

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 682 623**

51 Int. Cl.:

**H01L 51/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.03.2009 PCT/IB2009/005053**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.09.2009 WO09115913**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.03.2009 E 09722972 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.05.2018 EP 2282359**

54 Título: **Proceso para usar y crear papel basado en fibras de celulosa natural o sintética o combinaciones de éstas como soporte físico y medio de almacenamiento de cargas eléctricas en transistores de efecto de campo de unión autosostenida con memoria utilizando óxidos semiconductores activos**

30 Prioridad:

**20.03.2008 PT 10399908**

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

**21.09.2018**

73 Titular/es:

**FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DA  
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA (100.0%)  
Faculdade de Ciência e Tecnologia Campus Da  
Caparica  
2829 516 Monte Da Caparica, PT**

72 Inventor/es:

**FERRÃO DE PAIVA MARTINS, RODRIGO;  
CORREIA FORTUNATO, ELVIRA MARIA;  
NUNES PEREIRA, LUÍS, MIGUEL;  
CÂNDIDO BARQUINHA, PEDRO, MIGUEL y  
DE OLIVEIRA CORREIA, NUNO, FILIPE**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 682 623 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**

Proceso para usar y crear papel basado en fibras de celulosa natural o sintética o combinaciones de éstas como soporte físico y medio de almacenamiento de cargas eléctricas en transistores de efecto de campo de unión autosostenida con memoria utilizando óxidos semiconductores activos.

5 Campo de invención

La presente invención se refiere, en general, al uso de fibras de celulosa naturales, sintéticas o mezclas de éstas tanto física como químicamente por puentes de hidrógeno y resina, designado como papel en sus diversas formas y constituciones, para funcionar como soporte físico y como elemento constitutivo de transistores de memoria de efecto de campo tipo n o p, con la capacidad de almacenar cargas eléctricas e iónicas por un período mayor de 20 horas mediante el estímulo de un campo eléctrico, y eliminar la información cuando se aplica un campo eléctrico de igual intensidad y signo opuesto al utilizado para registrar la información. Es decir, el uso de papel como un componente activo de transistores de efecto de campo con capacidad de memoria en el que la región activa del canal discreto (1) consiste en un óxido multicomponente como óxido de galio indio y zinc, óxido de indio y zinc, óxido de zinc y estaño, óxido de galio estaño y zinc, nitruro de zinc y óxidos de arsénico, óxido de plata y alúmina u óxido de cobre zinc y aluminio y en los cuales, las proporciones de los componentes varían entre 0.1% y 99.9%, el dieléctrico (2) consistiendo en su mayor parte en el papel formado por fibras de celulosa donde se deposita el semiconductor con la capacidad de aumentar enormemente la retención de las cargas iónicas y eléctricas tras un estímulo de voltaje puntual y descargarlas casi por completo (eliminar la información) inmediatamente después de la aplicación de un estímulo eléctrico con la misma intensidad pero de signo opuesto al utilizado para almacenar la información, en el cual las regiones simétricas de fuente y drenaje (5) consisten en una aleación metálica de titanio y oro o titanio y aluminio o cromo y aluminio o plata y aluminio o a través de un óxido semiconductor degenerado con alta conductividad como el óxido de indio y zinc y el óxido de zinc y galio, o óxido de estaño, en proporciones constituyentes que varían entre 0.1% y 99.9%, que permiten la integración de fibras que contiene el semiconductor donde las interfases correspondientes entre las capas pueden contener una película con un espesor nanométrico para la adaptación de las mismas (4) y hay un electrodo de puerta continuo (3) en el que se aplica la tensión escalonada para el almacenamiento o borrado de cargas eléctricas hechas por cualquiera de los materiales que componen las regiones de drenaje o fuente, pero ubicadas en la otra cara de la hoja de papel.

La presente invención se basa en el uso de papel basado en celulosa constituido por fibras de celulosa químicamente unidas por puentes de hidrógeno o prensadas con diferentes espesores (entre 1 micrómetro y 8000 micrómetros), simultáneamente como soporte físico de los dispositivos y como su elemento integral constitutivo con la capacidad de proporcionar el aislamiento eléctrico necesario entre un metal y un semiconductor activo discretamente depositado en las fibras, limitando el movimiento de cargas eléctricas a través de las fibras en ausencia de cualquier campo eléctrico aplicado, más bien la acumulación de cargas eléctricas en las dos interfases que hacen contacto físico con el electrodo de puerta (3) y la región de canal (3) que consiste en un óxido activo semiconductor multicomponente discretamente depositado en las fibras, operable para mantener esas cargas después de la retirada del estímulo de origen durante un período de una unidad o varios cientos de horas dependiendo de la cantidad de fibras existentes, su distribución, grado de compactación y forma un recubrimiento en su superficie directamente con los materiales que constituyen respectivamente el electrodo de puerta continuo o región de canal discreto o a través de una capa de adaptación (4) de espesor nanométrico.

En la presente invención para el procesado de todos los materiales a depositar sobre el papel que consiste en fibras de celulosa, de aquí en adelante referido simplemente como papel, es necesario que las tecnologías de fabricación de estas películas puedan ocurrir a temperaturas bajas, particularmente a temperaturas por debajo de 200 grados Celsius o que cuando sea necesario un recocido, esta temperatura no se exceda.

Los transistores con efecto de memoria así producidos se pueden utilizar en optoelectrónica y electrónica particularmente en la provisión de circuitos electrónicos y sistemas con memoria no volátil temporal, circuitos de registro de desplazamiento, circuitos lógicos, circuitos digitales, en osciladores de anillo para memoria rfid entre otros, tomando la ventaja de que el papel en sí mismo es el soporte físico, siendo flexible y desechable.

Los dispositivos objetivo de la presente invención pueden usar una capa de protección o encapsulación tal como fluoruro de magnesio y también pueden tener semiconductores orgánicos activos en la región del canal, tales como N,N'-difenil-N, N-bis(3-metilfenil)-1,1'bifenil-4, 4'diamina; tri- 8hidroxiquinolinolato.

En esta descripción, los materiales que se depositan en el papel para formar el dispositivo final se pueden hacer usando métodos técnicos de deposición física, química y fisicoquímica reactiva o no reactiva de películas delgadas en un rango de escala atómica, manteniendo temperaturas cercanas a la temperatura ambiente, entre las que se encuentran:

- Pulverización catódica de corriente continua o radio frecuencia;
  - Deposición térmica resistiva o mediante un cañón de electrones, bajo condiciones de vacío;
  - Descomposición química asistida o no asistida de vapores por plasma de radiofrecuencia o frecuencia ultra alta;
  - Calentamiento resistivo al vacío;
- 5
- Crecimiento atómico epitaxial;
  - Deposición mediante inyección de tinta;
  - Emulsión química.

Las técnicas enumeradas permiten el crecimiento controlado de películas con espesores de 1 nm a 50 µm de materiales orgánicos e inorgánicos, sin dañar el papel o el rendimiento electrónico del material depositado.

10 Resumen

La presente invención describe el proceso de fabricación de un dispositivo electrónico u optoelectrónico basado en un transistor de efecto de campo de óxido semiconductor activo, con capacidad de memoria no volátil que incorpora una película delgada, designada como papel (2) a base de fibras de celulosa naturales, sintéticas o fibras mixtas como el dieléctrico del dispositivo.

15 De acuerdo con la presente invención, dicha película (2) actúa además como sustrato del dispositivo, por lo que es autosostenible.

20 Una forma de realización preferida de la presente descripción tiene la característica de incorporar uno o más componentes adicionales, de origen orgánico o inorgánico, con características eléctricas metálicas (3, 5), de un semiconductor (1), de un aislante (6) o de películas de pasivación (4), en estructuras individuales, estructuras compuestas tipo tándem o estructuras multicapa, depositadas de manera puntual o continua en ambas caras del papel.

Otra forma de realización preferida de la presente invención incorpora componentes a temperaturas próximas a la temperatura ambiente y que pueden ser recocidas opcionalmente hasta 200 grados Celsius.

25 Otra forma de realización preferida de esta invención incluye la colocación de componentes por uno o más de los siguientes métodos: por evaporación térmica resistiva o por cañón de electrones en vacío; corriente directa o radiofrecuencia o frecuencia ultra alta, pulverización, asistida o no asistida por magnetrón; por descomposición química de vapor asistida o no asistida por radiofrecuencia o ultra alta frecuencia; por inyección de tinta; por emulsión química.

