

ХАРАКТЕРИЗАЦИЯ ХОЛЛОВСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ГЕТЕРОСТРУКТУРЫ ALGAAS/INGAAS

Рябченко Ксения Константиновна

Старший лаборант, Институт Ядерной Физики им. Г.И. Будкера, РФ, г. Новосибирск

Пахомов Алексей Юрьевич

Инженер, Институт Ядерной Физики им. Г.И. Будкера, РФ, г. Новосибирск

Characterization of Hall transducers based on AlGaAs / InGaAs heterostructure

Kseniia Riabchenko

Senior assistant, Budker Institute of Nuclear Physics, Russia, Novosibirsk

Oleksii Pakhomov

Engineer, Budker Institute of Nuclear Physics, Russia, Novosibirsk

Аннотация. Датчики Холла являются наиболее важным инструментом для измерения топографии магнитного поля электромагнитов различной конструкции и последующего определения его характеристик в диапазоне полей от 0,1 Гс до 25 кГс.

В этой статье будут определены основные характеристики холловских преобразователей на основе гетероструктуры AlGaAs/InGaAs.

Abstract. Hall sensors are the most important tool for measuring the topography of the magnetic field of electromagnets of various designs and the subsequent determination of its characteristics in a wide range of fields from 0.1 G to 25 kG.

This article will identify the main characteristics of Hall converters based on the AlGaAs / InGaAs heterostructure.

Ключевые слова: датчики Холла; магнитная чувствительность; температурная чувствительность.

Keywords: Hall sensors; magnetic sensitivity; temperature sensitivity.

Датчики Холла являются наиболее важным инструментом для измерения топографии магнитного поля электромагнитов различной конструкции и последующего определения его характеристик в широком диапазоне полей от 0,1 Гс до 25 кГс. На стенде магнитных измерений экспериментального производства Института ядерной физики имени Г. И. Будкера

СО РАН для прецизионных измерений магнитного поля используются различные устройства, одним из которых является измерительная каретка, представляющая собой матрицу из датчиков Холла. В связи с тем, что требования к качеству измерений магнитных систем возрастают, необходимо поднимать точность измерительной системы, а значит, и датчики Холла должны удовлетворять параметрам, предъявляемые к ним, в частности, иметь малый ток питания ($I \sim 1$ мА), большую магнитную чувствительность ($\chi \geq 20$ мкВ/Гс).

В данной работе изучаются основные характеристики холловских преобразователей на основе гетероструктур AlGaAs/InGaAs, потенциально способных удовлетворять перечисленным требованиям.

Результаты тестирования этих датчиков в ИЯФ СО РАН представлены ниже.

Полученные образцы прямоугольной формы имеют 2 токовых и 6 потенциальных контактов каждый (рисунок 1). Сенсоры представляют собой тонкую эпитаксиальную плёнку, содержащую гетероструктуру AlGaAs/InGaAs, на арсенид-галлиевой подложке толщиной 450 мкм; используется припой на основе индия с $T_{\text{пл}} = 150$ °С; выводы выполнены из медной посеребренной проволоки диаметром $d = 60$ мкм; чувствительная область образца в форме холловского мостика имеет размеры $0,5 \times 0,2$ мм.

