(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 204 273**

(21) Número de solicitud: 200200426

(51) Int. Cl.[7]: **G08B 6/00**
G09B 21/00
G09F 9/00
A61F 9/08
B41J 3/32

(12) SOLICITUD DE PATENTE A1

(22) Fecha de presentación: **21.02.2002**

(43) Fecha de publicación de la solicitud: **16.04.2004**

(43) Fecha de publicación del folleto de la solicitud: **16.04.2004**

(71) Solicitante/s: **Universidad de Málaga**
29071 Plaza de El Ejido, s/n
Málaga, ES

(72) Inventor/es: **Vidal Verdú, Fernando y**
Navas González, Rafael

(74) Agente: **No consta**

(54) Título: **Display táctil refrescable para gráficos y texto basado en actuadores termoneumáticos.**

(57) Resumen:
Display táctil refrescable para gráficos y texto basado en actuadores termoneumáticos.
La invención presentada es un display táctil refrescable para gráficos y texto que permita a las personas ciegas acceder a la información. Básicamente consiste en un conjunto de actuadores termoneumáticos, que se construyen encerrando un liquido de bajo punto de ebullición en una cámara con una pared flexible. Al calentar la cámara, el vapor generado por el cambio de fase eleva la presión y deforma la membrana flexible, de manera que esta deformación es percibida por el tacto o sirve para desplazar algún mecanismo intermedio de anclaje. El líquido encerrado en la cámara puede ser cualquiera que genere la presión de vapor suficiente, y el elemento calefactor puede asimismo ser variado, pero en cualquier caso debe permitir activar de manera individual cada punto con la circuitería apropiada. Las tecnologías de fabricación pueden basarse en elementos discretos, tecnologías de circuitos impresos, de película gruesa, fina, o de micromáquinas (MEMS).

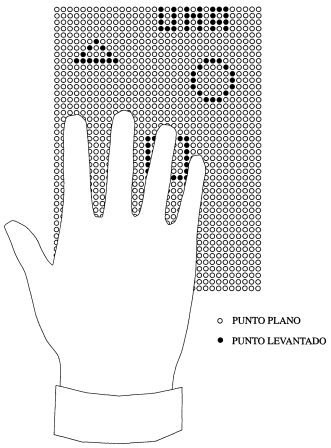


Fig. 1

ES 2 204 273 A1

DESCRIPCIÓN

Display táctil refrescable para gráficos y texto basado en actuadores termoneumáticos.

Estado de la técnica

El acceso a información impresa en texto de las personas ciegas suele ser a través de libros en Braille, o bien por sistemas que escanean y sintetizan voz. El acceso a gráficos es más complejo, ya que la transcripción no es automática. Éstos suelen hacerse de forma manual con papel deformable y punteros, o bien con moldes o técnicas de deposición para volúmenes de producción grandes. El inconveniente de estos métodos es que son caros y lentos. Además, los gráficos táctiles o el Braille en papel se deterioran rápidamente y ocupan mucho espacio, por lo que su almacenamiento y portabilidad son muy limitados. Disponer de una *pantalla táctil refrescable*, es decir un equivalente a la pantalla visual donde los píxels son sustituidos por *táctels*, unidades que estimulan el tacto, es un sueño que podría mejorar en gran medida el acceso a la información de las personas ciegas.

El problema fundamental a la hora de desarrollar un sistema de este tipo es el coste. Los displays comerciales se basan en celdas piezoeléctricas o en solenoides en miniatura. Una celda Braille (8 puntos) piezoeléctrica cuesta aproximadamente 35$, es decir que un solo punto cuesta alrededor de 800 pesetas. Un display gráfico táctil debería poder leerse usando las dos manos, y no debería ser menor que el área que cubren éstas extendidas. Si suponemos que este área es 32cm x 24 cm, y una resolución ideal de un *táctel* cada milímetro, el número de puntos necesario es 76800 puntos, y sólo los actuadores piezoeléctricos supondrían un coste de más de 61 millones de pesetas. En cuanto a los solenoides en miniatura, en el mercado hay una pantalla táctil de 120 por 60 puntos basada en ellos, la DMD 12060 de Metec (Sttutgart, Alemania), cuyo coste ronda los 10 millones de pesetas, siendo su resolución aproximada de 1 punto cada 3 milímetros, lo que hace que las líneas se perciban como una sucesión de puntos, con una calidad lejana a la obtenida con los gráficos táctiles en papel.