Otra forma de realización preferida de la presente invención incluye la capacidad de depositar componentes conductivos (3, 5) que comprenden materiales orgánicos o inorgánicos conductores tales como metales u óxidos semiconductores de alta conductividad, con espesores de hasta 30 µm.

30 Aún otra forma de realización preferida de la presente invención incluye depositar componentes semiconductores (1) que comprenden materiales inorgánicos covalentes, o materiales inorgánicos iónicos de uno o varios componentes, o materiales orgánicos, con un espesor entre 1 nm y 50 µm, preferiblemente aleaciones de silicio u óxidos multicomponente basados en zinc.

35 Otra forma de realización preferida de la presente invención comprende el uso de óxidos iónicos como semiconductores degenerados, cuya función es permitir la interconexión de las fibras recubiertas con el óxido semiconductor activo con los terminales de la región del canal, y su uso como regiones de drenaje y fuente (5), y preferiblemente basados en aleaciones de óxidos de zinc e indio.

40 Una forma de realización adicional de esta invención incluye estructuras basadas en electrodos de metal (2) - papel a base de fibras (2) - semiconductor (1), en el que el papel de origen celulósico natural o sintético o mixto funciona tanto con dieléctrico y como elemento capaz de inducir y almacenar cargas en las fibras, en el semiconductor activo o en la interfaz entre el semiconductor y el papel.

Aun otra forma de realización preferida de la presente invención proporciona papel de origen natural o sintético o de celulosa mixta, como una capa (4) de pasivación o adaptación antes de depositar cualquier otro componente que pertenezca al dispositivo final.

5 Aun en otra forma de realización preferida de la presente invención, se proporciona la capa de pasivación o adaptación basada ya sea en un material dieléctrico covalente o iónico, ambos de alta resistividad eléctrica, exhibiendo espesores en el rango de 1 nm a 500 nm, más de dos órdenes de magnitud menor que el espesor de las fibras que forman el papel.

Otra forma de realización preferida de la presente invención tiene la particularidad de encapsular el dispositivo final a través de un dieléctrico (6) con un grosor de hasta 30  $\mu\text{m}$ .

10 De acuerdo con la presente invención, la película (2) comprende fibras de celulosa naturales o sintéticas producidas por regeneración, disolución o técnicas mixtas o mezcla de fibras sintéticas y naturales con la capacidad de proporcionar polarización eléctrica espontánea, en la cual el dieléctrico tiene cargas casi permanentes almacenadas independientemente de cualquier campo eléctrico aplicado, de manera similar a los electretos.

Además, las fibras de celulosa del papel (2) están embebidas en una resina o pegamento iónico cuya electronegatividad se controla agregando especies catiónicas tales como aluminio.

15 Esta descripción también describe un dispositivo electrónico u optoelectrónico basado en transistores de efecto de campo de semiconductores activos con memoria no volátil que comprenden una película delgada, el designado papel (2) basado en fibras de celulosa naturales, fibras sintéticas o mixtas como el dieléctrico del dispositivo.

La película (2) actúa además como sustrato del dispositivo, por lo que es autosostenible.

20 Una forma de realización preferida de la presente descripción tiene la característica de incorporar uno o más componentes adicionales, de origen orgánico o inorgánico, con características eléctricas metálicas (3, 5), de un semiconductor (1), de un aislante (6) o de películas de adaptación (4), en estructuras individuales o puntuales, estructuras compuestas tipo tándem o estructuras multicapa, depositadas de manera puntual o continua en ambas caras del papel.

25 En otra forma de realización preferida de la presente invención, el (los) componente (s) conductor (es) (3, 5) incluyen materiales conductores orgánicos o inorgánicos, metales u óxidos semiconductores de alta conductividad, con espesores de hasta 30  $\mu\text{m}$ .

En otra forma de realización preferida de la presente invención el(los) componente(s) semiconductor(es) comprende(n) materiales inorgánicos covalentes o materiales simples inorgánicos iónicos o materiales compuestos inorgánicos iónicos, o materiales orgánicos, con un espesor entre 1 nm y 30  $\mu\text{m}$ , preferiblemente óxidos o aleaciones de silicio u óxidos multicomponente basados en zinc.

30 Otra forma de realización preferida de la presente invención incluye óxidos iónicos como semiconductores degenerados, cuya función es permitir la interconexión de fibras recubiertas con el semiconductor activo en los terminales de la región del canal, y su uso como regiones de fuente y drenaje (5), y preferiblemente basado en aleaciones de óxido de zinc e indio.

35 Otra forma de realización preferida de la presente invención incluye estructuras de tipo de electrodo metálico (3) - papel compuesto de fibras (2) - semiconductor (1), donde el papel de origen celulósico natural, sintético o mixto funciona simultáneamente como dieléctrico y elemento capaz de inducir y almacenar cargas en las fibras, en el semiconductor activo o en la interfaz semiconductor-papel.

Otra forma de realización preferida de la presente invención comprende una capa de adaptación o pasivación (4) depositada directamente en papel (2), antes de depositar cualquier otro elemento componente del dispositivo final.

40 Otra forma de realización preferida de esta invención se basa en el hecho de que la capa (4) de pasivación o adaptación se aplica a un material dieléctrico covalente o iónico de alta resistividad eléctrica, particularmente con espesores de hasta 500 nm, más de dos órdenes de magnitud inferior al espesor de las fibras que forman el papel.

En otra forma de realización preferida de la presente invención, el dispositivo final está encapsulado por un dieléctrico (6) con un espesor de hasta 30  $\mu\text{m}$ .

- 5 En otra forma de realización preferida de la presente invención, los dispositivos tienen la forma de un transistor de tipo n o p capaz de almacenar cargas eléctricas e iónicas a lo largo de las fibras que forman el papel (2) de acuerdo a su electronegatividad cuando son sometidas a variaciones de voltaje positivo o negativo, respectivamente, aplicado al electrodo de puerta (3) y manteniendo las cargas almacenadas después de desconectar la tensión de puerta aplicada, operando en el denominado modo de puerta flotante.
- En otra forma de realización preferida de la presente invención, la información almacenada a lo largo de las fibras del papel puede eliminarse por completo con la aplicación de un voltaje de signo opuesto al utilizado para almacenar la información y con la misma o mayor intensidad que la utilizada para almacenar la información.
- 10 Otra forma de realización preferida de la presente invención tiene la particularidad de hacer que el dispositivo sea operable para almacenar en la misma área información escrita de forma diferente, con diferentes etapas de amplitud de voltaje, pudiendo el dispositivo ser capaz de reconocerla, selectivamente.
- En otra forma de realización preferida de la presente invención, la información almacenada puede acumularse continuamente aplicando voltajes escalonados de diferentes amplitudes al electrodo de puerta (3), continuo o no, ubicado en la cara del papel (2) opuesta a la cara que contiene el semiconductor activo (1).
- 15 En otra forma de realización preferida de la presente invención, la información almacenada no se borra completamente si la tensión aplicada de signo opuesto tiene un valor inferior al voltaje utilizado para escribir la información.
- Todavía otra forma de realización preferida de la presente invención incluye en la capa de semiconductor (1) del dispositivo, dos materiales depositados de alta conductividad perfectamente iguales en términos de conductividad electrónica y separados entre sí por distancias que pueden ir de 10 nm a 500  $\mu$ m, respectivamente, designadas como región de drenaje y región de
- 20 fuente (5) y que permiten la interconexión de las fibras del papel (2) que contiene el semiconductor activo, basado en óxido o no óxido, en cada lado de la región del canal.
- Todavía en otra forma de realización preferida de la presente invención, las regiones fuente y drenaje incluyen entre ellas, un semiconductor iónico orgánico o inorgánico continuo, con conductividades de al menos tres órdenes de magnitud mayor que la del material semiconductor activo colocado sobre las fibras del papel, y sobre el cual se depositaron, llamado región del
- 25 canal (1), con espesores que dependen del grosor de las fibras del papel que contiene el semiconductor activo que constituye la región del canal activo, y que oscila preferiblemente entre 1 nm y 500 nm.
- En otra forma de realización preferida de la presente invención, el semiconductor activo depositado en las fibras del papel es remplazado por dos semiconductores discretos (1, 7) de naturaleza electrónica complementaria, tipo p y tipo n, o viceversa, yuxtapuestos y separados entre sí por distancias entre 50 nm y 10  $\mu$ m, formando un sistema llamado dispositivo
- 30 complementario, de ahora en adelante simplemente designado como complementario.
- En otra forma de realización preferida de la presente invención, ambos semiconductores (1, 7) están conectados entre sí por el mismo material usado como drenaje y fuente, actuando como electrodo común y comprendiendo dos terminales adicionales (5) depositados independientemente e idénticas electrónicamente en cada uno de los extremos de las regiones del canal, los cuales forman la interconexión entre las fibras (2) conteniendo los respectivos semiconductores activos (1,7), conocidos como
- 35 fuente o drenaje o viceversa.
- Otra forma de realización de esta invención tiene la característica adicional de que los dos transistores que constituyen el dispositivo complementario nunca se conectan simultáneamente en el estado ENCENDIDO.
- Otra forma de realización de esta divulgación proporciona la característica adicional de que la información almacenada se borra aplicando un voltaje de signo opuesto y con la misma intensidad o amplitud utilizada para almacenar información en el
- 40 electrodo de puerta (3).
- De acuerdo con la presente invención, dicho papel (2) incluye fibras de celulosa naturales, fibras sintéticas o mixtas producidas por técnicas de regeneración, disolución o mezclado con la capacidad de tener polarización eléctrica espontánea donde se afirma que el dieléctrico tiene cargas almacenadas quasi-permanentes, independientemente de cualquier campo eléctrico aplicado, de manera similar a los electretos.
- 45 Por otra parte, el fibras de celulosa del papel (2) son embebidas en una resina o pegamento iónico cuya electronegatividad se controla mediante la adición de especies catiónicas como el aluminio.

