luz solar 1 observa el campo visual por reflexión desde el divisor de haz dicroico 4 y el espejo de pliegue 5. El divisor de haz dicroico 4 es altamente reflectante en la porción ultravioleta del espectro óptico, y altamente transmisivo en la porción visible del espectro óptico. Dentro de la unidad de formación de imagen ultravioleta insensible a la luz solar 1, el filtro óptico ultravioleta insensible a la luz solar 11 transmite la radiación óptica en la región de longitud de onda insensible a la luz solar, generalmente en el intervalo de 240 nm a 280 nm, y absorbe la radiación óptica en todas las demás regiones espectrales. La lente objetivo ultravioleta 12 enfoca la radiación transmitida por el filtro óptico ultravioleta insensible a la luz solar 11 sobre el fotocátodo 13A del intensificador de imagen ultravioleta 12, produciendo allí una imagen ultravioleta invertida del campo visual. Por medio del efecto fotoeléctrico, el fotocátodo 13a emite electrones en respuesta a la radiación ultravioleta que incide sobre él, creando una imagen electrónica que corresponde a la imagen ultravioleta del campo visual. Dicha imagen electrónica es amplificada en la placa de microcanales (MCP) 13b a través del proceso de multiplicación electrónica conseguida por emisión secundaria. Los electrones que salen de la placa de microcanales 13B son acelerados hacia la pantalla de fósforo 13c. La energía impartida a los electrones mediante aceleración excita el material de fósforo haciendo que emita radiación óptica en una porción específica del espectro visible. Dicha porción del espectro visible está determinada por el tipo de material de fósforo empleado. Dicha radiación óptica constituye una representación visible, 101, de la imagen ultravioleta del campo visual. El espejo de pliegue 6 introduce una curvatura de 90° en el camino óptico entre la unidad de formación de imagen ultravioleta insensible a la luz solar 1 y la lente retransmisora 7, que a su vez proyecta una imagen reinvertida de la representación visible de la imagen ultravioleta producida por la pantalla de fósforo 13c. El combinador de haz dicroico 3 combina las dos imágenes que recibe a lo largo de los ejes 240 y 250, y la imagen combinada es transformada dentro de la lente ocular 8. El combinador de haz dicroico 3 es altamente reflectante en la banda espectral que corresponde a la emisión característica de la pantalla de fósforo 13c y altamente transmisivo en todas las demás porciones del espectro visible. La lente objetivo visible 2 observa el campo visual a través del divisor de haz dicroico 4 produciendo una imagen visible invertida del campo visual. La lente retransmisora 9 vuelve a invertir y proyecta dicha imagen producida por la lente objetivo visible 2 a través del combinador de haz dicroico 3 hacia la lente ocular 8. El combinador de haz dicroico 3 sirve para superponer la representación del espectro visible de la imagen ultravioleta del campo visual sobre la imagen visible del campo visual para visión directa por un observador humano 241. Dicha superposición proporciona indicaciones visuales directas en cuanto a la ubicación y naturaleza de las fuentes de radiación ultravioleta.

El diámetro de la abertura (iris) 22 puede incrementarse o disminuirse para controlar el brillo de la imagen visible del campo visual, controlando así el contraste de la imagen visible del campo visual en relación con la representación visible de la imagen ultravioleta insensible a la luz solar del campo. La abertura ajustable 22 también puede ser cerrada por completo para permitir la visión de sólo la representación visible de la imagen ultravioleta insensible a la luz solar del campo visual. La visión de la imagen visible del campo visual independiente de la representación visible de la imagen ultravioleta insensible a la luz solar puede llevarse a cabo desconectando el voltaje eléctrico suministrado al intensificador de imagen ultravioleta 13.

La realización de la figura 3 está adaptada particularmente para un aparato de visión óptica. Por medio de tal aparato el observador puede ver una imagen de las fuentes de radiación UV combinada con la imagen visible del campo visual. Los expertos en la materia pueden adaptar fácilmente la configuración de la figura 3 para producir binoculares o un aparato monocular para ver la radiación UV en el campo visual.

En una realización adicional de la invención, el ocular 8 se sustituye por una lente retransmisora para formar la imagen de la salida ultravioleta - visible biespectral sobre la película de una cámara fotográfica, sobre el CCD de una cámara de vídeo, o sobre las superficies fotosensibles de otros tipos de dispositivos de formación de imagen.

En la figura 4 se describe una nueva realización de la invención. En esta configuración, en la pantalla de fósforo 13c se obtiene una representación visible de la imagen ultravioleta insensible a la luz solar, tal como se describió anteriormente. La representación visible de la imagen ultravioleta del campo visual es conectada por el ahusamiento de fibra óptica 6 al área activa del sensor de imagen CCD 7a de una cámara CCD 7. La cámara CCD 7 genera una señal de vídeo electrónica 101 que corresponde a la imagen ultravioleta del campo visual. La señal de vídeo 101 puede ser procesada nuevamente para que incluya integración de periodo de tiempo prolongado o integración de múltiples fotogramas. El área activa 8a de la cámara CCD 8 está colocada en el plano de imagen de la lente objetivo

visible 2. La cámara CCD 8 genera una señal de vídeo electrónica 201 que corresponde a la imagen visible del campo visual. La unidad de superposición electrónica de imágenes 3 combina las señales de vídeo 101 y 201, típicamente por superposición de imágenes o por métodos de modulación de luminancia tal como se describió anteriormente en este documento para producir la imagen de vídeo ultravioleta insensible a la luz solar - visible 5  
biespectral de salida 301. La imagen de vídeo ultravioleta - visible biespectral de salida 301 puede ser representada visualmente, procesada y / o grabada con un equipo de vídeo estándar.

En una realización adicional de la invención, el intensificador de imagen ultravioleta 13 es sustituido por un dispositivo acoplado por carga retroiluminado (BCCD) u otro tipo de dispositivo acoplado por carga.

Tal como se mencionó, los componentes mediante los cuales puede llevarse a cabo la invención son 10 convencionales. Por ejemplo, pueden usarse los siguientes componentes:

Componente	Índice en dibujos	Fabricante	Nº de modelo
Filtro insensible a la luz solar	11	Ofil Ltd.	SB - BDF - 2
Objetivo UV	12	Nikon	UV Nikkor 105
Divisor de haz dicróico	4	Corion MicroCoatings Avendover Corp.	HR 500 - x UVR - 1 375V86 - xx
Intensificador de imagen UV	13 a, b, c (en la figura 3)	Photek Proxitronic	MCP218FONGSBP20 BV2562 EG
Combinador de haz dicróico	3 (en la figura 3)	Corion	CR - 600 - X
ICCD UV	13 a - c + 6 + 7 (en la figura 4)	Proxitronic	HL4 - S
Mezclador de vídeo digital	3 (en la figura 4)	Panasonic	WJ - MX30
Modulador de vídeo analógico	3 (en la figura 4)	Ross Video	DSK - 7023P
Generador de imagen UV	1 + 6 + 7	OFIL	SBI - 1
Cámara CCD visible	8	Hitachi	KP - D50

En otra realización de la invención, el aparato de la invención puede usarse para detectar la emisión de fuentes UV y la emisión IR de los alrededores. Esto puede lograrse teniendo dos unidades, una primera unidad para la SBUV, y una segunda unidad para el IR. La primera unidad incluye un primer filtro para el UV, preferentemente con una banda de paso en el espectro UV insensible a la luz solar, y la segunda unidad incluye un segundo filtro con una banda de paso en el espectro IR. En primer lugar es adquirida una vista del campo visual por medios similares a los descritos anteriormente, y luego es dividida y proporcionada a las dos unidades, por medio de un divisor de haz. Por lo tanto, de una manera similar a la descrita anteriormente en este documento, son creadas dos imágenes, una 15 primera imagen por la primera unidad que muestra la imagen SBUV del campo visual, y la segunda imagen por la segunda unidad que muestra la imagen IR del campo visual. Luego las dos imágenes son combinadas en una 20 imagen visual.

### Ejemplos y configuración del sistema

Las ventajas de la invención al hacer visibles las imágenes UV insensibles a la luz solar fueron demostradas en numerosos experimentos. En esos experimentos se demostró la visualización de fuentes emisoras de luz que son invisibles para el ojo o para una cámara visible. Las fuentes emisoras de UV fueron: una llama de alcohol, una llama de hidrógeno, un fuego distante, una descarga en corona y una lámpara de mercurio invisible. La configuración experimental fue la misma para todos los ejemplos descritos más adelante.

