

07  
©1994

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ КВАНТОВОГО ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО КАНАЛА СВЯЗИ

*С.Л.Галкин, М.Б.Кокосийска,  
Б.И.Минков, А.Ю.Юркина*

Известно, что защищенность информации при ее передаче зависит от степени защиты ключа. Однако в классической криптографии пассивный перехват ключа, несмотря на его техническую сложность, разрешен законами классической физики. Квантовая криптография [1-3] предлагает не передавать, а формировать ключ, используя для этого квантовую передачу [4-7], что делает перехват информации принципиально невозможным. После демонстрации квантового принципа защиты информации в открытом атмосферном канале [4] появился интерес к поиску возможностей квантовой передачи по волоконно-оптическим линиям связи. В настоящее время усилия исследователей направлены на практическое моделирование волоконно-оптических квантовых каналов [6-10], уточнения требований к отдельным элементам и сравнение различных схемных решений.

Для моделирования квантового оптического канала связи нами была предложена и исследована схема, приведенная на рис. 1. Схема использует передачу последовательности некогерентных импульсов поляризованного излучения низкой интенсивности и является наиболее простой для реализации.

Линейно-поляризованное излучение проходит через электрооптический модулятор (ЭОМ) на ячейке Погкельса. Плоскость поляризации излучения составляет угол  $45^\circ$  с осями ЭОМ. При подаче от блока питания (БП) на ЭОМ соответствующих напряжений, получаем вертикальную, горизонтальную, левокруговую и правокруговую поляризации. Устройства ввода Л1 и вывода Л2 позволяют соответственно ввести излучение в световод и сформировать параллельный пучок на выходе световода. Состояние поляризации (СП) излучения, прошедшего волоконный световод, анализируется поляризационно-разделительной призмой (ПП). Для совмещения плоскости поляризации сигнала

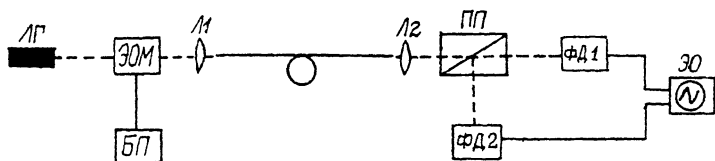


Рис. 1. Схема экспериментальной установки.

с осями призмы используется поворот выходного торца волокна. Детектирование сигналов производится с помощью двухканальной схемы регистрации, состоящей из фотоприемников с усилителями ФД1 и ФД2 и осциллографа ЭО.

Для надежной передачи ключа влияние канала связи на передаваемый сигнал должно быть минимальным. Однако применение стандартных связных волокон затруднено вследствие двух основных факторов: деполяризации излучения, обусловленной конечной шириной спектра источника излучения [11] и нестабильностью состояния поляризации [12]. Для их устранения мы использовали высококогерентный источник излучения ЛГ и анизотропное волокно с длиной  $L$ , кратной длине биений  $L_p$ .

Для выбора типа одномодового волоконного световода (ОВС) нами исследовались ОВС со слабым двулучепреломлением (ДЛП), изготовленный с тщательным контролем диаметров световедущей жилы и оболочки — 1, стандартный связной ОВС — 2 и волокна с сильным ДЛП: с

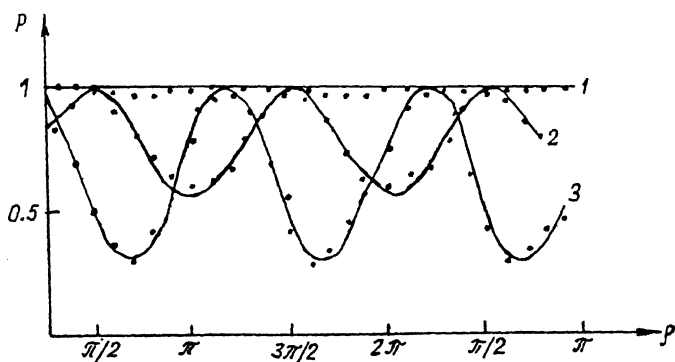


Рис. 2. Зависимость степени поляризации  $P$  от азимута линейной поляризации входного излучения  $\beta$  для стандартного связного ОВС в моменты времени  $t_1, t_2, t_3$ .