Antecedentes de la invención

En término de aplicaciones, el uso de papel con función simultánea de soporte físico y componente electrónico activo de dispositivos llamados transistores de efecto de campo con memoria no volátil no se conoce más allá de sus aplicaciones como soporte o dieléctrico pasivo en condensadores eléctricos.

5 La presente invención implementa el uso de papel de origen celulósico natural, sintético o mezclado más allá de funciones estáticas o simple sustrato para otras funciones activas y dinámicas, convirtiendo así el papel en una solución de alta tecnología para aplicaciones electrónicas de bajo coste y, eventualmente, para aplicaciones electrónicas desechables.

Este desarrollo permite proporcionar al papel más aplicabilidad de la de dibujar/escribir en él.

10 Para lograr dicho objetivo, es necesario combinar diversas tecnologías para que el material depositado cumpla con la adhesión, la elasticidad mecánica, la estabilidad química y los parámetros de calidad electrónica y óptica ajustándolos a 3 niveles de requisitos: Procesos de fabricación; Funcionalidad del material y el dispositivo; Integración de los mismos en fibras, resina y pegamento que sostienen y que forman el elemento clave de la memoria.

15 En el proceso de fabricación, el papel se prepara con el fin de favorecer la distribución de las fibras incrustadas en resina o pegamento iónico cuya electronegatividad es controlada por la adición de especies catiónicas como el aluminio y su grado de compactación, que determina el valor de su constante dieléctrica, y en consecuencia, la capacidad final del dispositivo en el que se incorporará. Además, durante el proceso de fabricación del papel, se debe controlar la naturaleza de las cargas estáticas almacenadas independientemente de cualquier campo eléctrico aplicado que surja de la naturaleza iónica de la resina y el pegamento en uso, que transforman el conjunto, dándole una característica similar a la de los electretos en cuanto a retención de carga estática se refiere.

20 Además, puede ser necesario preparar las dos caras del papel para recibir los depósitos de materiales necesarios para completar el dispositivo final. Este tratamiento puede ser un tratamiento simple con plasma de oxígeno en la superficie del papel, seguido o no por el depósito de una pequeña película de tipo dieléctrico a escala nanométrica en función de la capacidad de compactación del papel y el efecto de almacenamiento de carga previsto.

Con el fin de obtener las características mencionadas anteriormente, el material destinado a depositarse en ambas caras de papel será material orgánico o inorgánico con características metálicas, semiconductoras y dieléctricas.

25 Los metales destinados a ser utilizados y procesados por una de las tecnologías antes mencionadas (3) tales como plata, aluminio, cobre, titanio, oro, cromo y platino, o cualquier otra aleación metálica de los elementos antes mencionados o su deposición en capas apiladas son utilizados para procesar contactos eléctricos continuos o discretos llamados electrodo de puerta o en la fabricación de regiones de drenaje y fuente (5) depositando sobre semiconductores activos discretos o continuos utilizados como capa de canal, como semiconductores óxidos multicomponente, una película que muestra resistividad en el rango o menos de  $10^{-4} \Omega \text{cm}$ . Además de los metales, también están incluidos, para la misma función (3), o (5) cualquier semiconductor óxido degenerado como óxido de estaño, óxido de zinc y óxido de indio, indio dopado con estaño, óxido de zinc dopado con galio, óxido de zinc dopado con aluminio con resistividad inferior a  $10^{-3} \Omega \text{cm}$  o semiconductores orgánicos con características conductoras metálicas como PEDOT.

30

35 Los semiconductores activos tipo n o tipo p usados en el procesamiento de las regiones discretas o continuas del canal (1) pueden ser materiales activos iónicos orgánicos o inorgánicos. En términos de materiales semiconductores orgánicos se destacan los siguientes: tetraceno, pentaceno, ftalocianina de cobre, óxido de ftalocianina de titanio y ftalocianina de zinc, entre otros, con resistividad que varía desde  $10^{12}$ - $10^{-4} \Omega \text{cm}$ .

40 En el caso de los semiconductores inorgánicos iónicos para su uso como semiconductores activos continuos en la capa del canal del dispositivo, deberían basarse principalmente en óxidos nanocompuestos u óxidos multicomponente tales como óxido de zinc, óxido de estaño, óxido de indio, óxido de titanio, óxido de cobre, óxido de aluminio, óxido de cobre y aluminio, óxido de níquel, óxido de rutenio, óxido de cadmio, tántalo, óxidos multicomponente de indio y zinc, óxidos multicomponente de galio, indio y zinc, óxidos multicomponente de galio, zinc y estaño, óxidos multicomponente de cobre y aluminio, óxidos multicomponente de plata y cobre, óxidos multicomponente de titanio, óxidos multicomponente de indio y galio, óxidos multicomponente de estaño y galio, óxidos multicomponente de cobre, zinc, estaño y plata, cualesquiera que sean, la composición de los elementos puede variar entre un 0,1% y 99,9% con una resistividad comprendida entre  $10^{14}$  - $10^{-4} \Omega$ , y grosores que pueden llegar hasta 500 nm.

45

50 En términos de materiales de muy alta resistividad utilizados como material para pasivación de las interfases o adaptación entre materiales depositados y fibras (4) son esencialmente óxidos o compuestos basados en nitruros con espesores entre 1 nm y 1000 nm, como dióxido de silicio o nitruro de silicio, o fluoruro de magnesio, o mezclas de hafnia y alúmina o dióxido de silicio, o materiales orgánicos u otros materiales simples o multicapa, como compuestos de óxido de tántalo, hafnio, zirconia,

5 itria, alúmina u compuestos óxidos tales como óxido de hafnio/tantalo, óxido de alúmina/tantalo, hafnia/alúmina; dióxido de silicio/pentóxido de tantalo, itrio de tantalo; zirconio/pentóxido de tantalo/dióxido de silicio, alúmina/óxido de titanio o PMMA, o POMA, o mylar, todos procesados a temperaturas que oscilan entre -20 grados Celsius y 200 grados Celsius, con la intención de que además de las superficies extremadamente compactas y extremadamente planas, las estructuras de los materiales sean amorfas o nanoestructuradas.

La selección del material o materiales más adecuados dependerá del tiempo requerido para almacenar cargas y de si muestran la eficiencia operativa deseada hacia el material que forma el canal, a fin de lograr el aislamiento eléctrico deseado y en el que la definición espacial y la geometría de dicho material constituyente del dispositivo se lleva a cabo utilizando una técnica de litografía estándar, o mediante máscaras o técnicas litográficas conocidas como lift-off.

