

06.3; 07

© 1992

ПОЛНОСТЬЮ ОПТИЧЕСКАЯ ДИНАМИЧЕСКАЯ
ВОЛОКОННАЯ КОЛЬЦЕВАЯ ПАМЯТЬМ.П. Петров, Е.А. Кузин, В.И. Белотичкий,
В.В. Спирин

Хорошо известно, что волокно является эффективной линией задержки, обеспечивающей большое произведение полосы пропускания на время задержки. Одним из применений волокна использующих это свойство может быть создание волоконной динамической памяти, в которой оптические импульсы длительное время циркулируют по замкнутому волоконному контуру [1].

В опубликованных к настоящему времени работах, в которых исследовалась циркуляция оптических импульсов по полностью оптическому волоконному контуру, время циркуляции лежало в диапазоне от нескольких миллисекунд до нескольких секунд [2-4].

В настоящей работе мы предлагаем результаты экспериментальных исследований полностью оптической динамической волоконной кольцевой памяти с практически неограниченным временем хранения. Система основана на использовании логического инвертора с использованием эффекта ВКР [5-7] для регенерации оптических сигналов. Частота следования импульсов по контуру равнялась 100 МГц при длительности импульсов 70-100 пс. Информационная емкость контура составляла около 500 бит.

Экспериментальные результаты.

Схема полностью оптической динамической кольцевой системы памяти представлена на рис. 1. Она включает в себя ВКР-усилитель, фильтр обеспечивающий подавление излучения на стоксовой длине волны, ВКР-генератор, волоконную линию задержки и пере-страиваемую линию задержки. Источником излучения накачки служил *Nd:YAG* лазер, работающий на длине волны 1,064 мкм с частотой следования импульсов 100 МГц и длительностью импульсов 70-100 пс. В установке использовалось одномодовое волокно с сохранением поляризации и диаметром сердцевины 6 мкм. Длина волокна в ВКР-усилителе равнялась 22 м. ВКР-генератор и волоконная линия задержки были выполнены из одного отрезка волокна длиной 840 м. При этом в ВКР-генерации эффективно участвовал начальный отрезок длиной 30-50 м. Средняя мощность лазерного излучения накачки вводимого в ВКР-усилитель в эксперименте составляла 2-2.5 Вт. Для фильтрации излучения со стоксовой длиной волны использовалось 6 отражений между парой диэлектрических дихроичных зеркал. Это обеспечивало подавление стоксового излучения на 30 дБ при пропускании излучения накачки на уровне 0.8.

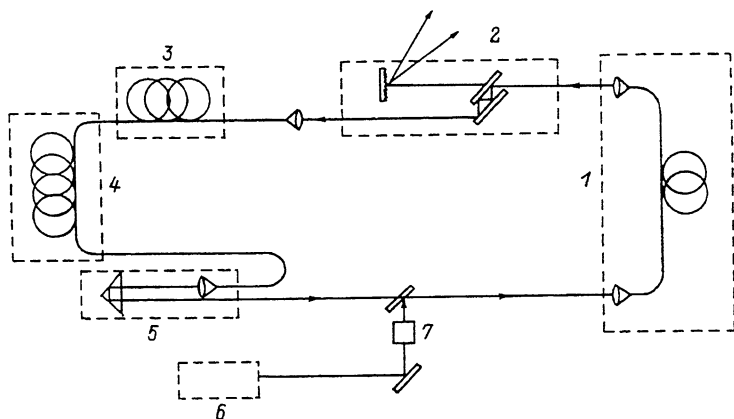


Рис. 1. Схема эксперимента, 1 - ВКР - усилитель, 2 - спектральный фильтр, 3 - ВКР - генератор, 4 - волоконная линия задержки, 5 - перестраиваемая линия задержки, 6 - лазер накачки, 7 - фарадеевская развязка.

