

4. Картвелишвили, К. З. Оптический циркулятор и его возможности для измерительной техники / К. З. Картвелишвили, А. Г. Данелия, Д. И. Гарибашвили // Измерительная техника. –1997. – №8. – С. 43–47.

УДК 681.327.68

### Оптическое запоминающее устройство циркуляционного типа

Есман А. К., Зыков Г. Л., Потачиц В. А.  
Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

*В работе рассматривается техническое решение построения оперативной памяти на волоконно-оптическом контуре циркуляции. Приведены функциональная схема и принцип работы разработанного устройства. Предложенное техническое решение позволяет в 2 раза повысить максимальную частоту следования импульсов в контуре циркуляции при одинаковой полосе пропускания фотоприемников, увеличить максимальную информационную емкость памяти при той же длине контура.*

Терабитные скорости передачи информации, небольшие потери и широкая полоса пропускания одномодовых волоконных световодов позволяют использовать замкнутые линии задержки с циркуляцией сигнала в качестве аналога динамического запоминающего устройства для высокоэффективного оперативного хранения и обработки информации [1–5].

В данной работе предлагается техническое решение построения оперативной памяти на волоконно-оптическом контуре циркуляции, позволяющий повысить тактовую частоту, а следовательно, увеличить информационную емкость памяти (рис. 1).

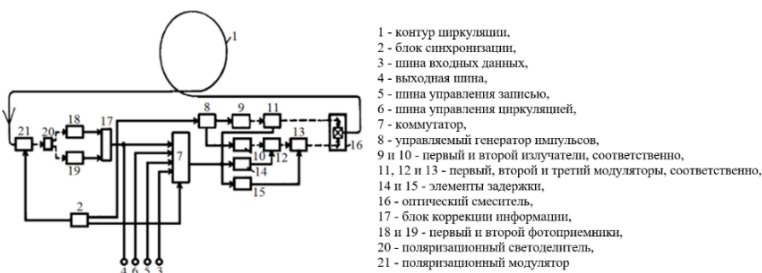


Рис. 1. Функциональная схема устройства

Информационный сигнал представляет собой кодовую цифровую последовательность импульсов в формате без возвращения к нулю. Этот сигнал поступает на шину 3 входных данных, а управляющий сигнал поступает на шину 5 управления записью. В тот же момент с шины 6 управления циркуляцией на второй управляющий вход коммутатора 7 поступает сигнал, блокирующий пропускание сигнала со второго информационного входа, подключенного к выходной шине 4, на выход коммутатора 7, с выходов которого информационный сигнал направляется на электрический вход первого модулятора 11, а также на первый 14 и второй 15 блоки задержки. Две серии импульсов, вырабатываемых управляемым генератором 8 импульсов, смещены относительно друг друга на величину, равную половине интервала следования. Сигнал синхронизации, который поступает с блока 2 синхронизации на вход управляемого генератора 8, задает величину смещения импульсов. Эти импульсы запускают генерацию импульсов оптического излучения с излучателями 9 и 10. Фазовый сдвиг  $\Delta\varphi$ , вносимый модуляторами 11, 12 и 13, между компонентами пропускаемого оптического излучения, имеющими взаимно ортогональную поляризацию, пропорционален уровню сигнала на электрическом входе.

Если величина информационного сигнала на входе модуляторов 11, 12 и 13 и величина полуволнового напряжения этих модуляторов будут равны, то символу «1» будет соответствовать фазовый сдвиг  $\Delta\varphi = \pi$ , вносимый каждым из этих модуляторов, а символу «0» – фазовый сдвиг  $\Delta\varphi = 0$ .