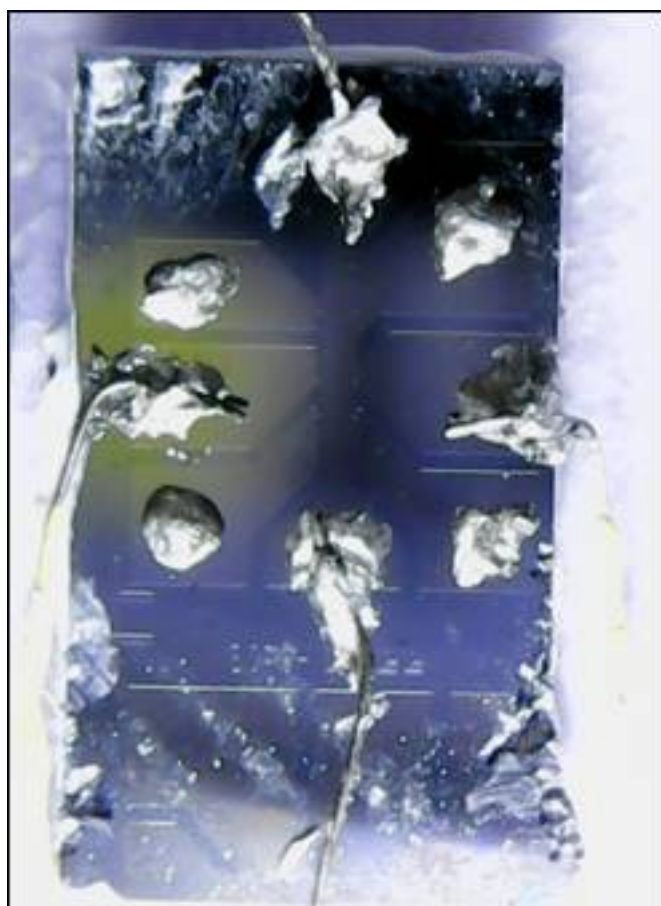


Рисунок 1. Внешний вид одного из изучаемых датчиков Холла

Исследования датчиков проводились в калибровочном дипольном магните с однородностью поля 5×10^{-5} , в качестве источника питания магнита использовался ИСТР (источник стабилизированного тока реверсивный), шум которого составляет 2×10^{-5} . Магнитное поле регистрировалось при помощи датчиков ЯМР, погрешность измерения которых при относительном градиенте поля менее 4×10^{-4} см⁻¹ составляет менее 3×10^{-6} [1].

Датчики Холла располагались в термостабилизированной каретке, температура которой поддерживалась в пределах $\pm 0,1$ °С.

В качестве источника тока питания датчиков использовался Keithley 6221, шум которого при токе в 1 мА составляет 400 нА. Сигнал с потенциальных выводов датчиков Холла фиксировался с помощью нановольтметра Keithley 2182А.

Калибровка сенсоров проводилась в поле от -20 кГс до 20 кГс с шагом в 2 кГс. На рисунке 2 представлена зависимость магнитной чувствительности датчиков от магнитного поля.

