

Procesamiento de heteroestructuras de GaAs/AlGaAs para la realización del patrón nacional de resistencia basado en el efecto Hall cuántico

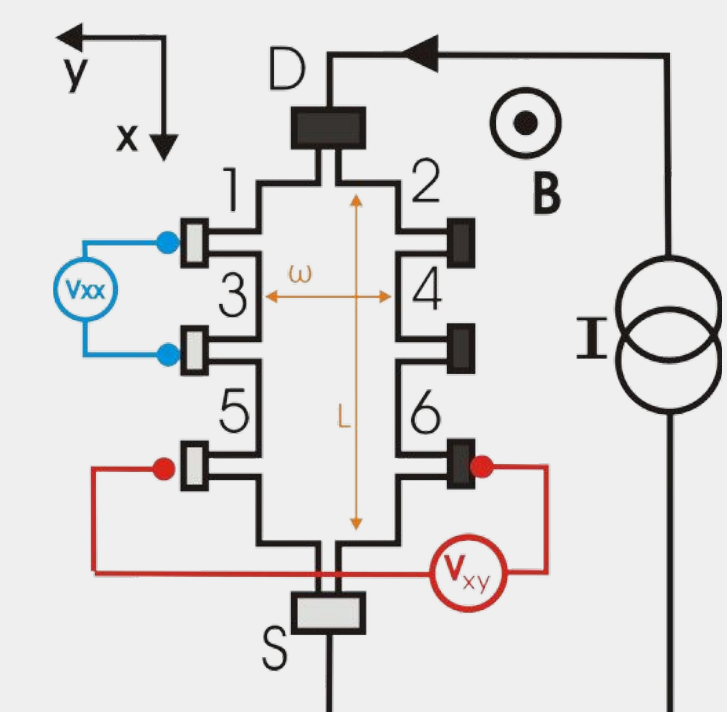
Huxhagen Federico^{1,2,3}, Urtubey Elián^{1,2,3}, Salazar Leonardo⁴, Pastoriza Hernán⁴, Giudici Paula^{2,4}, Real Mariano¹

Resumen

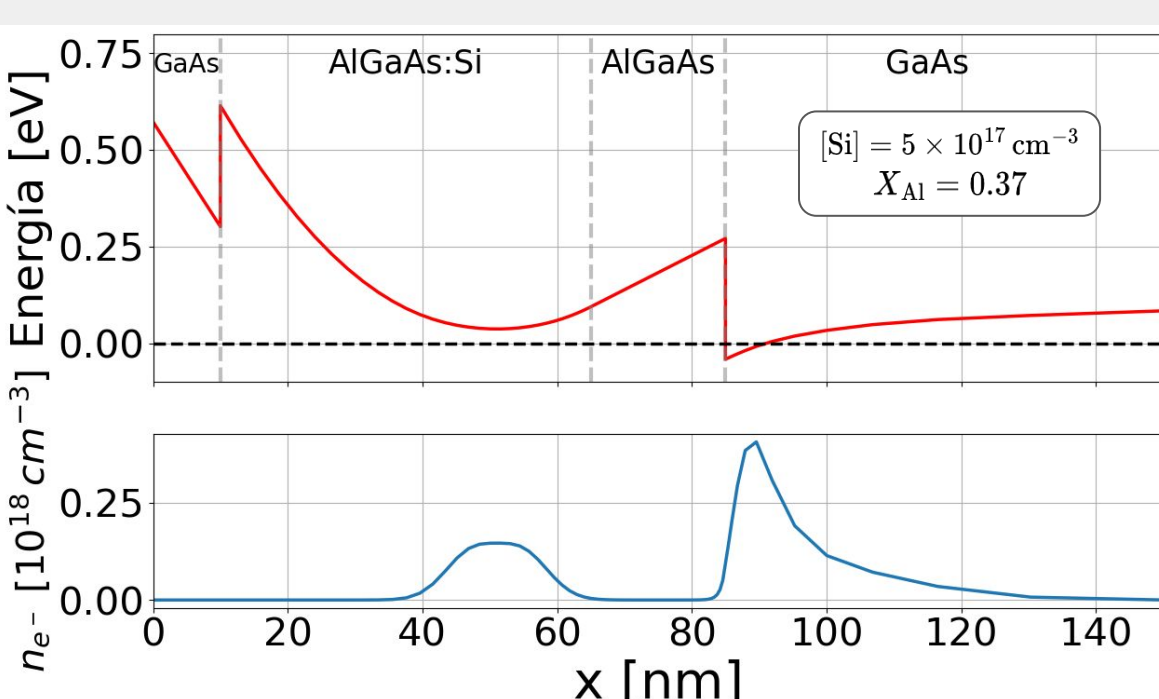
En las últimas décadas, los sistemas cuánticos aplicados a la metrología han adquirido gran relevancia, ya que el Sistema Internacional de Unidades se basa en constantes universales [1,2]. En el ámbito eléctrico, la realización del ampere deriva del volt, el ohm y la Ley de Ohm, siendo este último fundamental por su definición mediante el efecto Hall cuántico (QHE) [3,4]. Con el fin de avanzar hacia una realización nacional del patrón de resistencia basado en QHE, se desarrollaron capacidades locales en diseño, procesamiento y caracterización de heteroestructuras semiconductoras.

