УДК 006.91:535.2+620.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ПЕРВИЧНОГО ЭТАЛОНА ОДНОФОТОННОГО ИСТОЧНИКА ИЗЛУЧЕНИЯ

Дарья Дмитриевна Ружицкая[(1)], Кирилл Николаевич Миньков [(2)]
[(1)]Студент 4 курса
Кафедра *«Метрология и взаимозаменяемость»*
Московский государственный технический университет имени Н.Э.Баумана

[(2)]Студент 2 курса магистратуры
Программа «Измерительные технологии наноиндустрии»
Московский институт электроники и математики НИУ ВШЭ

Научный руководитель: Г. Г. Левин
Начальник научно-исследовательского отделения голографии и оптической томографии ФГУП «ВНИИОФИ»

Решение многих задач науки и техники требует регистрации малоинтенсивных потоков оптического излучения, вплоть до отдельных квантов. Создание системы метрологического обеспечения низкоинтенсивных потоков излучения необходимо для развития таких направлений науки техники как космическая навигация и лазерная локация, медицинские и биологические измерения, в квантовых вычислительных системах, оптоволоконных системах передачи данных [1]. Для обеспечения единства и необходимой точности измерений требуется разработка и создание эталонной базы в части воспроизведения низкоинтенсивного оптического излучения в диапазоне энергий от 10^{-9} Вт до отдельных квантов (интенсивность 1 фотон в секунду соответствует средней мощности 10^{-19} Вт). В настоящее время средства метрологического обеспечения, как правило, обеспечивают требуемую точность измерения при мощностях 10 – 100 мкВт.

Данная задача решается в научно–исследовательской работе «Проведение исследований в области оптико–физических измерений по разработке однофотонных источников излучения с целью метрологического обеспечения квантовых информационных систем » (шифр «Фотон»), проводимой в ФГУП «ВНИИОФИ». На первом этапе НИОКР проводились теоретические и экспериментальные исследования, которые показали, что для решения данной задачи необходимо использовать атомоподбный источник излучения, основанный на использовании коллоидных квантовых точек.

Для регистрации фотонов был проведен анализ высокочувствительных детекторов оптического излучения, на основании которого был выбран кремниевый фотоэлектронный умножитель (SiФЭУ). Данный приёмник имеет ряд преимуществ перед традиционными лавинными фотодиодами: имеет коэффициент усиления фототока 10^4 и высокое быстродействие, способен регистрировать отдельные фотоны с эффективностью до 80 % [2].

На втором этапе НИР был создан образец на основе коллоидных квантовых точек селенида кремния (CdSe), которые имеют спектр люминесценции в середине видимого диапазона на длинах волн от 520 до 560 нм. Также была разработана методика, которая позволяет получить счетное количество точек на заданной площадке [3].

Для создания эталонной установки была предложена задача, представленная на рисунке 1. На этом рисунке введены следующие обозначения: N – количество испускаемых источником фотонов, M – количество фотонов, прошедших через диафрагму, l – расстояние от источника до диафрагмы (дано), x – размер диафрагмы, y – расстояние от диафрагмы до приёмника, K – количество фотонов зарегистрированных приемником (дано), S – освещаемая площадь на расстоянии y. По заданному числу фотонов на приемнике, при заданных параметрах l, x и заданной концентрации квантовых точек на поверхности требуется определить необходимое

число квантовых точек и определить зависимость изменения их количества в зависимости от изменения расстояния от диафрагмы до приемника.

