УДК 535.213
А.В. Войцеховский
ТГУ, Томск
В.Я. Костюченко
СГГА, Новосибирск
Д.Ю. Протасов
Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН, Новосибирск

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ФОТОМАГНИТНОГО ЭФФЕКТА И ФОТОПРОВОДИМОСТИ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ НА ПЛЁНКАХ УЗКОЗОННЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ Р-ТИПА

В работе рассматривается экспериментальная установка для измерения при температуре 77÷300 K фотомагнитного эффекта и фотопроводимости в магнитном поле для геометрий Фойгта и Фарадея, а также эффекта Холла и магнитосопротивления на эпитаксиальных плёнках кадмий–ртуть–теллур р-типа. Изучение этих эффектов позволяет определять для плёнок, толщина которых сравнима с длиной диффузии неравновесных носителей заряда, не только равновесную концентрацию и подвижность основных носителей заряда (дырок), но и рекомбинационно-диффузионные параметры материала.

A.V. Vojcehovski
TSU, Tomsk
V.Ya. Kostyuchenko
Siberian State Acadeny of Geodesy (SSGA), 10 Plakhotnogo Ul., Novosibirsk, 630108, Russian Federation
D.Yu. Protasov
Institute of Semiconductor Physics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, pr. Lavrentieva, 13, 630090 Novosibirsk, Russia

EXPERIMENTAL SETUP FOR INVESTIGATION OF PHOTOELECTROMAGNETIC EFFECT AND PHOTOCONDUCTIVITY IN MAGNETIC FIELD ON NARROW-GAP SEMICONDUCTOR FILMS

In this paper the experimental setup for investigation of photoelectromagnetic effect and photoconductivity in magnetic field for Faraday and Voight geometries, Hall effect and magnetoconductivity in p-type epitaxial films cadmium-mercury-telluride in temperature range 77÷300 K was described. The investigation of these effects made it possible to determine not only density and mobility of equilibrium charge carriers, but also recombination-diffusion parameters of films with thickness compared to diffusion length of minor charge carriers.

Для изготовления матричных фотоприёмных устройств (ФПУ), с фотоэлементами в виде n-p-переходов, используются преимущественно эпитаксиальные плёнки тройных растворов кадмий–ртуть–теллур (КРТ) $Cd_xHg_{1-x}Te$ p-типа, где x – мольный состав Cd [1]. При выборе плёнок для изготовления ФПУ с требуемыми характеристиками необходимо знать не только равновесную концентрацию и подвижность основных носителей заряда (дырок), но и рекомбинационно-диффузионные параметры материала, такие как время жизни электронов и дырок в объёме, подвижность неосновных носителей заряда (электронов), скорости поверхностной рекомбинации на свободной и связанной с подложкой границах раздела плёнки.

Применение традиционных методов изучения процессов диффузии и рекомбинации неравновесного электронно-дырочного газа в плёнках и плёночных структурах затруднено, так как неравновесные носители заряда имеют относительно малое время жизни и малую диффузионную длину. Для изучения процессов рекомбинации и диффузии неосновных носителей заряда наиболее информативными являются такие методы, как фотопроводимость (ФП) в магнитном поле в геометрии Фойгта ($\vec{E} \perp \vec{B}$, где $\vec{E}$ – напряжённость электрического поля и $\vec{B}$ – индукция магнитного поля, $\bar{k} \perp \bar{E}$, где $\bar{k}$ - волновой вектор излучения) и в геометрии Фарадея ($\vec{k} \parallel \vec{B}$, $\vec{E} \perp \vec{B}$, и $\vec{k} \perp \vec{E}$), а также фотомагнитный эффект (ФМЭ) [2].

Образцы приготавливаются двумя способами:

1. Из структуры вырезаются прямоугольные полоски с характерными размерами 10×1,5 мм^2, которые затем укрепляются на сапфировой подложке с помощью индия. Контакты к образцу изготавливаливаются также из индия методом холодной сварки.

