

CONDUCCION EN CORRIENTE CONTINUA DE PELICULAS DELGADAS DE CdTe
PRODUCIDAS POR PULVERIZACION RF.

G. Gonzalez Diaz, M. Rodriguez Vidal, F. Sanchez Quesada
Facultad de Ciencias Fisicas. Universidad Complutense.

J.A. Valles Abarca
Facultad de Ciencias. Universidad de Santander.

Se han medido las características I-V de estructuras transversales para analizar los mecanismos determinantes del comportamiento eléctrico terminal. A partir de medidas de la impedancia se ha determinado previamente la resistividad del material concluyéndose el comportamiento subohmico de las características en continua para bajas tensiones.

La no linealidad que se observa es de tipo exponencial y se explica a través de un mecanismo de limitación por las fronteras intergrano utilizando el modelo de Petritz $I = I_0 (\exp(V/V_0) - 1)$ donde el potencial V_0 está relacionado con el tamaño del grano, siendo necesario un análisis de los datos experimentales que incluya la caída de tensión ohmica dada la alta resistividad. Los valores que se deducen para el tamaño medio del grano están de acuerdo con los resultados obtenidos a partir de los espectros de difracción de rayos X.

La asimetría que presentan se ha atribuido a limitación por el contacto inferior dada la falta de simetría en la producción de la estructura, de acuerdo con el análisis del comportamiento en alterna.

El estudio de las propiedades de conducción en corriente continua de materiales permite no solo caracterizarlos eléctricamente sino que también, del análisis de las características I-V en base a un modelo preestablecido, se puede obtener información sobre los mecanismos físicos que justifiquen el comportamiento experimental. Un problema importante es poder distinguir aquellos que son intrínsecos al material y a su estructura, de los causados por los contactos.

En esta comunicación se presenta un estudio de las características en corriente continua de películas delgadas de CdTe producidas por pulverización RF cuyo comportamiento en alterna ya ha sido estudiado (1) y para el que se ha propuesto un modelo de doble capa que explica adecuadamente la impedancia medida en baja señal y cuyo fundamento es la distinción entre una región asociada al material bloque y otra a la interfase con el electrodo inferior, el único que existe durante el crecimiento de la película por pulverización. El circuito equivalente propuesto es la asociación serie de dos circuitos R-C paralelo con elementos activados térmicamente (resistencia bloque y capacidad interfacial).

El análisis estructural de las películas por difracción de rayos X muestra un crecimiento orientado para temperaturas de deposición superiores a 100°C y un carácter policristalino que implica la existencia de un nuevo tipo de interfase, las fronteras intergrano, que cabe esperar influya en el comportamiento en corriente continua de la película.

EXPERIMENTAL.

Los detalles de la producción de las películas se han descrito previamente (1). El electrodo inferior era Al depositado por evaporación sobre sustrato de vidrio en forma de tiras de anchura variable que se sometió a un proceso de limpieza por bombardeo iónico al comienzo del ciclo de deposición. El electrodo superior era también Al

evaporado en forma de tira cruzada respecto al inferior. Tras la deposición del segundo electrodo se efectuó un tratamiento térmico (200°C) en atmósfera de Ar a presión reducida durante tres minutos consiguiéndose disminuir notablemente el nivel de ruido observado en las características I-V en muestras no tratadas. Los contactos con ambos electrodos se realizaron con hilo de Cu mediante pintura de Ag.

Las características no se obtuvieron normalmente punto a punto dada la lentitud en la respuesta empleándose un sistema semiautomático con un generador de señal triangular de periodo 1000 s. (Feedback TWG 300), un electrómetro (Keithley 602) cuya salida se llevaba a un registrador grafico (HP 7004 B). El espesor se midió utilizando un analizador de perfiles superficiales (Sloan Dektak) en las proximidades de los electrodos tras un decapado químico con solución E. Una consecuencia de esta técnica dinámica para la realización de las características es la forma cíclica que presentan las mismas, lo que está de acuerdo con un modelo heterogéneo (2).

En la figura 1 se presentan los resultados correspondientes a la película 181J cuyas características de producción fueron: densidad de potencia 1.13 W/cm², temperatura 200°C y tiempo 60 min. El area de cruzamiento entre los electrodos era 3 mm². La curva recoge los valores a temperatura ambiente y antes de que la estructura haya sido sometida a ningun proceso térmico con campo aplicado. Las dos curvas corresponden a los valores encontrados segun que el electrodo superior esté polarizado positiva o negativamente. Tras la medida a distintas temperaturas al volver a la temperatura ambiente se observó una disminución significativa de la pendiente en el origen.