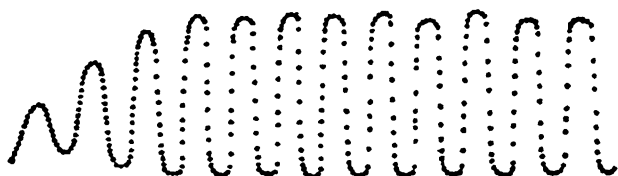


Рис. 2. Осциллограмма огибающей цугов стоксовых импульсов на выходе ВКР-усилителя при двух устойчивых состояниях.

С учетом потерь в объективах и неточностей юстировки эффективность передачи излучения накачки из ВКР-усилителя в ВКР-генератор составляла 0.5-0.6.

ВКР-усилитель, ВКР-генератор и фильтр формируют ВКР-инвертор. Стоксов сигнал достаточно большой интенсивности (логическая единица) введенный в ВКР-усилитель одновременно с импульсом накачки усиливается и вызывает ее истощение. Образовавшийся интенсивный стоксов импульс подавляется фильтром, а оставшийся ослабленный импульс накачки оказывается не в состоянии возбудить достаточно интенсивный стоксов сигнал в ВКР-генераторе. В результате на выходе ВКР-генератора образуется логический ноль (стоксов импульс низкой интенсивности). В случае отсутствия входного стоксового импульса излучение накачки с небольшими потерями поступает в ВКР-генератор и вызывает появление на его выходе интенсивного стоксового импульса, соответствующего логической единице.

После подачи излучения накачки на волоконный контур возникает сигнальная последовательность логических нулей и единиц, перехо-

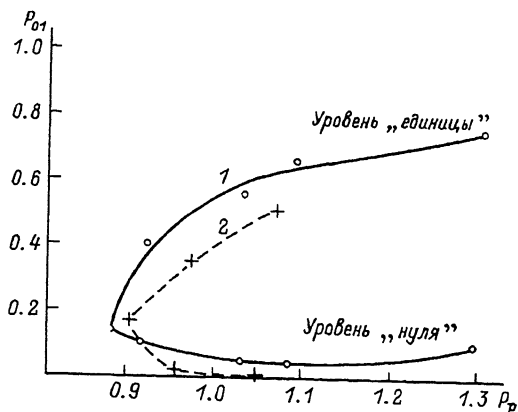


Рис. 3. Зависимость уровней логического нуля и единицы (P_{01}) от нормированной мощности накачки во втором отрезке волокна (P_p). 1 - мощность накачки в первом отрезке равна 1.35 от порогового уровня, 2 - равна пороговому уровню.

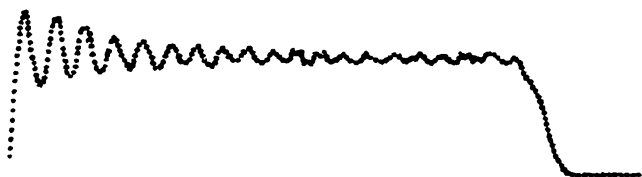


Рис. 4. Осциллограмма огибающей цугов стоксовых импульсов на выходе ВКР-усилителя при одном устойчивом состоянии.

двух в одну и одну в другую на каждом цикле. Мы наблюдали циркуляцию этой последовательности без разрушения в течение более чем 10 минут. Время наблюдения ограничивалось только стабильностью внешних условий.

На рис. 2 представлена типичная осциллограмма огибающей цугов стоксовых импульсов на выходе ВКР-усилителя, образующихся после подачи на контур излучения накачки. Сигнал большой интенсивности соответствует цугу импульсов большой интенсивности (логических единиц), сигнал малой интенсивности соответствует цугу импульсов малой интенсивности (логических нулей). Отношение средних интенсивностей цугов единиц и нулей при определенных режимах работы превосходило 50. Это отношение зависело от мощностей накачки в ВКР-усилителе и ВКР-генераторе, от настройки задержки, от величины обратной связи в контуре по стоксовому сигналу и от некоторых других условий работы. Наиболее существенной являлась зависимость от мощностей накачки. На рис. 3 показаны зависимости

средних интенсивностей логических нулей и единиц от мощности накачки введенной в ВКР-генератор при двух значениях мощности введенной в ВКР-генератор. Мы видим, что при мощности накачки в ВКР-генераторе менее чем 0.8 от пороговой величины, нули и единицы перестают различаться. Это означает, что сохранение информации в контуре становится невозможным. На рис. 4 представлена осциллограмма стокового сигнала для этого случая. По мере возрастания интенсивности накачки происходит возрастание интенсивностей единиц и некоторое уменьшение интенсивностей нулей. Максимально в эксперименте интенсивность единиц составляла 0.6 от интенсивности накачки. Интенсивность единиц и особенно интенсивность нулей зависит так же от интенсивности накачки в ВКР-усилителе и при некотором превышении порогового уровня интенсивность нулей начинает заметно возрастать.

