

УДК 531.317.1

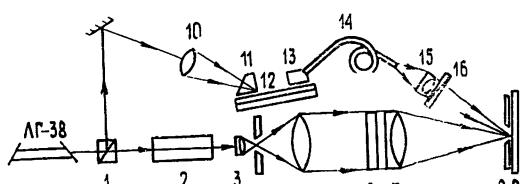
ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАКТА ПЛАНАРНЫЙ ВОЛНОВОД — ОПТИЧЕСКОЕ ВОЛОКНО ДЛЯ ГОЛОГРАФИЧЕСКИХ ЗАПОМИНАЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Ю. А. Быковский, Ю. Н. Кульчин, В. Л. Смирнов

Исследуется возможность записи и реконструкции фурье-голограмм с высокой информационной плотностью при использовании системы планарный волновод — оптическое волокно с узлом стыковки световолоконных трактов. Показана целесообразность выбора данной системы. Получена плотность записи информации 10^4 бит/ мм^2 . Исследована чувствительность системы к смещениям.

Практическая реализация высокоэффективных дефлекторов света в сочетании с линзовыми системами, сформированными в объеме планарного волновода, дает возможность локализовать и вывести излучение, распространяющееся в тонкопленочном волноводе посредством эффекта оптического туннелирования световой мощности в световолоконную линию [1] в любой точке плоскости. Сочетание быстродействующих и компактных комбинированных интегрально-оптических и волоконных систем с голограммическими устройствами позволит создать принципиально новые системы оптической обработки информации. Были исследованы вопросы записи и считывания голограмм при раздельном использовании планарных [2] и волоконных [3, 4] световодов. Целью настоящей работы явилось исследование возможности записи и восстановления фурье-голограмм с высокой информационной плотностью при использовании системы планарный волновод — оптическое волокно с узлом стыковки световолоконных линий. На рис. 1 приведена схема записи и восстановления голограмм. В плоскости регистрации объективом формируется фурье-спектр транспаранта, который представляет собой стандартную информационную страницу емкостью 10^4 бит, состоящую из черных и светлых квадратов, имеющих амплитудное пропус-

Рис. 1. Оптическая схема записи и восстановления информации: 1 — светофильтр кубик, 2 — компенсатор, 3 — микрообъектив, 4, 8 — диафрагмы, 5, 10 — линзы, 6 — транспарант, 7, 15 — объективы, 9 — голограммы, 11 — призма ввода, 12 — волноводная структура, 13 — устройство связи планарный волновод — оптическое волокно и стыковочный узел волокно As_2S_3 — кварцевое волокно, 14 — кварцевое волокно, 16 — поляризатор.



жение. Размер голограммы задается величиной отверстия диафрагмы, расположенной непосредственно перед регистрирующей средой. Опорная световая волна первоначально распространяется в планарном волноводе, в который вводится при помощи призмы связи. Затем излучение выводится из волновода в световолоконный тракт посредством отрезка оптического волокна, торец которого сошлифован под острым углом,

обеспечивающим выполнение условия фазового синхронизма для мод волновода и волокна [1], и прижат к поверхности планарного волновода. Для вывода излучения из планарного волновода использовалось оптическое волокно с сердцевиной из трехсернистого мышьяка As_2S_3 и оболочкой из стекла. Высокий показатель преломления материала сердцевины и хорошее спектральное пропускание в диапазоне от 0,6 мкм до 12 мкм позволяют использовать волокна данного типа длястыковки с широким классом планарных волноводов. Далее отрезок волокна из As_2S_3 сочленяется с кварцевым волокном, образуя гибкий световолоконный тракт, позволяющий передать выводимую световую мощность в любую наперед заданную точку. Для удобства проявления голограммы непосредственно на установке опорный волновой фронт, выходящий из световолоконного тракта, проецировался в плоскость голограммы при помощи объектива.

Как отмечалось в [3, 4], крапчатая структура светового поля опорной волны, которая возникает после прохождения когерентного излучения через волокно, накладывает определенные ограничения на используемый волновой фронт при записи фурье-голограмм. Одно из ограничений состоит в том, что расстояние между соседними вариациями светового поля p должно удовлетворять условию

$$p < \lambda F/N\delta, \quad (1)$$

где λ — длина волны используемого излучения, F — фокусное расстояние объектива, осуществляющего фурье-преобразование, δ — размер элемента транспаранта, N — число элементов в строке.

В работе было использовано излучение с длиной волны $\lambda = 0,63 \text{ мкм}$, $F = 30 \text{ см}$, $N = 100$, $\delta = 0,4 \text{ мм}$, при этих значениях $p < 4,7 \text{ мкм}$.

