

ESTUDIO DE PROPIEDADES TERMOELÉCTRICAS EN SISTEMAS BIDIMENSIONALES

M. Real¹, A. Tonina^{1,2}, P. Giudici³ y L. Arrachea⁴
¹INTI Física y Metrología, ²Unsam, ³Cnea- CONICET, ⁴ICAS Unsam- CONICET
 mreal@inti.gov.ar

Objetivo

El objetivo del presente proyecto consiste en estudiar heteroestructuras de GaAs/AlGaAs generadas en INTI y en CNEA, para realizar mediciones termoeléctricas bajo régimen Hall cuántico.

Introducción

Los gases bidimensionales de electrones (2-deg) presentan efecto Hall cuántico (QHE) cuando están en presencia de un campo magnético y en condiciones de temperatura adecuadas. Este efecto está caracterizado por la presencia de canales de conducción de borde [1]. Estos canales son un terreno de experimentación ideal para el estudio de propiedades de transporte termoeléctrico [2, 3], y también para el estudio de sistemas de interferencia electrónica [4].

Descripción

Las heteroestructuras de GaAs se caracterizan por la presencia de un gas de electrones confinado, que a baja temperatura puede considerarse bidimensional. En nuestro caso podemos lograr en el laboratorio temperaturas extremadamente bajas, de sólo 300 mK. El régimen de QHE se obtiene aplicando una corriente de polarización y fuertes campos magnéticos (de hasta 14 T en nuestro sistema). El estado Hall cuántico se caracteriza por presentar resistencia longitudinal (magneto-resistencia) nula y resistencia transversal, la resistencia Hall, constante y dependiente únicamente de constantes fundamentales de la naturaleza. Esto la convierte en un referente universal para reproducir la unidad de resistencia eléctrica.

Para poder lograr nuestros objetivos de completar el estudio de estos sistemas al comportamiento termoeléctrico, comenzamos a intentar producir muestras de calidad en forma sistemática.

Se detallan a continuación los resultados obtenidos en esta búsqueda. Se desarrollaron métodos para el procesamiento de las heteroestructuras de GaAs/AlGaAs, dentro de los cuales la generación de contactos óhmicos fue un punto de particular interés.

Uno de los grupos de muestras usados fueron crecidas por Ulf Gennser de la Université de Paris Sud, utilizando crecimiento molecular epitaxial (MBE) sobre sustratos de GaAs. Su composición de capas y perfil energético cualitativo se detalla en la figura 1, también se indica en él la posición del pozo cuántico interjuntura donde se establece el 2-deg.

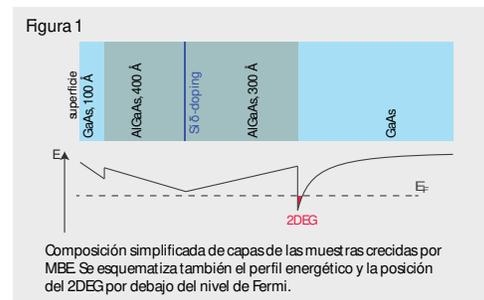


Figura 1: composición simplificada de capas de las muestras crecidas por MBE. Se esquematiza también el perfil energético y la posición del 2-deg por debajo del nivel de Fermi.

Procesos y resultados

Un punto importante en el procesamiento de las muestras consiste en realizar buenos contactos óhmicos a la región del 2-deg. Las muestras fueron procesadas utilizando los pasos indicados en la figura 2.

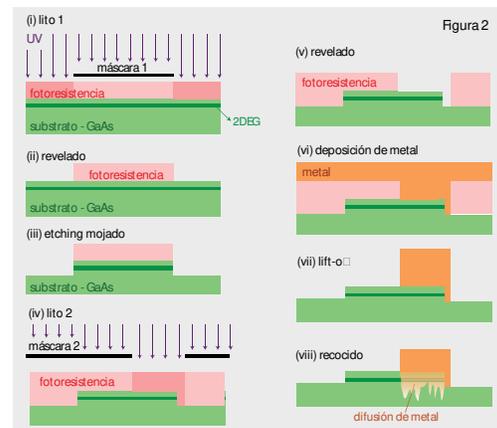


Figura 2: procesos litográficos, etching y deposición de metales que permiten fabricar las estructuras deseadas

En el segundo proceso de litografía y deposición de metal, ítems iv-viii de la figura 2, se determinan los contactos. Éstos consisten en una combinación de Ni/AuG, con AuGe en una composición eutéctica (menor temperatura de fusión). Esta composición de metales es conocida en la literatura y ha probado ser muy confiable.