El montaje provisional de formación de imagen VSBUV biespectral experimental estaba constituido por un generador de imagen de vídeo UV insensible a la luz solar, un generador de imagen de vídeo visible y un mezclador de vídeo para superponer la imagen de vídeo UV insensible a la luz solar sobre la imagen de vídeo visible. Los dos generadores de imagen de vídeo ven el mismo campo visual a lo largo de líneas de visión convergentes, tal como se describe en la figura 2B.

Para el generador de imagen UV insensible a la luz solar se usó un generador de imagen Ofil SBI - 1 en el montaje provisional experimental. El SBI - 1 está constituido por un filtro de paso de banda UV insensible a la luz solar OFIL SB - BDF - 2 optimizado para uso con dispositivos de fotocátodos de CsRbTe, una lente objetivo UV F / 4.5 de 105 mm de distancia focal, y una cámara CCD intensificada. La cámara CCD intensificada PROXITRONIC modelo HL4S presenta un intensificador de imagen MCP de 2 etapas y 25 mm de diagonal modelo BV2562EG con fotocátodo de CsRbTe. La pantalla de salida de fósforo intensificadora de imagen está conectada a través de un ahusamiento de fibra óptica a un CCD de 1,69 cm (2 / 3 de pulgada). La cámara incluye todo el conjunto de circuitos de excitación de CCD y amplificadores y produce una señal de salida de vídeo en formato CCIR. El MCP de dos etapas proporciona suficiente ganancia de manera que los eventos de fotones individuales en el fotocátodo producen señales de vídeo de 200 mV por encima del nivel negro. Esta señal está bastante por encima del nivel de ruido del CCD y permite la formación de imagen de fotones individuales. La señal oscura de la cámara es inferior a un fotón por fotograma. El filtro insensible a la luz solar proporciona un 20 % de transmisión a 260 nm y más de 12 órdenes de magnitud de absorción de 300 nm a 650 nm. Este nivel de bloqueo es suficiente para permitir el uso de la cámara SBI - 1 en el exterior, bajo iluminación solar directa. La cámara SBI - 1 es insensible al sol. Con el sol en el campo visual de la cámara, la señal de vídeo de salida de la cámara es indistinguible de la señal, debido a un campo visual completamente oscuro.

El generador de imagen de vídeo visible estaba constituido por una cámara de vídeo en color Panasonic NV - MC20E CCD con lente objetivo integrada F / 1.2 con distancia focal de 9 a 54 mm. El NV - MC20E proporciona una salida de vídeo de formato PAL.

Las dos señales de vídeo fueron combinadas usando un mezclador AV digital Panasonic MX - 30 operado en modo de mezcla aritmética. La proporción de mezcla se varió del 0 (sólo salida de imagen visible) al 100 % (sólo salida de imagen UV). Se obtuvieron imágenes biespectrales en proporciones de mezcla intermedias. El uso de un mezclador digital obvió la necesidad de sincronizar las dos fuentes de vídeo. La señal de vídeo de salida fue grabada con una grabadora de cinta de vídeo Akai VS - F16EM o capturada usando un capturador de fotogramas MuTech MV - 1000.

Los dos generadores de imagen de vídeo fueron montados sobre un soporte mecánico común que permitía la inclinación y la toma de panorámicas del generador de imagen de vídeo visible. La inclinación y la toma de panorámicas fueron ajustadas para alinear los centros de la imagen, en el intervalo de interés. La distancia focal (zoom) de la cámara de vídeo visible fue ajustada para igualar su magnificación a la del generador de imagen de vídeo UV insensible a la luz solar.

#### Ejemplo 1: Llama de alcohol

Se encendió una llama de alcohol en el interior cerca de una ventana abierta y se vio con el montaje provisional de formación de imagen VSBUV biespectral que fue situado dentro de la habitación, a una distancia de 5 metros de las llamas, de manera que la ventana abierta estaba en el fondo de la imagen. La llama de alcohol casi no emite radiación visible pero emite radiación UV. En la salida de vídeo visible (figura 6A), la llama de alcohol no se observa. En la salida de vídeo UV insensible a la luz solar se forma la imagen de la llama de alcohol, tal como se aprecia en la figura 6B. En la salida de vídeo UV, se forma la imagen de la llama sobre un fondo oscuro, ya que el generador de imagen UV es insensible a la luz ambiental. En la imagen UV insensible a la luz solar visible biespectral, figura 6C, se observa la llama, superpuesta sobre la imagen de los alrededores visibles. La imagen UV está superpuesta sobre la imagen visible.

#### Ejemplo 2: Llama de hidrógeno

La llama de hidrógeno, como la llama de alcohol, no emite radiación visible, pero emite radiación UV y una débil radiación IR. En este experimento se demostró la capacidad de visualizar llamas de hidrógeno con la llama de hidrógeno de un detector de cromatógrafo de gas. Para la demostración, la válvula que regula el flujo de hidrógeno fue abierta al máximo, para conseguir una llama de 1,5 cm de altura. El montaje provisional de formación de imagen biespectral fue colocado a 2 metros del cromatógrafo de gas. La figura 7 muestra la imagen biespectral obtenida superponiendo las imágenes visible y UV insensible a la luz solar.

Ejemplo 3: Fuego distante

5 Se prendió un fuego encendiendo gasolina extendida sobre una bandeja de agua de 20 cm x 20 cm. El generador de imagen VSBUV biespectral fue colocado sobre un balcón, 6 metros por encima del suelo, orientado al campo en el que fue prendido el fuego de gasolina. El fuego estaba a 400 metros de distancia del montaje provisional de la cámara. El experimento fue realizado a mediodía en mayo. El sol estaba alto, detrás de la cámara. Tal como se aprecia en la figura 8A, no se observó ningún indicio de la llama en la salida de vídeo visible. Además, el fuego no era discernible a simple vista desde la ubicación del generador de imagen. En la figura 8B, la salida de vídeo UV insensible a la luz solar de la llama del fuego de gasolina está superpuesta sobre la salida de vídeo del fondo visible.

Ejemplo 4: Descarga en corona

10 El experimento descrito en este documento se realizó en mayo cerca de Cesarea, Israel. Las imágenes de vídeo fueron tomadas a mediodía y el sol estaba alto. La humedad era relativamente alta y podían oírse los sonidos de las descargas en corona procedentes de los aisladores de la línea de alta tensión en la torre eléctrica. En este experimento, el montaje provisional VSBUV biespectral fue dirigido hacia arriba para orientarse a la parte superior de la torre. La distancia entre la corona y las cámaras era aproximadamente 50 metros. El sol estaba dentro de  $5 - 10^\circ$  de los límites del campo visual.

15 La superposición de la imagen UV insensible a la luz solar de la corona sobre el fondo visible se muestra en la figura 9B. No se observó ningún indicio de la emisión en corona en la salida de vídeo visible mostrada en la figura 9A. La emisión en corona tampoco no pudo observarse por los ojos. Las emisiones en corona son visibles a simple vista sólo bajo condiciones de iluminación ambiental muy baja.

20 Ejemplo 5: Lámpara de mercurio invisible

Una lámpara de pluma de descarga de mercurio a baja presión de 4 vatios fue conectada a la parte superior de la antena de un automóvil. Las imágenes exhibidas en las figuras 10A y 10B muestran el automóvil antes y después de encender la lámpara. Estas dos imágenes fueron obtenidas mediante la salida de vídeo biespectral. La lámpara de descarga de mercurio emite principalmente en la línea de emisión del mercurio a 254 nm, la cual está dentro de la banda insensible a la luz solar. También se emite algo de luz visible desde la lámpara pero no es visible al ojo o a una cámara de vídeo visible desde una distancia de más de aproximadamente 10 metros. El montaje provisional de vídeo VSBUV biespectral veía el automóvil desde una parte superior del tejado, a 14 metros de altura, aproximadamente a 150 metros de distancia del automóvil. Desde esta distancia sólo la cámara UV insensible a la luz solar podría detectar la luz emitida desde la lámpara de mercurio. No pudo observarse ningún indicio de una luz, emitida desde la lámpara, en la salida de vídeo visible.

30 La intensidad de la lámpara de pluma de descarga de mercurio no es grande y no excede los  $10^{-3}$  w / sr. En este experimento, cuyo comienzo se muestra en las figuras 10A y 10B, el car condujo a lo largo de carreteras de la zona y la imagen UV pudo rastrearse claramente a medida que condujo a lo largo de las carreteras. En el experimento descrito en este documento, la lámpara fue rastreada hasta una distancia de 1,5 km.