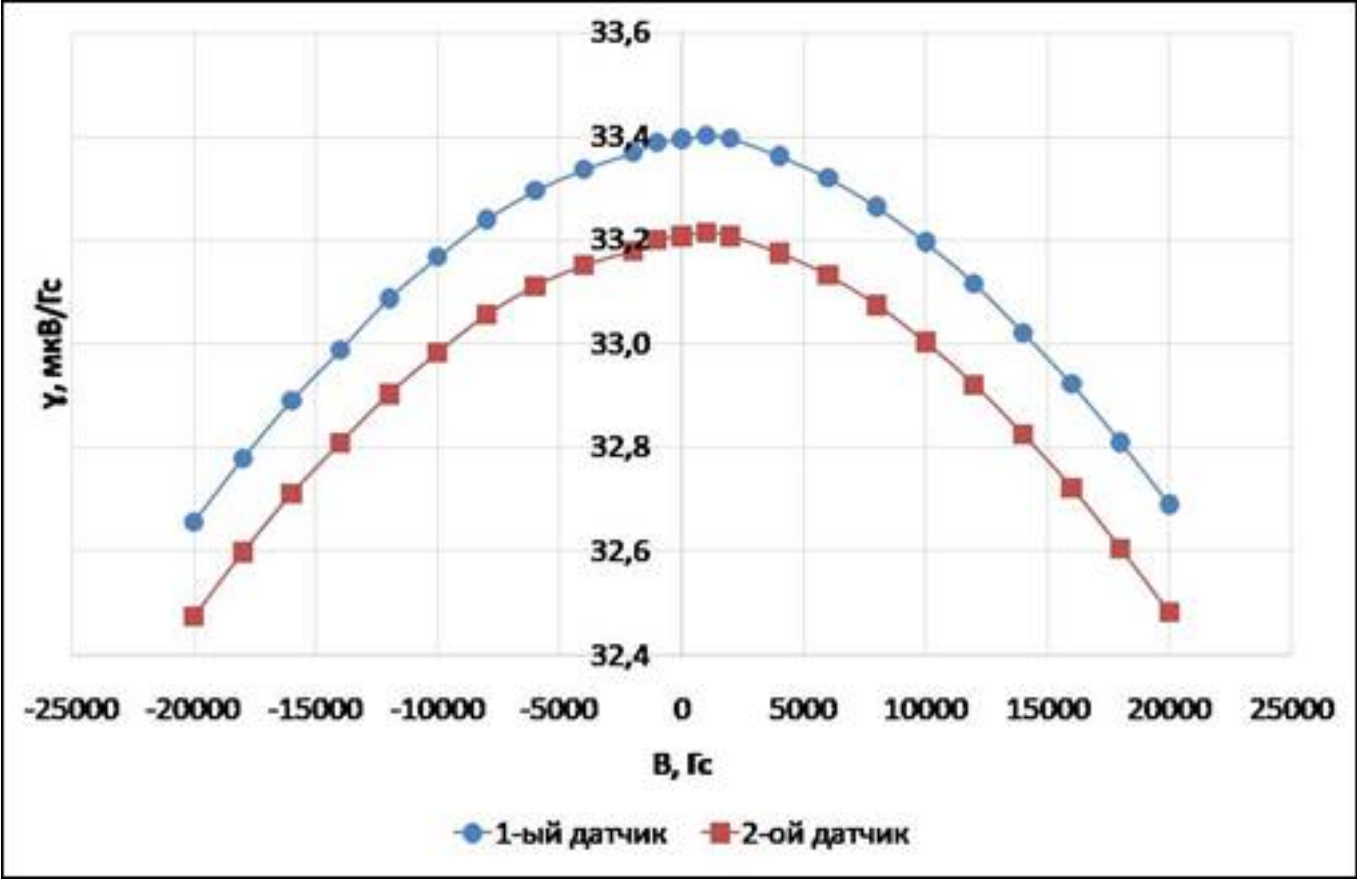


Рисунок 2. Зависимости магнитной чувствительности датчиков от величины магнитного поля B

В результате были получены основные характеристики, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Основные характеристики датчиков Холла

Номер датчика		1
Остаточное напряжение, мкВ		497,3
Магнитная чувствительность (γ) при $B = 1$ кГс, мкВ/Гс		33,39
Коэффициент расходимости при $B = 1$ кГс, %		0,038

Коэффициент нелинейности при $B = 20$ кГс, %		2,13
Температурный коэффициент остаточного напряжения, мкВ/°С (Гс/°С)		-0,74 (-0,022)
Температурный коэффициент чувствительности при $B = 10$ кГс, мкВ/°С (Гс/°С)		-84,9 (-2,54)
Сопротивление, Ом		3770
Ток питания, мА		

На рисунке 3 представлен шум датчиков в пермалловом экране при токе питания – 1 мА. Как видно из рисунка 3, шум датчиков имеет величину $\sim 0,15$ Гс или же 5 мкВ, причем вклад в этот шум источника питания минимален.