2. Классическая холловская структура формируется методом фотолитографии. Меза-травление проводится в 0,25 % растворе Br_2:HBr. Затем образец закрепляется на держателе. При изучении ФП в магнитном поле и ФМЭ проводятся количественные измерения этих эффектов. Для измерений используется зондовый метод, при котором излучение направляется только на центральную часть образца, удалённую от контактов. В этом случае общее изменение проводимости всего образца вызвано изменением проводимости только его центральной части. Так как расстояние от границ освещенной области в центре образца до контактов значительно превышало длину диффузии неравновесных носителей заряда, то влияние контактов на рекомбинацию не учитывается.

В эксперименте измеряемый сигнал, как правило, складывается из исследуемого и ряда сигналов других эффектов, кроме того, давали вклад паразитные сигналы различной природы. Полезные сигналы ФМЭ и ФП выделяются применением модуляции излучения и синхронным детектированием сигнала на частоте модуляции.

Экспериментальная установка приведена на рис. 1. Исследуемый образец (1) в виде холловской структуры помещается в криостате (2), охлаждённый

жидким азотом, между полюсами электромагнита (3). Электромагнит питается от генератора (4), дающего плавную развертку тока до 17 А, что соответствует индукции магнитного поля 2 Тл. Величина магнитной индукции измеряется при помощи датчика Холла (5) типа ПХЭ, который питается от источника тока (6).

Напряжение, пропорциональное величине индукции магнитного поля, снимается с датчика Холла и записывается на компьютере (7). При измерении эффекта Холла, магнитосопротивления и ФП через образец пропускается постоянный ток от источника (8). При измерении ФМЭ ток через образец не пропускается. С целью уменьшения сетевых помех питание источника (8) осуществляется от гальванического элемента. Температура образца определяется датчиком (9) на основе калиброванного угольного резистора ТВО-0,125, размещенного на держателе. Датчики на основе таких резисторов являются наименее чувствительными к магнитному полю. Надежность теплового контакта между образцом и держателем обеспечивается с помощью термопасты. Температура образца регулируется от 77 К до 300 К с помощью нагревателя (10) и стабилизатора температуры (11).