Если на входе первого излучателя 9 появится символ «1», то первый модулятор 11 внесет фазовый сдвиг  $\Delta\varphi = \pi$ . Импульсы второго излучателя 10 последовательно пройдут через второй 12 и третий 13 модуляторы, каждый из которых внесет фазовый сдвиг  $\Delta\varphi = 0$  (если на электрическом входе будет символ «0») или  $\Delta\varphi = \pi$  (если на электрическом входе будет символ «1»). Фазовый сдвиг  $\Delta\varphi$  в оптическом луче на выходе третьего модулятора 13 равен сумме фазовых сдвигов, вносимых вторым 12 и третьим 13 модуляторами, которые управляются последовательностью импульсов с задержкой на 2 и 4 символа, соответственно, элементами задержки 14 и 15. Если управляющее и полуволновое напряжение будут равны, то фазовый сдвиг на выходе третьего 13 модулятора будет равен  $\pi (a_{i-2} \oplus a_{i-4})$ , где  $a_{i-2}$  и  $a_{i-4}$  – это символы последовательности с задержкой, соответственно, на 2 и 4 символа, каждый из которых может принимать значение «1» или «0».

Смеситель 16 объединяет выходные лучи модуляторов 11 и 13. Полученный оптический сигнал поступает в контур 1 циркуляции. Одновременно с шины 5 управления записью, подключенной к первому управляющему входу коммутатора 7, снимается разрешающий сигнал, а с шины 6 управления циркуляцией на второй управляющий вход коммутатора 7 подается разрешающий сигнал. При этом происходит соединение второго

информационного входа коммутатора 7 и его выхода, и, как следствие, замыкание контура циркуляции 1 информационного сигнала.

Модулятор 21, управляемый гармоническим сигналом с блока 2 синхронизации, осуществляет поляризационную модуляцию (т.е. модуляцию в оптическом диапазоне частот, основанную на изменении угла плоскости поляризации оптического излучения) оптического сигнала, поступающего с выхода контура 1 циркуляции (волоконного световода). Амплитуда управляющего напряжения на электрическом входе модулятора 21 по величине равна полуволновому напряжению. Таким образом, изменение поляризации каждого импульса оптического излучения происходит на  $\pi/2$  относительно поляризации предшествующего импульса. Электрический канал модулятора 21, представляющий собой резонансную систему с узкой полосой частот, работает на постоянной частоте. На выходе модулятора 21 широкополосный оптический сигнал пространственно разделяется в соответствии с поляризационным признаком. Поэтому, на выходах поляризационного светоделителя 20 происходит выделение двух последовательностей импульсов, частота которых в два раза меньше частоты следования сигнала в контуре 1 циркуляции. С помощью фотоприемников 18 и 19 происходит детектирование этих последовательностей, которые после детектирования поступают на входы блока 17 коррекции, в котором происходит при необходимости коррекция пораженных символов. С выхода блока 17 коррекции информационный сигнал поступает на второй информационный вход коммутатора 7, который связан с шиной 6 управления циркуляцией, а затем вновь направляется на модуляторы 11, 12 и 13, замыкая процесс циркуляции. Вывод информации осуществляется через выходную шину 4 с выхода блока 17 коррекции информации.

При выполнении программ все их данные хранятся в оперативной памяти. Основными физическими факторами, определяющими два важных параметра оперативной памяти, являются объем  $V$  информации в битах и время ее хранения  $t_{\text{хр}}$  [6].

Объем памяти  $V$  определяется длиной  $L$  контура циркуляции, шириной полосы пропускания волоконного световода и количеством самих контуров. Если дисперсия стекловолокна допускает передачу информации со скоростью тактовой частоты  $f_t$  [7], то для одноконтурного запоминающего устройства количество информационных импульсов, которые могут распространяться по световоду в контуре циркуляции, и составляет объем памяти

$$V = \frac{Ln_{\text{гп}}f_{\text{т}}}{c}, \quad (1)$$

где  $L$  – длина контура циркуляции;  $n_{гр}$  – показатель замедления групповой скорости (показатель преломления сердцевины одномодового волокна, в световодах на основе кварцевого стекла  $n_{гр} \approx 1,5$ );  $c$  – скорость света в вакууме.