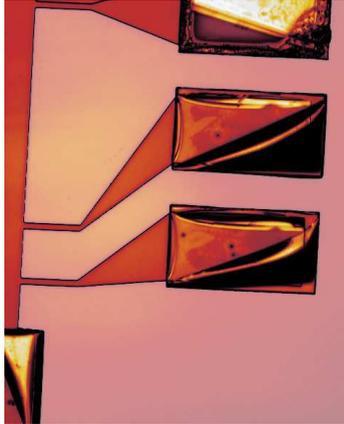


Figura 3: el metal se depositó por evaporación asistida por electrones (Ni) y por evaporación Joule (AuGe) en una misma campana.

El paso final del procesamiento consiste en realizar el recocido de los contactos, momento en el cual el AuGe difunde, asistido por el Ni, hacia el interior de la muestra. Si este proceso está bien hecho se obtiene el contacto eléctrico al 2- deg.

Resultados

Se realizaron varias muestras y se efectuaron los recocidos a diferentes temperaturas, de 420 a 460 °C. La figura 4 es una imagen óptica de una de ellas.

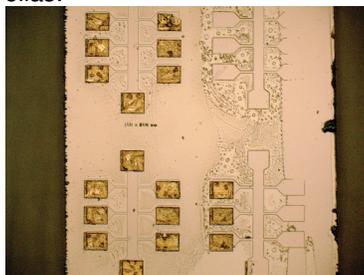


Figura 4: imagen óptica de varias muestras ya procesadas con sus contactos

A temperatura ambiente, los contactos medidos en una estación de prueba mostraron tener resistencias óhmicas del orden de los 20-30 kΩ. No se observó dependencia de la resistencia medida con la temperatura de

recocido. Luego se midieron a baja temperatura (4,2 K) y se observó que las resistencias de contacto obtenidas estaban por debajo de los 6 Ω, lo cual mostró un excelente resultado.

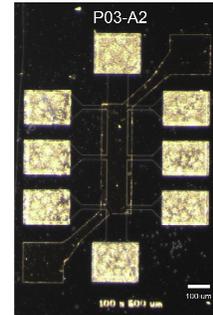


Figura 5: ejemplo de una de las estructuras generadas. Esta muestra tiene 8 contactos al gas bidimensional

Las muestras procesadas pudieron medirse en el PTB, y se observó comportamiento de QHE fraccionario dado que son muestras que tienen muy alta movilidad

Conclusiones

Los procesos desarrollados demuestran tener una muy buena repetibilidad. En particular el etching mojado permitió un buen control de la profundidad de comido del material sin detrimento de su calidad. Respecto a los contactos, aparentan ser muy buenos dada su baja resistencia. Además pudo observarse su comportamiento en condiciones de QHE (baja temperatura y altos campos magnéticos)

Agradecimientos

Agradecemos al grupo de Ulf Gennser del LPN por proveer las muestras utilizadas en este trabajo, a los grupos de la sala limpia de CNEA e INTI por su gran ayuda y brindarnos la posibilidad de utilizar sus instalaciones, y a los grupos de blancos y materiales de CNEA y de Procesos Superficiales de INTI por aportar materiales, equipamiento y ayuda. Este proyecto cuenta con el financiamiento y apoyo del CONICET, INTI, CNEA y UnSam.

Bibliografía

1. Beenakker, C. W. J. "Edge channels for the fractional quantum Hall effect." *Phys. Rev. Lett.* 64.2 (1990): 216.
2. Nam, S. G., Hwang, E. H., & Lee, H. J. (2013). "Thermoelectric detection of chiral heat transport in graphene in the quantum Hall regime". *Phys. Rev. Lett.*, 110(22), 226801.
3. Jezouin, Sébastien, et al. "Quantum limit of heat flow across a single electronic channel." *Science* 342.6158 (2013): 601-604.
4. Bocquillon, Erwann, et al. "Electron quantum optics: Partitioning electrons one by one." *Phys. Rev. Lett.*, 108.19 (2012): 19680