A partir de GaAs crecido en el país, se estableció un procedimiento completo en sala limpia para fabricar dispositivos tipo barra Hall. De las muestras obtenidas, una presentó trece dispositivos funcionales tras litografía, ataque químico, formación de contactos óhmicos y bondeo. En paralelo, se optimizaron heteroestructuras mediante simulaciones en Nextnano [5], proponiendo mejoras para futuros crecimientos. Los ensayos preliminares confirmaron la funcionalidad de los dispositivos, marcando un paso clave hacia la implementación completamente nacional del patrón cuántico de resistencia.

Introducción

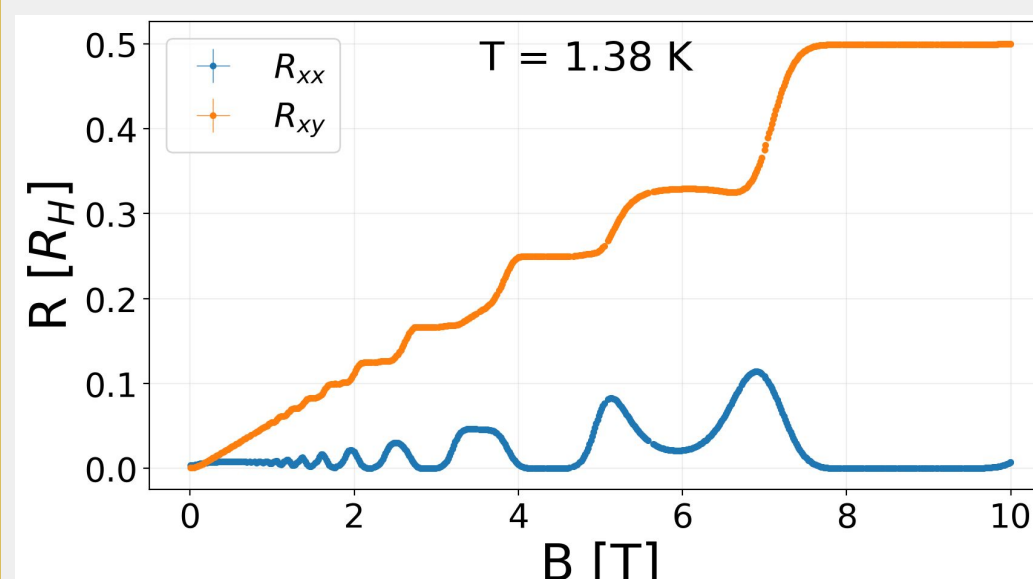


Con heteroestructuras semiconductoras se genera un 2DEG a partir del cual se puede medir efecto Hall cuántico.