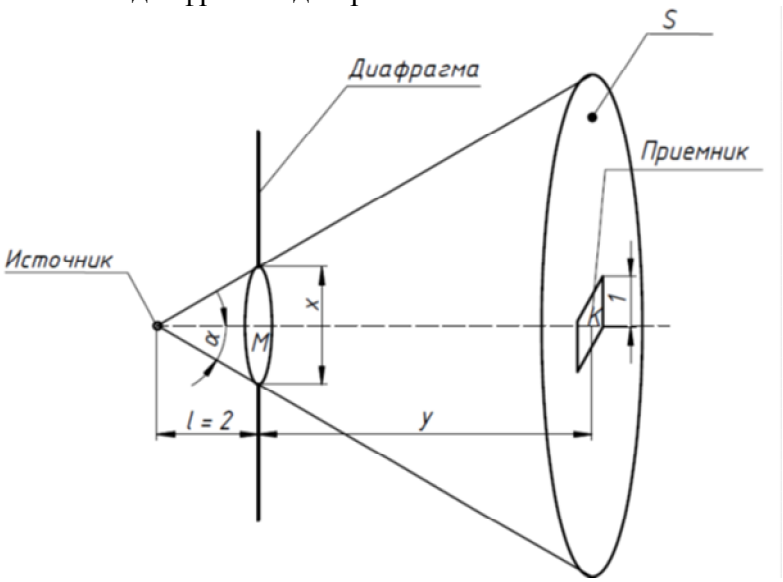

Рис. 1. Постановка задачи.

Решение данной задачи было реализовано в программе MATLAB R2015a. Исходными данными для расчета являются расстояние от диафрагмы до источника (y) и размер диафрагмы (x) в мм. Программа рассчитывает необходимое количество квантовых точек на пластинке и размеры пластинки. Результаты расчета представлены на графике на рисунке 2. На данном графике представлена зависимость количества квантовых точек от изменения расстояния от диафрагмы до приемника.

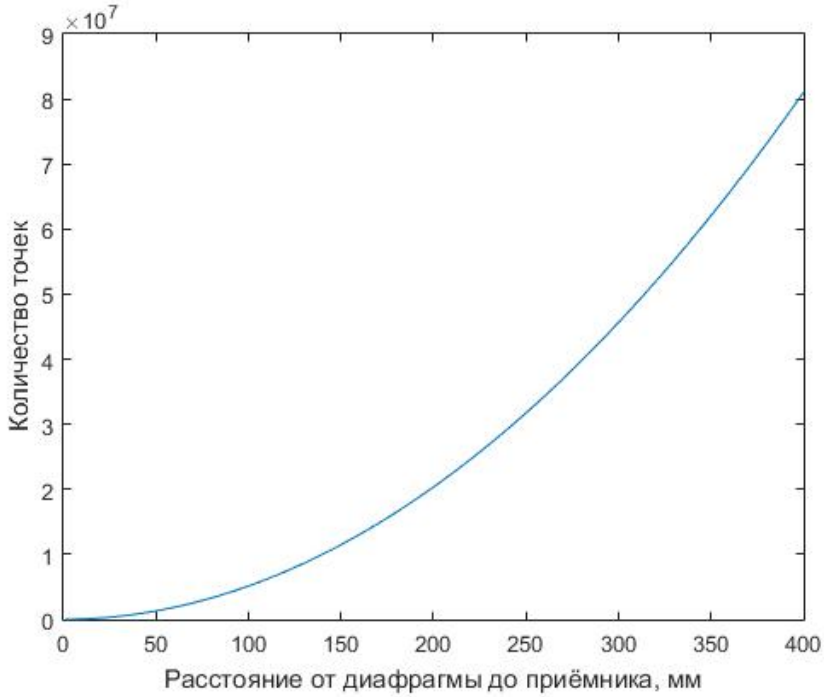

Рис. 2. Зависимость количества точек от изменения расстояния от диафрагмы до приёмника.

Решение данной задачи позволит выбрать наиболее оптимальные параметры при создании эталонной установки.

Работа была выполнена при финансовой поддержке Росстандарта (договор №120 – 127 от 28.05.2015 г.)

Литература

1. *Г. П. Мирошниченко*. Источники и детекторы одиночных фотонов на основе микро- и нанооптических структур. // Наносистемы: физика, химия, математика. Электрон. журн. 2011 №1. Режим доступа: http://nanojournal.ifmo.ru/files/volume2/paper5.pdf (дата обращения 05.03.2016).
2. *Harrison P.* Quantum wells wires and dots. / Second Edition, John Wiley & sons, 2005. p 449 – 456.
3. *С. Клемин, Ю.Кузнецов, Л.Филатов, П.Бужан, Б.Долгошеин, А.Ильин, Е.Попова*. Кремниевый фотоэлектронный умножитель: новые возможности // Электроника НТБ. Электрон. журн. 2007. № 8. Режим доступа: http://www.electronics.ru/files/article_pdf/0/article_655_403.pdf (дата обращения 11.03.2016).