PROPIEDADES PIEZOELECTRICAS Y TERMOELECTRICAS EN OXIDO CUPROSO Cu_2O.

Víctor Chang*, Humberto Rojas.**

* INTEVEP, S. A., Centro de Investigación y Apoyo Tecnológico, Filial de PDVSA. Apartado Postal 7643, Caracas 1070A, Venezuela.
** UCV. Facultad de Ciencias, Escuela de Física, Caracas, Venezuela.

Abstract

In the present work, polycrystalline samples of Cuprous Oxide Cu_2O have been fabricated. It has been found that Cu_2O presents thermoelectric and piezoelectric properties even in the polycrystal.

Resumen

En el presente trabajo se fabricaron muestras policristalinas de óxido cuproso Cu_2O. Se encontró que este material presenta propiedades termoeléctricas y piezoeléctricas aún en muestras policristalinas.

INTRODUCCION

En la fabricación de transductores industriales, las propiedades piezoeléctricas y termoeléctricas son ampliamente usadas.

El óxido cuproso Cu_2O, se ha utilizado mucho como semiconductor para rectificadores de potencia, pero sus propiedades termoeléctricas y piezoeléctricas no han sido reportadas en la bibliografía consultada.

El objetivo de este trabajo fue el de fabricar Cu_2O a presión atmosférica y evaluar las propiedades arriba mencionadas.

Presenta la ventaja de que la materia prima inicial, el cobre y el oxígeno son de bajo costo y fácil adquisición. La técnica de preparación es sencilla y el material es estable por ser un óxido.

En contraposición, presenta una alta fragilidad y es difícil de manipular en láminas delgadas.

METODOLOGIA

Preparación de los cristales de Cu_2O.

Se usó cobre metálico en forma de polvo o de sólido, de calidad para análisis. Para la oxidación se utilizó la técnica de Toth et al [1] modificada [2].

Para evitar la formación de óxido cúprico, se usó un crisol de alúmina con tapa y grafito para reducir el oxígeno presente.

Se usó alúmina en polvo para fabricar moldes de fusión en los cuales el Cu_2O no se adhiere a las paredes.

El crisol se colocó en un horno programable y se ajustó la velocidad de calentamiento a 1200°C/hora; la temperatura de oxidación fue de 1000°C por 24 horas. Luego se sometió a períodos de recocido variable de 4 a 100 horas a una temperatura de 1060°C. Varias de las muestras fueron observadas al microscopio electrónico de barrido.

Preparación de muestras para estudios termoeléctricos.

Debido a su fragilidad, las muestras se embutieron en resina para su ensayo. Luego se colocó una capa de resina conductora, una vez que caras paralelas del cristal fueron expuestas por mecanizado (lijado). Sobre dichas caras, se colocaron placas de cobre para hacer los contactos y formar el par Cu-Cu_2O. La figura 1-A muestra esquemáticamente la muestra.

El montaje experimental para las mediciones termoeléctricas se ilustra en la figura 1-B.

La muestra (3) es sujetada mediante dos *mordazas (8) cada una de las cuales posee una* lámina de cobre (2), la cual sirve de soporte y contacto eléctrico.

Resistencias eléctricas (4) calientan un lado de la muestra, mientras que una tubería (7) circula

con agua fría a una temperatura fija. Se puede así ajustar la diferencia de temperatura en las dos caras de la muestra (3).

El voltaje Seebeck es medido entre las dos placas por el voltímetro (v) y la diferencia de temperatura por las termocuplas (5). El coeficiente Seebeck se obtiene así, por el cociente $\Delta V/\Delta T$. Todo el montaje se encuentra dentro de una cámara de vacío (10^{-3} torr) para evitar el intercambio de calor por convección.