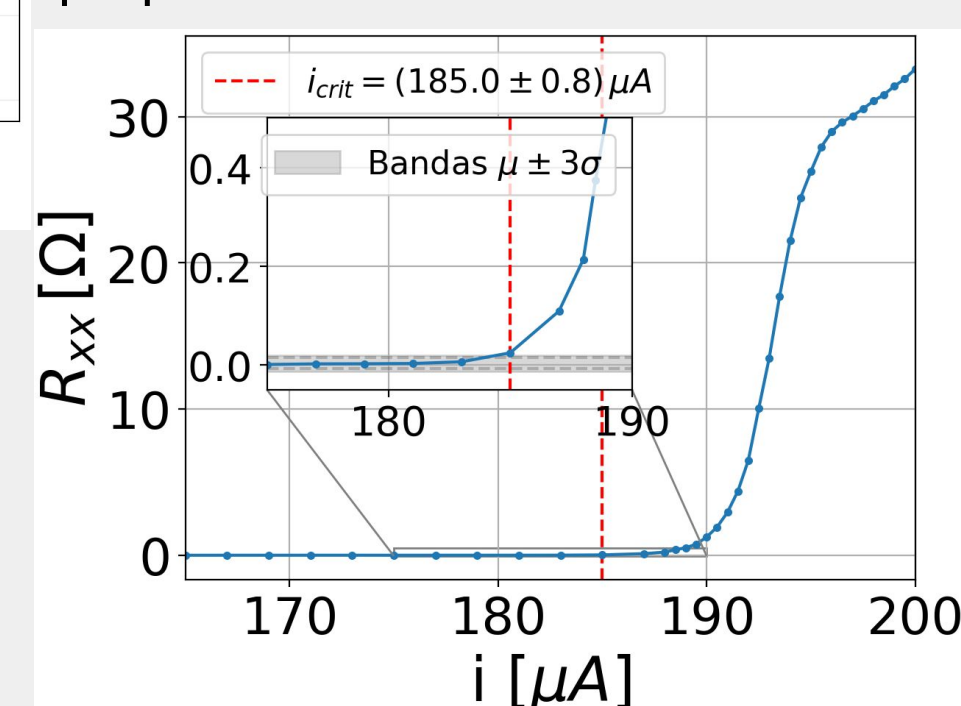
Se simuló heteroestructuras con Nextnano para poder crecer cristales nuevos en el país.

