

УДК 60.608.4

МОДЕЛИРОВАНИЕ БРЭГГОВСКИХ ОТРАЖАТЕЛЕЙ ДЛЯ ШИРОКОДИАПАЗОННЫХ SNSPD ДЛЯ LIDAR СИСТЕМ

Белов Александр Владимирович⁽¹⁾, Платонов Данил Дмитриевич⁽¹⁾

Студент 3 курса⁽¹⁾

кафедра «Электронные технологии в машиностроении»

Московский государственный технический университет

Научный руководитель: К.М. Мусеев,

кандидат технических наук, доцент кафедры «Электронные технологии в машиностроении»

Однофотонные детекторы на основе сверхпроводящих нанопроволок (SNSPD) активно изучаются в настоящее время ввиду высокой эффективности и высокой скорости детектирования, а также низкой скорости темновых отсчётов. Они комплексно превосходят свои аналоги и являются лучшей альтернативой имеющимся однофотонным детекторам, таким как лавинные фотодиодные детекторы, главным недостатком которых является большое количество темновых отсчётов [1].

Зачастую в большинстве применений необходима высокая квантовая эффективность детектирования одной длины волны, поэтому научные группы занимаются разработкой конструкций, эффективно работающих на одной конкретной длине волны излучения. Однако, например, в LIDAR системах используют несколько детекторов, каждый из которых разработан для детектирования определенной длины волны (355 нм, 532 нм и 1064 нм) и поляризации света. В результате в системе устройства LIDAR MALIA, которая разделяет световой пучок, используется около 11 детекторов. Конструкция устройства получается громоздкой и дорогой. Поэтому, использование детекторов с высокой эффективностью детектирования на диапазоне длин волн позволит использовать один детектор в системе и расширить обработку данных на других длинах волн. Данная замена возможна благодаря высокой скорости счета детекторов SNSPD по сравнению с лавинными фотодиодными детекторами, которые на данный момент используются в системах MALIA.

При этом актуальна одинаково высокая эффективность на трёх целевых длинах волн 355 нм, 532 нм и 1064 нм. Такие детекторы могут быть использованы в LIDAR системах для повышения их эффективности и упрощения конструкции. Для проведения измерений с помощью LIDAR системы используется лазеры с разными длинами волн, сложную систему MALIA, для разделения светового пучка и детекторы. Система с широкодиапазонным датчиком позволит использовать всего один детектор, на необходимые длины волн, без потери эффективности детектирования.

Для увеличения диапазона волн, на которых детекторы будут работать с одинаково высокой эффективностью, научной группой были предложены конструкции с брэгговскими отражателями [3] и несколькими меандрами, разделёнными диэлектрическим слоем [4]. Для моделирования мы выбрали конструкцию с брэгговским отражателем ввиду обеспечения необходимых параметров и большей технологичности по сравнению с методом, предложенным в [4].

Моделирование производилось в программе Essential Macleod, которая рассчитывает различные оптические параметры тонких пленок на основании метода переноса матриц. На основании этого был получен брэгговский отражатель из SiO₂ и Ta₂O₅ на сапфировой подложке. Кривая отражения для отражателя представлена на рисунке 1.

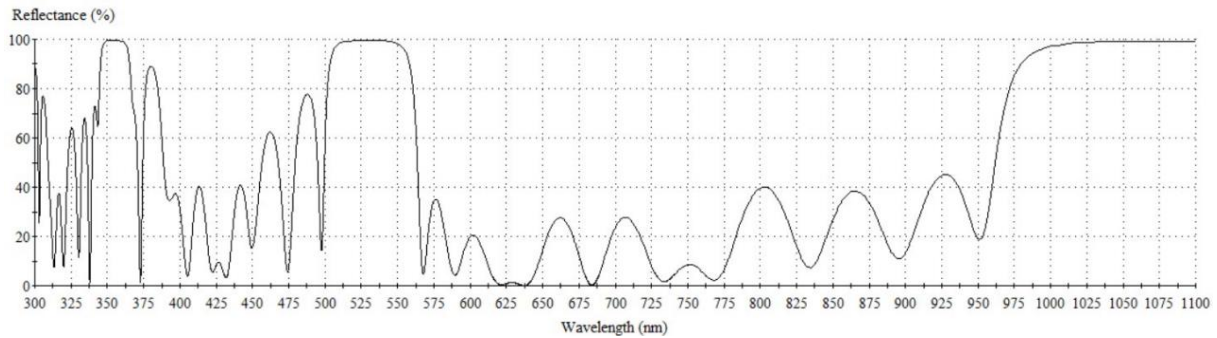


Рис.1 Кривая отражения для брэгговского отражателя.

Толщина отражателя составила 2,8 мкм, а толщина слоёв варьировалась от 28 нм до 213 нм. Суммарное количество слоёв в отражателе не превысило 25. Снижение общей толщины отражателя ведет к заметному ухудшению отражения на целевых длинах волн.

В работе был смоделирован отражатель для SNSPD с целью применения в LIDAR системах. Полученные результаты указывают на то, что отражатель имеет отражение близкое к 100% на заданных длинах волн. Такой результат свидетельствует о том, что применение отражателей с SNSPD может повысить эффективность детектирования, а также упростить LIDAR системы.

Литература.

1. High-performance superconducting photon-number-resolving detectors with 86% system efficiency at telecom range / M. Moshkova [et al.] // J. Opt. Soc. Am. 2019, Vol. 36, No. 3. P. B20-B25.
2. Salvoni D. et al. Demonstration of Atmospheric Lidar Measurement in the Infrared Wavelength Domain with a Superconducting Nanowire Single Photon Detector // Chemical Engineering Transactions. – 2021. – Т. 84. – С. 175-180.
3. Li H. et al. Multispectral superconducting nanowire single photon detector // Optics express. – 2019. – Т. 27. – №. 4. – С. 4727-4733.
4. Li H. et al. Supercontinuum single-photon detector using multilayer superconducting nanowires // Photonics Research. – 2019. – Т. 7. – №. 12. – С. 1425-1431.