Una alternativa consiste en utilizar sólo una porción de display táctil correspondiente a la punta de un dedo. El dedo descansa sobre el dispositivo y la información se presenta creando una pantalla virtual. Éste es el sistema utilizado por el OPTACON (Linvill J.G. and Bliss J.C., "A direct translation reading aid for the blind", *Proc. IEEE*, Vol. 54, pp. 40-50, 1966), que es un aparato dotado con cámara y *display táctil*, de forma que la información recogida por la cámara se representa en formato táctil. El inconveniente de este dispositivo es que el sujeto pierde la información que proporciona el movimiento de la mano cuando explora una superficie, que supone un aporte importante del llamado *tacto activo*, en contraste con el *tacto pasivo* que implementa el OPTACON. Una aproximación que soluciona este inconveniente consiste en utilizar algún dispositivo de localización, por ejemplo un ratón de ordenador, y colocar encima un pequeño display táctil. Si el dispositivo se mueve sobre una superficie, el display táctil cambiará la información que proporciona creando la ilusión de una pantalla completa (Boyd L.H., Boyd W.L., and Vanderheiden G.C., "The graphical user interface: Crisis, danger and opportunity", J. Visual Impairment Blindness, Vol. 84, No. 1, pp. 496-502, Dec. 1990). Esta es una buena idea, pero tiene algunos inconvenientes. El hecho de colocar el display sobre una plataforma que mueve la persona ciega, se defiende como un aspecto positivo, dado que la información llega también a través del movimiento del brazo y la mano. Sin embargo, el tacto activo no sólo consiste en recibir información a través del aparato motor, es asimismo importante el papel de los mecanorreceptores RA como sensores dinámicos en la piel. Esto se comprende mejor si recordamos que el Braille se lee en realidad rozando los puntos con los dedos, lo que nos devuelve otra vez a la conveniencia de tener una pantalla completa. Otros argumentos a favor de esta opción son el hecho de que es muy difícil detectar ángulos con un solo dedo, o el que se haya comprobado que un lector Braille lee mucho más lentamente cuando se le presenta una línea cada vez que cuando lee una pantalla completa. Por tanto, podría decirse que sigue pendiente el desarrollo de una pantalla completa que pueda comercializarse con un coste razonable.

La solución a este reto tendrá que venir del uso de nuevos actuadores mucho más baratos que las celdas piezoeléctricas y los solenoides. En este sentido, dado el interés en displays táctiles no sólo para su utilización por personas ciegas, sino también en otros campos como la manipulación a distancia de robots en lugares peligrosos (industria nuclear, química, recursos antiterroristas...), inaccesibles (fondo submarino, espacio exterior), la cirugía no invasiva, telecirugía, etc., es creciente el trabajo en nuevos dispositivos que puedan sustituir a los tradicionales actuadores piezoeléctricos y electromagnéticos. De una gran gama de posibilidades, se trabaja sobre todo en estimulación con corriente eléctrica, dispositivos SMA (Shape Memory Alloy), displays neumáticos, basados en geles o líquidos ER, y basados en MEMS (micromáquinas).

Los dispositivos basados en geles o líquidos ER aprovechan la deformación o cambio de consistencia de ciertas sustancias sometidas a un campo eléctrico. Una pantalla basada en geles orgánicos se patentó por Texas Instruments (Gilkes A.M. and Cowens M.W., "Electronic Refreshable Tactile Display for Braille Text and Graphics", United States Patent, Patent Number: 5,580,251, Date of Patent: Dec. 3, 1996), aunque no se ha comercializado ni profundizado en su estudio y difusión. Los fluidos ER han dado resultados mediocres hasta el momento, las deformaciones conseguidas son insuficientes, así como su resolución. En (Garner H.D., "Method and Device for Producing a Tactile Display using an Electrorheological Fluid", United States Patent, Patent Number: 5,496,174, Date of Patent: Mar. 5, 1996) se presenta un híbrido entre esta idea y un dispositivo neumático, y está por ver su efectividad. Los displays basados en MEMS también suelen ser en realidad válvulas en miniatura para displays neumáticos, dado que la fuerza conseguida por un dispositivo micromecanizado es del orden de mN. Las válvulas MEMS aún tienen que desarrollarse más antes de resultar una alternativa robusta. En cuanto a la idea de utilizar corriente eléctrica para estimular los receptores del tacto, es una idea antigua que no ha tenido de momento el éxito esperado. Es muy atractiva por su simplicidad y robustez, y aunque el resultado obtenido aún dista de ser reconocido como una sensación de tacto (más bien se identifica con un hormigueo), se han construido displays capaces de transmitir información de forma satisfactoria. Los dispositivos basados en aleaciones con