1 —  $t_1$ , 2 —  $t_2 = t_1 + 15$  мин, 3 —  $t_3 = t_1 + 30$  мин.

$L_p = 1.5 \text{ мм} - 3$  и с  $L_p = 8.5 \text{ мм} - 4$ . Измерение степени поляризации излучения, прошедшего ОВС, показало, что волокна 1 и 2 проявляют свойства слабоанизотропных, при этом СП излучения нестабильно во времени и сильно зависит от способа укладки. При работе с ОВС 1 и 2 с длиной, кратной длине биений, СП на выходном торце изменялось от времени при постоянном СП излучения на входном торце (рис. 2), причем характерные времена были сравнимы с временем формирования [4]. Это позволяет сделать вывод о том, что изменяющиеся внешние условия индуцируют в световодах ДЛП, сравнимое с собственным, и без термостабилизации невозможно уменьшить влияние канала связи на поляризационно-модулированный сигнал. Нами были проведены расчеты, которые показали, что при работе с ОВС 3 и 4 с длиной, кратной длине биений, влияние изменения температуры на СП излучения минимально для ОВС 4.

Для установки длины волокна, кратной длине биений, выбранное волокно помещалось между вращающимися поляризаторами: на ЭОМ подавалось четвертьволновое напряжение: измерялась зависимость степени поляризации выходного излучения  $P$  от азимута линейной поляризации входного  $\beta$  и торец волокна обламывался до тех пор, пока равенство  $P = 1$  не выполнялось для любого  $\beta$ . Погрешность измерений  $P$  составляла 2%. Экспериментальное исследование стабильности настройки установки при  $L \cong 10 \text{ м}$  показало, что отклонение выходного СП от входного не превышало 3% в течение трех суток.

Для того чтобы предложенная схема являлась прототипом квантового волоконно-оптического канала связи, перед ПП необходимо установить устройство для выбора базиса детектирования. Роль такого устройства может выполнять ЭОМ.

### Список литературы

- [1] Wiesner B. // Sigact News. 1983. V. 15. N 1. P. 78.
- [2] Bennett C.H., Brassard B. In: Proceedings of the IEEE International Conference on Computers Systems and Signal Processing. Bangalore, India // IEEE. New York. 1984. P. 175.
- [3] Ekert A.K. // Phys. Rev. Lett. 1991. V. 67. N 6. P. 661-663.
- [4] Bennett C.H., Bessette F., Brassard G., Satvail L., Smolin J. // J. of Cryptology. 1992. V. 5. N 3. P. 3-28.
- [5] Bennett C.H., Brassard G., Mermin N.D. // Phys. Rev. Lett. 1992. V. 68. N 5. P. 557-559.
- [6] Townsend P.D., Rarity J.G., Tapster P.R. // Electron. Lett. 1993. V. 29. N 7. P. 634-635.
- [7] Townsend P.D., Rarity J.G., Tapster P.R. // Electron. Lett. 1993. V. 29. N 14. P. 1291-1293.
- [8] Bennett C.H. // Phys. Rev. Lett. 1992. V. 68. N 21. P. 3121-3124.
- [9] Ekert A.K., Rarity J.G., Tapster P.R. // Phys. Rev. Lett. 1992. V. 69. N 9. P. 1293-1295.

- [10] *Muller A., Brequet J., Gisin N.* // *Europfys. Lett.* 1993. V. 23. N 6. P. 383-388.
- [11] *Noda J., Okamoto K., Sasaki Y.* // *J. of Light. Tech.* 1986. V. LT-4. N 8. P. 1071-1086.
- [12] *Imai T., Matsumoto T.* // *Opt. Lett.* 1987. V. 12. N 9. P. 723-725.

Санкт-Петербургский  
государственный университет  
телекоммуникаций  
им.проф. Бонч-Бруевича

Поступило в Редакцию  
7 июля 1994 г.