35 El halo presente en la componente UV de la imagen, alrededor de la lámpara de descarga de mercurio, es característico de las fuentes UV brillantes. Esta imagen extendida puede ser atribuible a efectos de resplandor en el intensificador de imagen y el CCD. La dispersión atmosférica también puede contribuir al halo.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para detectar, formar imágenes, localizar y visualizar un objeto que emite o refleja radiación UV en un entorno iluminado a un nivel hasta una iluminación exterior diurna, comprendiendo el método:
- formar imágenes simultáneamente de una escena sospechosa de contener un objeto que emite o refleja radiación UV mediante dos unidades de formación de imagen separadas, una primera unidad de formación de imagen UV insensible a la luz solar (SBUV) (1) que forma imágenes en la banda espectral SBUV y que comprende un filtro insensible a la luz solar (11) y un fotocátodo UV (13a), y una segunda unidad de formación de imagen visible o IR (2) que forma imágenes en el intervalo espectral visible o IR respectivamente, en el que dicha formación de imágenes simultáneas implica la recogida de radiación procedente de la escena a través de un eje óptico común (1a', 2a'), y usar un divisor de haz (4) que está ubicado en el extremo de dicho eje óptico común (100), dividir la radiación dentro de dichas dos unidades de formación de imagen separadas, dicho divisor de haz es altamente reflectante en la porción ultravioleta del espectro óptico, y altamente transmisivo en la porción visible del espectro óptico; y
  - combinar (3) las imágenes tal como son obtenidas por dicha formación de imágenes simultánea en un eje óptico común (1a, 2a), superponiendo de una manera que minimice el desplazamiento de imagen una primera imagen obtenida a partir de dicha primera unidad de formación de imagen (1) sobre una segunda imagen obtenida a partir de dicha segunda unidad de formación de imagen (2) para formar así una imagen visual combinada y superpuesta que muestra la reflexión o la radiación UV en su posición dentro del escenario de fondo de la escena visible o IR respectivamente, y sin paralaje debido a dicha recogida de radiación procedente de la escena a través de un eje común y el uso del divisor de haz.
2. Un método según la reivindicación 1, en el que la combinación (3) de las imágenes se lleva a cabo ópticamente (8) permitiendo a un observador (241) visualizar la imagen combinada; o en el que la combinación de las imágenes se realiza electrónicamente (244) y la imagen combinada se presenta visualmente al usuario en un dispositivo visualizador de vídeo (256).
3. Un método según la reivindicación 1, en el que dicha formación de imágenes simultánea comprende la recogida de rayos de luz procedentes de la escena que abarcan al menos los espectros visible y UV insensible a la luz solar, y la separación (4) de los rayos de luz en los rayos de luz que están dirigidos (1a) a la unidad SBUV y en los rayos de luz que están dirigidos (2a) a la unidad de formación de imagen visible.
4. Aparato para detectar, formar imágenes, localizar y visualizar un objeto que refleja o emite radiación UV en un entorno iluminado a un nivel hasta una iluminación exterior diurna, comprendiendo el aparato:
- una etapa de formación de imágenes que comprende dos unidades de formación de imagen separadas (1, 2), para recoger los rayos de luz (100) procedentes de una escena a través de un eje óptico común (1a', 2a'), abarcando los rayos de luz al menos un espectro visible o IR y un espectro UV insensible a la luz solar (SBUV), la etapa de formación de imágenes también comprende un divisor de haz (4) que está ubicado en el extremo de dicho eje óptico común el cual es altamente reflectante en la porción ultravioleta del espectro óptico y altamente transmisivo en la porción visible del espectro óptico, dicho divisor de haz divide los rayos de luz recogidos en una unidad de formación de imagen SBUV (1), y en una unidad de formación de imagen visible o IR respectivamente (2);
  - comprendiendo dicha unidad de formación de imagen SBUV (1):
    - a. un filtro óptico ultravioleta insensible a la luz solar (11) que permite la transmisión de radiación óptica sólo en un intervalo espectral UV insensible a la luz solar, y que absorbe la radiación óptica en todas las demás regiones espectrales;
    - b. medios para proporcionar una imagen SBUV que comprenden un sensor de imagen SBUV (13) para recibir la radiación óptica sólo en el intervalo espectral UV pasada a través de dicho filtro óptico ultravioleta insensible a la luz solar (11), y producir una primera imagen visual, que es la imagen UV insensible a la luz solar;
  - recibiendo dicha unidad de formación de imagen visible o IR (2) respectivamente dichos rayos de luz procedentes de la escena y produciendo una segunda imagen visible, que representan el escenario de fondo visible o IR respectivamente de la escena; y
  - medios de combinación (3) para recibir dicha primera imagen visual procedente de la unidad de formación de imagen SBUV (1) y dicha segunda imagen visible procedente de la unidad de formación de imagen visible o IR (2) respectivamente, y combinar por superposición dicha primera imagen visual sobre dicha segunda imagen visible de una manera que minimiza el desplazamiento de imagen para producir así una imagen visual combinada y superpuesta que muestra el dicho objeto que emite o refleja dicha radiación UV en su posición dentro del escenario de fondo visible o IR respectivamente, y sin paralaje debido a dicha formación de imágenes a través de un eje común y el uso de dicho divisor de haz (4).
5. Aparato según la reivindicación 4, en el que la etapa de formación de imágenes comprende dos elementos de formación de imágenes, un primer elemento de formación de imágenes en la unidad UV (1) para producir la primera

- imagen del campo visual en la unidad SBUV y un segundo elemento de formación de imágenes en la unidad visible (2) para producir una segunda imagen del campo visual en la unidad visible (2), en el que, preferentemente, el primer y el segundo elementos son lentes ópticas, en el que, preferentemente, el filtro óptico ultravioleta insensible a la luz solar (11) está colocado antes de la lente óptica (12) de la unidad SBUV, después de la lente óptica (12) de la unidad UV, o incorporado dentro de la lente óptica (12) de la unidad SBUV.
- 5
6. Aparato según la reivindicación 5, en el que la etapa de formación de imágenes comprende dicho divisor de haz (4) que recibe rayos de luz procedentes del campo visual, y que divide los rayos de luz recibidos de manera que los haces (2a) que abarcan al menos el espectro visible son dirigidos hacia la unidad visible (2), y los haces (1a) que abarcan al menos el espectro SBUV son dirigidos hacia la unidad SBUV (1), en el que, preferentemente, el divisor de haz (4) es un divisor de haz dicróico.
- 10
7. Aparato según la reivindicación 4, en el que el sensor de imagen (13) en la unidad SBUV además comprende una primera lente (12) para recibir la radiación del intervalo espectral insensible a la luz solar que pasa a través del filtro óptico ultravioleta insensible a la luz solar (11) y para producir una imagen UV insensible a la luz solar sobre el plano de imagen de la primera lente.
- 15
8. Aparato según la reivindicación 4, en el que el sensor de imagen UV (13) es una pantalla fluorescente; o en el que el sensor de imagen UV (13) es un intensificador de imagen UV insensible a la luz solar; o en el que el sensor de imagen UV (13) se selecciona de entre un CCD, un BCCD, un EBCCD, un ICCD, un MCP - PMT que tiene ánodos múltiples.
- 20
9. Aparato según la reivindicación 5, en el que la unidad de imagen visible comprende un sensor de imagen seleccionado de entre el CCD, el CMOS, el CID que recibe la imagen visible, y que produce segundas señales electrónicas que describen dicha imagen.
- 25
10. Aparato según la reivindicación 4 en el que la imagen visual combinada (244) se obtiene mediante mezcla aritmética, mezcla no aritmética, modulación de luminancia o modulación de crominancia, combinando dichas primera y segunda señales electrónicas; o que además comprende un dispositivo visualizador (256) para representar visualmente la imagen visual combinada; o que además comprende una cámara fotográfica o una grabadora electrónica para grabar la imagen visual combinada (244); o que además comprende medios ópticos pasivos (12) y un intensificador de imagen UV (13) para permitir a un operador del aparato ver la imagen visual combinada.
- 30
11. Aparato según la reivindicación 5, que además comprende una unidad de procesamiento (260) para procesar señales electrónicas que describen la imagen UV, la imagen visible o IR o la imagen combinada, para mejorar el contraste entre la imagen UV y la imagen visible o IR en la imagen visual combinada, o para la eliminación de ruido, la identificación de emisores de UV en el campo visual, o la captación de eventos UV transitorios en el campo visual.
- 35
12. Aparato según la reivindicación 11, en el que la unidad de procesamiento (260) es una unidad de procesamiento digital; o en el que la unidad de procesamiento (260) es una unidad de procesamiento analógica; o que además comprende medios para proporcionar una alerta en cuanto que la detección de radiación SBUV es superior a un nivel umbral predefinido; o que además comprende medios para iniciar la acción en cuanto que la detección de radiación SBUV es superior a un nivel umbral predefinido.
- 40
13. Aparato según la reivindicación 12, en el que la acción es el inicio del extintor de incendios; o en el que la acción es la documentación de eventos emisores de UV en el campo visual.
- 45
14. Aparato según la reivindicación 4 en el que la combinación (3) de la imagen visible de la imagen UV, insensible a la luz solar, del campo visual y la imagen producida por la unidad visible o IR se lleva a cabo ópticamente mediante un combinador de haz dicróico que ve simultáneamente dichas imágenes.
15. Aparato según la reivindicación 14, realizado en una forma monocular o binocular.
16. Un método según la reivindicación 1, para detectar, formar imágenes, localizar y visualizar un objeto que emite radiación UV en el que la radiación UV está causada por descarga eléctrica.
17. Aparato según la reivindicación 5, para detectar, formar imágenes, localizar y visualizar un objeto que emite radiación UV causada por descarga eléctrica.
18. El método según la reivindicación 1 para detectar, formar imágenes, localizar y visualizar un objeto que emite radiación UV causada por combustión.
- 50
19. El método según la reivindicación 1 para detectar, localizar y rastrear, mientras están en movimiento, objetos que están provistos de una fuente de luz que emite radiación UV.
20. El método según la reivindicación 1 para formar imágenes y monitorizar un fenómeno que produce emisión de UV, en el que, preferentemente, el fenómeno es una radiación de Cherenkov o en el que, preferentemente, los fenómenos producen emisiones de UV transitorias.