memoria de forma SMA prometen dar pronto resultados comercializables, y hay muchos trabajos de investigación y desarrollo con estos materiales. Sin embargo, aunque el hilo SMA es barato, normalmente se necesitan estructuras mecánicas en miniatura que necesariamente encarecen el punto Braille. También se han reportado displays neumáticos controlados por válvulas convencionales de solenoide, aunque el tamaño de las mismas impide una pantalla completa y eleva el coste. El principio de expansión térmica ha sido asimismo propuesto en (Tremblay, Marco, "Tactile Computer Display for the Blind", Patente No. CA 2,169,198, 1997), donde se propone utilizar cera o parafina, introducidas en una cavidad sellada con una membrana elástica, y calentadas por medio de una resistencia, o en (Rose L., Rose S.E., "Braille Display Reader", United States Patent, Patent Number 4,266,936, Date of Patent May 12, 1981), donde se propone usar bimetales. No se reportan resultados de rendimiento de estas propuestas, pero el consumo es muy alto en el primer caso, y en el segundo este inconveniente se supera con mecanismos de anclaje, aunque el precio del actuador es mayor.

Explicación de la invención

La invención que se presenta es un display táctil refrescable para gráficos y texto que permita a las personas ciegas acceder de forma rápida y barata a la información. Este dispositivo está formado por un conjunto de actuadores termoneumáticos. Estos actuadores se han utilizado ya para construir microbombas y microválvulas, y se basan en la expansión de una sustancia volátil dentro de una cámara cerrada con una membrana flexible, debido a la presión ejercida por el gas resultante del cambio de fase al calentar. El calor se proporciona haciendo pasar una corriente eléctrica por una pequeña resistencia integrada.

Este principio da lugar a dispositivos sencillos y baratos, como puede ser un cilindro cerrado por un extremo rígido y otro flexible, y soldado a un elemento calefactor, que contenga una sustancia volátil. Según la ecuación de Clapeyron, en una región de temperatura cercana al punto de ebullición, $dP/dT = 1_v/(RT^2/P)$, donde P es la presión del vapor en la cavidad, T es su temperatura, 1_v es el calor de vaporización y R es la constante universal de los gases. Integrando la ecuación anterior con el punto de ebullición (P_B, T_B) como referencia obtenemos $P = P_o\exp(-1_v/(RT))$, donde $P_o = P_B\exp(1_v/RT_B)$.

Por otra parte, el desplazamiento s de una membrana elástica circular sometida a una presión P es $s = 0.0151\ (1 - \mu^2)(Pa^4/Eh^3)$, donde a es el radio, μ es el coeficiente de Poisson, E es el módulo de Young y h es el grosor de la membrana.

De las ecuaciones anteriores se desprende que conviene trabajar en un punto cercano a la temperatura de ebullición, donde el cambio de la presión con la temperatura es mayor. Por tanto, interesan líquidos volátiles, con puntos de ebullición bajos, aunque por encima de la temperatura ambiente. La membrana ha de tener pequeños μ, E y h, es decir debe ser flexible. Aquí existe un compromiso con la rigidez exigida tanto para actuar sobre la piel como para hacerlo sobre un mecanismo de anclaje.

El problema del consumo se comparte con todos los actuadores propuestos si se quiere implementar la pantalla completa, y su solución es utilizar mecanismos de anclaje mecánicos, que mantengan el táctel activo sin necesidad de alimentar al actuador.

En cuanto a la velocidad de operación, una estrategia para aumentarla es trabajar con fluidos de punto de ebullición bajo, de forma que el incremento de temperatura necesario sea pequeño. También podemos mantener artificialmente una temperatura superior a la ambiente para todos los actuadores, con un calefactor global, y así disminuir el incremento de temperatura para activar uno de ellos. Además, debemos aumentar la potencia de activación y disminuir la resistencia térmica. La potencia se puede suministrar en dos niveles o mediante impulsos, de forma que su promedio esté dentro de los límites razonables. Evidentemente, no podemos utilizar un circuito integrado por actuador en el circuito, por tanto se implementa la estrategia de forma general para todos los actuadores. Se puede utilizar un convertidor DC-DC regulado por una señal PWM (modulada en ancho de pulso). Al principio el ciclo de trabajo puede ser grande, por tanto la potencia entregada, y luego puede disminuir transcurrido un tiempo. El momento en que disminuye el ciclo de trabajo puede estar predeterminado por la experiencia, o dado por un sensor, por ejemplo de temperatura. También podemos hacer lo mismo con un rectificador controlado, y controlar el ángulo de disparo de los tiristores. En cualquier caso, el máximo ciclo de trabajo y tiempo en ON viene condicionado por el elemento calefactor en el actuador.