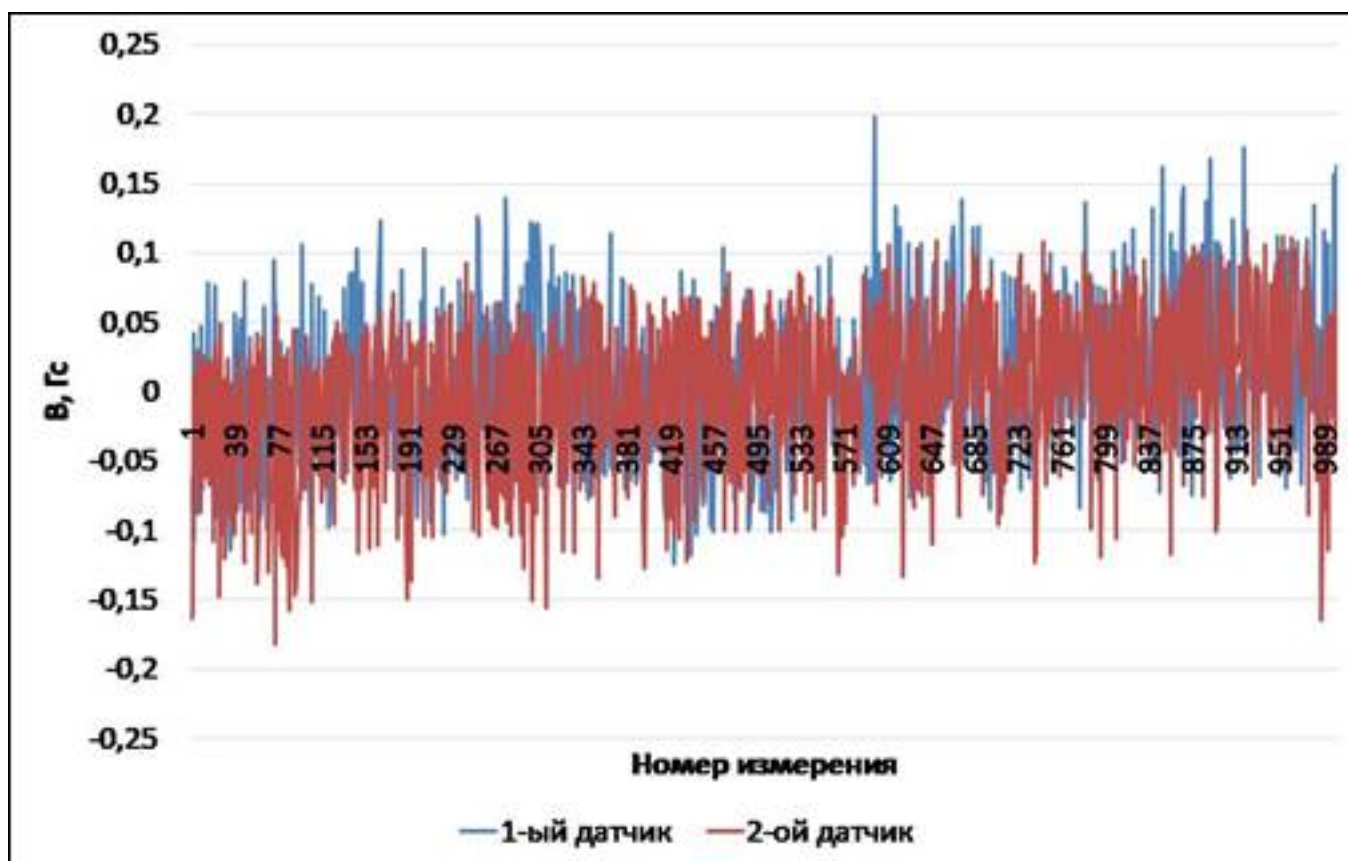


Рисунок 3. Показания датчиков в пермалловом экране ($I = 1$ мА)

На рисунке 4 представлен шум 1-го датчика в пермалловом экране при токе питания ~ 2 мА (батарея «Крона») при долговременном испытании (8 часов).