10 En términos de dispositivos, es posible:

1. Fabricación del metal, aislante y semiconductor (MIS) Estructuras tales como condensadores con la capacidad de almacenar cargas eléctricas durante tiempos que oscilan entre una hora y cientos de horas y en el que el material aislante/inductivo del proceso de almacenamiento de cargas eléctricas y soporte simultáneo del dispositivo es una hoja de papel compuesta de fibras discretas que contiene el electrodo de puerta (3) similar al metal en un lado de la superficie del papel y en el otro lado el semiconductor orgánico o inorgánico activo depositado utilizando cualquiera de las tecnologías mencionadas anteriormente ((1), (2), (3), (3));

2. Procesado de transistores de efecto de campo con efecto de memoria no volátil de tipo n y p (figuras 3 a 5) en el que el medio dieléctrico y de almacenamiento o inductor de almacenamiento de cargas es el papel que se compone de fibras distribuidas a lo largo de diferentes capas mecánicamente compactadas y conectadas por resinas y adhesivos (2); el semiconductor activo que forma la región del canal es un semiconductor inorgánico iónico o un semiconductor orgánico (1) depositado puntualmente en la superficie de las fibras, y las regiones de fuente y drenaje respectivamente están basadas en óxidos altamente conductor o en metal o en semiconductor orgánico altamente conductor (4) a través del cual se realiza la integración. Estos dispositivos están compuestos como se muestra en la figura 2, donde el canal (1) se deposita directamente sobre el papel compuesto por fibras aglomeradas (2) o sobre una capa de adaptación de interfases previamente depositada sobre el papel (4) junto con películas que forman regiones de fuente y drenaje (5) y en la otra cara del papel (2) el electrodo de puerta continuo (3) es depositado ya sea el electrodo de puerta continuo o discreta (3) directamente o por medio de una capa de adaptación que consiste en un metal u óxido altamente conductor o un material orgánico altamente conductor como el tetraceno, el pentaceno y la ftalocianina de cobre, el óxido de ftalocianina de titanio y la ftalocianina de zinc, entre otros. Estos dispositivos tienen movilidades superiores a  $0,5 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ , relación de activación/desactivación superiores o iguales a  $10^4$ , períodos de almacenamiento superiores a una hora, umbral de tensión operativa positiva para transistores de tipo n y voltaje operacional negativo para transistores de tipo p y para operar en cualquier modo de enriquecimiento o modo de empobrecimiento, y para ser encapsulado o no (6). Es decir, para estar en el estado ENCENDIDO, se debe aplicar una tensión a menos que el dispositivo ya esté en el estado ENCENDIDO sin aplicación de voltaje. En estos dispositivos, la escritura de información (retención de cargas eléctricas debidas a electrones o iones negativos cerca del electrodo de puerta o cerca de la región del canal, tipo p o tipo n respectivamente, así como la naturaleza de la resina utilizada) se realiza aplicando un voltaje superior al umbral operacional de la tensión del dispositivo, la cantidad de cargas almacenadas es proporcional al valor de la tensión aplicada que varía de manera continua entre un valor mínimo igual a la tensión umbral y una tensión máxima correspondiente a la región eléctrica de transferencia característica del dispositivo donde la corriente de drenaje en la región del canal se satura y, por lo tanto, el máximo de cargas inducidas y acumuladas (ambos, electrones y cargas iónicas) por el dispositivo. Para eliminar toda la información almacenada (traducida en cargas eléctricas e iónicas almacenadas), es necesario aplicar un voltaje de igual magnitud pero de signo opuesto al voltaje utilizado para escribir (almacenar cargas) la información. Esto permitirá almacenar y escribir en el mismo espacio información distinta mediante el uso de diferentes voltajes de paso o la aplicación de voltajes de puerta que el dispositivo puede reconocer de forma selectiva.

3. Fabricar dispositivos de tipo CMOS o C-MESFET con capacidad de memoria no volátil en la que el material utilizado como sustrato y dieléctrico con capacidad para almacenar o para inducir el almacenamiento de cargas eléctricas e iónicas es el papel compuesto de fibras discretas y en el que los semiconductores complementarios tipo n y tipo p incorporados en el dispositivo serán semiconductores iónicos inorgánicos o semiconductores orgánicos, o cualquiera de sus posibles combinaciones híbridas depositadas en las fibras formando el papel tal como se muestra en la Fig. 6. Es decir, un dispositivo basado en dos transistores de efecto de campo, uno de tipo p y otro de tipo n con una puerta común y en el que los terminales de salida (fuente y drenaje o viceversa) son comunes y las otras dos terminales de salida son independientes y que con la aplicación de una tensión positiva, el transistor de tipo n (1) está en estado ENCENDIDO y escribiendo mientras que el transistor tipo p (7) está en estado APAGADO eliminando la información, sucediendo lo contrario al aplicar un voltaje negativo.

La presente invención pretende generar un nuevo concepto para la aplicación de papel basado en celulosa y nuevos semiconductores inorgánicos iónicos y semiconductores orgánicos, o mediante la combinación de ambos semiconductores designados por la forma híbrida para aplicaciones de memoria no volátil en la que no existen patentes conocidas en el estado

del arte o con estas características. En otras palabras, se refiere a una estructura de transistores de efecto de campo con efecto de memoria no volátil donde el papel es tanto el soporte como el elemento activo que promueve el almacenamiento de carga y sus combinaciones con semiconductores inorgánicos, basados en óxidos multicomponente, semiconductores orgánicos o la combinación de ambos semiconductores.

## 5 Antecedentes de la invención

El estado del arte de la presente invención, así como las patentes anteriores a la presente divulgación, que podrían estar relacionados con los mismos, se describirán a continuación.

10 La investigación realizada dio como resultado las siguientes patentes y referencias de la técnica anterior, aunque no se consideró el uso de un soporte de celulosa para el funcionamiento simultáneo como sustrato y componente electrónico que presenta efecto de memoria.

1. La solicitud de patente nacional portuguesa Nº 103951 presentada en 2008 se refiere al uso de papel a base de celulosa o bio-orgánico como soporte físico para el procesamiento de dispositivos y sistemas electrónicos y no a su integración en la fabricación y soporte del dispositivo y sistemas electrónicos con efecto de memoria. En esta patente por lo tanto, el papel es un simple soporte físico de dispositivos electrónicos, producido por cualquier tecnología convencional usando  
15 semiconductores covalentes o semiconductores iónicos orgánicos e inorgánicos, con las conexiones metálicas respectivas. El único punto de convergencia de la presente invención con respecto a la invención mencionada anteriormente es que los dispositivos se basan en las mismas tecnologías de procesamiento de materiales. Por otro lado, el efecto de memoria reivindicado en esta patente se refiere a materiales electro-cromáticos que se depositan en el papel y mantienen su estado de oxidación (oxidado o reducido) después de retirar el estímulo eléctrico que los originó. Este efecto es reversible. Este efecto  
20 de memoria no tiene nada que ver con la presente invención en la que el efecto de memoria no volátil está asociado con una característica intrínseca del papel y con la innovación asociada a crear nuevos dispositivos electrónicos basados en la integración de diferentes fibras de celulosa con semiconductores activos que son depositados y cuya integración en superficie se lleva a cabo mediante el contacto con partes metálicas que permiten la interconexión de todas las fibras y los respectivos semiconductores activos en la misma cara del papel y en el que el control que permite la inducción de cargas se basa en un electrodo de puerta continua depositado en la otra cara del papel en que se aplica un pulso eléctrico que permite escribir, leer, reescribir o eliminar la información almacenada y recogida en el conjunto de fibras, dando como resultado la existencia o  
25 inexistencia de corriente que circula en la región de canal formada por el semiconductor activo.

2. La patente estadounidense nº 3.617.372 presentada en 1967, se refiere a papel electro-conductor para producir imágenes electrostáticas, donde la innovación tiene lugar en la fabricación de la matriz del papel, que permite contener  
30 cadenas poliméricas con grupos hidroxietilo e hidroxipropilo para adecuar las funciones del papel a la captura de imágenes y proporcionar impresión sin contacto. La patente no está en vigor. Se relacionó con el papel como constituyente de la invención para la captura de la imagen y el registro, no estando relacionados de ningún modo con el objeto de la presente invención.

