

SENSIBILIDAD A H₂ DE DISPOSITIVOS MOS CON COMPUERTA DE MOLIBDENO

R. M. Lombardi, R. Aragón

Laboratorio de Películas Delgadas. Facultad de Ingeniería. Paseo Colón 850. C.P. 1063. Buenos Aires. Argentina. CINSO-CONICET -CITEFA. Lasalle 4397. Villa Martelli, Buenos Aires, Argentina
e-mail: rlombar@fi.uba.ar

Se caracterizó la respuesta eléctrica al hidrógeno gaseoso de dispositivos MOS con compuerta de molibdeno. La sensibilidad del dispositivo se evaluó mediante características de capacidad-tensión en N₂ y en H₂ (1000 ppm en N₂) a temperaturas de 77 y 125 °C, a 220 kHz. A 125°C el corrimiento negativo de la tensión de banda plana es de 240 mV, con un estímulo de 1000 ppm de H₂ en N₂.

The electrical response of molybdenum gate MOS device to gaseous hydrogen was characterized. Device sensitivity, at 77°C and 125°C, was evaluated by shifts in the C-V characteristic, in controlled N₂ and 1000ppm H₂ in N₂ atmospheres, at 220 kHz. Capacitance changes, monitored as a function of time, at flat-band voltage (FBV), were used to evaluate the FBV negative shift transient (240mV) with 1000 ppm H₂ in N₂, at 125°C.

I. INTRODUCCIÓN

Se investiga la aplicación de dispositivos de efecto de campo como sensores químicos de gases tóxicos y/o detonantes. Estudios pioneros⁽¹⁾ revelaron la sensibilidad al H₂ de capacitores MOS con compuerta de paladio, mientras que trabajos recientes demostraron que compuertas masivas del grupo IB (Au, Ag, Cu), con morfologías comparables, son sensibles al NO₂ con sensibilidad creciente con el período. El modelo original para el mecanismo de respuesta propone la disociación del analito en el metal catalítico y la formación de dipolos de hidrógeno atómico. La caída de tensión de la capa dipolar se sumaría en serie a la tensión de la fuente externa conectada al dispositivo, desplazando los niveles de energía en la interfaz metal-aislador. La medida de este corrimiento es proporcional a la concentración de átomos adsorbidos en la interfaz. Aún cuando los mecanismos involucrados al sensado de gases distintos del H₂, en otras compuertas, no parecen corresponderse, en todos los casos, con la formación de dipolos, los corrimientos de la curva de C-V definen la sensibilidad del dispositivo al analito.

II. PARTE EXPERIMENTAL

Se construyeron los dispositivos CMOS a partir de obleas de Silicio tipo "p" (100) oxidadas térmicamente (x_{ox} = 130 nm), metalizadas con molibdeno en espesores de 100 nm, sobre máscaras físicas, mediante la técnica de "magnetron sputtering". Se emplearon montajes híbridos⁽²⁾ sobre sustratos de alúmina con calefactores integrados, en una celda estanca para ensayar sensibilidad al estímulo químico. Una vez estabilizado a la temperatura deseada, en atmósfera inerte (N₂) durante 6 horas, se midió, in situ, la respuesta del dispositivo al paso de H₂. Los ensayos se realizaron en temperaturas de 77 y 125°C, y la sensibilidad se evaluó a partir de lecturas de capacidad-voltaje. La capacidad se obtuvo por medidas

de impedancia compleja, con un amplificador lock-in Signal Recovery DSP 7265, a una frecuencia de 220 KHz, con excitación de 30 mv rms y señal de corriente preamplificada por un convertor I-V ad hoc, con 10¹³ ohms de impedancia de entrada. La tensión de polarización continua se sumó a la excitación de alterna en un circuito buffer.