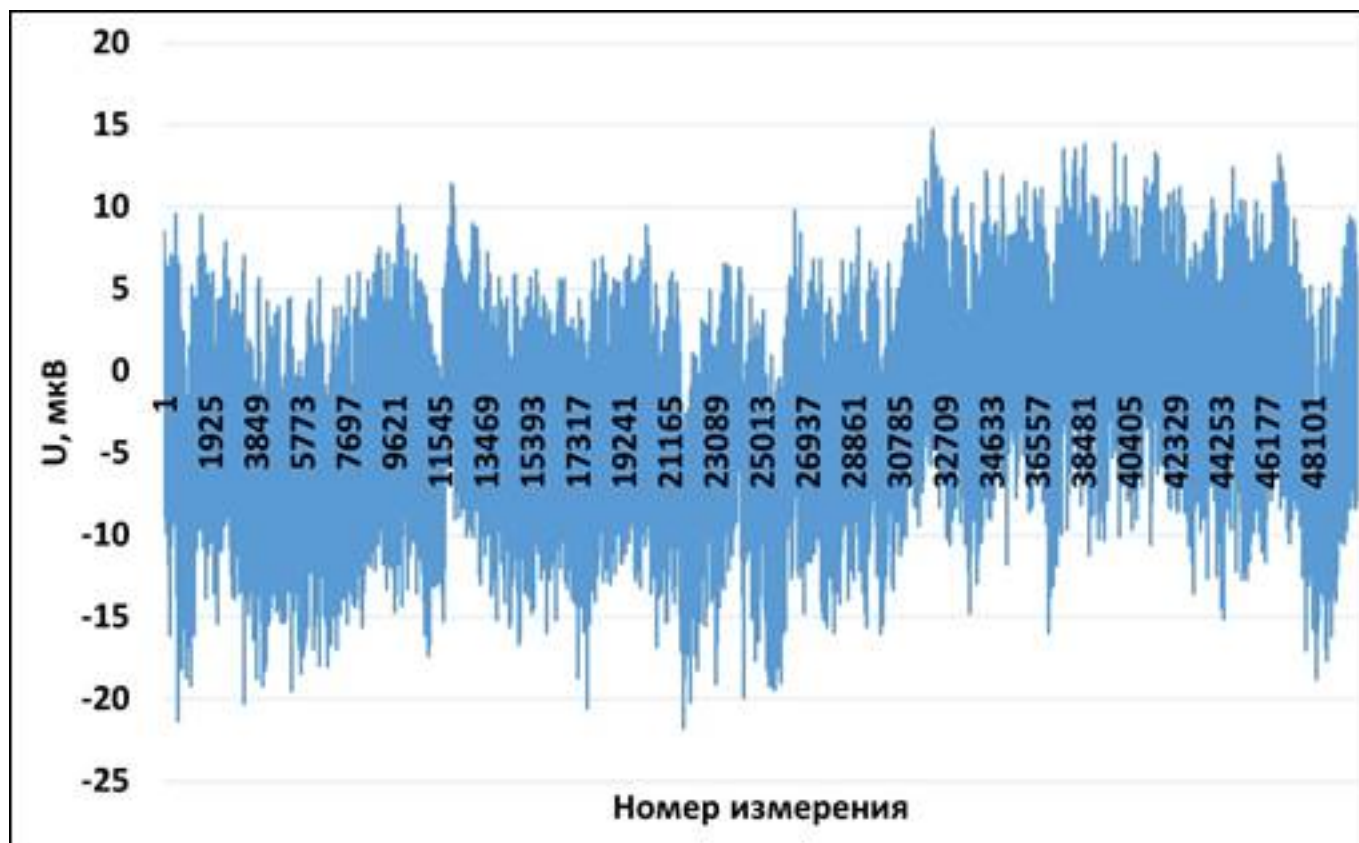


Рисунок 4. Показания 1-го датчика в пермалловом экране ($I \sim 2$ мА)

На рисунке 5 представлен шум 2-го датчика в пермалловом экране при отключенном источнике питания ($I = 0$ мА) при долговременном испытании (8 часов).

