

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания по теме FEWG-2022-0003.

Литература

1. Арзуманов, Ю. Л., Основы проектирования систем пневмо- и гидроавтоматики: монография / Ю. Л. Арзуманов, Е. М. Халатов, В. И. Чекмазов. – М.: Издательский дом «Спектр», 2017. – 495 с.
2. Lima, G. S. Sliding mode control with gaussian process regression for underwater robots / G. S. Lima,

S. Trimpe, W. M. Bessa // Journal of Intelligent & Robotic Systems. – 2020. – Vol. 99, № 3. – P. 487–498.

3. A biologically inspired framework for the intelligent control of mechatronic systems and its application to a micro diving agent / W. M. Bessa [et al.] // Mathematical Problems in Engineering. – 2018. – P. 1–16.

4. Козыр, А. В. Синтез цифровой системы управления автономным электрогидравлическим приводом / А. В. Козыр, А. В. Бутрин // Известия ТулГУ. – 2021. – № 11. – С. 33–40.

5. Макаров, Н. Н. Применение цифрового скользящего режима в следящем приводе / Н. Н. Макаров, С. А. Руднев, Е. В. Плыкина // Известия ТулГУ. – 2020. – № 11. – С. 262–268.

УДК 621.383

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ СИСТЕМ ОПТИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ С КОМБИНИРОВАННЫМ ОПТИКО МАГНИТНЫМ ДАТЧИКОМ

Воробей Р.И., Гусев О.К., Свистун А.И., Тявловский А.К., Тявловский К.Л., Шадурская Л.И.

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. Предложена конструкция комбинированного оптикомагнитного датчика магниторекомбинационного транзистора. Использование в базе транзистора полупроводникового материала с глубокой многозарядной примесью позволяет сформировать датчик с чувствительностью к магнитному полю и оптическому излучению. Применение метода широтно-импульсной модуляции для управления скоростью рекомбинации в объеме полупроводника позволяет реализовать управление преобразовательной характеристики чувствительности к магнитному полю в широком диапазоне. Комбинированный датчик может использоваться при построении функциональных измерительных преобразователей систем оптической диагностики.

Ключевые слова: измерительный преобразователь, магниторекомбинационный преобразователь, полупроводник, многозарядная примесь, управление характеристикой чувствительности, широтно-импульсная модуляция.

THE MEASURING TRANSDUCER OF SYSTEMS OF OPTICAL DIAGNOSTICS WITH MAGNETIC COMBINED OPTICS CONVERTER

Vorobey R., Gusev O., Svistun A., Tyavlovsky A., Tyavlovsky K., Shadurskaya L.

*Belarusian National Technical University
Minsk, Republic of Belarus*

Abstract. The design magnetic combined optics converter is offered. Use in base of the transistor semiconductor with penetrating multiply charged impurity allows to generate the gauge with sensitivity to a magnetic field and optical radiance. Application of a method of pulse-width modulation for a recombination speed control in semiconductor volume allows to realise control of the converting characteristic of sensitivity to a magnetic field in a wide range. Combined sensor it can be used at construction of functional measuring transducers of systems of optical diagnostics.

Key words: measuring transducer, magnetorecombinational converter, semiconductor, multicharging impurity, control of the sensitivity characteristic, pulse-width modulation.

*Адрес для переписки: Тявловский К.Л., пр. Независимости, 65, Минск 220113, Республика Беларусь
e-mail: ktyavlovsky@bntu.by*

Устройства неразрушающего контроля часто используют оптические и магнитные методы измерений, позволяющие дистанционно определять параметры материалов и изделий [1, 2]. Некоторые комбинированные преобразователи [3] позволяют одновременно и в одном физическом объеме определять параметры магнитного поля и оптического излучения.

Структура магниторекомбинационного транзистора, управляемого оптическим излучением, и

выполняющим функциональное преобразование умножения величины магнитного поля и интенсивности оптического излучения [3] приведена на рис. 1. Разделенные выводы области базы позволяют использовать ее как фоторезистор для независимого, от влияния магнитного поля, измерения интенсивности оптического излучения. Управление чувствительностью к магнитному полю под действием оптического излучения происходит благодаря использованию в качестве

базы полупроводника с глубокой многозарядной примесью, например Si(Ni), Si(Fe) и др.