Medición de Efecto Hall cuántico



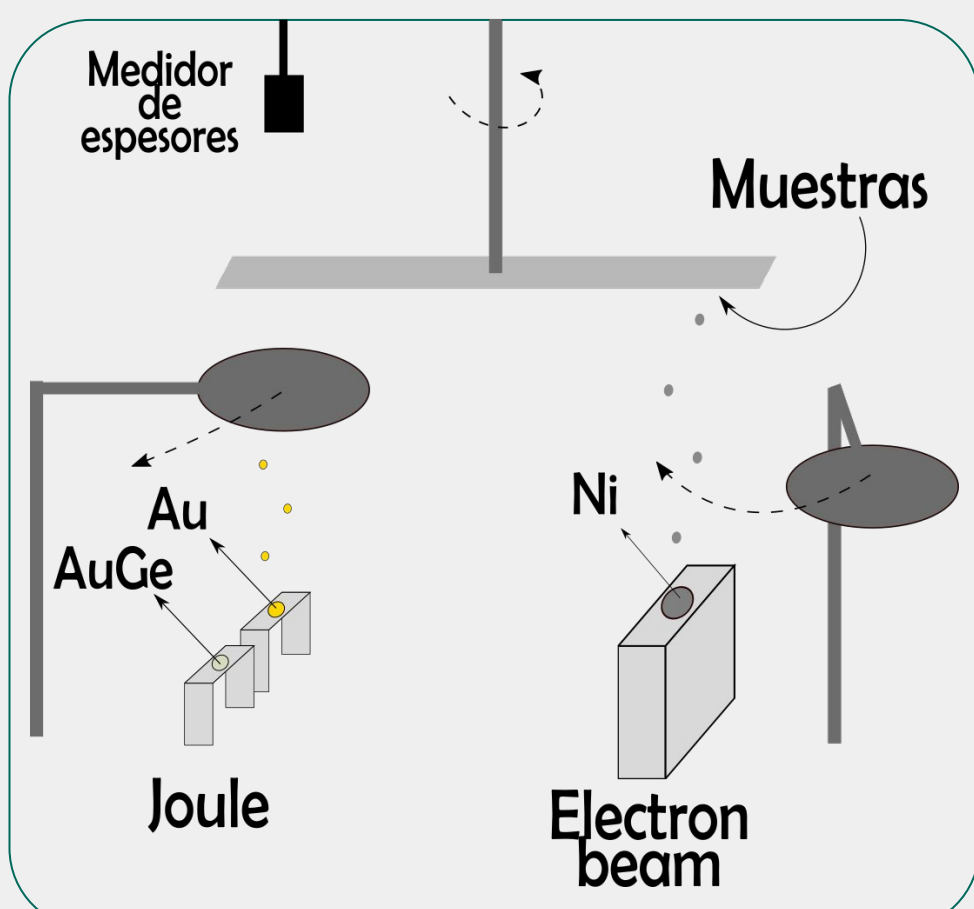
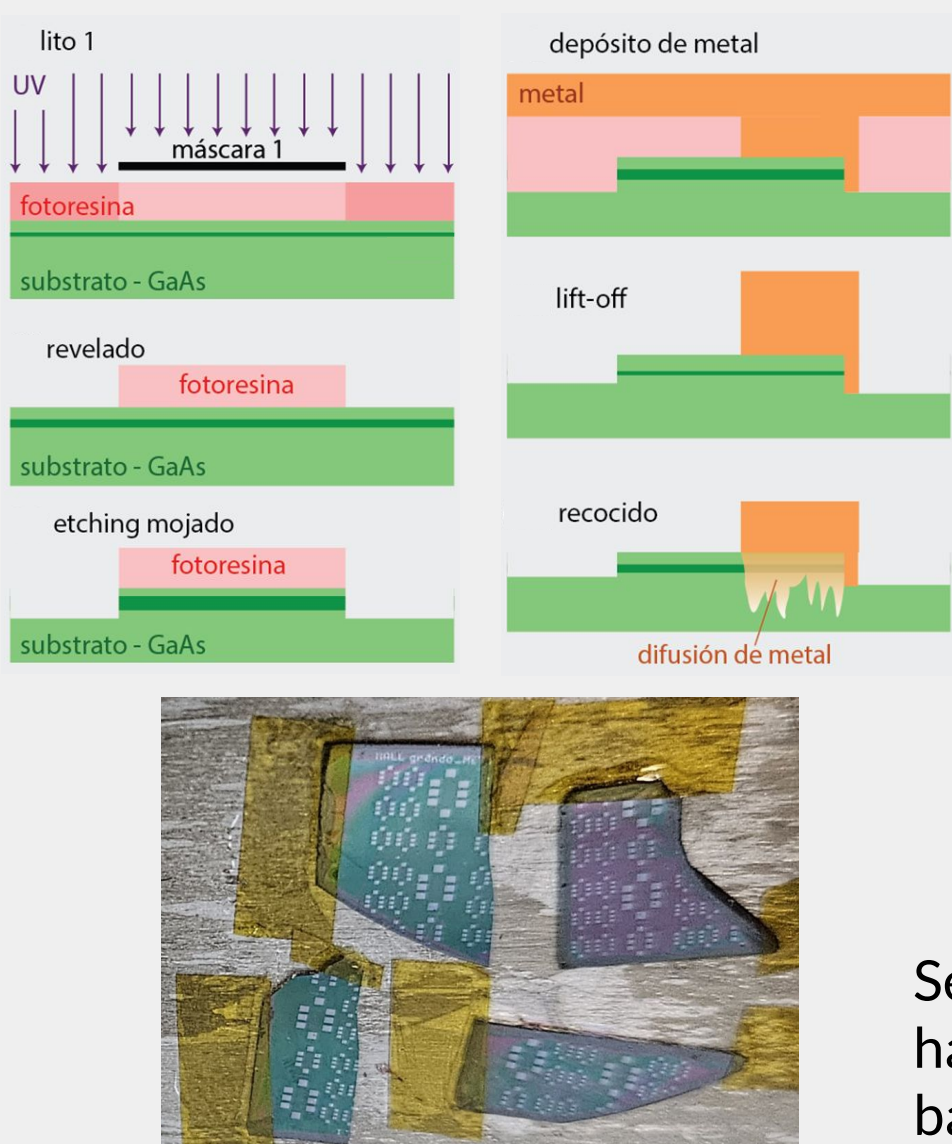
$$R_H = \frac{h}{e^2} \frac{1}{\nu} \quad \frac{h}{e^2} = 25812,8099... \Omega$$