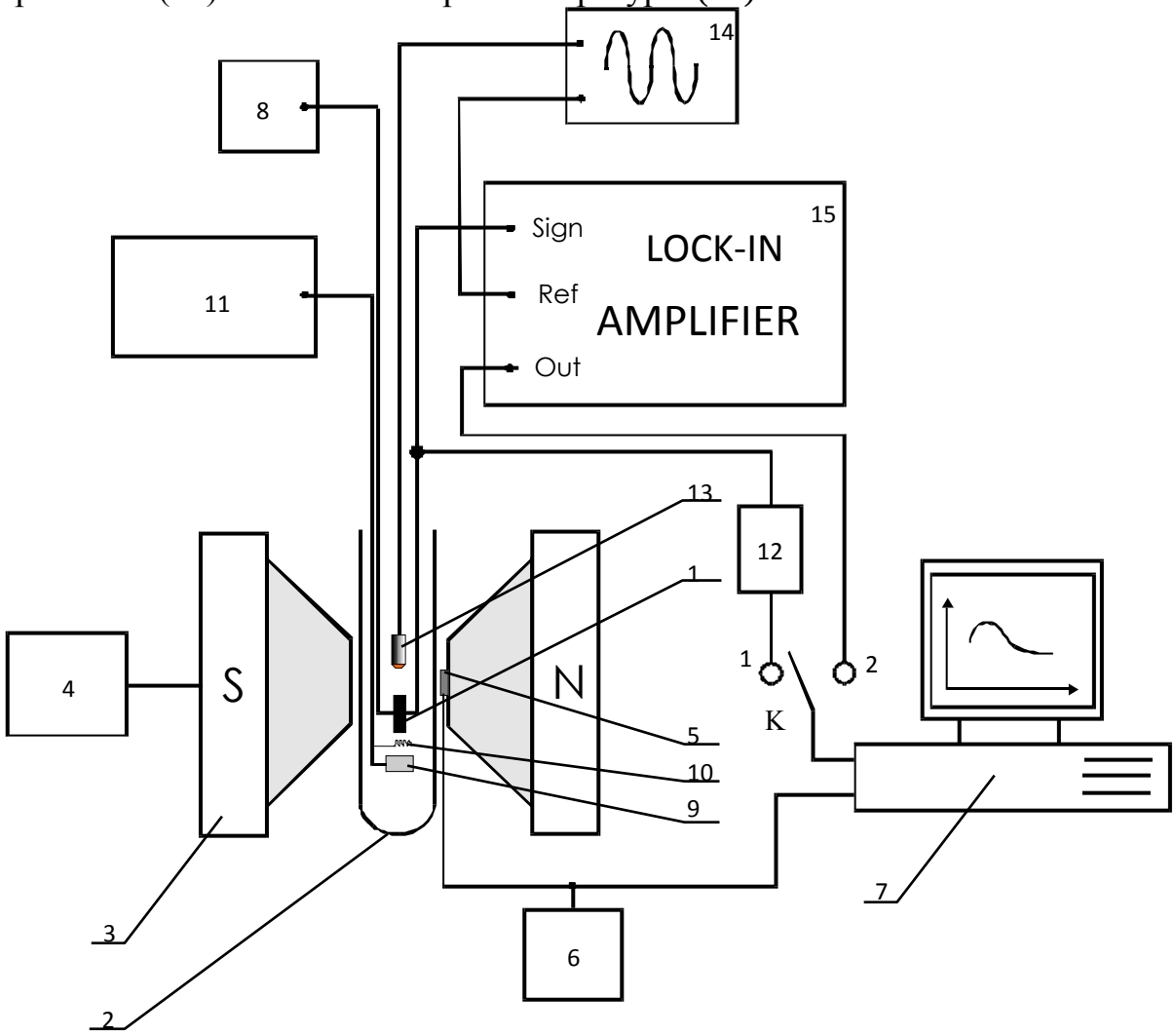


Рис. 1. Блок-схема экспериментальной установки

В положении № 1 коммутатора К измеряется эффект Холла и магнитосопротивление. Сигналы с образца поступают на масштабирующий усилитель (12) и затем на АЦП компьютера (7). При измерении ФП и ФМЭ для генерации неравновесных носителей заряда образец освещался инфракрасным светодиодом (13), питающимся от генератора переменного напряжения (14). Применяется светодиод марки АЛ103, с длиной волны в максимуме излучательной способности $\lambda = 0{,}94$ мкм и максимальной мощностью 1 мВт при токе 50 мА. Измеряемый сигнал ФП или ФМЭ регистрировался и усиливался синхронным детектором UNIPAN (15) на опорной частоте генератора (14) и в положении коммутатора (2) записывался на компьютере. Геометрия эксперимента задавалась положением держателя в криостате относительно вектора магнитной индукции $\vec{B}$.

Таким образом, в работе рассмотрена экспериментальная установка для исследования фотомагнитного эффекта и фотопроводимости в магнитном поле на плёнках узкозонных полупроводников р-типа.

Реализация аппаратурных и методических средств позволила разработать фотоэлектромагнитный комплекс исследования процессов диффузии и рекомбинации носителей заряда в плёнках и плёночных структурах узкозонных полупроводников р-типа [3,4].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рогальский, А. Инфракрасные детекторы/ Пер. с англ. – Новосибирск.: Наука, 2003. - 636 с.

2. Протасов, Д.Ю. Эффективные темпы оптической генерации и скорости поверхностной рекомбинации носителей заряда в варизонных плёночных фотоприемных структурах р-КРТ МЛЭ[Текст] /Д.Ю. Протасов, В.Я. Костюченко//Автометрия. – 2008. – Т. 44, №6. – С. 103-108.

3. Костюченко, В.Я. Влияние стационарных скрещенных электрического и магнитного полей на фотогенерированные носители заряда в эпитаксиальных плёнках кадмий-ртуть-теллур р-типа (обзор)/В.Я. Костюченко // Вестник НГУ. Серия Физика. – 2010. - Т.5, вып.1. – С.66-81.

4. Костюченко, В.Я., Фотоэлектромагнитный комплекс[Текст] методов определения рекомбинационно-диффузионных параметров носителей заряда в эпитаксиальных плёнках кадмий-ртуть-теллур р-типа [Текст] / В.Я. Костюченко, Д.Ю. Протасов// Серия Физика. – 2011. - Т.6, вып.1. – С. 104-115.

© А.В. Войцеховский, В.Я. Костюченко, Д.Ю. Протасов, 2011