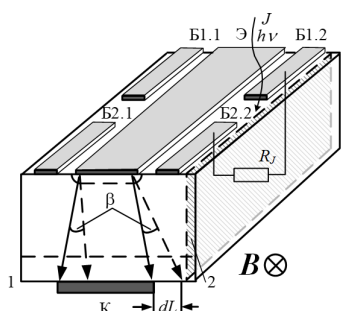


Рисунок 1 – Структура оптико магнитного датчика

В фотоэлектрических преобразователях на основе таких полупроводников [4, 5] управление скоростью рекомбинации в объеме полупроводника связано с зависимостью времени жизни носителей заряда от интенсивности освещения (рис. 2) при перезарядке примесных центров, имеющих несколько зарядовых состояний. Такие структуры чувствительны к изменениям интенсивности оптического излучения в широком динамическом диапазоне [4]. Однако внутри некоторой области значений интенсивности оптического излучения P_L , P_H существует нелинейная зависимость времени жизни носителей заряда от мощности оптического излучения.

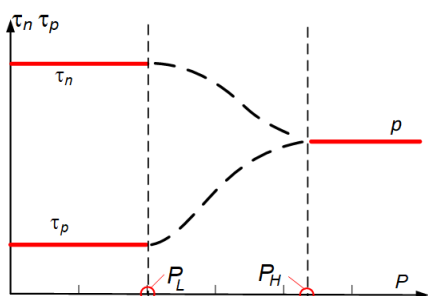


Рисунок 2 – Зависимость времени жизни носителей заряда от интенсивности освещения в полупроводнике с многозарядной примесью

Для реализации линейной функции управления чувствительностью магнитной преобразовательной характеристики предлагается использовать управление заселенностью энергетических уровней многозарядной примеси методом широтно-импульсной модуляции (ШИМ). Для этого (рис. 3) используется дополнительный канал оптического управления. Управляющий светодиод переключается между двумя уровнями: менее P_L и более P_H с скважностью ШИМ, задаваемой микроконтроллером.

Применение ШИМ позволяет плавно и по линейному закону изменять время жизни носителей заряда, соответственно, скорость их рекомбинации в освещаемой области 2 магниторекомбинационного транзистора.

При этом частота широтно-импульсной модуляции выбирается выше максимальной частоты изменения измеряемого магнитного поля, но меньше постоянной времени жизни неравновесных носителей заряда.

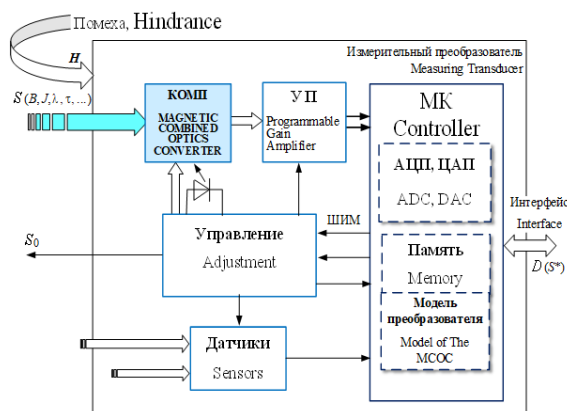


Рисунок 3 – Схема измерительного преобразователя на основе оптико магнитного датчика

Измерительный преобразователь на основе комбинированного датчика может использоваться в приборах неразрушающего контроля.

Преобразование разнородных физических величин: магнитного поля и оптического излучения – производится одновременно, в одной и той же пространственной области полупроводника, что обеспечивает высокую верность формирования измерительного сигнала.

Независимо от изменений напряженности магнитного поля значение интенсивности оптического излучения измеряется при подключении к микроконтроллеру датчика в фоторезистивном включении через отдельные выводы базы B1, B2.

Измерение параметров магнитного поля производится при ненулевом значении интенсивности управляющего излучения, причем чувствительность преобразовательной функции магнитного поля, возрастает при увеличении разности скоростей рекомбинации в областях 1 и 2 датчика, в свою очередь, вызванной увеличением средней интенсивности управляющего излучения.

Применение эффектов, проявляющихся в объеме полупроводника, по сравнению с использованием разности поверхностной и объемной скоростей рекомбинации, позволяет повысить повторяемость свойств комбинированного оптико магнитного датчика при одновременном увеличении чувствительности преобразователя.

Литература

1. Филачев, А. М. Фотоприемники в оптико-электронных приборах и системах / А. М. Филачев, И. И. Таубкин, М. А. Трищенко – М.: Физматкнига, 2016. – 104 с.
2. Методология и средства измерений параметров объектов с неопределенными состояниями / под общ ред. О. К. Гусева. – Минск: БНТУ, 2010. – 582 с.