Se pudo observar la cuantización en múltiples plateaux de la resistencia perpendicular de las barras Hall.



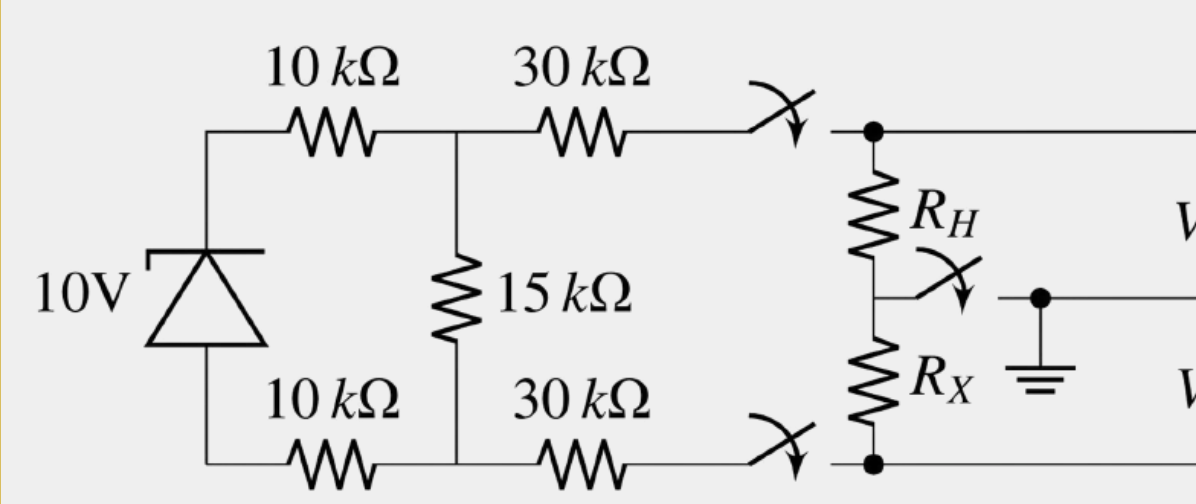
Como parte de la caracterización de la muestra se midió la corriente crítica, valor de corriente para el cual la muestra sale de estado y deja de presentar efecto Hall. Sobre un plateau de resistencia, se aumentó la corriente hasta ver que dejaba de ser nula.

Procesamiento de heteroestructuras



Se procesaron distintas heteroestructuras hasta producir en cada una múltiples barras Hall como se deseaba.