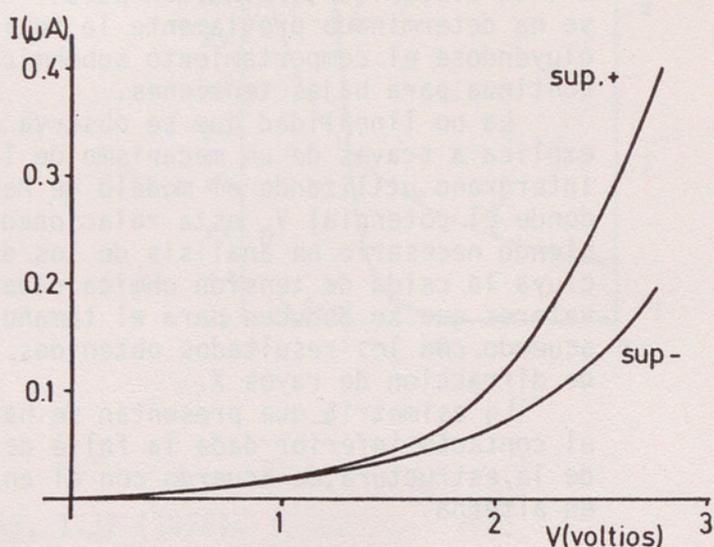


Figura 1

ANÁLISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS.

Una primera observación es el carácter no lineal de las curvas obtenidas en particular para valores intermedios del potencial. Si se interpreta la pendiente en el origen como la conductancia asociada a la contribucion óhmica se obtienen valores del orden de 10¹⁰ Ω.cm para la resistividad que son muy superiores a los normalmente encontrados para este material en película delgada.

Del análisis de las medidas en alterna se encuentra una resistencia bloque a temperatura ambiente de 0.65 MΩ, dos ordenes de magnitud inferior a la resistencia deducida de la pendiente en el origen de las características I-V. Si para cada valor de la intensidad se sustrae la caída óhmica correspondiente a esta resistencia bloque R_b y se representa $V'=V-R_b I$ frente a la intensidad, en escala logarítmica, se obtiene una línea recta como se recoge en la figura 2, cuyo ajuste por mínimos cuadrados nos conduce a

$$V'=0.47 \ln I + 9.4$$

$$/1/$$

Este tipo de relacion tension-corriente ha sido utilizado (3) para explicar la conducción en películas evaporadas de CdTe en la región previa a la conmutación eléctrica suponiendo que el mecanismo es el correspondiente a un semiconductor de relajación para el que el tiempo de vida media es inferior al de relajación de la carga libre. Sin embargo se considera que en nuestro caso la conducción óhmica no viene dada por la pendiente inicial como indican las medidas en alterna, lo que induce a pensar que existe un mecanismo limitador para bajas tensiones. Se propone como tal la influencia de las barreras intergrano que segun el modelo de Petritz (4)

conduce a una característica

$$I = I_0 (\exp(V/V_0) - 1)$$

Este tipo de dependencia presenta un valor para la pendiente en el origen

$$R_0 = (dV/dI)_{V=0} = V_0/I_0$$

que no tiene nada que ver con la contribución óhmica R_b y que puede explicar los valores encontrados experimentalmente que son del orden de 200 M Ω . Por otra parte para valores suficientemente elevados de V , con relación a V_0 , tenemos el comportamiento límite que indica la expresión /1/. Además el parámetro V_0 de este modelo está relacionado con el número medio de granos interelectrodos N por la relación $V_0 = NkT/e$ obteniéndose, a partir del ajuste anterior, un número de granos del orden de 18 que con el espesor medido en la muestra que fué 1.5 μm , conduce a un tamaño de grano del orden de 800 Å, lo que está de acuerdo con su estima ,650 Å, obtenida a partir de la semianchura corregida del pico (1,1,1) del espectro de difracción de rayos X.

También se ha utilizado otra técnica de análisis de las características en continua que no se apoya en medidas de alterna. A partir de la pendiente medida en el origen, de la resistencia dinámica deducida en el punto de máxima corriente y de este mismo valor se obtienen directamente, por barrido del parámetro N , los restantes I_0 y R_b . Para la muestra que nos ocupa los valores encontrados son $N=20$, $R_b=.65\text{M}\Omega$ e $I_0=1.8 \times 10^{-9}\text{A}$, en buen acuerdo con los antes indicados.