3. Patente japonesa JP2003123559, "Método de formación y su dispositivo para película conductora transparente, película conductora transparente y papel electrónico" - tiene como objetivo la producción de películas transparentes y conductoras a bajas temperatura, de óxido de indio y estaño, ITO (u óxido de zinc, ZnO), a través de la descomposición de vapor química asistida por plasma usando formas gaseosas de yoduro de indio y cloruro de estaño (nitrato de zinc (Zn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O) en una atmósfera de oxígeno, con o sin un gas inerte como Argón, depositados en membranas poliméricas de politiofeno u otro material de base orgánica, para su uso en el llamado papel electrónico (e-paper). Es decir, la posibilidad de reescribir caracteres alfanuméricos o imágenes en una película flexible basada en un óxido conductor transparente depositado sobre un sustrato orgánico. En este caso, por ejemplo, el óxido conductor transparente se usa como electrodo para la aplicación de campos eléctricos, para controlar el tono de la imagen, por ejemplo, a partir de la orientación de cristales líquidos. Esta patente trata de un proceso para obtener películas, su sistema y características físico-mecánicas de las películas así obtenidas, tales como la adhesión. Es decir, el objeto de la invención es proporcionar la producción de sustratos orgánicos y óxidos conductores para usar simplemente como electrodos, que no comprenden en la patente el uso de papel a base de celulosa, simultáneamente, como componente electrónico con capacidad de memoria y soporte del dispositivo que incorpora.  
45

4. La patente estadounidense U.S.2006 / 0132894 describe el depósito de óxidos conductores transparentes en ambas caras de papel electrónico y tiene como objetivo principal aplicaciones similares a las descritas en IP2003123559. En otras palabras, está enfocado en la adaptación de tecnologías utilizadas en pantallas, como cristales líquidos, para nuevas pantallas flexibles producidas en medio orgánico. Por lo tanto, las reivindicaciones de esta patente están incluidas en el alcance de los equipos utilizados y de cómo procesar y conservar una imagen en sustratos orgánicos flexibles, que comprende el control de partículas no conductoras colocadas dentro del propio papel o debajo de los óxidos producidos, con la capacidad para cambiar su grado de transmitancia aplicando un campo eléctrico. Esto no está dentro del alcance de la presente divulgación.  
50

5. La patente canadiense CA682814 "Papel conductor eléctrico y método de fabricación" se refiere al procesamiento de la matriz del papel conductor, en particular a la inclusión de fibras conductoras en su matriz recubiertas o no por metal, dispersadas aleatoriamente en una matriz de celulosa. Esto no está dentro del alcance de la presente descripción, que no incluye la manipulación de la estructura de papel.

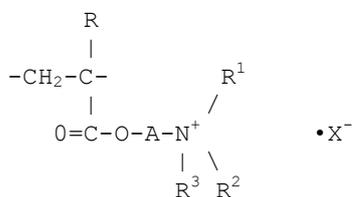
5 6. La patente estadounidense US2003 / 0192664A1 "Uso de polímeros de vinilamina con microgotas poliméricas iónicas entrecruzadas en la fabricación de papel" se refiere a un método de fabricación de papel y sus constituyentes, específicamente en el uso de aditivos iónicos orgánicos para facilitar el drenaje y la retención de fluidos en el papel. Esta patente no está dentro del alcance de la presente descripción.

10 7. La patente estadounidense US2004 / 0249055A1, "Recubrimiento de papel en látex con monómero iónico" se refiere a un recubrimiento de papel que contiene monómeros iónicos copoliméricos o la inclusión de dichos monómeros en la matriz del papel para optimizar la estabilidad del fluido y las características de retención, no estando dentro del alcance de la presente invención.

15 8. La patente canadiense 021767053 'Papel eléctricamente conductor' - se refiere al recubrimiento de papel celulósico en una matriz conductora, recubierto con un material aislante fotoconductor, mediante incorporación de zeolitas, capaces de asegurar una resistividad inferior a  $10^{12} \Omega\text{cm}$ , con el objetivo de desarrollar y mantener cargas electrostáticas para la impresión de información. Esto no está dentro del alcance de la presente descripción en donde el papel está destinado a funcionar como un dieléctrico capaz de almacenar cantidades de carga y servir simultáneamente como elemento de soporte para los diversos componentes que forman el dispositivo en ambas caras del papel.

20 9. Patente canadiense CA898082 'Derivados poliméricos cuaternarios de 4-vinilpiridina en papel eléctricamente conductor' - se refiere al uso de polímeros cuaternarios capaces de recibir capas fotoconductoras capaces de producir papel de copia electrostático. Este no es el alcance de la presente invención.

10. La patente canadiense CA922140 "Papel electro-conductor" trata de papel electro-conductor con polímeros con al menos el 75% de su constitución válidos para técnicas de reproducción de imágenes. La patente protege todas las composiciones que contienen estructuras radicales del tipo:



25

Este no es el alcance de la presente invención.

El documento US2002 / 0195644 describe un transistor de efecto de campo que tiene un dieléctrico de puerta polarizable orgánico que puede usarse como un dispositivo de memoria.

30 El documento W02006 / 104069 describe un transistor de efecto de campo orgánico que comprende un dieléctrico de puerta basado en celulosa.

35 Las patentes y referencias mencionadas corresponden al estado del arte, donde se encuentra la presente divulgación, habiendo algunos puntos periféricos en común, en términos de proceso y materiales utilizados como conductores, en superficies plastificadas y en que los procesos tienen lugar a temperatura ambiente. Sin embargo, se desconoce la existencia de trabajos y patentes o aplicaciones de patentes que se centren en el uso de papel de celulosa simultáneamente como un componente con efecto de memoria y como matriz física en dispositivos activos.

40 La presente invención consiste en integrar diferentes tecnologías, buscando la creación de dispositivos electrónicos de efecto de campo autosostenible con efecto de memoria no volátil, que consisten en papel de celulosa, sus compuestos o derivados que determinan la funcionalidad final de estos productos y sistemas con la capacidad de aislar eléctricamente un electrodo de puerta que consiste en una película con características metálicas a las que se aplica un voltaje controlado, o en el que se escribe información de otro electrodo semiconductor siendo designado como canal donde las cargas son inducidas y otras

quedan atrapadas en las fibras revestidas con el semiconductor activo, tal como la carga iónica, que debe retenerse o retirarse y donde su circulación emerge de la polarización en dos terminales simétricos designados fuente y drenaje respectivamente, depositándose sobre los bordes longitudinales del canal del semiconductor posterior y donde la eliminación de la información almacenada requiere aplicar un voltaje del mismo valor absoluto pero de signo opuesto, lo que proporciona al dispositivo una capacidad selectiva con respecto a escribir o borrar información. La fabricación de tales dispositivos, el rendimiento en laboratorio como en pruebas, es desconocida. Este es el objetivo central de la presente invención, del que surge un dispositivo híbrido que produce nuevos efectos y añade nuevo valor en la aplicación de la descripción, que no está presente en el estado del arte de los sistemas existentes.

Breve descripción de las figuras

10 La figura 1 es un esquema de la estructura básica de un condensador no encapsulado que consiste en metal, aislante y un semiconductor o condensador el MIS anteriormente designado de acuerdo con el pie de figura:

1. semiconductor iónico activo de tipo p o n, orgánico o inorgánico para depositar sobre las fibras;
2. papel a base de celulosa natural o sintético o combinaciones de los mismos mediante técnicas químicas (resina y pegamento) o mecánicas, funcionando como un dieléctrico discreto de almacenamiento de carga y como soporte físico para el componente electrónico;
3. electrodo de puerta funcionando como contacto eléctrico continuo, también sirviendo un electrodo hecho de un metal o aleación metálica o sucesivas deposiciones de dos metales o un óxido semiconductor de alta conductividad o un material orgánico de alta conductividad.
4. interfase de pasivación o adaptación existente en una o ambas caras del papel.

20 La figura 2 es un esquema de un transistor de efecto de campo con efecto de unión de memoria no volátil tipo n o p con o sin capa de adaptación de materiales depositados y ambas superficies del papel utilizadas como dieléctrico con efecto de memoria y donde las regiones de drenaje y fuente se depositan en el semiconductor activo depositado en las fibras y que promueve la integración y la conexión de las diferentes fibras, de acuerdo con el pie de figura:

5. Regiones de fuente y drenaje de la unión del transistor de efecto de campo que consiste en un semiconductor orgánico de alta conductividad, como el PEDOT o un metal o un óxido semiconductor de conductividad alta en forma simple, compuesta o multicomponente.
6. Capa de encapsulación y pasivación de superficie.