Nótese que la idea anterior no se limita a una forma o tamaño determinados del actuador, ni al elemento calefactor, ni al procedimiento de ensamblaje. La utilización de tecnologías de fabricación de placas de circuito impreso e, idealmente, las de fabricación de MEMS da lugar a pantallas o displays de mayor resolución y eficiencia. Asimismo, la activación del táctel puede ser de forma continua, o mediante una señal de una determinada frecuencia que permita la estimulación vibrotáctil.

Descripción de los dibujos

Fig.1 es un diagrama que ilustra una porción de un display refrescable de texto y gráfico.

Fig.2 muestra la construcción de un prototipo pequeño de tal display.

Fig.3 muestra una porción de display con mecanismos de anclaje para disminuir el consumo.

Fig.4 muestra un esquema de la circuitería de activación del display y de su comunicación con el exterior.

Modo de realización de la invención

A continuación se presenta a título ilustrativo y no limitativo un modo de realización del display táctil refrescable para gráficos y texto objeto de la presente invención.

El dispositivo está formado por un conjunto de actuadores termoneumáticos, que se basan en la expansión de una sustancia volátil dentro de una cámara cerrada con una membrana flexible, debido a la presión ejercida por el gas resultante del cambio de fase al calentar, proporcionándose el calor al hacer pasar una corriente eléctrica por una pequeña resistencia integrada.

En la figura 1 se muestra una porción de display táctil, en la que los puntos blancos representan táctels no activados, en decir puntos planos, mientras que los puntos negros representan táctels activados, que se perciben al tacto como una pequeña protuberancia. En el display se pueden mostrar gráficos y texto.

La figura 2 ilustra cómo se puede construir un display basado en actuadores termoneumáticos. El actua-

dor propuesto es tan simple como un cilindro hueco de cobre sellado en un extremo con estaño (1). En el proceso de sellado, se suelda un diodo semiconductor (2) que actúa como elemento calefactor. Se ha escogido un diodo debido a su pequeño tamaño, aunque se puede reemplazar por una resistencia. Cada uno de estos elementos se monta en el display de forma que el terminal de cátodo del diodo (3) se suelda a una cierta distancia (para disminuir las interferencias entre actuadores) a la cara bañada de cobre (4) de una placa de prototipo que actúa como base de la estructura (pequeñas fundas de plástico se colocan para evitar contactos indeseados (5)). A esta misma cara se suelda el terminal de tierra (6), mientras que los ánodos de los diodos se sueldan independientemente a cada uno de los hilos que integran un cable plano de 16 vías (7). Los cilindros se introducen en una guía (8) primero, y luego en una placa de prototipo perforada (9), cuyos agujeros (10) se han adaptado con un taladro al diámetro de los primeros. Encima de la placa de prototipo se coloca una capa de goma perforada (11).

Los cilindros se rellenan de un líquido volátil, en nuestro caso acetona, muy barato y fácil de conseguir. Finalmente, una membrana (12) se coloca encima de la matriz de actuadores, y encima se ha atornillado una segunda placa de prototipo perforada (13), de forma que apretando los tornillos (14) conseguimos sellar las cavidades de los actuadores.

La figura 3 muestra un ejemplo de implementación con los actuadores termoneumáticos descritos de un display con mecanismos de anclaje. En ella, cada actuador (1) no actúa directamente sobre la piel, sino que desplaza una bola (16) embutida en una capa de goma perforada (15). El hueco (18) hecho en la goma (15) tiene una forma que fuerza a que la bola (16) tenga dos posiciones estables, correspondientes a inactiva (como la (16)) o activa (como la (19)). Para pasar del estado inactivo al activo, se calienta el actuador correspondiente, de forma que la expansión de la membrana desplaza la bola a su posición de activa, momento que ilustra (17). Para retener las bolas en su posición de activa se utiliza una capa elástica (20) y una rejilla (21). Una vez leído el display, el deslizamiento lateral de la rejilla puede devolver a todas las bolas en posición activa a la posición inactiva, de forma que el display se pueda escribir de nuevo. Otros mecanismos podrían utilizarse igualmente para implementar el bloqueo o anclaje del elemento a percibir por la piel.