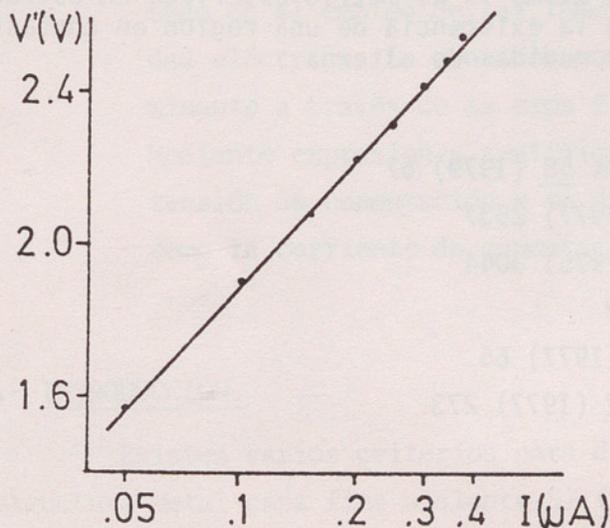


Figura 2

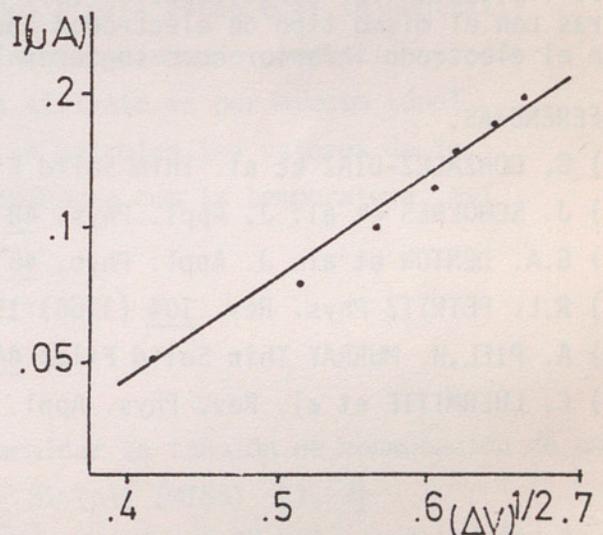


Figura 3

Un segundo aspecto a considerar es la ligera asimetría que presentan las características que se ha analizado como asociada al diferente comportamiento de inyección a través de las regiones próximas a los electrodos, pues aunque ambos son de Al evaporado (lo que supondría en principio una simetría de la estructura) la influencia sobre el CdTe con el que se encuentran en contacto es claramente distinta ya que para el inferior la película crece sobre el electrodo estando sometido el sistema a procesos de bombardeo (electrónico y másico) altamente energéticos que pueden provocar la difusión de átomos del electrodo en la película, dando origen a una interfase que será distinta a la que aparezca en el electrodo superior.

Si se obtiene la diferencia ΔV entre las tensiones para ambas polarizaciones que corresponden a un mismo valor de la intensidad y se representa en escala logarítmica la corriente I frente a la raíz cuadrada de la diferencia de tensiones, se obtienen rectas que sugieren mecanismos de emisión por campo, bien sea en el electrodo (Schottky) o en los centros culombianos próximos a éste (Poole-Frankel) (5). Para la película presentada se obtienen los valores representados en la figura 3

que ajustados por mínimos cuadrados nos llevan a la dependencia

$$\ln I = -19.44 + 5.99 v^{1/2}$$

A partir de la pendiente encontrada, suponiendo un mecanismo tipo Schottky y caída lineal de la tensión, se obtiene un espesor para la capa interfacial de 590 Å empleando la permitividad del CdTe bloque. La capacidad asociada a este espesor es del orden de la deducida de las medidas de alterna para la región interfacial.

Finalmente un aspecto fundamental del proceso de conducción sobre el que no se tienen resultados definitivos es el tipo de portadores, cuya caracterización resulta muy difícil por la alta resistividad de las películas. Sin embargo, existen indicios para pensar que las muestras son tipo p, como son el aumento de la resistividad al contaminar la descarga durante la deposición con CdI_2 y las conclusiones cualitativas de las experiencias de efecto Hall que se han realizado. Por otra parte, si se supone que el contacto superior no dificulta la inyección de portadores, el hecho experimental de ser mayor la corriente cuando es positivo, está de acuerdo con la conjetura de que los portadores mayoritarios son huecos.

CONCLUSIONES.

Del análisis de las características en continua desarrollado se deduce una posible interpretación de las mismas en base a su carácter policristalino frente a explicaciones alternativas como son la consideración como semiconductor de relajación (3) ó la limitación por carga espacial (6). Así mismo la asimetría observada en estructuras con el mismo tipo de electrodos apoya la existencia de una región en contacto con el electrodo inferior como sugieren las medidas de alterna.

REFERENCIAS.

- (1) G. GONZALEZ-DIAZ et al. *Thin Solid Films* 58 (1979) 67
- (2) J. SCHOENES et al. *J. Appl. Phys.* 48 (1977) 2537
- (3) G.A. DENTON et al. *J. Appl. Phys.* 46 (1975) 3044
- (4) R.L. PETRITZ *Phys. Rev.* 104 (1956) 1508
- (5) A. PIEL, H. MURRAY *Thin Solid Films* 44 (1977) 65
- (6) C. LHERMITTE et al. *Rev. Phys. Appl.* 12 (1977) 273