

Детекторы одиночных фотонов и их применение в квантовых коммуникациях

**И.И. Рябцев^{1,2*}, В.В. Преображенский¹, И.Б. Чистохин¹, М.А. Путятю¹,
М.С. Аксенов¹, Е.А. Емельянов¹, М.О. Петрушков¹, Д.Б. Третьяков^{1,2},
А.С. Плешков¹, А.В. Коляко¹, В.М. Энтин¹, И.Г. Неизвестный¹**

¹ Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН

² Новосибирский государственный университет

* E-mail: ryabtsev@isp.nsc.ru

DOI:10.31868/RFL.2024.254-255

Основной задачей квантовых коммуникаций является передача информации посредством квантовых объектов – одиночных фотонов, при этом абсолютная защищенность передачи обеспечивается законами квантовой механики: одиночные фотоны не могут быть перехвачены и измерены с абсолютной достоверностью [1]. С помощью одиночных фотонов в квантовом канале (оптоволоконной или атмосферной линии связи) генерируется только двоичный ключ, который затем однократно используется отправителем и получателем в симметричной криптосистеме, а само зашифрованное сообщение может передаваться по любому открытому каналу [2-4]. За рубежом уже разработаны коммерческие образцы оптоволоконных квантово-криптографических систем связи [5].

Для полной секретности генерации квантового ключа требуется присутствие не более одного фотона в каждом лазерном импульсе, поэтому к фотодетекторам приемного узла в оптоволоконных квантовых линиях связи предъявляются высокие требования: высокая квантовая эффективность счета ($>15\%$) в спектральном диапазоне 1,3-1,55 мкм, низкий уровень темновых шумов (<50 кГц), достаточно высокое быстродействие, малые размеры и низкое энергопотребление [2]. В отличие от фотоэлектронных умножителей (низкая квантовая эффективность, $<1\%$) и сверхпроводниковых детекторов (охлаждение до гелиевых температур) [6], оптимальным выбором являются полупроводниковые однофотонные лавинные фотодиоды (ОЛФД), имеющие достаточно высокую квантовую эффективность (15-20%) и уровень шумов <50 кГц при их охлаждении термоэлектрическими микрохолодильниками Пельтье до температуры 210-230 К.

Такие фотодиоды в настоящее время производятся только за рубежом. Они выпускаются серийно и имеют длительный срок службы. Основными производителями ОЛФД для оптоволоконных квантовых систем связи в настоящее время являются компании WOORIRO Co., Ltd. (Южная Корея), Micro Photon Devices (Италия) и The RMY Electronics (Гонгконг) [7]. Основной отличительной особенностью данных ОЛФД является предельно низкий обратный темновой ток ($< 10^{-10}$ А) вблизи напряжения пробоя. Отметим, что детекторы одиночных фотонов на спектральный диапазон 1,3-1,55 мкм востребованы также для других применений (биология, разбраковка интегральных схем, лидарные системы и т.д.), в которых требуется регистрация предельно низких световых потоков.

Для создания и внедрения российских систем однофотонной квантовой связи требуется организовать разработку и производство аналогичных ОЛФД в России. Нами были выполнены работы по конструированию, изготовлению и исследованию опытных образцов таких ОЛФД [8], имеющих параметры не хуже, чем у зарубежных аналогов. В настоящем докладе будет представлено краткое

описание конструкции, технологии изготовления и результатов измерений данных образцов.

Литература

- [1] W.K. Wootters, W.H. Zurek, *Nature* **299**, 802-803 (1982)
- [2] N. Gisin, G. Ribordy, W. Tittel, H. Zbinden, *Rev. of Mod. Phys.* **74**(1), 145–175 (2002)
- [3] И.И. Рябцев, и др., И.Г. Неизвестный, *Вестник РАН* **83**(7), 606-615 (2013)
- [4] И.И. Рябцев, и др., *Микроэлектроника* **46**(2), 131-141 (2017)
- [5] <http://www.idquantique.com>; <http://www.magiqtech.com>; <https://www.qinetiq.com>.
- [6] G.N. Gol'tsman, et al, *Appl. Phys. Lett.* **79**, 705-707 (2001)
- [7] <http://www.wooriro.com>; <http://www.micro-photon-devices.com>; <http://www.rmyelectronics.com>
- [8] В.В. Преображенский, и др., *Автометрия* **57**(5), 1-10 (2021)