

Оптические логические элементы на основе нанокompозитных материалов

Леонов Андрей Александрович,
бакалавр 4 курса, кафедра информационных технологий и систем
Владивостокский государственный университет экономики и сервиса
Россия. Владивосток

E-mail: andreileonov@inbox.ru; тел.: +79146781889

Сергеев Александр Александрович
м.н.с., лаборатория физических методов мониторинга природных и техногенных объектов

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт автоматизации и процессов управления Дальневосточного отделения Российской академии наук
Россия. Владивосток

E-mail: aleksandrsergeev@inbox.ru; тел.: +79242403624

Номоконова Наталья Николаевна
Докт. техн. наук, профессор кафедры информационных технологий и систем
Владивостокский государственный университет экономики и сервиса
Россия. Владивосток

E-mail: natalya.nomokonova@vvsu.ru; тел.: +79147045248

ул. Гоголя, 41, г. Владивосток, Приморский край, Россия, 690014

В данной работе рассмотрена возможность оптической реализации элементов четкой логики с использованием нанокompозитных материалов на основе квантовых точек в силикатной матрице. Представлены результаты практической реализации логических элементов «НЕ», «И», «ИЛИ» в полностью оптическом исполнении. Данные, полученные в ходе работы, позволяют предположить о возможности создания устройств управления лазерным излучением.

Ключевые слова и словосочетания: *Квантовые точки, оптические логические элементы, нанокompозитные материалы, лазерное излучение, люминесценция.*

Optical logic gates based on nanocomposite materials

This work deals with the study of possible use of semiconductor quantum dots based nanocomposite materials to creation of optical logic gates. Results of implementation of logic gates "NOT", "AND", "OR" at all-optical design has shown. Obtained results allow to suggest of possibility to creation of laser radiation control devices.

Keywords and phrases: *Quantum dots, logical optical devices, nanocomposites, laser radiation, luminescence,*

Логические связи (операции) используются для объединения простых высказываний в сложные так, чтобы они были двоичными функциями простых высказываний. К числу основных логических операций, позволяющих объединять постоянные или переменные высказывания в более сложные высказывания, относятся операции отрицания, конъюнкции, дизъюнкции и некоторые другие [1].

В данной работе рассматривается возможность создания оптических логических элементов, активной средой которых является нанокompозитный материал на основе квантовых точек сульфида кадмия в силикатной матрице [2]. Отличительной особенностью используе-

мого нанокompозитного материала (НКТ) является зависимость его коэффициента поглощения от дозу экспозиции излучением с длиной волны, соответствующей ширине запрещенной зоны сульфида кадмия ($\lambda < 450$ нм). При этом, излучение с большей длиной волны не оказывает влияния на величину оптического поглощения НКТ. Данный эффект может быть использован при создании оптических элементов четкой логики, операции вычисления в которых происходят при совокупном воздействии модифицирующего излучения ($\lambda < 450$ нм), которое будет являться управляющим каналом, и сигнального ($\lambda > 450$ нм) излучения, которое будет являться считывающим каналом [3].

Схема экспериментальной установки для исследования возможности создания ОЛЭ на основе НКТ приведена на рисунке 1. Два канала с разной длиной волны: $\lambda = 405$ нм (модифицирующее) и $\lambda = 633$ нм (сигнальное), коллинеарно попадают на образец. При этом, излучение с $\lambda = 405$ нм увеличивает коэффициент поглощения нанокompозита на длине волны сигнального излучения ($\lambda = 633$ нм), реализовывая элемент управления типа «свет-свет». Уровень мощности на управляющего и считывающего излучения регистрируется фотодетекторами $\Phi Д_1$ и $\Phi Д_2$, соответственно.

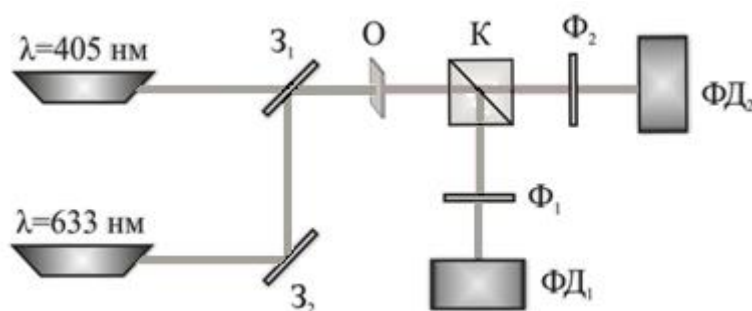


Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки для создания ОЛЭ, используя НКТ

Рассмотрим принцип создания элемента «НЕ» на основе ОЛЭ. В этом случае, на вход считывающего канала всегда подается сигнал, соответствующий «1», который регистрируется на выходе. В то же время, управляющий сигнал на входе ОЛЭ принимает значения «0» или «1», однако, на выходе его уровень не регистрируется. Выполнение операции $[x_1 \rightarrow x_2 = 0 \rightarrow 1]$ происходит при подаче на вход ОЛЭ управляющего сигнала, соответствующего уровню «0». Поскольку в этом случае не происходит модификации оптических характеристик НКТ (далее – модификации), мощность на считывающем канале не будет изменяться и останется равной «1». Для операции $[x \rightarrow \bar{x} = 1 \rightarrow 0]$ подается управляющий сигнал с уровнем равным «1», при этом, сигнал на выходе принимает значение «0».