21. El método según la reivindicación 1 para la formación de imágenes visuales de los reflejos procedentes de objetos iluminados por fuentes de luz UV, en el que, preferentemente, los objetos iluminados por las fuentes UV son huellas dactilares o manchas de fluido.
22. Aparato según la reivindicación 4 para detectar radiación UV procedente de combustión.
- 5 23. Aparato según la reivindicación 4 para detectar y localizar y rastrear objetos que están provistos de una fuente de luz que emite radiación UV.
24. Aparato según la reivindicación 4 para detectar, formar imágenes y monitorizar un fenómeno que produce emisión de UV, en el que, preferentemente, el fenómeno es una radiación de Cherenkov o en el que, preferentemente, el fenómeno produce emisiones de UV transitorias.
- 10 25. Aparato según la reivindicación 4 para detección y formación de imágenes visuales de reflejos procedentes de objetos iluminados por fuentes de luz UV, en el que, preferentemente, los objetos iluminados por las fuentes UV son huellas dactilares o manchas de fluido.

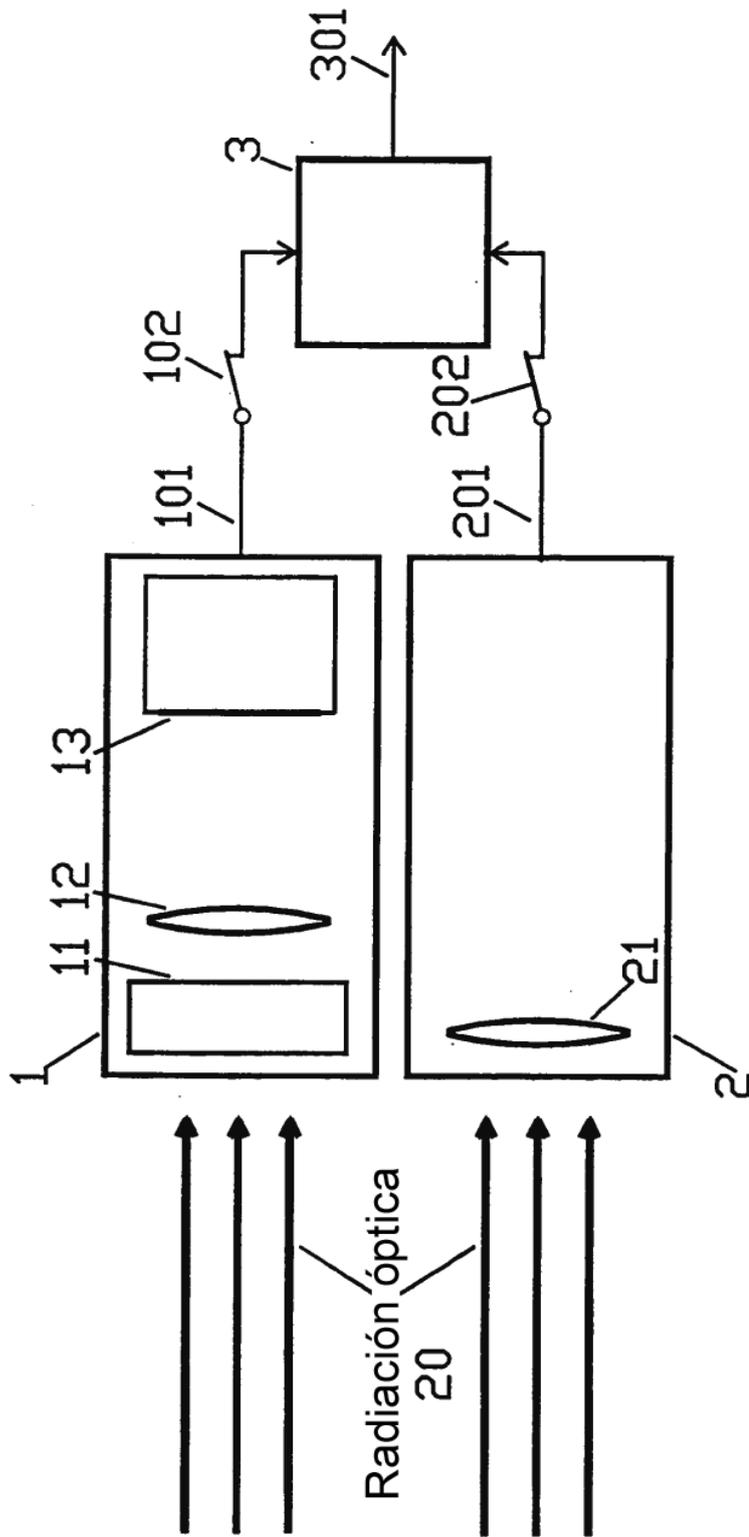


Fig. 1

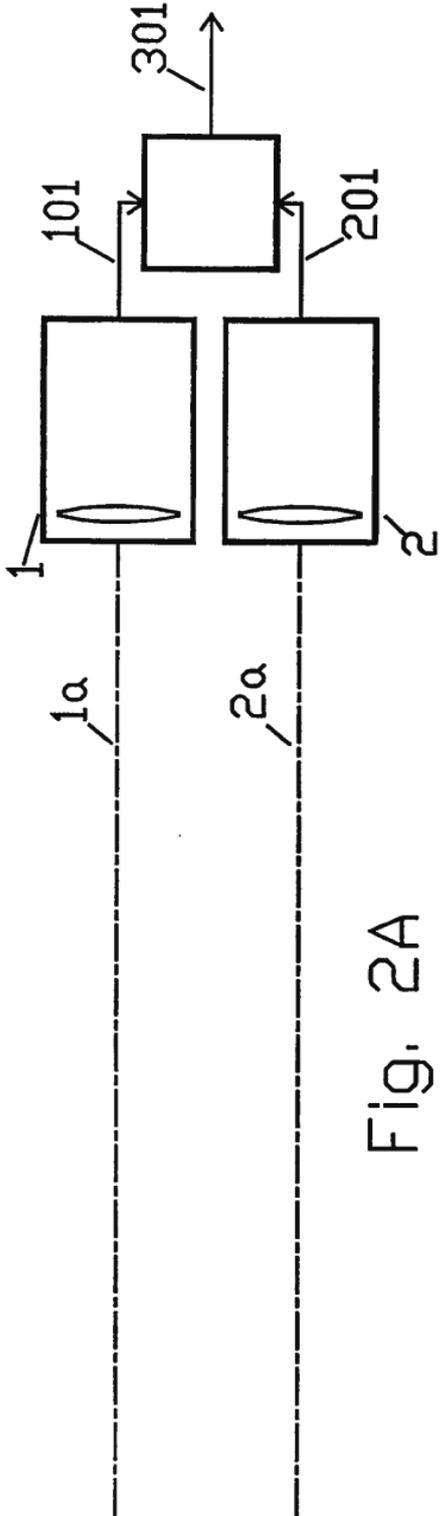


Fig. 2A

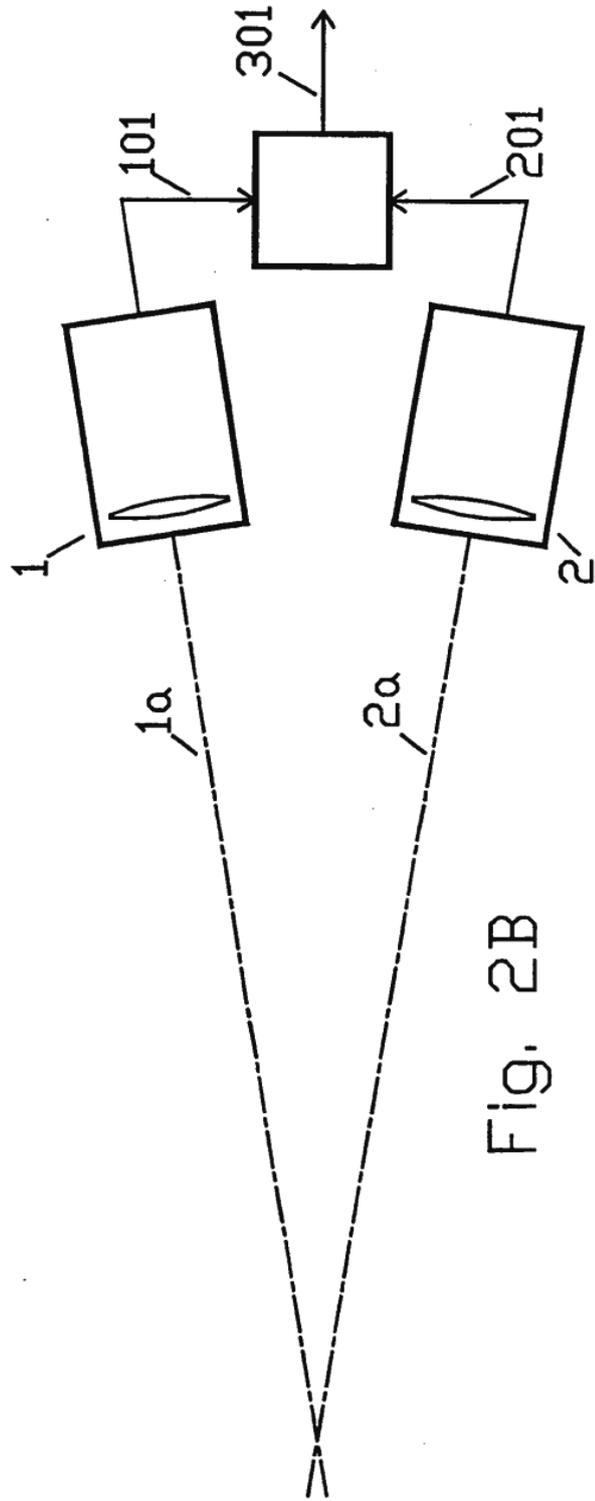


Fig. 2B

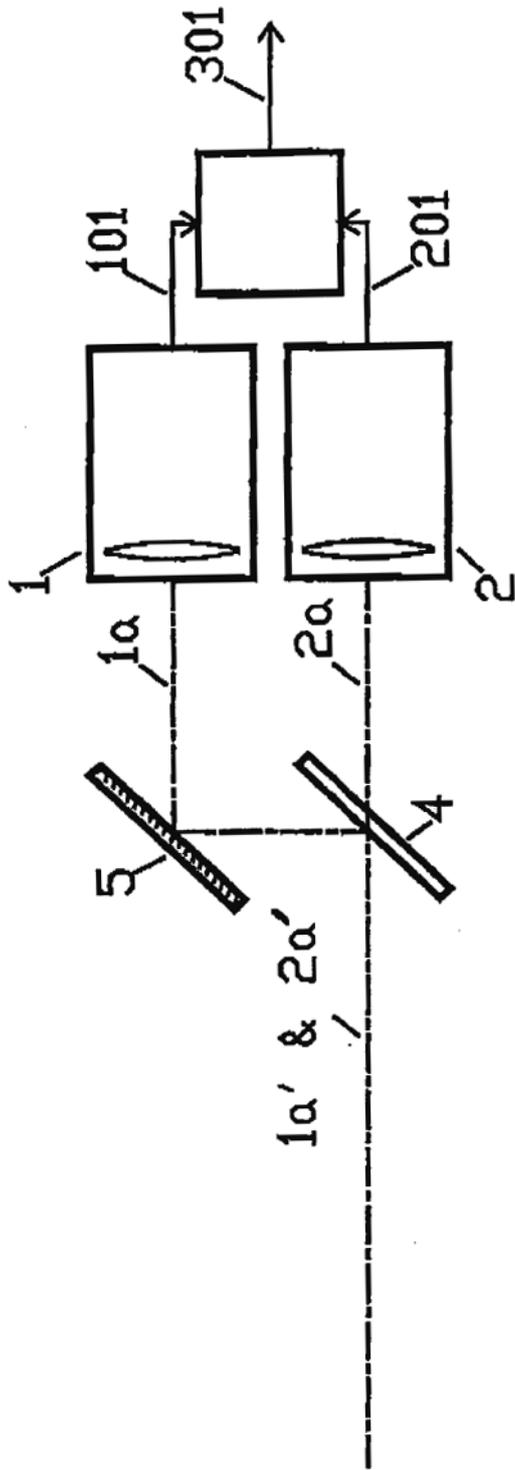


Fig. 2C

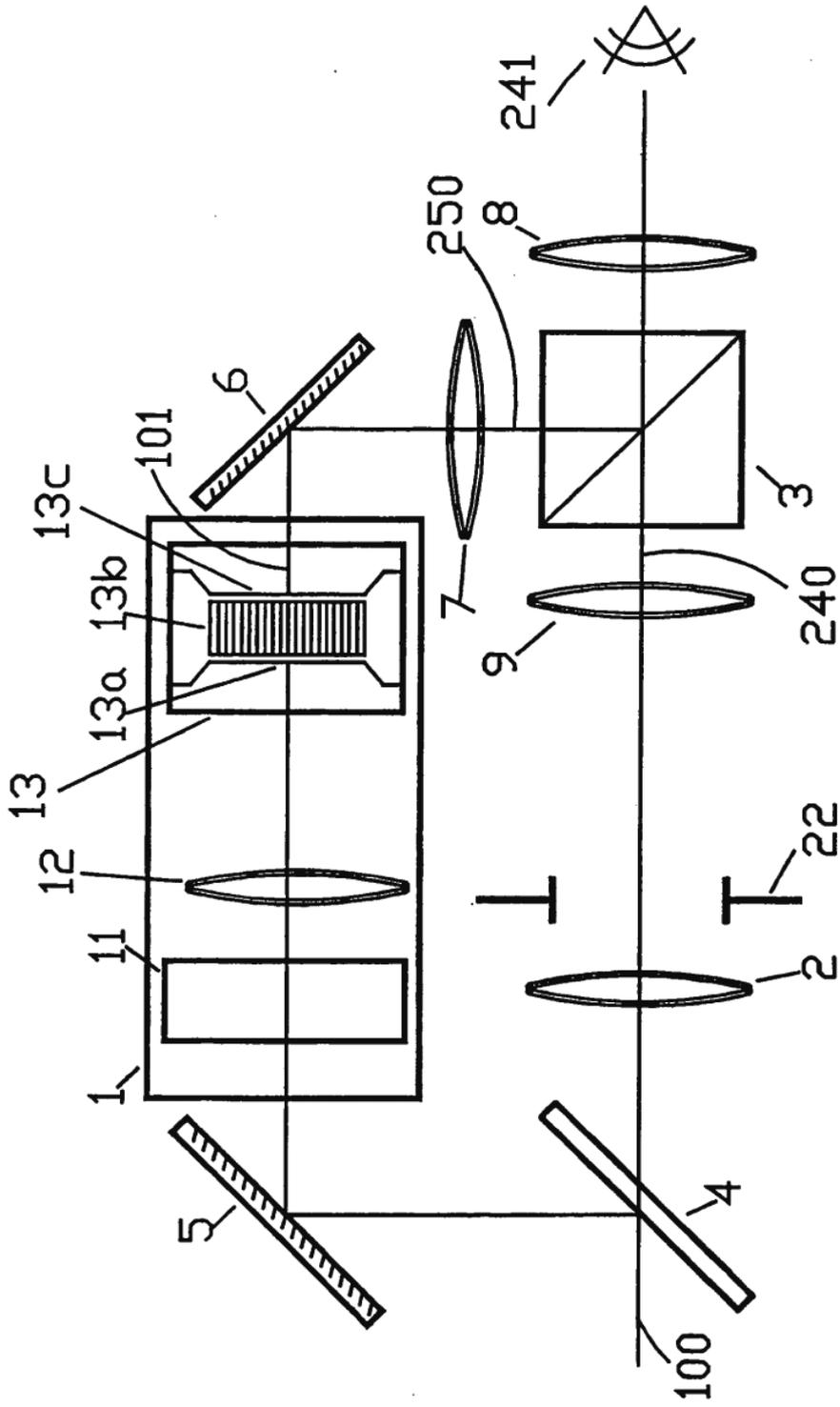


Fig. 3

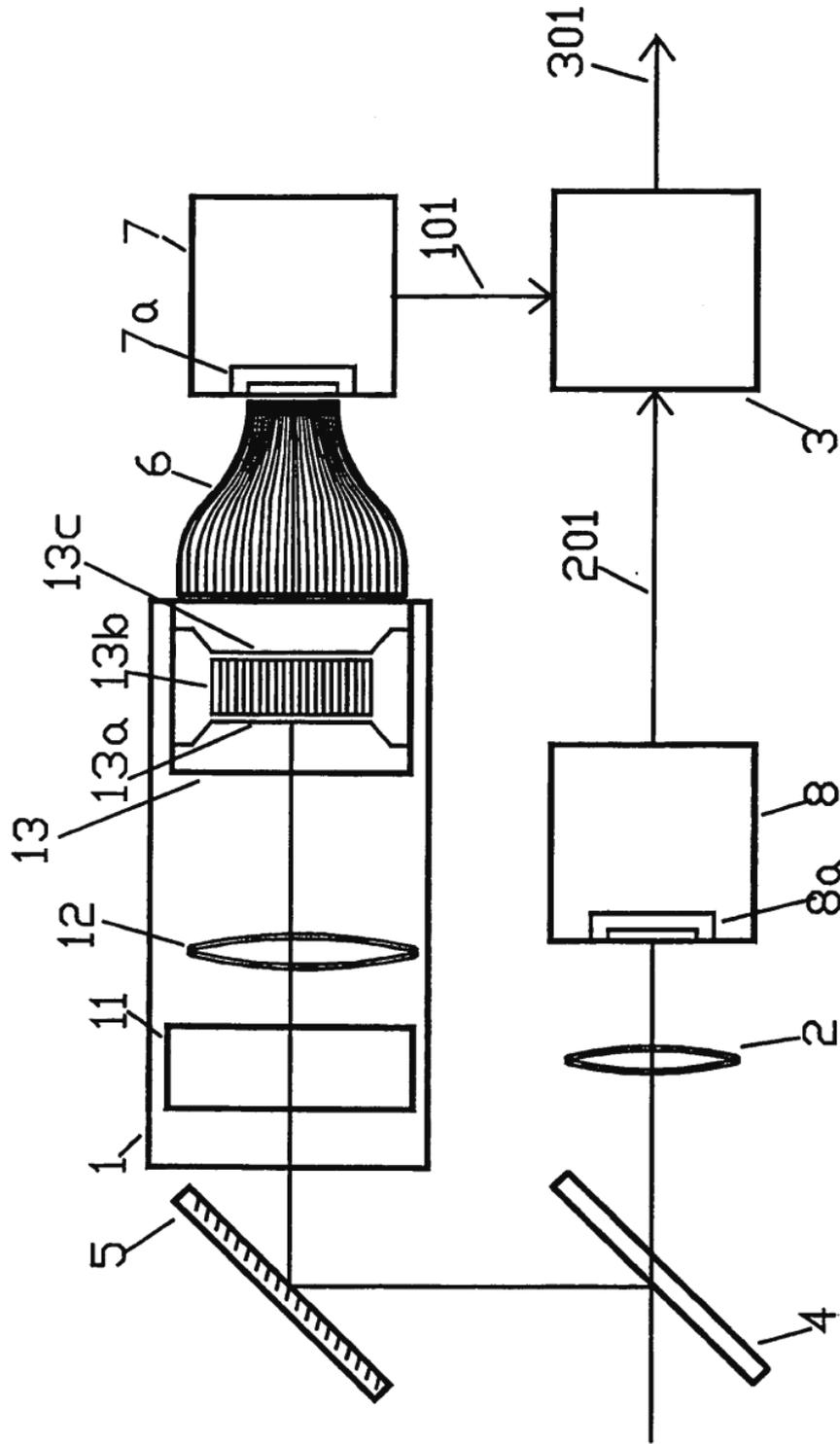


Fig. 4

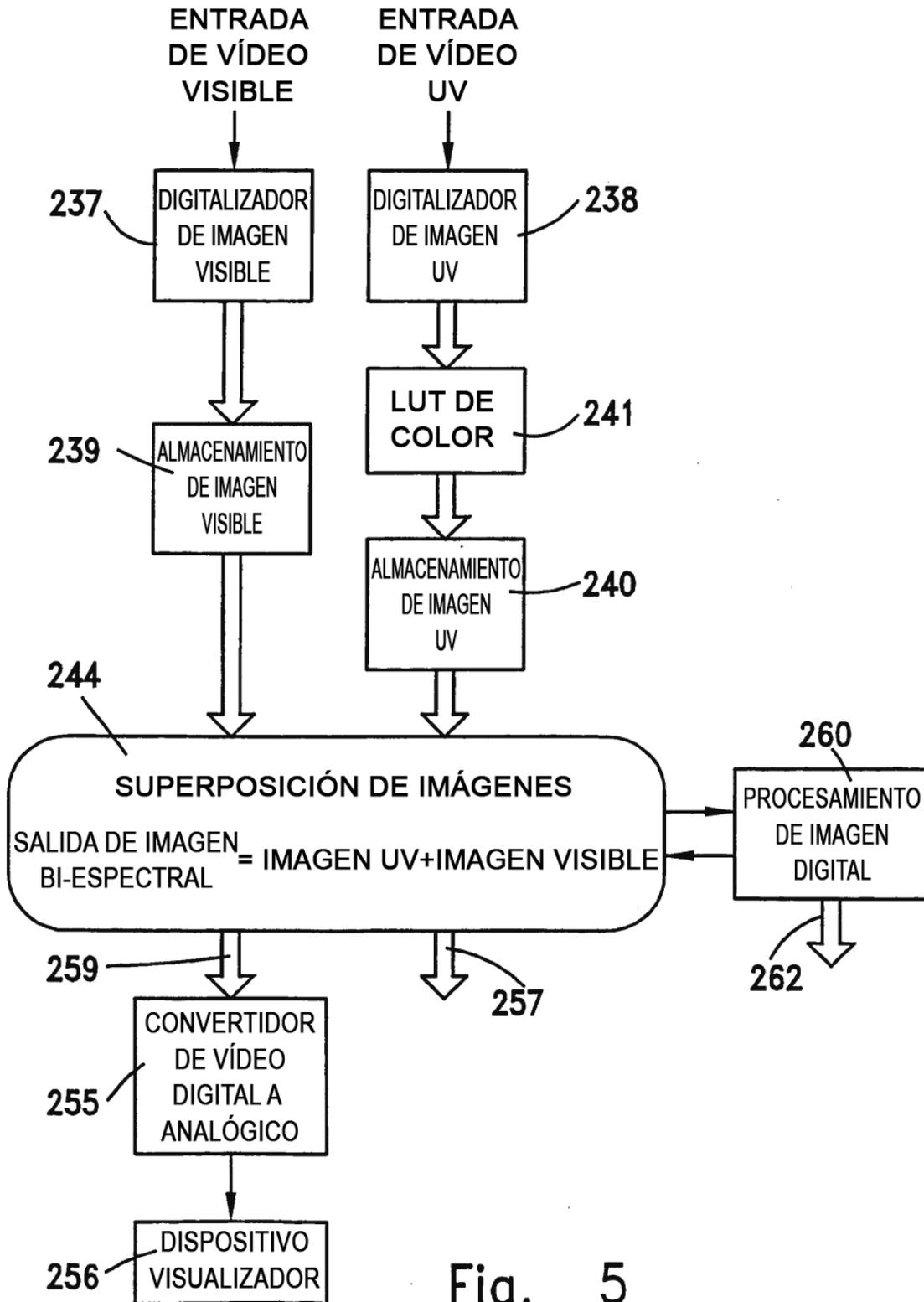
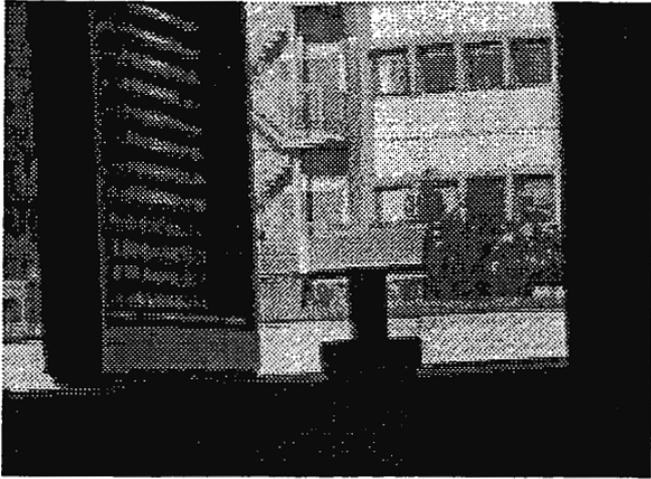