La figura 4 muestra una posible implementación del display, basada en las arquitecturas de memorias semiconductoras, y similar a otras propuestas. Para que un actuador esté alimentado se deben accionar los interruptores asociados a su línea y columna, por ejemplo S_A y S_B para activar D_{AB}. La implementación con diodos del elemento calefactor lleva a una solución muy directa, aunque si éstos se sustituyen, el nuevo elemento se ha de añadir a ellos en serie en la figura. Los interruptores, pueden ser transistores de potencia o tiristores, y la fuente de alimentación V_S puede ser continua o alterna. Por otra parte, la unidad de control se encarga de seleccionar los actuadores que deben ser activados. Dadas las restricciones de consumo, éstos deberán permanecer anclados o bien se deberán activar secuencialmente, con una ventana de tiempo de activación para cada fila, y refrescando tal y como se hace con las memorias semiconductoras dinámicas. La unidad de control también puede implementar ciertos algoritmos, si se incorpora memoria y un microcontrolador, como puede ser un zoom o cambio de contraste, etc. También se debe hacer cargo de la comunicación con el ordenador personal.

REIVINDICACIONES

1. Un display táctil de gráficos y texto refrescable que consiste en un conjunto de actuadores construidos de forma que un líquido con bajo punto de ebullición queda encerrado en una cámara sellada con una pared flexible, y cambia de fase al elevarse la temperatura con un elemento calefactor, de manera que el incremento de presión causado por el vapor en la cámara deforma la membrana flexible.

2. Un dispositivo como el que se describe en la primera reivindicación, en el que los actuadores son activados por el procedimiento explicado en la misma, pero que dispone de mecanismos de anclaje para que pueda permanecer activado sin consumir energía.

3. Un dispositivo como el que describe la segunda reivindicación, en el que se añaden sensores y circuitería para detectar si un actuador o porción de display ha sido tocado.

4. Un dispositivo como el que describe en la primera reivindicación, en el que los actuadores se activen con una cierta frecuencia para implementar estimulación vibrotáctil.

5. Un dispositivo como el que describe la cuarta reivindicación, en el que se añaden sensores y circuitería para detectar si un actuador o porción de pantalla ha sido tocado.

6. Un dispositivo como el descrito en la primera reivindicación, en el que el elemento calefactor es un dispositivo semiconductor.

7. Un dispositivo como el de la sexta reivindicación, en el que el líquido dentro del actuador que cambia fase es acetona o etanol.

8. Un dispositivo como el descrito en la sexta reivindicación en el que el dispositivo semiconductor es un diodo.

9. Un dispositivo como el de la octava reivindicación, en el que el líquido dentro del actuador que cambia fase es acetona o etanol.

10. Un dispositivo como el descrito en la primera reivindicación en el que el elemento calefactor es una resistencia.

11. Un dispositivo como el de la décima reivindicación, en el que el líquido dentro del actuador que cambia fase es acetona o etanol.

12. Un dispositivo como el que se describe en las reivindicaciones 6, 7, 8, 9, 10 y 11 en el que los actuadores son activados por el procedimiento descrito en la primera reivindicación pero que dispone de mecanismos de anclaje para que pueda permanecer activado sin consumir energía.

13. Un dispositivo como el que describe la duodécima reivindicación, en el que se añaden sensores y circuitería para detectar si un actuador o porción de display ha sido tocado.

14. Un dispositivo como el que se describe en las reivindicaciones 6, 7, 8, 9, 10 y 11, en el que los actuadores se activen con una cierta frecuencia para implementar estimulación vibrotáctil.

15. Un dispositivo como el que describe la decimocuarta reivindicación, en el que se añaden sensores y circuitería para detectar si un actuador o porción de pantalla ha sido tocado.