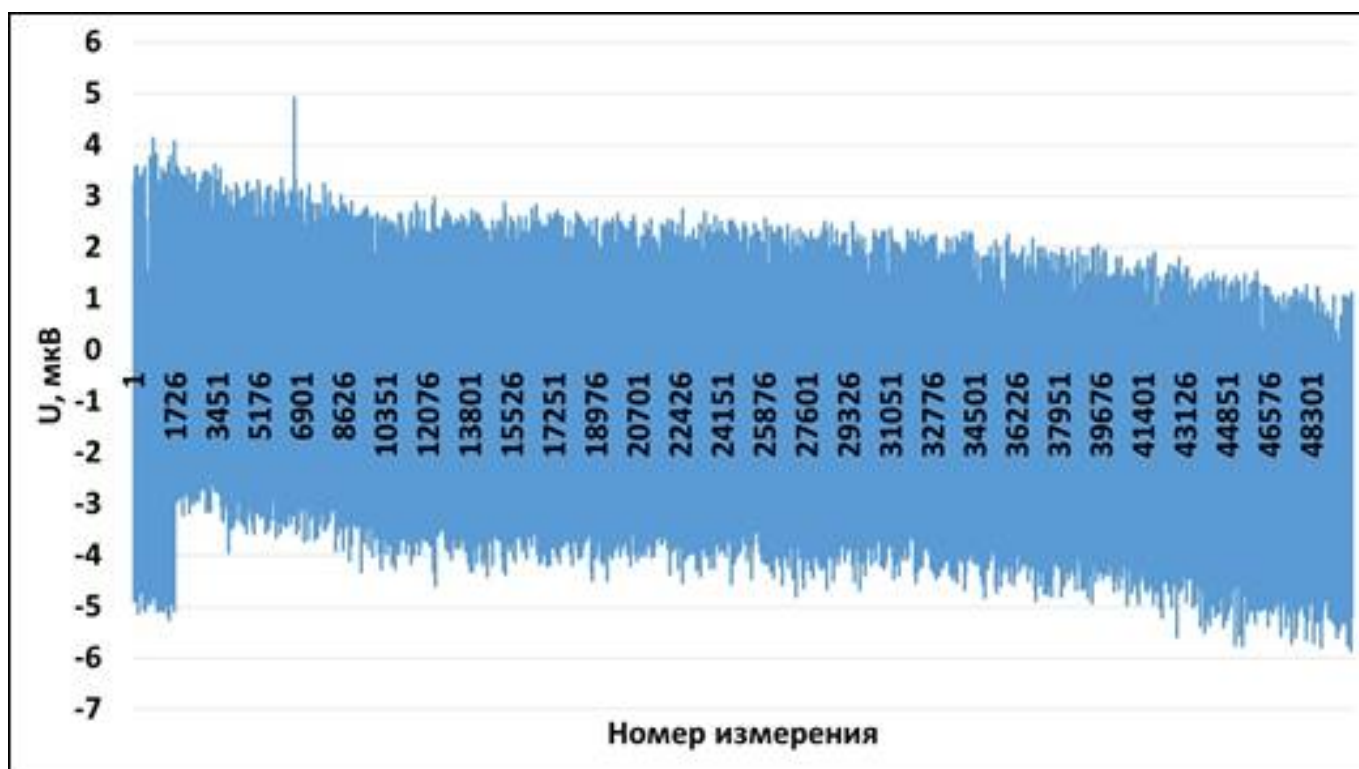


Рисунок 5. Показания 2-го датчика в пермалловом экране ($I = 0$ мА)

Заключение

Проведены измерения основных характеристик двух холловских преобразователей на основе гетероструктуры AlGaAs/InGaAs в результате которых была получена магнитная чувствительность $\gamma \sim 33$ мкВ/Гс при токе питания $I = 1$ мА. Датчики имеют большую температурную чувствительность в поле $B = 10$ кГс, что решается путем использования термостабилизации измерительной каретки. Образцы обладают довольно большими собственными шумами (на уровне 0,2 Гс).

Благодарности

Авторы выражают признательность сотруднику ИФП СО РАН А.Б. Воробьёву за предоставленные для измерений образцы холловских преобразователей.

Список литературы:

1. Карпов Г.В., ЯМР Магнитометр, Институт ядерной физики им. Будкера, Новосибирск, 2013.