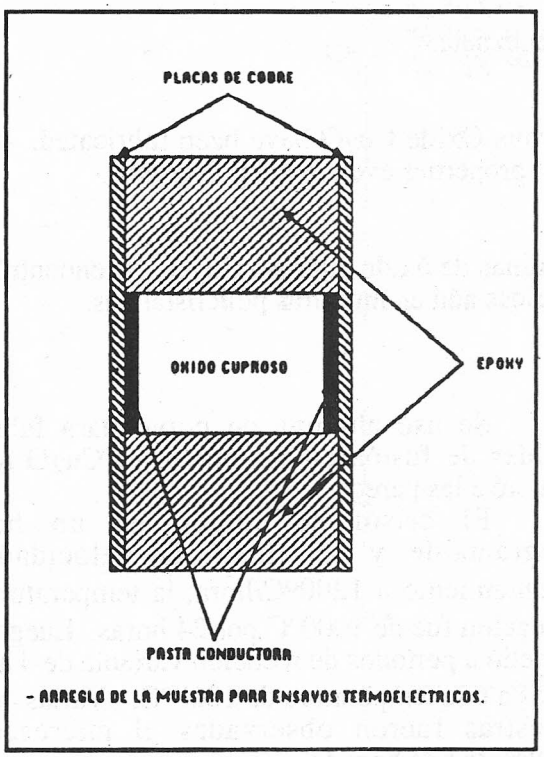

Figura 1A. Montaje de la Muestra

Preparación de muestras para estudios piezo-eléctricos.

Las muestras se prepararon a partir de cristales en forma de láminas y se colocó a las caras paralelas, una capa de pasta polimérica conductora. Luego las muestras se embutieron con cemento epoxi, dentro de conectores de bronce, tal como se indica en la figura 2-A. Para las medidas se usó un arreglo como el mostrado en la figura 2-B usando como excitador un cristal de cuarzo comercial. Este arreglo se utilizó para estudiar el comportamiento del Cu_2O como receptor de ondas sónicas.

