

ՍԱՐՔԱՇԻՆՈՒԹՅՈՒՆ, ՉԱՓԱԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆ ԵՎ
ԻՆՖՈՐՄԱՑԻՈՆ ՉԱՓԻՉ ՍԱՐՔԵՐ

УДК 621.382

Р.Р. ВАРДАНЯН

**ЧЕТНЫЙ МАГНИТНЫЙ ФОТОЭФФЕКТ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ
ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
ПОЛУПРОВОДНИКОВ**

Рассматривается явление уменьшения фототока в различных полупроводниковых структурах под воздействием магнитного поля, названное четным магнитным фотоэффектом. Показаны широкие возможности применения этого явления в области разработки новых неразрушающих методов измерения электрофизических параметров полупроводников.

Ключевые слова: полупроводник, фототок, магнитное поле, измерение, параметры.

Введение. Как известно, полупроводниковые приборы и интегральные схемы состоят из различного рода многочисленных структур, таких как p-n переходы, контакты металл-полупроводник, структуры металл-диэлектрик-полупроводник и т.д. Характеристики полупроводниковых приборов и интегральных схем во многом определяются параметрами основных и неосновных носителей заряда в этих структурах. В зависимости от режимов технологических процессов изготовления полупроводниковых приборов и интегральных схем эти параметры могут изменяться в очень широких пределах. Поэтому измерения параметров носителей заряда в полупроводниках имеют важное значение. Для этой цели необходимо исследовать влияние внешних воздействий, например магнитного поля и освещения, на характеристики этих структур.

Вопросы воздействия магнитного поля на процесс переноса основных носителей заряда в полупроводниках многосторонне изучены и известны как эффект Холла или эффект магнитосопротивления [1, 2]. Сравнительно мало изучено влияние магнитного поля на процесс переноса неосновных носителей заряда в полупроводниках, генерированных световым воздействием, или инжекцией. Известны работы Равича Ю.И., Кикоина И.К. и Николаева И.Н. [3, 4], посвященные исследованию влияния магнитного поля на процесс переноса неосновных носителей заряда, при котором фототок или увеличивается, или уменьшается при изменении направления вектора магнитного поля на противоположное. Это явление названо авторами нечетным эффектом.

В настоящей работе рассматривается влияние уменьшения фототока, которое сохраняется при изменении направления вектора магнитного поля на противоположное (четный магнитный фотоэффект). На основе этого явления анализируются пути разработки новых неразрушающих методов измерения электрофизических параметров полупроводников.

Четный магнитный фотоэффект в полупроводниках. Рассмотрим р-п переход, который освещается со стороны п- области монохроматическим светом (рис. 1а). Генерированные светом неосновные носители заряда будут собираться р-п переходом и создавать фототок. При воздействии магнитного поля (рассматриваются слабые поля), вектор индукции которого направлен перпендикулярно плоскости р-п перехода, неосновные носители заряда будут перемещаться под углом Холла относительно первоначального направления перемещения, как показано на рис. 1а (пунктирные линии). В результате этого диффузионная длина неосновных носителей заряда в направлении к р-п переходу уменьшается, что приводит к уменьшению фототока.

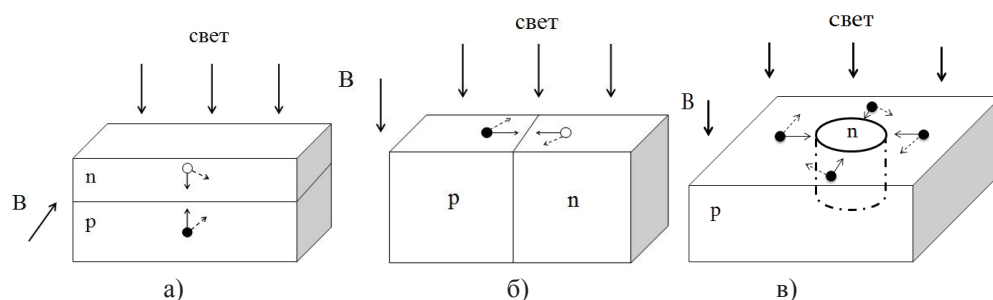


Рис. 1. Освещенный р-п переход в магнитном поле

Теоретическое исследование этого явления, изложенное в работе [5], показало, что имеется квадратичная зависимость фототока от индукции магнитного поля, в результате чего уменьшение фототока наблюдается также при изменении направления вектора магнитного поля на противоположное (четный эффект). Уменьшение электронной ΔI_{nx} и дырочной ΔI_{px} составляющих фототока от индукции магнитного поля B представлено на рис. 2. Как следует из рисунка, с увеличением магнитного поля составляющие фототока уменьшаются. При этом это уменьшение тем больше, чем дальше находятся неосновные носители заряда от границы раздела р-п перехода.