3. Магниторекомбинационный преобразователь с оптическим управлением / Воробей Р.И. [и др.] // Современные методы и приборы контроля качества и диагностики состояния объектов // Сборник статей 8-й Междунар. научн.-технич. конфер. – Министерство образования Респ. Бела-русь, Министерство образования и науки Рос. Федерации, НАН Беларуси. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2022. – С. 74–78.

4. Series of Photovoltaic Converters Based on Semiconductors with Intrinsic Photoconductivity / R. I. Vorobey [et al.] // Devices and Method of Measurements. – 2021. – № 2. – P. 108–116.

5. Фотоприемники на основе собственных полупроводников для построения измерительных преобразователей / Гусев О. К. [и др.] // Метрология и приборостроение. – 2017. – № 2. – С. 34–42.

УДК 681.513.8

ХАРАКТЕР ДВИЖЕНИЯ АГЕНТОВ РОЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МЕТОДА ЭКВИВАЛЕНТА ТЕПЛООВОГО ДВИЖЕНИЯ АТОМОВ

Гейс Э.А., Морозов О.О.

*ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»
Тула, Российская Федерация*

Аннотация. В ранее опубликованных работах представлен метод организации движения агентов роя, названный методом эквивалента теплового движения. Данный метод основан на методе потенциального поля и побуждает агентов к поведенческому повторению теплового движения атомов. Согласно методу, каждый агент может характеризоваться скалярным параметром «температура». При «низкой температуре» агенты образуют «кристаллическую решетку», при «высокой температуре» агенты воспроизводят характер поступательного броуновского движения молекул газа. В работе выполнен анализ распределения скоростей агентов в состоянии эквивалента термодинамического равновесия. Показана высокая степень корреляции характера распределения скоростей агентов с распределением молекул газа по критерию Пирсона.

Ключевые слова: многоагентная система, рой, распределение Максвелла, метод эквивалента теплового движения.

FEATURES OF THE SWARM AGENTS' MOTION USING THE THERMAL EQUIVALENT MOTION METHOD

Heiss E., Morozov O.

*Tula State University
Tula, Russian Federation*

Abstract. Previously published works present a method for organizing the swarm agents' motion, called the thermal equivalent motion method. This method is based on the artificial potential field and induces agents to repeat the atoms thermal motion. A scalar parameter that is equivalent to temperature can be used in modeling the swarm behavior. At "low temperature", the agents form a "crystal lattice". At "high temperature", the agents reproduce the gas molecules random motion. The paper analyzes the agents' speed distribution in a state of equivalent thermodynamic equilibrium. Agents speed distribution correlate to the gas molecules distribution according to the Pearson criterion.

Key words: multi-agent system, swarm, Maxwell distribution, thermal equivalent motion method.

*Адрес для переписки: Гейс Э.А., ул. Епифанская, 125, Тула 100003, Российская Федерация
e-mail: edheiss73@gmail.com*

Введение. Одной из основополагающих задач проектирования роя является задача организации взаимодействия агентов [1, 2]. Под роём понимается многоагентная система, где агентом является программно-аппаратный комплекс, имеющий устройства взаимодействия со средой и другими агентами. Основная идея метода эквивалента теплового движения заключается в организации поведенческого повторения роём теплового движения атомов. Поведенческое повторение агентами теплового движения в теории позволит использовать известные законы термодинамики для обеспечения требуемых свойств роя.

В предыдущих работах [3, 4] предложен метод эквивалента теплового движения. Данный метод основан на методе потенциального поля [5].

Постановка задачи. Первым этапом оценки качества поведенческого повторения агентами

роя теплового движения является анализ распределения скоростей агентов роя в состоянии эквивалента термодинамического равновесия. Согласно методу, каждый агент может характеризоваться скалярным параметром «температура». При «высокой температуре» характер движения агентов должен коррелировать с поступательным броуновским движением молекул газа.

Целью работы является оценка корреляции между движением агентов роя при «высокой температуре» и движением молекул газа.

Анализ характера движения агентов роя. Распределение скоростей молекул газа в состоянии термодинамического равновесия соответствует распределению Больцмана-Максвелла [6, 7]. Требуется оценить распределение скоростей агентов при разном значении эквивалента внутренней энергии, то есть температуры.