El modelo original⁽¹⁾ para H₂ en atmósfera inerte propone como mecanismo de sensado, la disociación de H₂ molecular, por acción catalítica de la compuerta metálica, con adsorción de protones en la interfaz metal-SiO₂, con comportamiento de quimisorción de tipo Langmuir⁽³⁾. La relación lineal entre el recubrimiento de la interfaz y el corrimiento en tensión de banda plana supone:

$$\Delta V = \Delta V_{\text{máx}} \cdot \theta_i$$

donde $\Delta V_{\text{máx}}$ es el máximo corrimiento en tensión que se alcanza con el sensor saturado (la interfaz con todos los sitios ocupados implica $\theta_i=1$), por lo que el corrimiento en tensión del dispositivo es una medida del recubrimiento de la superficie y de la sensibilidad del dispositivo.

Para calcular el corrimiento en tensión, se encuentra previamente la tensión de banda plana, a la temperatura y frecuencia de trabajo, con el dispositivo en atmósfera inerte. Esta tensión es el punto de inflexión de la curva C-V, cuya pendiente en la zona lineal, define la relación entre C y V. Polarizado el dispositivo a esta tensión, se introduce el estímulo químico en la celda estanca, mediante flujos apropiados de N₂ y mezcla analítica de H₂ en N₂, regulados por controladores de flujo másico, y se miden los corrimientos en capacidad hasta la saturación del dispositivo (valores constantes para ΔV en la curva $\Delta V = f(t)$). Para cada valor de capacidad medido experimentalmente, se obtiene la tensión y consiguiente apartamiento de la tensión de banda plana en atmósfera inerte. La máxima diferencia de las tensiones halladas respecto de la tensión de banda plana define la sensibilidad.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la característica C-V, a temperatura creciente (Fig.1) se observa un pequeño efecto para las

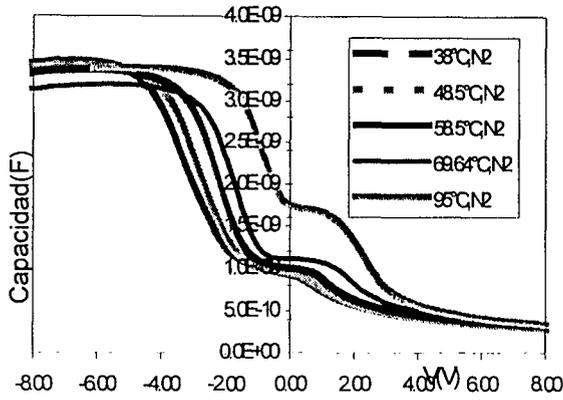


Figura 1. C-V como función de temperatura de operación para un capacitor MOS con compuerta de molibdeno.

zonas de acumulación y vaciamiento, mientras que la zona de inversión es fuertemente dependiente del aumento de temperatura. Dado que los portadores minoritarios no pueden seguir la excitación aplicada sobre el dispositivo a la frecuencia de trabajo de 220 kHz, la curva se aplanan en valores de polarización positivos, correspondientes a inversión, resultando la característica de alta frecuencia. A medida que la temperatura aumenta, los portadores minoritarios siguen crecientemente la señal aplicada, porque la tasa de generación y recombinación es función explícita de la temperatura ⁽⁴⁾, y las curvas C-V se modifican, en la zona de inversión, con la característica de baja frecuencia.

Las características C-V, para atmósfera inerte y bajo H₂/N₂, a 77°C y 220 kHz (Fig.2) son prácticamente coincidentes, por lo que el dispositivo no es sensible.