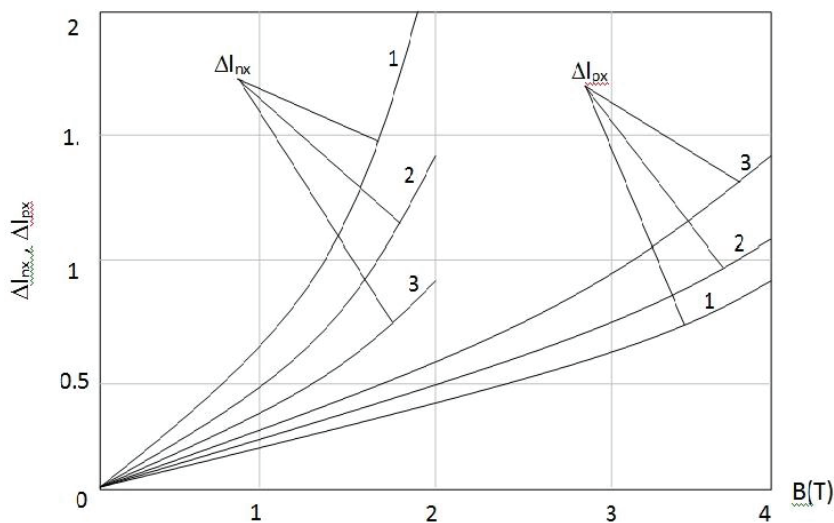


Рис. 2. Зависимости относительного изменения электронной ΔI_{nx} и дырочной $\Delta I_{pх}$ составляющих фототока в процентах от индукции магнитного поля B при значениях параметров $L_n=5$ мкм, $\mu_n^*=1300$ см²/В*с, $\omega=5$ мкм, $L_p=2$ мкм, $\mu_p^*=400$ см²/В*с, $S/D_p=1$ мкм⁻¹ (1- $K = 0.1$ мкм⁻¹, 2- $K = 0.3$ мкм⁻¹, 3 - $K = 0.5$ мкм⁻¹)

Аналогичный эффект уменьшения фототока обнаружен также в барьерных структурах, представленных на рис. 1 б и в. Здесь тоже из-за искривления траектории диффузии неосновных носителей заряда уменьшаются диффузионные длины неосновных носителей заряда, что и приводит к уменьшению фототока. При этом фототок уменьшается независимо от направления вектора магнитного поля (четный эффект).

Измерение электрофизических параметров полупроводников. Систему параметров полупроводниковых структур (приборов) и интегральных схем можно разделить на следующие группы:

- параметры, характеризующие структуру полупроводника, например, кристаллическое строение, наличие и тип структурных дефектов, параметры поверхности полупроводника, плоскопараллельность пластин;
- электрофизические параметры, характеризующие проводимость (сопротивление), а также параметры неосновных носителей заряда, такие как время жизни, диффузионная длина, подвижность, скорость поверхностной рекомбинации;
- электрические свойства полупроводниковых приборов и интегральных схем, характеризующие вольт-амперные, емкостные, статические, переходные характеристики приборов и элементов интегральных схем.

Все вышеизложенные параметры необходимо измерять как на стадии разработки, так и на стадии изготовления полупроводниковых приборов и интеграль-

ных схем. Рассмотрим возможности измерения электрофизических параметров неосновных носителей заряда в полупроводниках на основе вышеизложенного четного магнитного фотоэффекта в полупроводниках [6,7].

1. Измерение группы параметров неосновных носителей заряда в базовой области p-n перехода при освещении со стороны эмиттера (рис. 1а).

Путем изменения длины волны монохроматического света в длинноволновой области спектра определяется диффузионная длина неосновных носителей заряда. Повторяя те же измерения при воздействии на структуру магнитным полем, определяется новое, уменьшенное значение диффузионной длины. Из отношения этих двух величин определяется значение подвижности, а следовательно, и время жизни неосновных носителей заряда в базовой области p-n перехода. Таким образом, данная методика позволяет определить три параметра неосновных носителей заряда.

2. Измерение группы параметров неосновных носителей заряда в базовой области p-n перехода при освещении со стороны базовой области (рис. 1а).

Путем изменения длины волны монохроматического света определяется диффузионная длина неосновных носителей заряда. Повторяя те же измерения при воздействии на структуру магнитным полем, определяется новое, уменьшенное значение диффузионной длины. Из отношения этих двух величин определяется значение подвижности, время жизни, а также скорость поверхностной рекомбинации неосновных носителей заряда в базовой области p-n перехода. Таким образом, данная методика позволяет определить четыре параметра неосновных носителей заряда.

3. Измерение подвижности неосновных носителей заряда в полупроводниках (рис. 1в).

Путем изменения фототоков p-n перехода при отсутствии и воздействии на образец магнитным полем определяется подвижность электронов в p-области из отношения этих двух значений фототоков.