Время хранения информации определяется длиной контура циркуляции и вероятностью ошибки  $P_1$ , которую допускает ретранслятор при однократной регенерации проходящей через него информации. После завершения  $K$  циклов регенерации, в получаемой информации может накопиться ошибка:

$$P_K = K P_1. \quad (2)$$

Чаще всего, как показывает опыт работы с оперативной памятью, для большинства практических приложений хранящаяся в памяти системы информация будет пригодной для дальнейшего возможного использования, если дополнительная ошибка не превысит установленной величины порядка  $10^{-9}$ . Тогда время хранения информации в оперативной памяти будет определяться выражением:

$$t_{xp} = \frac{Ln_{гр}K}{c}, \quad (3)$$

а качество ретрансляции будет обеспечивать ошибку  $P_1$ , определяемую выражением (2) при  $P_K = 10^{-9}$ .

Выражения (1–3) определяют возможности и требования к основным параметрам волоконно-оптической оперативной памяти циркуляционного типа.

Таким образом, рассмотренное оптическое запоминающее устройство циркуляционного типа позволяет двукратно увеличить максимальную частоту следования импульсов в контуре циркуляции при одинаковой полосе пропускания фотоприемников за счет поляризационной модуляции сигнала на выходе контура циркуляции. Это приводит к такому же увеличению максимальной информационной емкости памяти при одинаковой длине контура. При этом происходит снижение основного противоречия между шириной полосы пропускания оптического канала и ограниченным быстрым действием фотоприемников.

### Литература

1. Bailey, D. Practical fiber optics / D. Bailey, E. Wright. – Newnes, 2003. – 288 p.

2. Пилипович, В. А. Циркуляционный волоконно-оптический контур памяти со встроенным служебным каналом / В. А. Пилипович, А. К. Есман, И. А. Гончаренко [и др.] // Квантовая электроника. – 1995. – Т. 22, № 10. – С. 1019–1022.

3. Жуковский, А. В. Моделирование процесса рециркуляционного хранения информации в оптоволоконной динамической буферной памяти / А. В. Жуковский, А. В. Поляков // Вестник БГУ. Сер. 2. – 2012. – № 2. – С. 31–36.

4. Поляков, А. В. Рециркуляционный метод измерения температуры волоконно-оптическим датчиком / А. В. Поляков // Проблемы физики, математики и техники. – 2019. – № 2 (39). – С. 36–44.

5. Тимофеев, А. М. Устройство для передачи и приема двоичных данных по волоконно-оптическому каналу связи / А. М. Тимофеев // Приборы и методы измерений. – 2018. – Т. 9, № 1. – С. 17–27.

6. Рябцев, В. Г. Средства восстановления работоспособности модулей памяти систем управления критического применения / В. Г. Рябцев, С. В. Волобуев // Технический сервис машин. – 2019. – № 2 (135). – С. 33–39.

7. Нелинейные эффекты в волоконной оптике: учеб. пособие / В. Г. Беспрозванных, В. П. Первадчук. – Пермь: Перм. нац. исслед. политехн. ун-т, 2011. – 228 с.

УДК 538.54.16

### **Studies of the correlation between superconducting transition temperature and anion defectivity in thallium-based ceramics**

Savchuk G. K., Yurkevich N. P.  
Belarusian National Technical University  
Minsk, Republic of Belarus

*The paper presents the results of studies of the influence of the anion defectiveness on the transition temperature to the superconducting state of thallium-containing superconductors. It is shown that the anion defectiveness is associated with a change in the oxygen O3 content in the thallium plane and oxygen O1 in the copper plane. It was found that the transition temperature depends on the bond lengths Tl-O3, Cu-O2 and Cu-O1.*

Anion defectivity in superconducting ceramics is one of the sources generating charge carriers (holes) in them.