Для элемента «ИЛИ» система регистрации сигнала примет следующий вид. На вход ОЛЭ, как и в случае элемента «НЕ» подается два канала. Основное отличие заключается в том, что для элемента «ИЛИ» используются два фотодетектора, одновременно регистрирующие принимаемый сигнал по обоим каналам и нормирующие его на максимальную мощность. Выходной сигнал с уровнем «1» возникает, когда хотя бы на одном канале на выходе есть «1». Операция $[x_1 \vee x_2 \rightarrow 0 \vee 0 = 0]$ примет вид: управляющий сигнал подается с уровнем равным «0», и мощность на считывающем канале будет равной «0». При этом не происходит никакой модификации, сигнал на выходе принимает значение «0». Для операции $[x_1 \vee x_2 \rightarrow 0 \vee 1 = 1]$ подается управляющий сигнал с уровнем «0» и считывающий с уровнем «1», в этом случае не происходит модификации объекта, но мощность считывающего канала будет изменяться, сигнал на выходе соответствует уровню «1». В операции $[x_1 \vee x_2 \rightarrow 1 \vee 0 = 1]$ подается сигнал управляющего канала, соответствующий уровню «1», поскольку уровень считывающего канала имеет значение равное «0», происходит регистрация мощности только считывающего сигнала, соответственно, сигнал на выходе примет значение «1». В случае операции $[x_1 \vee x_2 \rightarrow 1 \vee 1 = 1]$ сигнал на вход ОЛЭ управляющего канала подается с уровнем «1», в этом случае происходит модификация оптических характеристик, мощность считывающего

сигнала, соответствующая уровню «1», будет изменяться, при этом сигнал на выходе примет значение равное «1».

В случае элемента «И», регистрируется стандартное отклонение мощности считывающего канала в зависимости от состояния управляющего. Принцип действия элемента «И» схож с элементом «ИЛИ», с отличием в способе обработки регистрируемого сигнала. Так, для реализации операции $[x_1 \wedge x_2 \rightarrow 0 \wedge 0 = 0]$, управляющий сигнал подается с уровнем равным «0», считывающий сигнал, тоже подается с уровнем равным «0», в этом случае не происходит никакой модификации, сигнал на выходе принимает значение «0». Для операции $[x_1 \wedge x_2 \rightarrow 0 \wedge 1 = 0]$ подается управляющий сигнал с уровнем «0», а сигнал считывающего канала с уровнем равным «1», так как не будет происходить модификация, соответственно, и стандартное отклонение останется неизменным, сигнал на выходе будет соответствовать уровню «0». Операция $[x_1 \wedge x_2 \rightarrow 1 \wedge 0 = 0]$ примет вид: управляющий сигнал подается с уровнем равным «1», считывающий сигнал подается с уровнем равным «0», при этом уровень стандартного отклонения мощности не будет изменяться, поскольку уровень считывающего сигнала равен «0», следовательно, сигнал на выходе примет значение равное «0». В случае операции $[x_1 \wedge x_2 \rightarrow 1 \wedge 1 = 1]$, сигнал на вход ОЛЭ управляющего канала подается с уровнем «1», в этом случае происходит модификация оптических характеристик, сигнал считывающего канала подается с уровнем равным «1», и тогда стандартное отклонение мощности будет изменяться, следовательно, сигнал на выходе примет значение равное «1».

Таким образом, предложенный способ реализации логических элементов на основе нанокompозитных материалов, обеспечивает возможность создания основных элементов четкой логики и может быть использован при создании полностью оптических логических устройств.

1. Новиков Ю. В. Введение в цифровую схемотехнику // Курс лекций. — М.: Интернет-университет информационных технологий – 2006. — ISBN 5-94774-600-X.

2. Sergeev A.A. Photodynamic Effects in Nanocomposites Based on Quantum Dots of Cadmium Sulfide Embedded in a Silicate Matrix, in their Interaction with the Laser Beam/ Voznesenskiy S. S., Galkina A. N., Nepomnyaschiy A., & Sergeeva K. M // Solid State Phenomena – 2014, 213, 186-191.

3. Huang Y. All-optical switching characteristics in bacteriorhodopsin and its applications in integrated optics / Wu S. T., Zhao Y // Optics express. – 2004. – Т. 12. – №. 5. – С. 895-906.