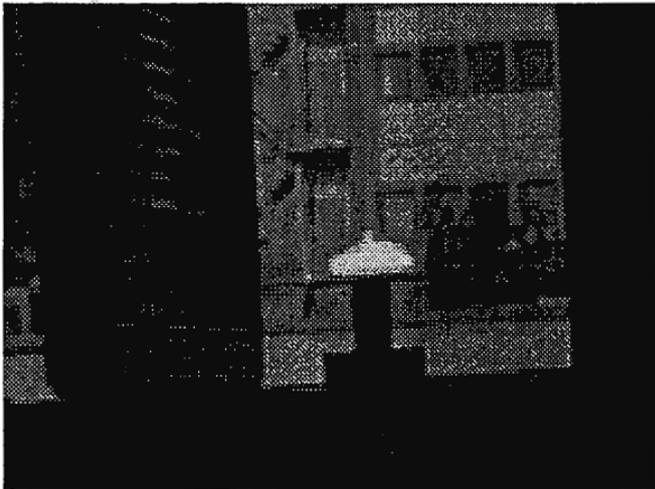
Fig. 5



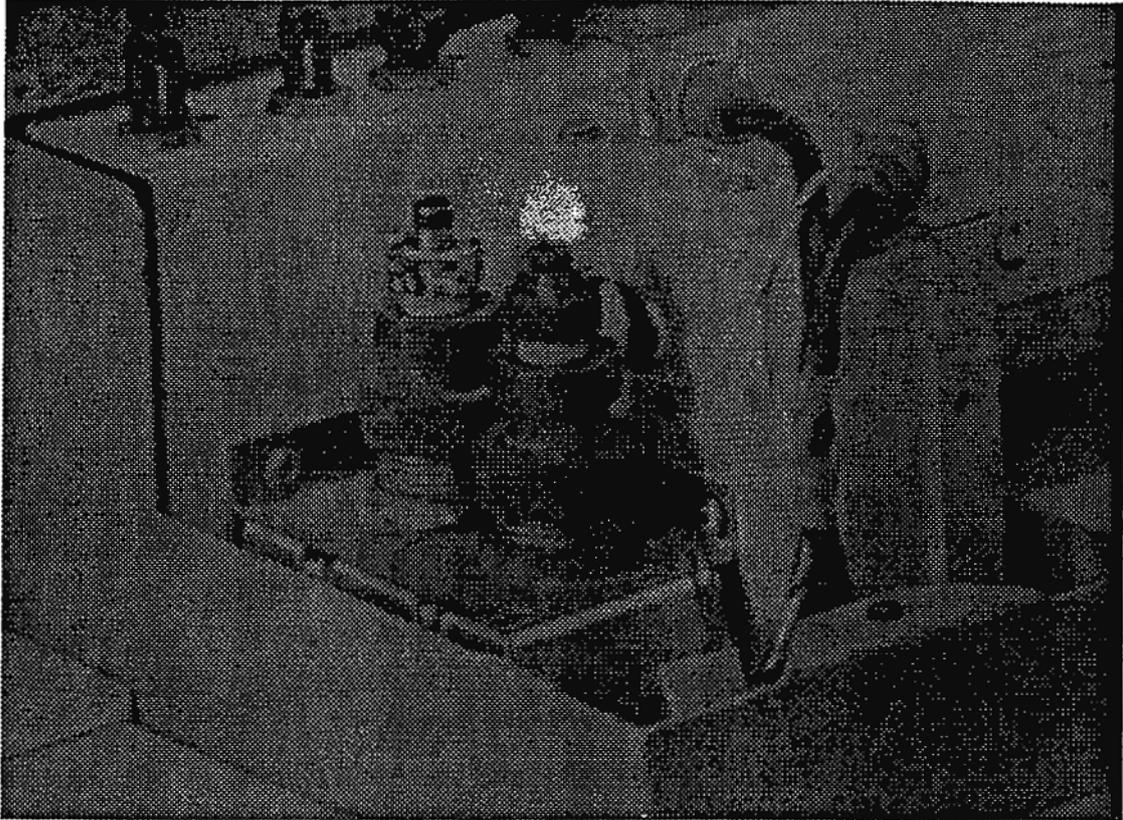
**Fig. 6A**



**Fig. 6B**



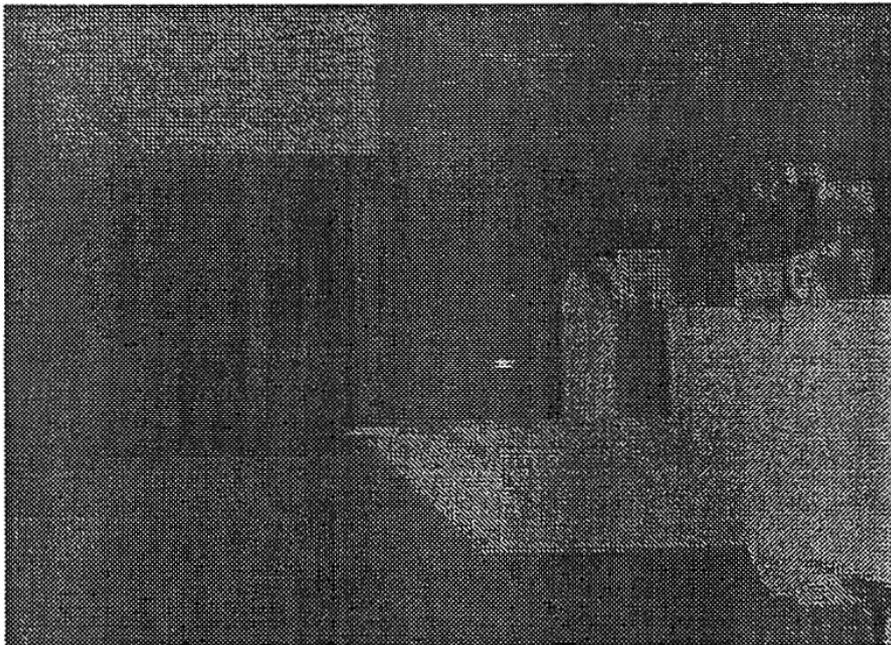
**Fig. 6C**



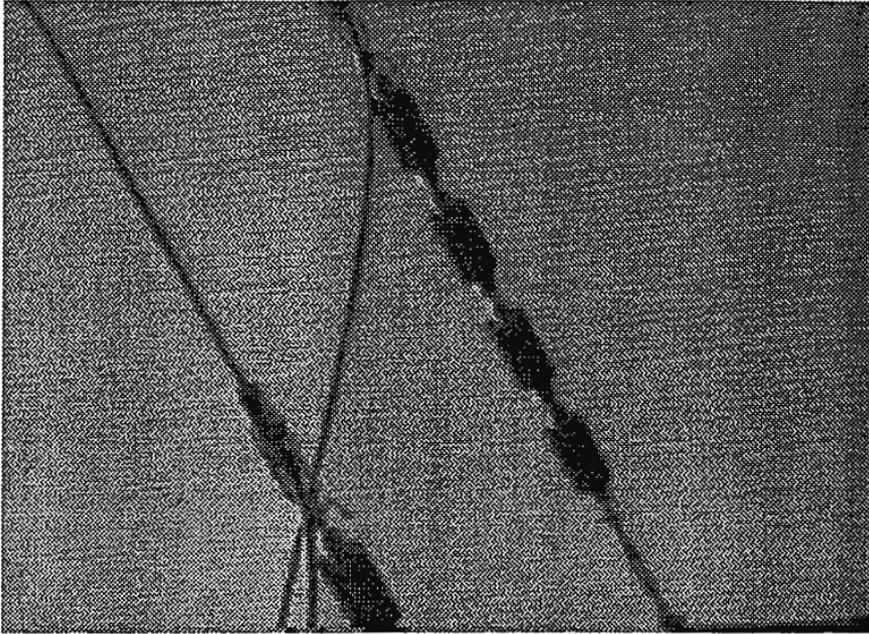