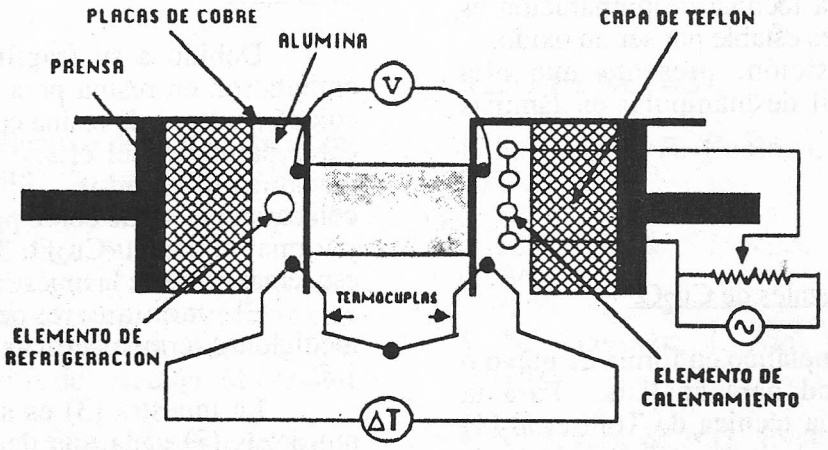

Figura 1B. Banco de Pruebas. Montaje experimental para medidas termoeléctricas

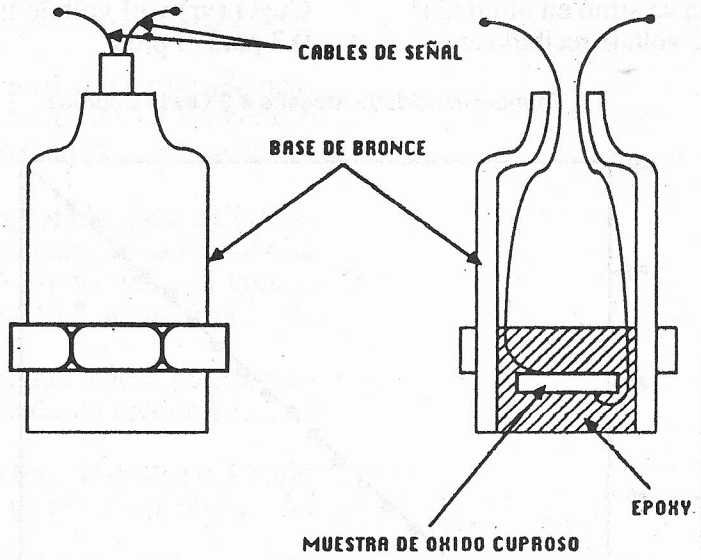

Figura 2A. Montaje de la prueba

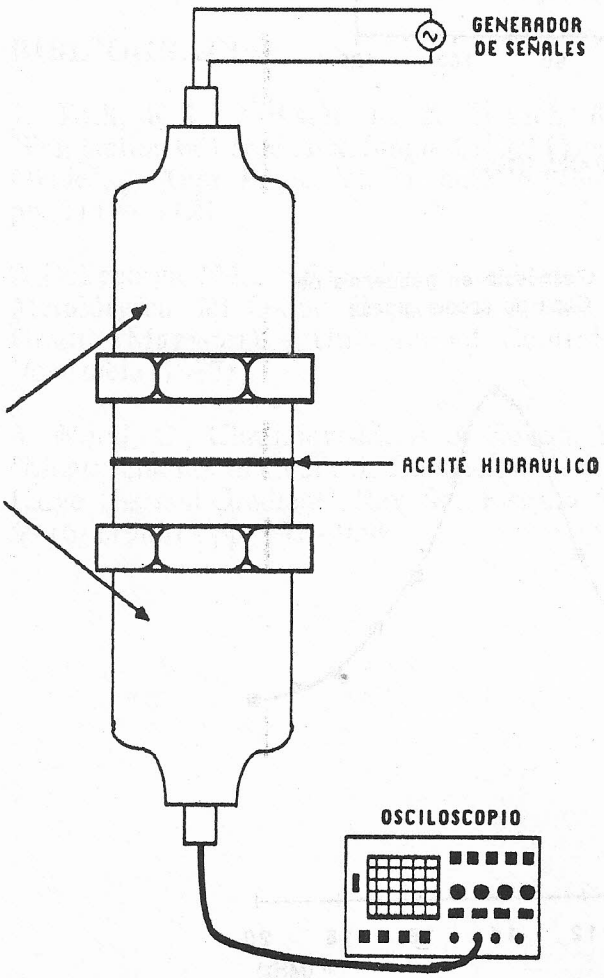

Figura 2B. Montaje experimental para estudio frecuencial de los transductores piezoeléctricos.

RESULTADOS Y DISCUSION

Las láminas recristalizadas presentaron granos de gran tamaño (mayores que 1.5 mm) para tiempos de recocido de más de 4.0 horas.

El grado de cristalización fue completo a juzgar por la fractura, pero la dirección de crecimiento fue más o menos aleatoria.

Hay que hacer notar que, dada la estructura cúbica del cristal de Cu_2O, ninguna orientación de un grano, respecto de otro, se encuentra girado más de 90°. Los cristales presentaron microrechupes debido al cambio de fase de Cu a Cu_2O.

El voltaje Seebeck generado fue negativo en la junta caliente, por lo tanto los portadores mayoritarios son huecos y el Cu_2O se comporta, luego, como un semiconductor tipo p.

El coeficiente Seebeck $\Delta V/\Delta T$ se situó entre 0.8 y 1 mV/°C, lo cual es típico de semiconductores.

La figura 3 muestra una curva típica de voltaje Seebeck en función de la diferencia de temperatura entre la junta fría y la junta caliente. Se observó una respuesta lineal. Un cambio en la orientación del cristal para la medida no representó un cambio apreciable en el coeficiente Seebeck.

Tampoco se observaron cambios notables con el tiempo de recocido.

En cuanto al comportamiento piezoeléctrico se evidenció que el cristal posee estas propiedades, tal como se muestra en la figura 4.

El pico de resonancia se situó en alrededor de 14MHz y la relación entre voltaje recibido en el Cu_2O (vr) y el voltaje transmitido (vt) se situó en 0.2 para el pico.

