

➤ Gerardo Contreras, Joel Ramírez, Emilio Castillo,
Dr. Víctor Jiménez, Dr. Agustín Gallardo.
◆ Dra. Zulma Hernández.

➤ **Universidad Veracruzana**
vicjimenez@uv.mx
◆ **Universidad de la Cañada**
zpaxtian@hotmail.com

Memristor: El cuarto elemento de la electrónica.

NANOTRON²⁰¹⁰

25 – 26 Noviembre 2010

Benemérita Universidad
Autónoma de Puebla.
Puebla, México.

Resumen

El memristor es un dispositivo de dos terminales cuya resistencia depende de la magnitud y polaridad del voltaje aplicado. Cuando el voltaje le es retirado, el memristor posee la propiedad de “recordar” su resistencia más reciente hasta la siguiente ocasión en que es encendido. Si bien los orígenes de este dispositivo se remontan al año de 1971, bajo una propuesta teórica de Leon Chua [1], es hasta el año 2008 en que Hewlett Packard (HP) logra su implementación física [2]. En este poster se describe la estructura y funcionamiento de esta novedosa propuesta.

Historia

En 1971 Chua notó la existencia de seis relaciones matemáticas entre las cuatro variables básicas de un circuito: corriente i , voltaje V , carga q y flujo magnético φ (Fig. 1) El elemento “faltante”, al cual llamó memristor, provee una relación entre las variables carga y flujo.

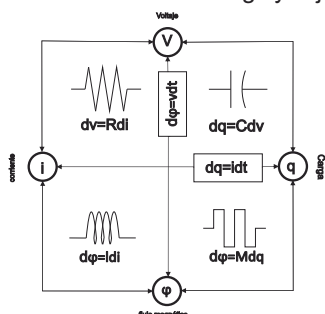


Figura 1. Los cuatro elementos fundamentales de un circuito: resistor, capacitor, inductor, memristor.

Estructura y Funcionamiento

El diseño del memristor propuesto por HP se basa en una arquitectura de travesaño (Fig. 2), que es básicamente una maya de líneas conductivas. Cada intersección está conectada por un switch.

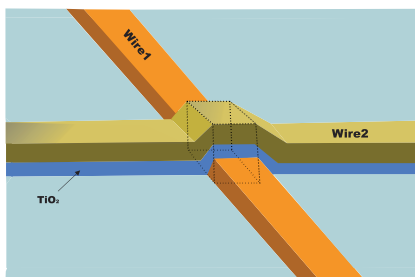


Figura 2. Estructura tipo travesaño.

Para cerrar dicho switch, se aplica un voltaje positivo a lo largo de las dos líneas que se desean conectar. Para abrir el switch se invierte la polaridad del voltaje. Cada switch consiste en un cubo de 40nm de dióxido de titanio (TiO₂) en dos capas (Fig. 3). La capa inferior de TiO₂ tiene una distancia perfecta de 2:1 entre oxígeno y titanio, el cual funciona como aislante. En contraste, la capa superior de TiO₂ pierde el 0.5% de su oxígeno (TiO_{2-x}), de tal manera que el valor de x (que representa la pérdida de oxígeno) es

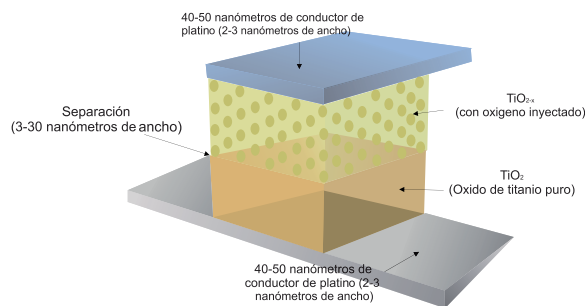


Figura 3. Switch memristivo.

cercano a 0.05. Los espacios provocan que TiO_{2-x} sea metálico y conductor.

Las deficiencias de oxígeno en la capa de TiO_{2-x} se manifiestan como “burbujas” de oxígeno vacías diseminadas en toda la capa superior. Un voltaje positivo aplicado sobre el switch repele las deficiencias (positivas) de oxígeno en la capa metálica superior de TiO_{2-x}, enviándolas hacia la capa aislante de TiO₂ inferior (Fig. 4a).

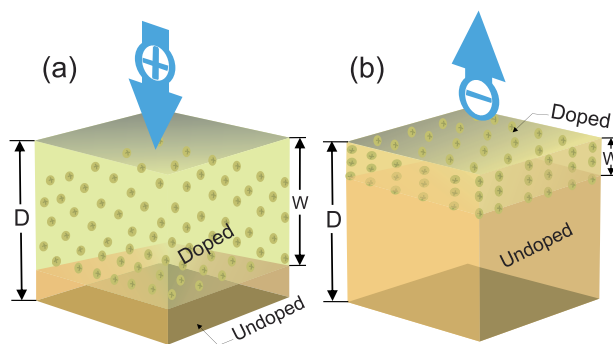


Figura 4. Desplazamiento de la frontera entre las capas de dopaje aplicando voltaje positivo (a), aplicando voltaje negativo (b).

Esto provoca que la frontera entre ambos materiales se desplace hacia abajo, incrementando el porcentaje de TiO_{2-x} conductor y, por ende, la conductividad de todo el switch. Mientras más positivo es el voltaje aplicado, más conductor será el cubo. Un voltaje negativo en el switch atrae a las burbujas de oxígeno cargadas positivamente, extrayéndolas del TiO₂ (Fig. 4b). La cantidad de aislante, es decir, el TiO₂ resistivo, se incrementa, de tal modo que el switch se vuelve completamente resistivo. Mientras más negativo es el voltaje aplicado, menos conductor resulta el cubo. Lo que hace a este switch especial es que cuando el voltaje se apaga, no importa si la polaridad es positiva o negativa, las burbujas de oxígeno no se desplazan: el límite entre ambas capas de dióxido de titanio se congela. Es así como el memristor recuerda cuánto voltaje fue aplicado la última vez. La ecuación característica para el memristor queda definida por:

$$M(q) = R_{OFF} \left(1 - \frac{\mu_V R_{ON}}{D^2} q(t) \right)$$

R_{OFF} : resistencia de la región no dopada.

R_{ON} : resistencia de la región dopada

Referencias

[1] Dmitri B. Strukov, Gregory S. Snider, Duncan R. Stewart & R. Stanley Williams, “The Missing Memristor Found”. Vol 453, 1 May 2008.

[2] R. Stanley Williams, “How we Found the Missing Memristor”, IEEE Spectrum, Diciembre 2008, pp. 29-35.