La figura 3 es un esquema de un dispositivo de efecto de campo tipo CMOS no encapsulado con efecto de memoria no volátil que comprende capas de adaptación entre los materiales depositados, siendo utilizadas ambas superficies del papel como dieléctrico y en el que los semiconductores activos p y n o viceversa se superponen a las regiones de drenaje y fuente, de acuerdo con el pie de foto:

7. Región de canal cuyo semiconductor es complementario al semiconductor del canal correspondiente al pie de figura 1 que es del tipo n, los complementarios serán del tipo p y viceversa.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas de la presente invención

35 La presente invención proporciona el uso de papel celulósico o compuestos de celulosa con diferentes gramajes y composiciones en la creación de memorias no volátiles en las que el papel y sus fibras actúan simultáneamente en dispositivos electrónicos u optoelectrónicos únicos o integrados como soporte físico y como dieléctrico capaz de almacenar o inducir cargas eléctricas e iónicas en dispositivos de efecto de campo basados en óxidos semiconductores multicomponente o semiconductores orgánicos en forma individual o híbrida para la fabricación del electrodos de puerta, regiones canal, regiones de drenaje y fuente de dispositivos tipo p o n, o en una forma complementaria de tipo p y n que opera en modo de enriquecimiento o empobrecimiento, adaptando procedimientos compatibles al presente proceso, para no dañar el papel ni el resto de constituyentes de la memoria no electrónica. Con este fin, todos los procesos tienen lugar a temperaturas inferiores a 200°C, especialmente las que se producen en la superficie del papel pudiéndose obtener a temperaturas tan bajas como -20°C.

45 De acuerdo con lo anterior, la presente descripción propone un conjunto de funciones y técnicas que, mediante nuevos procesos innovadores, permiten nuevos productos y sistemas que involucran papel como soporte físico y como componente

electrónico capaz de retener o inducir el almacenamiento de carga eléctrica en un único dispositivo de efecto de campo de tipo p o n complementarios con efecto de memoria no volátil. Es decir, el dispositivo complementario consiste en utilizar simultáneamente dos dispositivos, uno del tipo p y el otro del tipo n, que funcionan bajo la influencia del mismo electrodo de puerta pero con diferentes regiones de canal (uno basado en un semiconductor tipo p y el otro basado en un semiconductor tipo n) y regiones de fuente y drenaje comunes o viceversa y una fuente y drenaje separados, asociados a cada región, que presenten dimensiones de hasta 925 µm.

*A - Condensador tipo MIS que presenta capacidad de almacenamiento de carga eléctrica.*

La figura 1 muestra un condensador de tipo semiconductor aislante metálico, (estructura MIS) en la que las interfases de ambas superficies de papel (2) pueden pasivarse o no por tratamientos específicos en plasma de oxígeno o por deposición de una película altamente aislante con dimensiones en rango nanométrico (4). En la figura 1, el electrodo de puerta (3) puede ser una aleación continua metálica o no metálica sobre óxidos semiconductores degenerados. En cualquier caso, el semiconductor activo puede ser un semiconductor iónico orgánico o inorgánico (1) depositado en las fibras que forman el papel. Cualquier componente que forme el dispositivo se puede fabricar mediante técnicas convencionales de deposición física, química o fisicoquímica, como las descritas anteriormente.

El principio de funcionamiento del dispositivo se basa en el denominado efecto de campo donde las cargas recogidas/almacenadas a lo largo de las fibras y las resinas circundantes dependen de cómo las fibras se asocian a lo largo de las capas y la matriz del papel; la electronegatividad del papel y el campo eléctrico aplicado al electrodo de puerta. El voltaje requerido para almacenar la información (cargas eléctricas) es mayor que el voltaje mínimo requerido para inducir cargas eléctricas a través del papel al semiconductor activo, este valor varía de 0.2 voltios a 100 voltios, dependiendo esencialmente del grosor del papel y el grado de compactación de las fibras de celulosa.

El tiempos de almacenamiento o retención de las cargas eléctricas pueden variar de 30 minutos a cientos de horas, según el campo eléctrico aplicado, el grosor del papel, el número de fibras de celulosa que forman el papel, la resistividad de los semiconductores, la electronegatividad de las fibras, las cargas estáticas iónicas presentes en el papel, si la superficie se ha pasivado y el dispositivo ha sido sometido o no a encapsulación.

*B - Proceso de fabricación del condensador tipo MIS que presenta capacidad de almacenamiento de carga eléctrica.*

Como primer paso, independientemente del tipo de papel y gramaje utilizado, es necesario preparar y acondicionar la superficie, modificando su textura con intención de fabricar películas continuas. Esto se logra por medio de:

a) Tratamiento de UV durante 10 minutos de ambas caras del papel;

b) O sometiendo ambas caras del papel a plasma de radiofrecuencia o plasma de corriente continua en atmósfera de oxígeno, argón, nitrógeno o xenón o atmósfera de nitrógeno e hidrógeno hasta un radio de 95: 5 y a presiones que oscilan entre 1-10<sup>-2</sup> Pa, por 5-15 minutos usando densidades de potencia entre 0.01-3 Wcm<sup>-2</sup>;

c) O depositando una película delgada de pasivación, que puede ser una película cerámica, un nanocompuesto o un multicomponente, de tipo óxido o nitruro, con espesores que varían de 2 a 200 nm;

d) O despejando la superficie con un flujo de nitrógeno/hidrógeno, para retirar las nanopartículas libres y activar la superficie (siendo esta la función del hidrógeno cuando se mezcla con nitrógeno).

Una vez que se ha preparado la superficie del papel o del sustrato, se transfiere al entorno donde se realizarán las varias etapas, de acuerdo con el objetivo previsto.

i) El electrodo de metal, que se muestra en la Figura 1 con el número de referencia 3 consiste en un depósito de un material inorgánico metálico u óxido o material orgánico como PEDOT con resistividad eléctrica por debajo de 10<sup>-3</sup> Ωcm producido por cualquier técnica para formar una película continua de la siguiente manera:

l) Evaporación térmica resistiva de vacío, o mediante evaporación térmica con cañon de electrones utilizando una atmósfera de vacío por debajo de 10<sup>-3</sup> Pa y sistemas en los que la temperatura del sustrato se controla mediante enfriamiento desde -20°C a 200°C. El espesor mínimo es de aproximadamente 10 nm. Este proceso puede ser implementado y llevarse a cabo de forma continua (rodillo a rodillo) y las distancias entre el sustrato y el filamento calentado dependen del tamaño de la hoja de papel usada, que varía preferiblemente de 25 cm a 50 cm.

II) Pulverización catódica asistida por magnetrón (corriente continua o radiofrecuencia o frecuencia de radio ultra alta designada respectivamente por DC, RF o UHF), en atmósfera de argón, con o sin la adición de oxígeno durante el proceso de fabricación y en el que la temperatura del sustrato se controla (enfriamiento) bajo vacío a presión de 1 Pa a  $10^{-1}$  Pa y donde la distancia del blanco metálico varía entre 5 cm y 15 cm, dependiendo de las dimensiones del blanco utilizado y el tamaño del papel donde se va a depositar.

III) La impresión con inyección de tinta de una solución química que contiene compuestos orgánicos o inorgánicos de los elementos que se quieren depositar y en los que el espesor mínimo de los materiales depositados es de 10 nm.

IV) Mediante la dispersión rápida de una emulsión química que contiene los elementos que se quieren depositar, con espesores de hasta 400 nm.

ii) Para el procesamiento del semiconductor iónico orgánico o inorgánico al que se hace referencia con el número 1 en las Figuras 1 y 2 y destinado a depositarse en las fibras del papel por medio de una de las siguientes técnicas:

V) Pulverización catódica asistida por magnetrón (DC o RF o UHF) en atmósfera oxidante reactiva y sustratos metálicos o cerámicos, con diferentes composiciones y grados de pureza. La presión de vacío a usar puede variar de 1 Pa a  $10^{-1}$  Pa; y en el que las distancias del blanco oscilan entre 5 cm y 15 cm, dependiendo de las dimensiones del blanco utilizado y las dimensiones de la hoja de papel donde se va a depositar. El espesor es de aproximadamente 1 nm- 500nm.

VI) Evaporación térmica de vacío, ya sea resistiva o con cañón de electrones, de cerámica / óxidos que contienen elementos metálicos para ser depositados y cuyo proceso se lleva a cabo a presiones de vacío por debajo de  $10^{-3}$  Pa, siguiendo el procedimiento descrito previamente para esta técnica.

VII) Descomposición de vapores químicos asistido por plasma de frecuencia de radio o UHF. En este caso, los elementos a depositar son gaseosos, el proceso utiliza presiones de vacío de 10-200 Pa, densidades de potencia entre 0.03-2 Wcm<sup>-2</sup> y frecuencia de excitación entre 13.56 MHz y 60 MHz. El espesor útil para el semiconductor activo es de aproximadamente 10-800 nm.

VII) Impresión por inyección de tinta desde una solución química que contiene componentes orgánicos o inorgánicos, donde el espesor mínimo de los materiales depositados es de 1nm-500 nm.