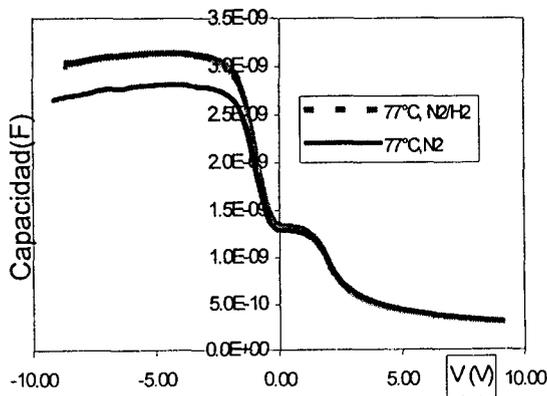


Figura 2. Curvas C-V para N₂ y H₂/N₂, a 77°C y 220 KHz

Ensayos a mayor temperatura mostraron desplazamientos de la curva C-V hacia valores de tensión negativa, en atmósfera de H₂/N₂. Para curvas

relevadas a 93 y 125°C, en N₂ y a 125°C, en atmósfera de H₂/N₂ (Fig.3), se observa coincidencia, en ausencia de estímulo químico, y un desplazamiento de 240 mV, en presencia de 1000 ppm de H₂ en N₂.

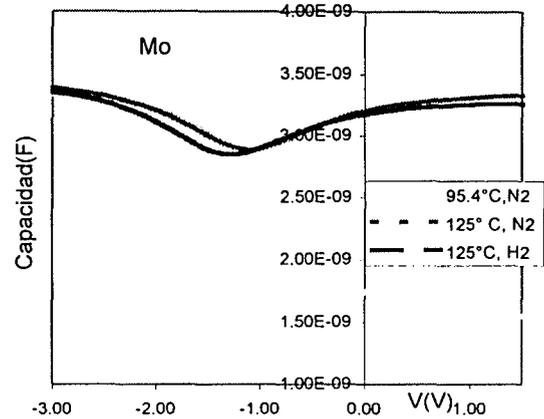


Figura 3. Corrimiento en tensión de la curva C-V para 1000 ppm H₂ en N₂, a 125°C y 220 kHz

Lundström L.⁽¹⁾ informa, a 150°C, corrimientos en tensiones de 350mV, para dispositivos con compuertas de Pd, en condiciones de concentración y temperatura comparables. El par, Pd-H₂, se reconoce como el de mayor sensibilidad en este tipo de detectores ⁽²⁾ y el presente resultado para el Mo es conmensurable.

La curva de carga del H₂ (Fig.4) es consistente con un tiempo de respuesta a 80% del valor estacionario de 35 minutos, aproximadamente el triple que para el par Pd-H₂

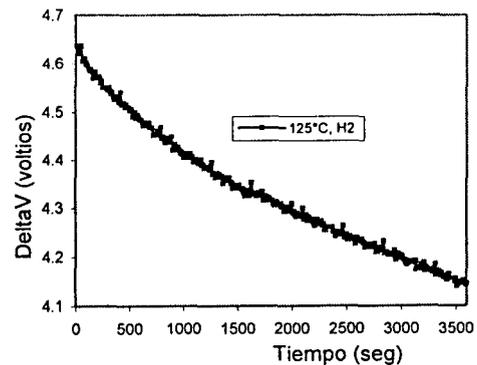


Figura 4. Curva de carga de H₂ a 125°C y 220 kHz

III. CONCLUSIONES

Comparación de curvas C-V en régimen de portadores minoritarios, a temperaturas de 125°C, y 220 kHz revelan corrimientos negativos en tensión de banda plana para capacitores MOS con compuerta de Mo, del orden de 350 mV para 1000 ppm de H₂ en N₂, comparables a los informados con compuertas de Pd. El tiempo de respuesta es aproximadamente el triple para Mo que para Pd, consistentemente con ausencia de difusividad intracristalina y actividad catalítica en Mo.

Referencias

1 - Lundstrom I., Shivaraman M., J.Appl. Phys., Vol. 46, No.9,(1975), 55-57
2 - Filippini D., Aragón R., Weimar U, Anales de la Asociación Física Argentina, Vol 12, pp 175-179 (2001)

3 - Jaycock M., Parfitt G., *Chemistry of Interfaces*, Wiley (1981)
4 - Nicollian E., Brews J., *MOS Physics and Technology*, Wiley and Sons, (1982) Cap IV