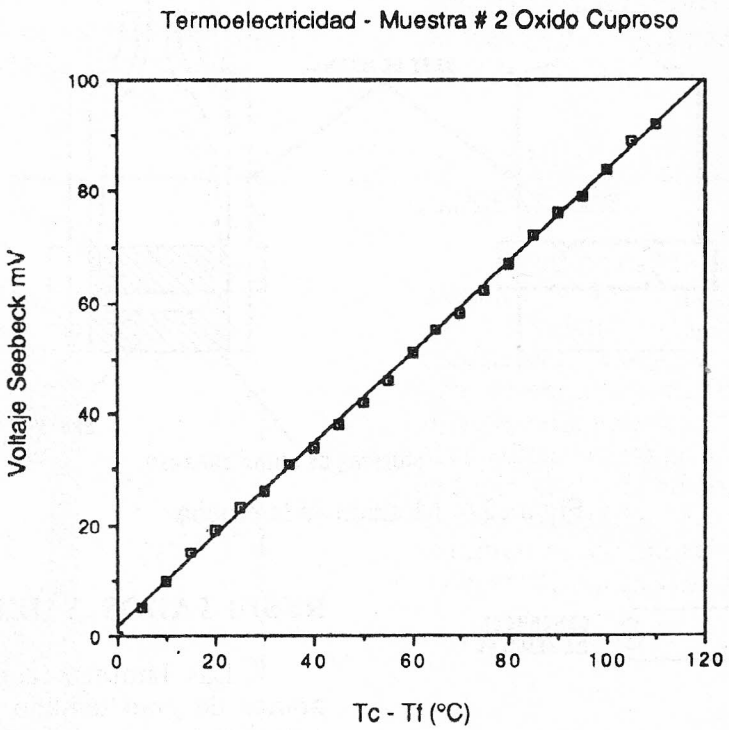

Figura 3. Respuesta Termoeléctrica.

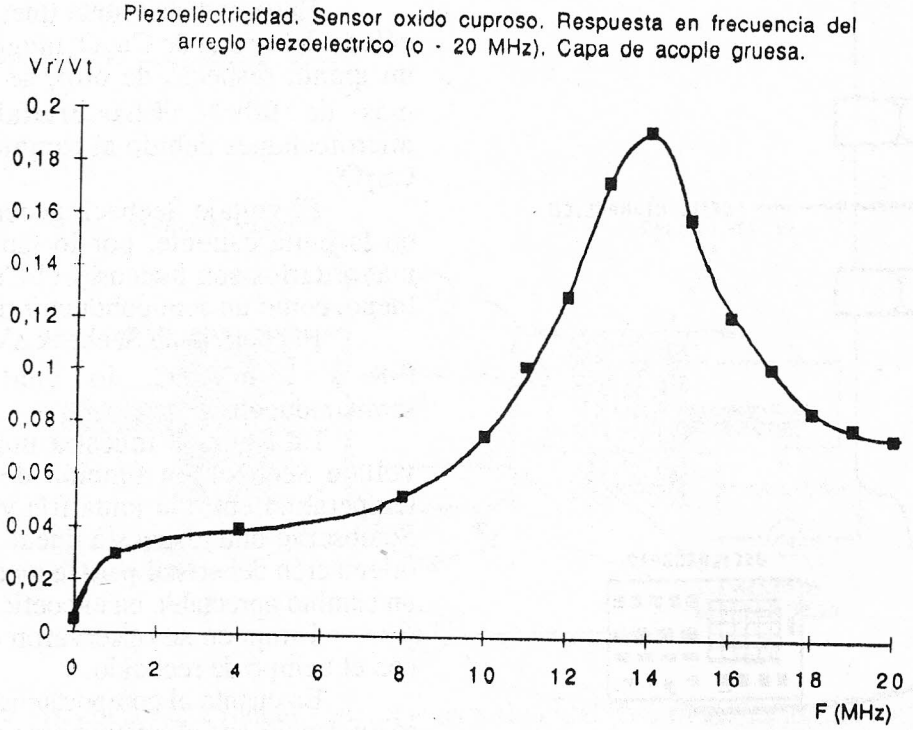

Figura 4. Respuesta Piezoeléctrica.

CONCLUSIONES

Se encontraron propiedades termoeléctricas en el óxido cuproso. El coeficiente de Seebeck, o la pendiente dv/dt, se situó entre los valores de 0.8 y 1 mV/°C.

Se encontraron propiedades piezoeléctricas en el óxido cuproso. El cociente de conversión se situó en alrededor de 0.1 Vr/Vt entre el voltaje transmitido y el recibido (0.2 para el pico de resonancia).

Las propiedades mencionadas parecen no ser afectadas por la dirección de crecimiento del cristal.

El tiempo de recocido, después de 5 horas no cambia profundamente las propiedades del cristal.

Es posible crecer el Cu_2O a presión ambiente, controlando la atmósfera que rodea el cristal.

BIBLIOGRAFIA

1. Toth, R.S., Kilkson, R. & Trivich, D. : "Preparation of Large Area Single-Cristal Cuprous Oxide", J. Appl. Phys., Vl. 31, num. 6 (1960) - pp. 1117 - 1121.

2. Deligeorges, M. : "Obtención y Caracterización Metalúrgica del Oxido Cuproso", Trabajo de Grado (Magister) - Universidad Central de Venezuela (1987).

3. Wood, C., Chmielewski, A & Zoltan, D. : "Measurements of Seebeck Coefficient Using a Large Thermal Gradient", Rev. Sci. Instrum. Vol. 59 (6) (1988) - pp. 951 - 954.