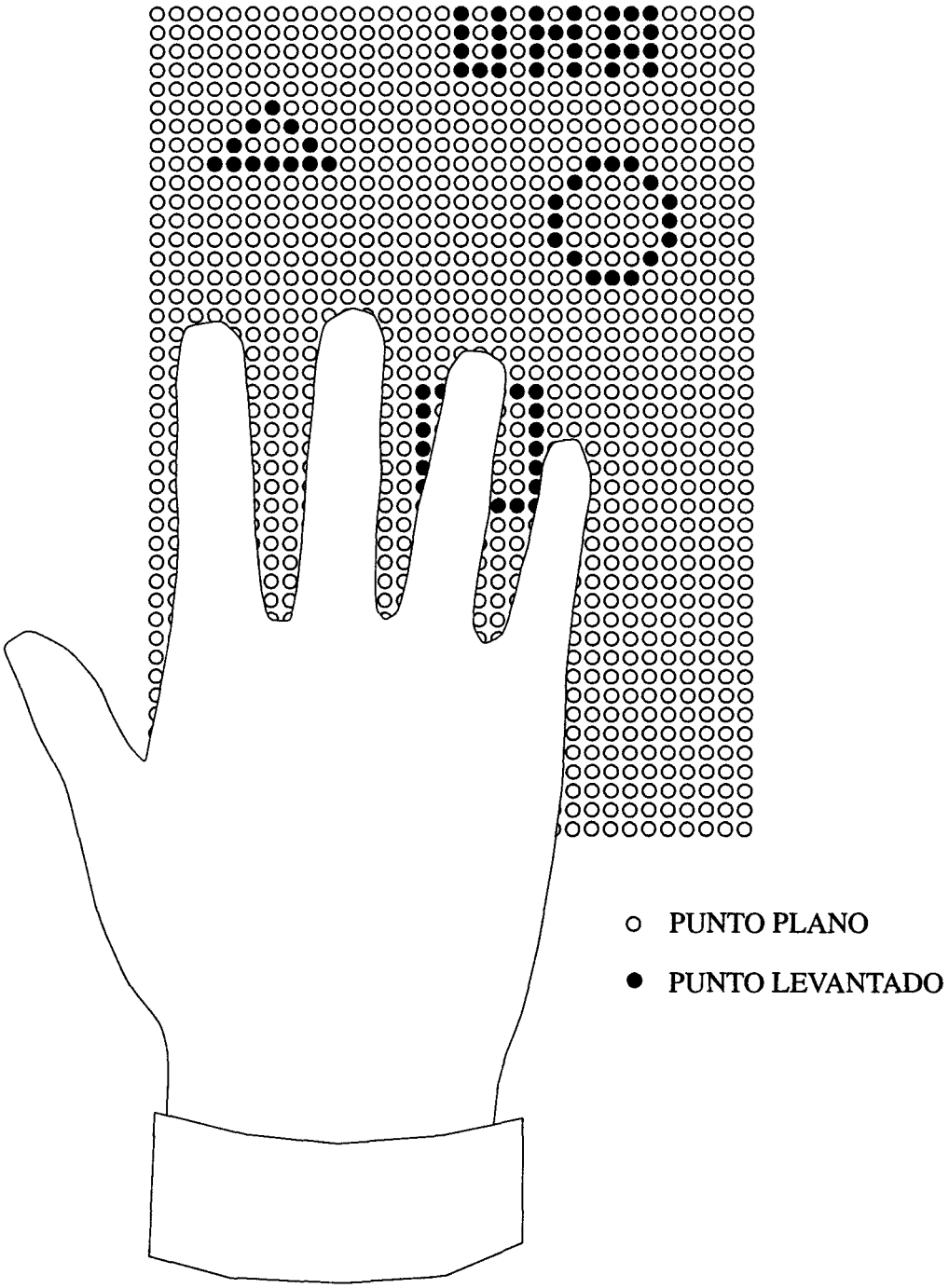
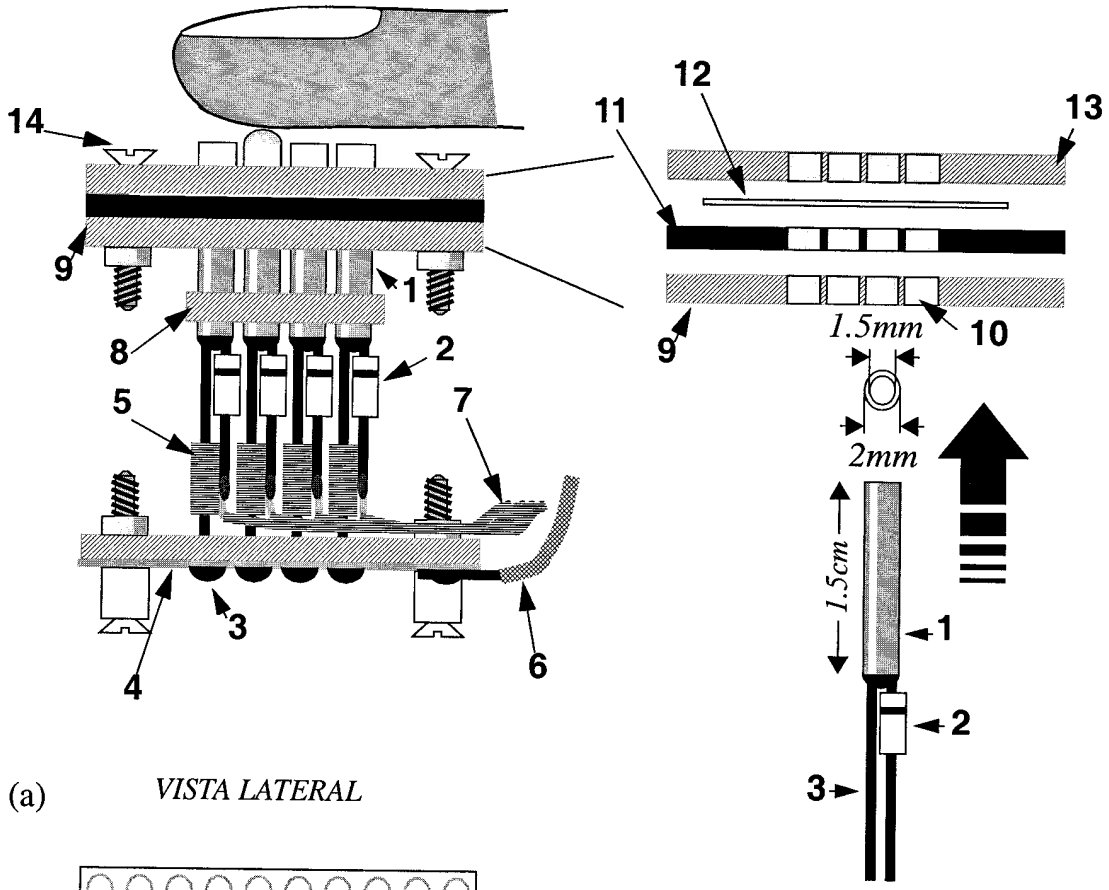
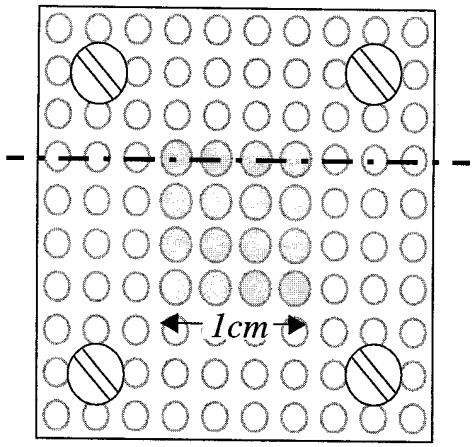