Отметим, что в указанных методах определения параметров неосновных носителей заряда нет необходимости измерять интенсивность света, что значительно упрощает процесс и технологию измерения. Другим отличительным свойством указанных методов (первый и второй методы) по сравнению с известными методами является то, что определяется сразу несколько параметров, тогда как известные методы предназначены для определения только одного параметра. Указанные методы позволяют также производить неразрушающие измерения.

Недостатком указанных методов можно считать малое изменение фототока под воздействием магнитного поля. Однако эту проблему планируется решить путем разработки соответствующего измерительного автоматизированного оборудования с применением программного обеспечения на основе LabVIEW.

Заклучение. Выявлено и исследовано явление уменьшения фототока полупроводниковых структур под воздействием магнитного поля. Это явление не меняется при изменении направления магнитного поля на противоположное (четный эффект). На основе этого явления появляется возможность измерения группы параметров неосновных носителей заряда в полупроводниках.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Викулин И.М., Стафеев В.И.** Физика полупроводниковых приборов. – М.: Радио и связь, 1990 – 264с.
2. **Павлов Л.П.** Методы измерения параметров полупроводниковых материалов. – М.: Высшая школа, 1987. - 239с.
3. **Равич Ю.И.** Фотомагнитный эффект в полупроводниках и его применение. - М.: Сов. радио, 1967. – 96 с.
4. **Киконин И.К., Николаев И.Н.** О фотомагнитном эффекте в р-п переходе // ЖЭТФ. - 1961.-Т. 41.- С. 1692-1694.
5. **Варданян Р.Р.** Фотомагнитный эффект в неоднородном полупроводнике //Изв. АН АрмССР. Сер. Физика. - 1990.-Т. 25, вып. 2.-С.106-108.
6. **Vardanyan R.R., Martirosyan G.A., Vardanyan V.R.** Determination of Parameters of Minority Charge Carriers in Si Solar Cells // 19th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition.- Paris, France, June 7-11, 2004.- P. 825-827.
7. Parabolic Trough Concentrator Cost Optimization and Automated Design / **R.R. Vardanyan, G.A. Martirosyan, V.K. Dallakyan**, et al // 14-th International Photovoltaic Science and Engineering Conference Chulalongkorn University.-Bangkok, Thailand, Jan.26-30, 2004.-P. 431-432.

Ռ.Ռ. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ

ԶՈՒՅԳ ՄԱԳՆԻՍԱԿԱՆ ՖՈՏՈՄԱԳՆԻՏԱԿԱՆ ԵՎ ԴՐԱ ԿԻՐԱՌՈՒԹՅՈՒՆԸ ԿԻՍԱՀԱՂՈՐԴԻՉՆԵՐԻ ԷԼԵԿՏՐԱՖԻԶԻԿԱԿԱՆ ՊԱՐԱՄԵՏՐԵՐԻ ԶԱՓՄԱՆ ՆՊԱՏԱԿՈՎ

Դիտարկվում է կիսահաղորդչային կառուցվածքներում ֆոտոհոսանքի նվազման երևույթը մագնիսական դաշտի ազդեցության տակ, որն անվանվել է «զույգ մագնիսական ֆոտոէֆեկտ»: Ցույց են տրված այդ երևույթի կիրառության լայն հնարավորությունները կիսահաղորդիչների էլեկտրաֆիզիկական պարամետրերի չափման նոր և ոչ խափանող մեթոդների մշակման ոլորտում:

Առանցքային բառեր. կիսահաղորդիչ, ֆոտոհոսանք, մագնիսական դաշտ, չափում, պարամետրեր:

R.R. VARDANYAN

**EVEN MAGNETIC PHOTOEFFECT AND ITS APPLICATION FOR
MEASURING THE ELECTROPHYSICAL PARAMETERS OF
SEMICONDUCTORS**

The phenomenon of decreasing the photocurrent of different semiconductor structures under the influence of a magnetic field is considered. This effect is called the “Even magnetic photo effect”. The wide possibilities of applying this effect in the development of new and nondestructive methods for measuring the electrophysical parameters of semiconductors are shown.

Keywords: semiconductor, photocurrent, magnetic field, measurement, parameters.

UDC 621.382

T.A. HAMBARDZUMYAN

**ANALYZING THE PARAMETERS OF SOLAR ENERGY DEVICES FOR
AUTOMATED CONTROL**

To develop automated control systems, it is necessary to investigate the parameters of solar power equipment. The parameters of energy systems to be used in automated control systems are analyzed.

Keywords: solar energy, monitoring system, solar devices, parameters.

Introduction. Investment in solar energy is rapidly increasing worldwide. Therefore the need arises to have automated control system for solar energy devices. Proposed automated control system will help investors to monitor the system work and do necessary actions (send maintenance team to the solar power plant, etc) in case of some alarms or events. For example based on monitored parameters it can appear that the surface of solar cells are dusty and it is required to clean them, etc.

A solar energy system consists of a solar generator that produces electricity from sunlight, battery and power inverters for energy extraction and grid interface control (Fig. 1).