IX) Mediante la dispersión rápida de una emulsión química que contiene elementos para ser depositados y donde el espesor de los materiales depositados es de 1-500 nm.

iii) Para el procesamiento de la capa de adaptación a la que se hace referencia en la Figura 1 con el número de referencia 4 o la capa de encapsulado denominada 6, el proceso de fabricación utilizado es el del elemento ii), utilizando el mismo tipo de material pero ahora con resistividad eléctrica de al menos 3 órdenes de magnitud mayor que la de cualquier semiconductor activo.

*C - Procesamiento y creación de transistores de unión de efecto de campo con efecto de memoria no volátil.*

La presente sección describe el procesado de transistores de unión de efecto de campo de tipo n o p con efecto de memoria no volátil encapsulado o no encapsulado con o sin capa de adaptación en las interfases del papel, como se muestra en la figura 2 por medio de un ejemplo que funciona en modo de enriquecimiento o empobrecimiento, es decir, dependiendo de si se aplica una tensión o no al electrodo de puerta para que puedan estar en el modo de encendido o de escritura de información. La función del papel asociado con el dispositivo de efecto de campo es garantizar el aislamiento eléctrico necesario para el proceso de inducción de cargas eléctricas en la interfaz papel-semiconductor y almacenar o retener las cargas en ausencia de voltaje de puerta hasta que otro voltaje de igual amplitud pero de signo opuesto se aplique nuevamente al electrodo de puerta. En caso de que se aplique otro voltaje, que no sea el adecuado para eliminar la información almacenada, el proceso de acumulación de cargas eléctricas aumenta (si al electrodo de puerta se aplican voltajes del mismo signo de los que se utilizan para almacenar la información, ya sea superior o de una intensidad más baja) o disminuye (si al electrodo de puerta se le aplican voltajes de signo opuesto al que se usa para almacenar cargas eléctricas, pero ahora el valor absoluto es inferior a la intensidad de voltaje aplicada al electrodo de puerta para almacenar cargas eléctricas) o deja de funcionar (si al electrodo de puerta se le aplican voltajes de señal opuesta a la que se usa para almacenar cargas eléctricas, pero ahora con un valor absoluto igual o mayor que el de la tensión aplicada al electrodo de puerta utilizada para almacenar cargas eléctricas). La Figura 2 es un esquema de un transistor de efecto de campo con efecto de memoria no volátil en el que las fibras están

distribuidas por varias capas y embebidas en resina y pegamento, y en la que se incluye también la pasivación o adaptación de interfases.

5 Los materiales que se utilizan como semiconductores iónicos activos de tipo p o n para la región del canal para ser depositados en las fibras, a los que se hace referencia con el número 1 en la Figura 2 son esencialmente multicomponentes como óxido de zinc, óxido de zinc con aluminio, óxido de estaño con fluoruro, óxido de cobre, óxido de cadmio y óxido de plata, aleaciones compuestas de indio molibdeno, aleaciones compuestas de estaño e indio, aleaciones compuestas de indio y zinc, o aleaciones compuestas de zinc y galio, o aleaciones compuestas de indio, zinc y galio, o aleaciones compuestas de indio, zinc y plata, o aleaciones compuestas de indio, zinc y zirconio: o aleaciones compuestas de indio, zinc y cobre, o aleaciones compuestas de indio, zinc y cadmio o aleaciones compuestas de indio, zinc y estaño o aleaciones compuestas de galio, zinc y estaño, o aleaciones compuestas de indio, zinc y molibdeno, o aleaciones compuestas de hafnio o titanio o alúmina u óxido de tántalo y en composiciones que pueden variar de 0.1% a 99.9% de sus constituyentes, mostrando una resistividad de  $10^{11} - 10^0 \Omega\text{cm}$ , dependiendo de la composición y presión parcial de oxígeno utilizada durante el proceso de fabricación. Las tecnologías que se utilizaron se describen todas en A ii). El grosor útil de las regiones de canal oscila entre 1-500 nm y está muy por debajo de las fibras que forman el papel, al menos en un orden de magnitud.

15 Para procesar las regiones de fuente y de drenaje referenciadas como 5 en la figura 2, separadas entre sí entre 10 nm y 500  $\mu\text{m}$ , se utilizaron los mismos semiconductores previamente mencionados pero ahora con una resistividad menor de  $5 \text{ a } 10^{-6} \Omega\text{cm}$ , o metales o aleaciones metálicas o estructuras multicapa o apiladas, que implican los siguientes materiales: titanio, aluminio, oro, plata, cromo o molibdeno que muestran resistividad inferior a  $5 \Omega\text{cm}$ , utilizando las mismas tecnologías que permiten la interconexión y conexión de fibras que contienen el semiconductor activo. El grosor útil de las regiones de drenaje y fuente varía de 1 nm a 30000 nm dependiendo de si la integración es en una sola fibra o se produce la integración y conexión de varias fibras que contienen el semiconductor activo en la misma capa.

Las capas de adaptación, pasivación o encapsulación que se utilizarán son las mismas que las mencionadas en A.

*D - Procesamiento de dispositivos de memoria tipo CMOS no volátiles.*

25 El ejemplo actual representa el uso simultáneo de dos transistores de unión de efecto de campo, uno tipo n operando en modo de enriquecimiento, como se muestra en el número de referencia (1) en la figura 3, y el otro es tipo p operando también como carga dinámica en modo de enriquecimiento, o un transistor de tipo n que funciona en modo de empobrecimiento como se indica en el número de referencia (7), fabricado de acuerdo con lo descrito previamente, con o sin capa de pasivación en una o ambas caras del papel, que corresponde a la fabricación de un dispositivo designado como dispositivo de memoria CMOS no volátil. En este tipo de circuito ambos transistores nunca son accionados simultáneamente, lo que permite su uso en el diseño de circuitos digitales y diseño de puertas lógicas con la capacidad de almacenar cargas eléctricas. El proceso de fabricación que se utilizará y el grosor de sus componentes son los mismos que los mencionados para el caso de la fabricación de transistores de unión de efecto de campo con efecto de memoria no volátil.

35 Debería quedar claro que las realizaciones del presente dispositivo y circuitos semiconductores y sus aplicaciones descritas anteriormente, son posibles ejemplos de implementación simplemente establecidos para una comprensión clara de los principios de la divulgación que implican la creación de nuevos dispositivos con nuevas funciones de memoria en las que las fibras de papel constituyen su componente principal.

Implementaciones

40 Las principales industrias que actualmente pueden utilizar los dispositivos y circuitos integrados que resultan de la presente invención son toda la industria electrónica, la industria de semiconductores, la industria de memorias e industrias similares, la industria de circuitos lógicos, la industria de instrumentación y sensores, la industria médica y biotecnológica, la optoelectrónica, la industria de micro y nanoelectrónica. Los dispositivos basados en esta invención están diseñados para aplicación directa en todos los dispositivos electrónicos basados en efectos de campo con efecto de memoria, y pueden incluir circuitos de almacenamiento y conducción de información (registro de desplazamiento de registros, RAM dinámica), diseño de circuitos lógicos, circuitos tipo buffer y contador y condensadores que presentan alta capacidad de retención de carga, entre otros.

45 La presente invención tiene como objetivo desarrollar y crear un producto o productos usando técnicas de procesamiento simples y rentables, que implican el uso de técnicas de procesado que se mantienen en línea con el procesamiento de películas delgadas a ambos lados de papel a base de celulosa a bajas temperaturas conduciendo a la creación de paper-e, lo que resulta en la electrónica verde del futuro.

Por otro lado, los procesos tecnológicos de fabricación requeridos son compatibles con los que existen en la industria electrónica, la industria optoelectrónica, la industria de semiconductores, los procesos de pulverización catódica de grandes áreas, o la evaporación térmica o el método sol-gel o la impresión por inyección de tinta, por lo tanto no son necesarias grandes inversiones en términos de investigación y tecnología.

- 5 Las ventajas técnicas proporcionadas por la presente invención permiten el uso del papel de una manera dinámica, no solo de forma estática, sirviendo simultáneamente como sustrato y como componente de los dispositivos electrónicos con memoria no volátil que se producen con él.

Aunque la forma de realización preferida se ha descrito en detalle, debe entenderse que pueden realizarse muchas variaciones, sustituciones y cambios sin apartarse del objetivo de esta invención tal como se define en las reivindicaciones.