Calibración de un resistor



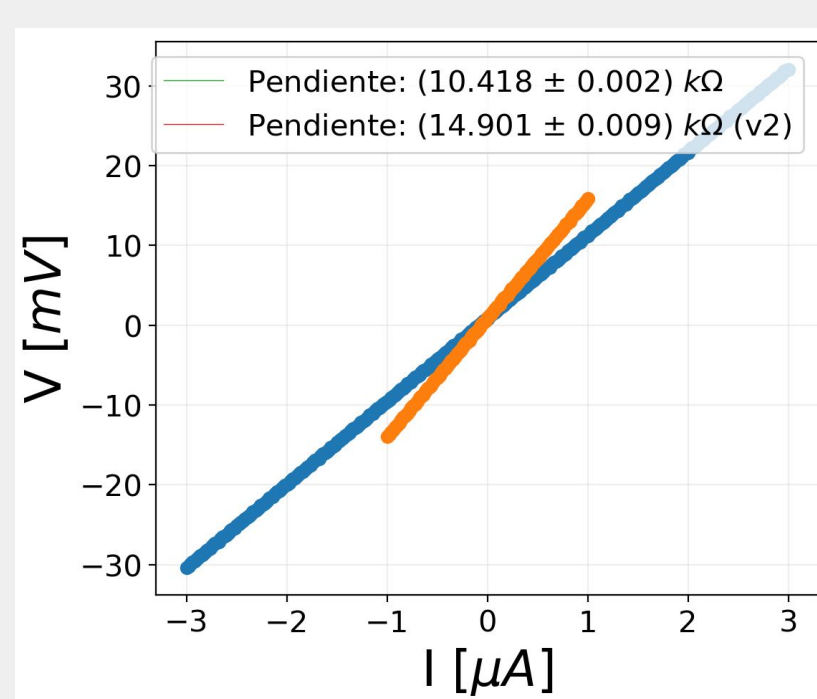
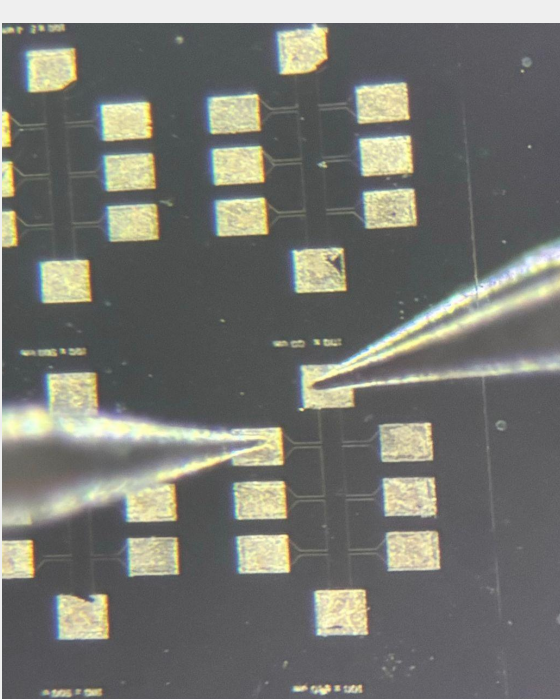
$$R_{ESI} = \frac{V_{ESI}}{V_H} \frac{R_k}{2}$$

Se utilizó este circuito para calibrar un resistor patrón utilizando el valor de resistencia conocido por el efecto Hall cuántico.

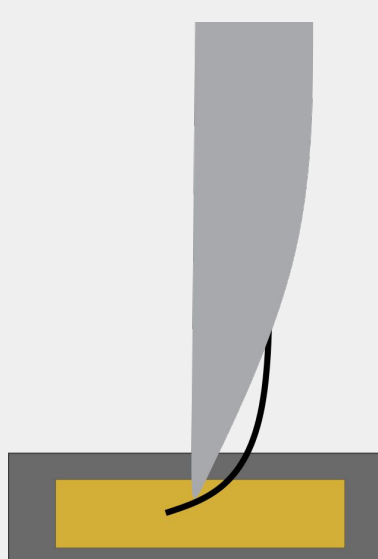
Se compararon las resistencias Hall en los plateaux 2 y 4 con el ESI; el cociente entre ellas fue ~2, con mayores desvíos respecto de la referencia en el segundo.