В целом исследования динамической кольцевой волоконной памяти показали ее работоспособность в достаточно широком диапазоне мощностей накачки.

Обсуждение результатов

Приведенные выше экспериментальные результаты показывают, что для работы памяти мощность накачки должна быть близка к пороговому уровню ВКР. Пиковая пороговая мощность импульса накачки может быть определена из выражения

$$P_{th} \approx \frac{15 S}{gL}, \quad (1)$$

где g - коэффициент ВКР - усиления (для кварцевого стекла $g = 10^{-13}$ М/Вт при длине волны накачки 1.06 мкм [8]), S - эффективная площадь сечения сердцевины волокна, L - длина взаимодействия накачки со стоковым сигналом. Длина взаимодействия ограничивается главным образом двумя факторами, затуханием света и смещением накачки относительно стокового импульса из-за дисперсии групповых скоростей. Оптические потери в нашем случае малы и основное ограничение возникает из-за дисперсии. Задержка импульса накачки относительно стокового импульса в волокне определяется выражением

$$\delta t = D \delta \nu L, \quad (2)$$

где D - дисперсия групповых скоростей. В кварцевом волокне при длине волны 1.06 мкм $D = 40$ пс/нм км и задержка на 100 пс будет происходить при длине волокна 60 м (сдвиг длин волн при ВКР на этой длине волны равен 56 см^{-1}). Эта длина и является максимальной длиной взаимодействия в условиях нашего эксперимента. Из (1) следует, что пиковая пороговая мощность будет равна около 75 Вт, а средняя мощность при частоте следования 100 МГц равна 0.75 Вт.

Впервые экспериментально продемонстрирована полностью оптическая динамическая волоконная память с практически неограниченным временем хранения информации. Частота следования импульсов в волоконном контуре равнялась 10^8 Гц, емкость контура 500 бит. Циркуляция импульсов по волоконному контуру наблюдалась в течение времени около 10 мин.

Авторы выражают искреннюю благодарность профессору В.С. Бурцеву за полезные обсуждения.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Беловолов М.И., Дьянов Е.М., Карпов В.И. В сб. Труды ИОФАН, т. 5, Волоконная оптика. С. 114-125.
- [2] Mollenauer L.F., Numan B.M., Neubelt M.J., Rayban G., Evangelides S.G. // *Electr. Lett.* 1991. V. 27. No. 2. P. 178-179.
- [3] Malion D.J., Widdowson T., Bryant E.G., Carter S.F., Wright J.V., Stallard W.A. // *Electr. Lett.* 1991. V. 27. No. 2. P. 120-121.
- [4] Nakazawa M., Yamada E., Kubota H., Zuzuki K. // *Electr. Lett.* 1991. V. 27, N 14. P. 1270-1272.
- [5] Kuzin E.A., Maksutenko M.A., Petrov M.P., Spirin V.V. All-optical fiber logic NOR gate using Stimulated Raman scattering. 1991. V.1. No.2. P.163-167.
- [6] Кузин Е.А., Петров М.П., Спирин В.В. // *Письма в ЖТФ.* 1986, Т. 12, В. 7. С. 406-409.
- [7] Белотикский В.И., Кузин Е.А., Петров М.П., Спирин В.В. // *ЖТФ.* 1988, Т. 58, В. 7. С. 1325-1330.
- [8] Fleming J.W. // *J. Am. Ceramic. Soc.* 1976. V. 59. P. 503-507.

Поступило в Редакцию
28 июля 1992 г.