- 10 Los logros presentados aquí ilustran la presente descripción que puede implementarse e incorporarse en una variedad de métodos diferentes, que caen en el mismo ámbito. Además, las técnicas, construcciones, elementos y procesos descritos e ilustrados en la realización preferida como distintos o separados, pueden combinarse o integrarse con otras técnicas, construcciones, elementos o procesos.

15

REIVINDICACIONES

- 5 1. Proceso para fabricar un dispositivo semiconductor de efecto de campo activa electrónica u optoelectrónicamente con memoria no volátil que comprende una película delgada caracterizada porque dicha película se basa en papel (2) constituida por fibras de celulosa naturales o sintéticas, o combinaciones de las mismas, en el dieléctrico de dicho dispositivo, en donde la película delgada (2) se basa en fibras de celulosa natural o sintética producidas por regeneración, disolución o combinaciones de los mismos, con capacidad de polarización eléctrica espontánea, en la que el dieléctrico tiene cargas cuasi-permanentes almacenadas independientemente de cualquier campo eléctrico aplicado, funcionando de forma similar a electretos,
- 10 Donde las fibras de celulosa de dicho papel (2) están embebidas en una resina o pegamiento iónico y dicho papel tiene una electronegatividad controlada mediante la adición de especies catiónicas tales como aluminio, en el que dicha película delgada (2) actúa además como sustrato de dicho dispositivo convirtiéndolo en un dispositivo autosostenible.
- 15 2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que se incluye uno o más pasos adicionales de aplicación de componentes de origen orgánico o inorgánico con características eléctricas metálicas (3, 5), de semiconductor (1), de aislante (6) o una capa de adaptación (4) en estructuras individuales, compuestas o multicapas de tipo tándem, depositadas de forma discreta o continua, en ambas caras del papel, para fabricar dispositivos activos, que comprende de forma complementaria óxidos metálicos semiconductores, CMOS.
3. Procedimiento según la reivindicación 2, en el que se incluye incorporar dichos componentes procesados a temperatura ambiente y que estos componentes se pueden recocer opcionalmente hasta 200 grados Celsius.
- 20 4. Procedimiento según la reivindicación 2 que comprende depositar un componente o componentes semiconductor(es) activo(s) (1), basado en un material covalente inorgánico, o un material iónico simple o compuesto, o un material orgánico con un espesor entre 1 nm y 5 µm, preferiblemente aleaciones de silicio o óxidos multicomponente basados en zinc.
5. Proceso según la reivindicación 2 que comprende un óxido iónico como un semiconductor degenerado, responsable de permitir la interconexión entre fibras recubiertas y un óxido semiconductor activo en los extremos de las regiones de canal, utilizándose como regiones de drenaje y fuente (5), preferiblemente hechas de zinc y aleaciones de indio.
- 25 6. Procedimiento según la reivindicación 2, en el que dicho papel basado en celulosa natural o sintética o combinaciones de los mismos, está provisto de una capa de pasivación o adaptación (4) antes de depositar cualquier otro componente del dispositivo final.
7. Proceso según la reivindicación 2, en el que el dispositivo final está encapsulado por un dieléctrico (6) con un espesor de hasta 30 µm.
- 30 8. Dispositivo electrónico u optoelectrónico basado en un semiconductor activo de efecto de campo que comprende un dispositivo no volátil de memoria caracterizada porque comprende una película delgada que consiste en papel (2) a base de fibras de celulosa naturales o sintéticas, o combinaciones de las mismas en el dieléctrico de dicho dispositivo, en donde dicha película delgada (2) comprende fibras de celulosa naturales o sintéticas con capacidad de polarización eléctrica espontánea, en las que el dieléctrico tiene cargas cuasi-permanentes almacenadas independientemente de cualquier campo eléctrico aplicado, donde las fibras de celulosa de dicho papel (2) están embebidas en una resina o pegamento iónico y dicho papel tiene electronegatividad controlada mediante la adición de especies catiónicas tales como aluminio, en donde dicha película delgada (2) es un sustrato de dicho dispositivo, convirtiéndolo en un dispositivo autosostenible.
- 35 9. Dispositivo según la reivindicación 8, caracterizado porque comprende además uno o más componentes de origen orgánico o inorgánico, con características eléctricas metálicas (3, 5), de semiconductor (1), de aislante (6) o una capa de adaptación (4) en estructuras compuestas o multicapa tipo tándem, siendo los componentes depositados de forma discreta o continua en ambas caras del papel.
- 40 10. Dispositivo según la reivindicación 9, en el que el dispositivo final está encapsulado por un dieléctrico (6) de hasta 30 µm.
- 45 11. Dispositivo según la reivindicación 10, en el que el semiconductor activo se coloca sobre el papel en manera discreta y consiste en dos semiconductores (1, 7) de naturaleza electrónica complementaria del tipo p y n, o lo contrario, estando yuxtapuestos y separados entre sí a distancias entre 50 nm y 10 µm, formando así un dispositivo complementario.

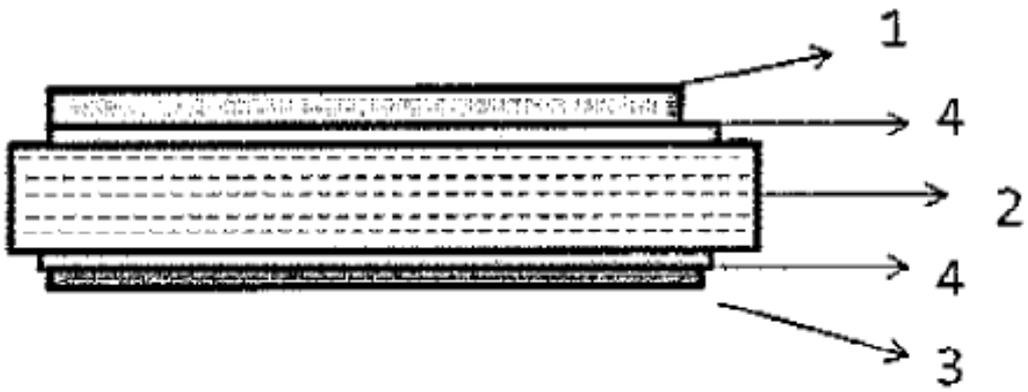


Figura 1

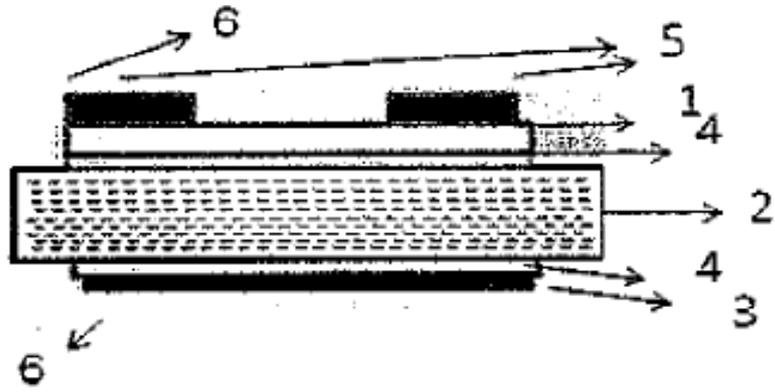


Figura 2

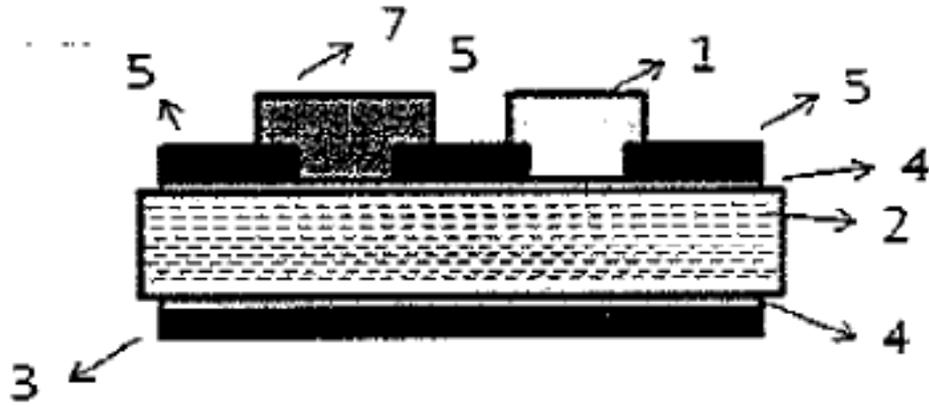


Figura 3