ν	Medición	$R_{ESI-2} [\Omega]$	Desvío [$\mu\Omega/\Omega$]
	Referencia	10000.0059	
2	1	10000.0072	0.13
	2	10000.0075	0.16
	3	10000.0077	0.18
4	4	10000.0112	0.53
	5	10000.0096	0.37
	6	10000.0161	1.06

Caracterización inicial de dispositivos



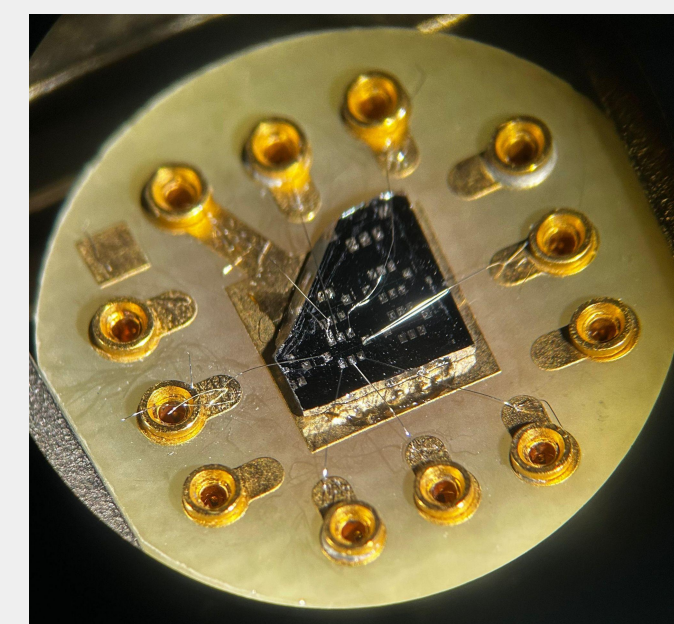
Tras el procesado, se midieron resistencias de contacto a temperatura ambiente, obteniéndose 13 dispositivos con contactos óhmicos.



Se fraccionó la muestra con las barras cuyo comportamiento era óhmico y, usando una bonder, se unieron con alambres de aluminio los contactos de una de las barras a un zócalo para ser colocado en un crióstato.

Conclusiones

En este trabajo se estableció un procedimiento para el procesamiento de muestras de GaAs/AlGaAs y se preparó una de ellas para la medición del efecto Hall cuántico, cuyas pruebas preliminares indican que se espera que presente dicho fenómeno. En otra muestra se midió el QHE y se determinó su corriente crítica, mientras que en paralelo se calibraron dos resistores ESI como parte de la caracterización del sistema.



Además, se realizaron simulaciones de distintas estructuras optimizadas para su futura fabricación. Estas ya fueron crecidas en el Centro Atómico Bariloche y actualmente se encuentran en proceso de caracterización, consolidando la viabilidad de avanzar hacia dispositivos para la medición de efecto Hall Cuántico fabricados de forma completamente nacional.

Referencias, afiliaciones y más

- [1] T.C. Liebisch, J. Stenger, J. Ullrich, Ann. Phys. 531, 1800339 (2019).
- [2] M. Stock et al., Metrologia 56, 022001 (2019).
- [3] K. v. Klitzing, G. Dorda, M. Pepper, Phys. Rev. Lett. 45, 494 (1980).
- [4] T.J. Witt, Rev. Sci. Instrum. 69, 2823 (1998).
- [5] <https://www.nextnano.com>

- ¹ Departamento de Metrología Cuántica, INTI e INCALIN-UNSAM
- ² Departamento de Materia Condensada, CNEA
- ³ Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEN), UBA
- ⁴ Instituto de Nanociencia y Nanotecnología (INN), CNEA-CONICET