**Fig. 7**



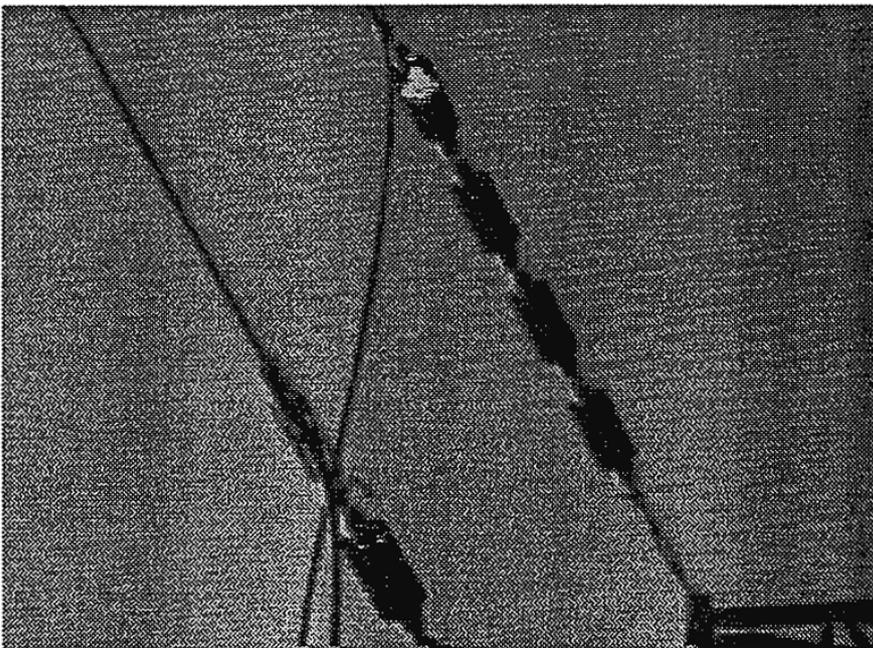
**Fig. 8A**



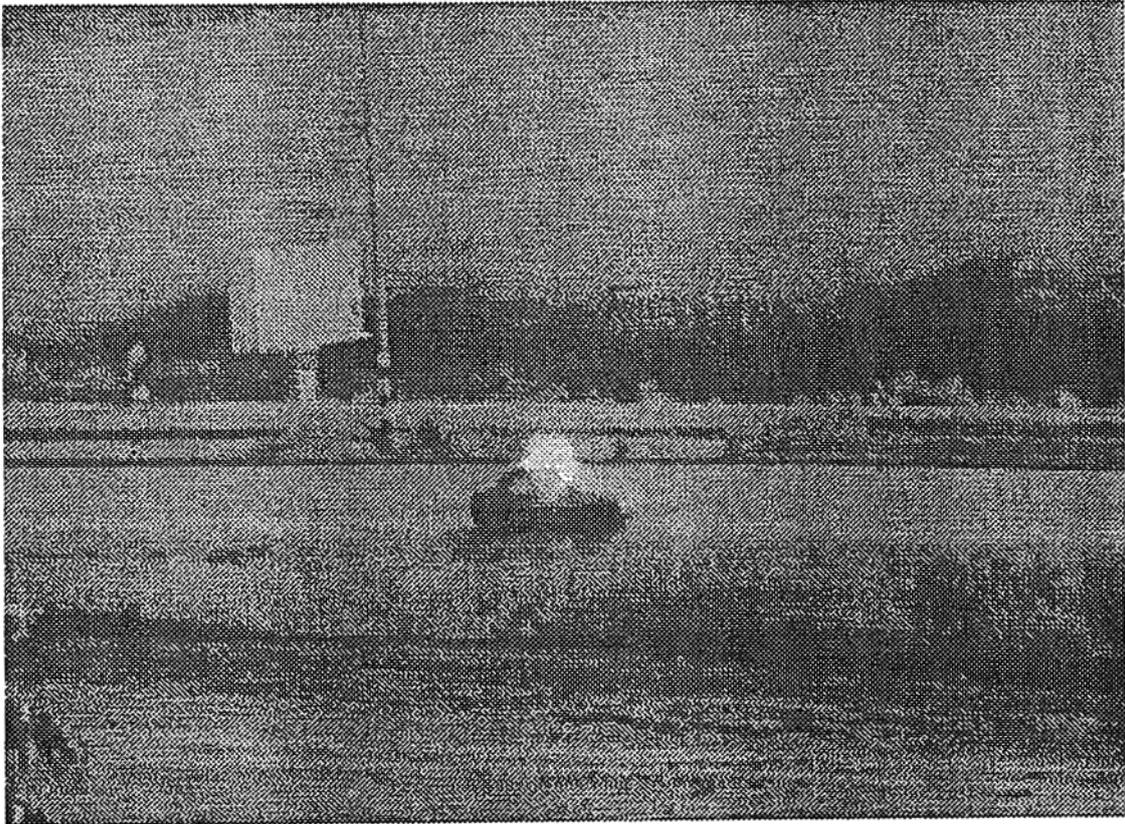
**Fig. 8B**



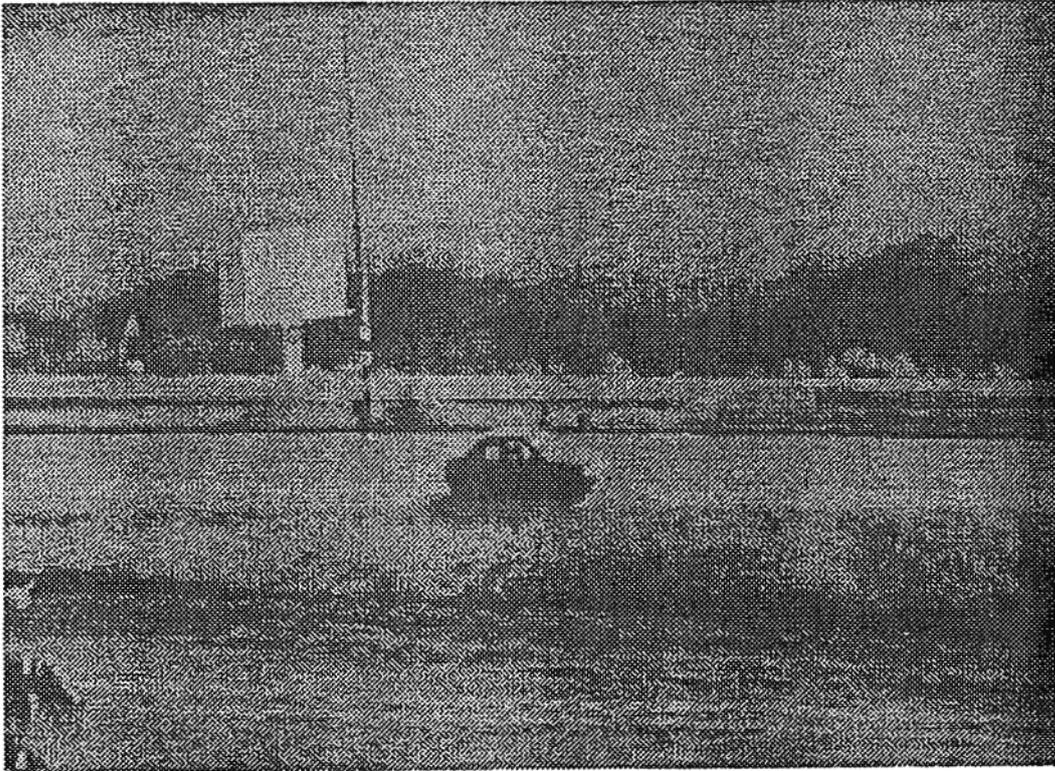
**Fig. 9A**



**Fig. 9B**



**Fig. 10A**



**Fig. 10B**