Fig. 1



(a) *VISTA LATERAL*



(b) *VISTA DESDE ARRIBA*

Fig. 2

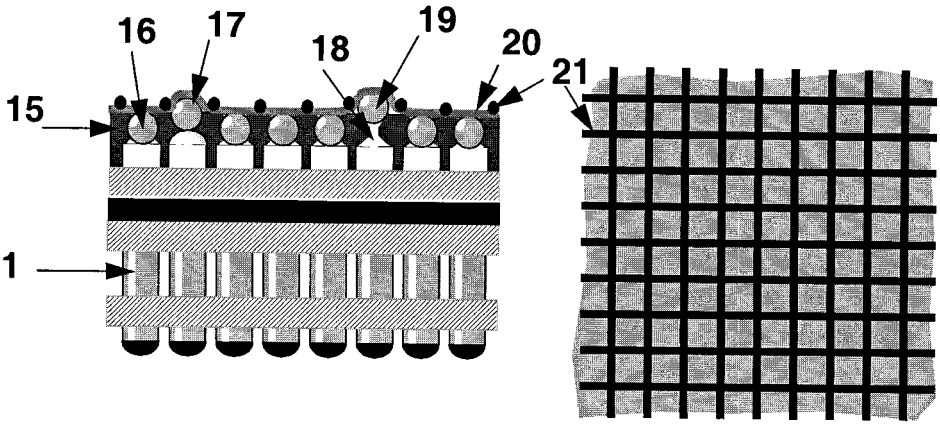


Fig. 3

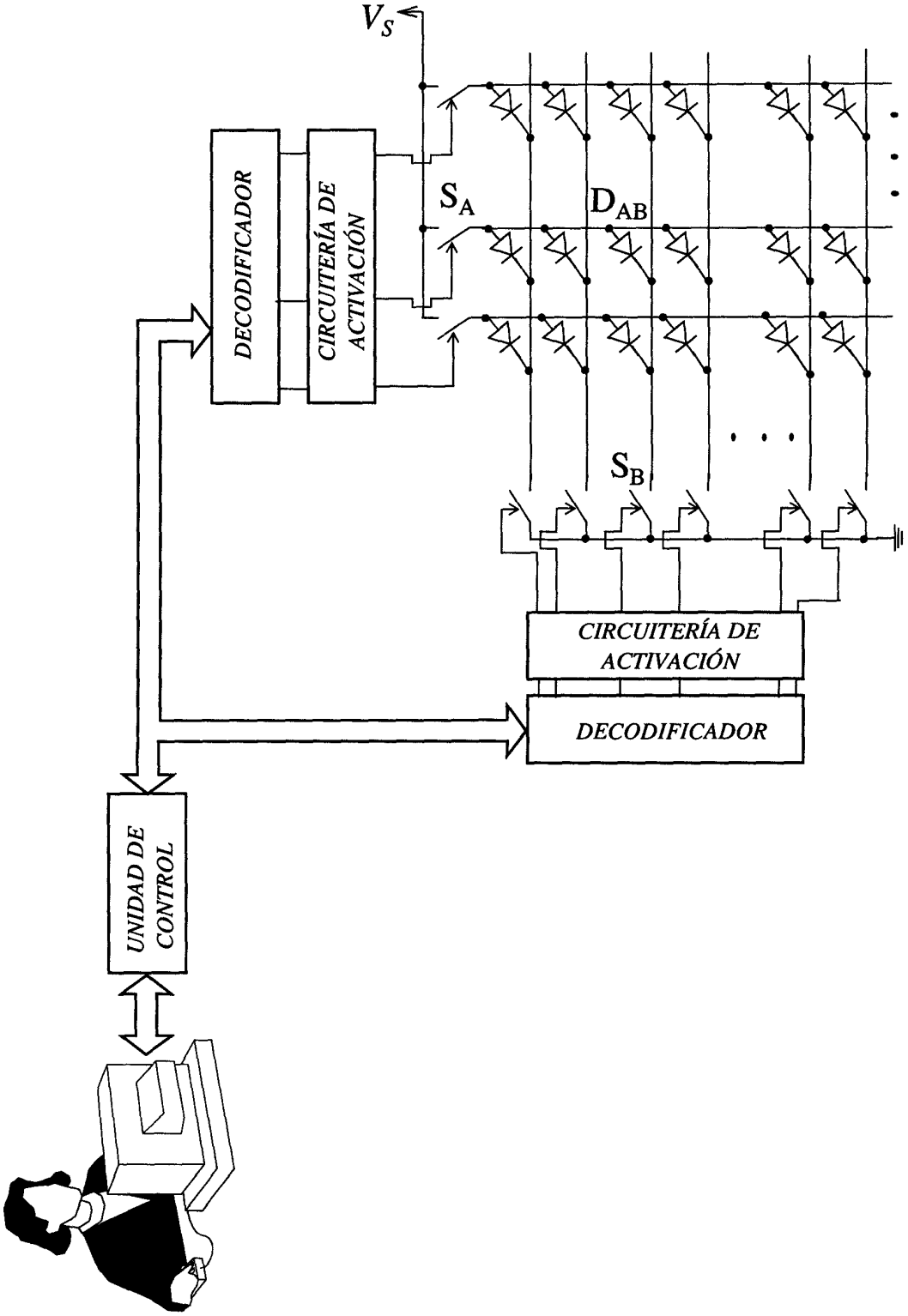

V_S
DECODIFICADOR
CIRCUITERÍA DE ACTIVACIÓN
S_A
D_{AB}
S_B
CIRCUITERÍA DE ACTIVACIÓN
DECODIFICADOR
UNIDAD DE CONTROL

Fig. 4

OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) ES 2 204 273

(21) Nº de solicitud: 200200426

(22) Fecha de presentación de la solicitud: **21.02.2002**

(32) Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

(51) **Int. Cl.[7]:** G08B 6/00, G09B 21/00, G09F 9/00, A61F 9/08, B41J 3/32

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
Y	JP 09-171347 A (NIPPON SIGNAL CO LTD) 30.06.1997, todo el documento.	1,10
A		4,6,7,9, 11,14
Y	CA 2169198 A (TREMBLAY MARCO) 10.08.1997, página 5, línea 1 - página 7, línea 5; figuras 3,4.	1,10
A		4,6,14
A	JP 06-004021 A (SONY CORP) 14.01.1994, resumen; figuras. Recuperado de EPO PAJ Database.	1,4,6,10, 14
A	US 5580251 A (GILKES ALAN M. et al.) 03.12.1996, columna 2, líneas 33-42; columna 3, líneas 21-34,58 - columna 5, línea 10; figuras.	1,3-5, 13-15
A	JP 10-333550 A (NIPPON ELECTRIC CO) 18.12.1998, resumen; figuras. Recuperado de EPO PAJ Database.	1,4,6,10, 14

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia
Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría
A: refleja el estado de la técnica
O: referido a divulgación no escrita
P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud
E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones ☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe	Examinador	Página
25.02.2004	M J. Lloris Meseguer	1/1