Планарные волноводы изготавливались методом ионозамещения в расплаве соли AgNO_3 на подложке из стекла. В каждом волноводе могло распространяться 7 мод как ТЕ-, так и ТМ-поляризации, которые возбуждались призмой связи из стекла ТФ-5. После изготовления волноводы отжигались на воздухе, а их поверхность предварительно полировалась. Диаметры волокон из кварца и сердцевиной из As_2S_3 брались равными 150 мкм. Торец волокна из As_2S_3 сошлифовался под углом 40° по отношению к нормали, что обеспечивало согласование мод планарного волновода и волокна. Длины волокон из As_2S_3 и кварцевого были соответственно равны 5 мм и 100 мм. Необходимость создания составного световолоконного тракта была вызвана тем, что вследствие недостаточно отработанной технологии изготовления оптических волокон из As_2S_3 величина потерь световой мощности из-за рассеяния на неоднородностях границы раздела сердцевина — оболочка составляет 1,64 дБ/см для используемой длины волны. Поэтому энергетически выгодным оказалось изготовить составной световолоконный тракт, состоящий из оптического волокна с малыми потерями и отрезка волокна из As_2S_3 , используемого лишь для вывода световой мощности из волновода. Для обеспечения прецезионнойстыковки волокна обоих типов, имеющие равные диаметры, помещаются в V-образные канавки, которые изготавливаются на кремниевых пластинах и служат в качестве направляющих для соосного соединения, после чего волокна склеиваются канадским бальзамом. На рис. 2 приведено схематическое изображениестыковочного узла (рис. 2а) и дана фотография кремниевой пластины, на которой приготовлены четыре V-образные канавки (рис. 2б). Обеспечение минимального зазора между торцамистыкуемых волокон приводит к минимальным потерям распространяющейся через областьстыковки волны. Однако различие в модовом составе, несовершенство поверхностей торцов волокон, получающихся в результате их скола, а также френелевское отражение на переходе не позво-

ляют осуществить полную передачу выводимой из планарного волновода мощности на выход волоконного тракта. Экспериментально достигнутая эффективность передачи световой мощности составила около 52%.

При возбуждении отдельной моды планарного волновода лишь одна мода в волокне из As_2S_3 будет точно удовлетворять условию фазового синхронизма. Наличие рассеяния волн в волокне приведет к тому, что в результате в волокне возбудится некоторая группа мод и именно

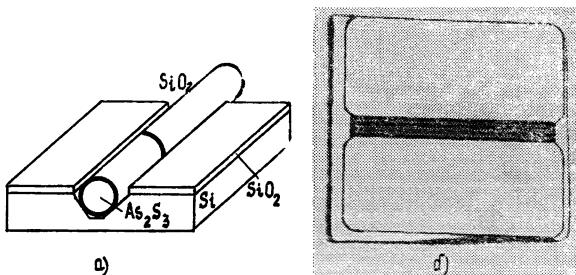


Рис. 2.

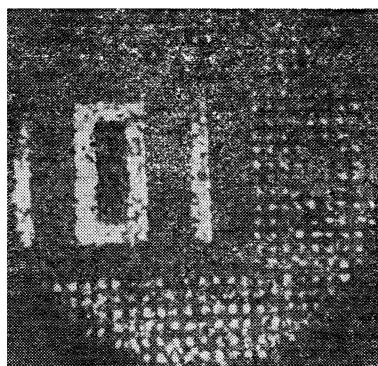


Рис. 3.

в нее произойдет перекачка энергии. Когда в планарном волноводе возбуждается другая мода, то эффективно связанными с ней оказываются другие моды волокна. Это приводит к тому, что картина распределения поля световой волны, выходящей из торца волокна из As_2S_3 , изменяется при изменении условий возбуждения планарного волновода [5]. Кроме того, вследствие возбуждения ограниченного числа мод в волокне, распределение поля на выходе из волокна As_2S_3 не удовлетворяет условию (1), поэтому без использования диффузного рассеивателя [4] запись и восстановление фурье-голограмм непосредственно излучением, выходящим из волокна, невозможны. Однако в результатестыковки волокна из As_2S_3 с кварцевым волокном из-за малой числовой апертуры последнего и из-за рассеяния излучения на переходе происходит равномерное возбуждение практически всех типов мод кварцевого волокна. Это привело к тому, что рассеяние между соседними вариациями поля опорной волны стало меньше 4,7 мкм, что позволило уверенно записывать изображение транспаранта на голограмме площадью $\sim 1 \text{ mm}^2$. Кроме того, оказалось, что картина распределения поля световой волны на выходе из кварцевого волокна практически не зависит от

номера возбуждаемой в планарном волноводе моды, что имеет большое значение при записи и считывании голограмм при использовании различных волноводных мод. На рис. 3 приведен фрагмент восстановленного изображения с голограммы, плотность записи информации на которой составила 10^4 бит/ мм^2 . Для увеличения дифракционной эффективности голограмма после проявления отбеливалась.

Исследование влияния поперечного смещения голограммы относительно первоначального положения показало, что сдвиг на 5,5 $\mu\text{м}$ приводит к полному исчезновению восстановленного изображения, что находится в удовлетворительном согласии с результатами работ [3, 4]. Также качество восстановленного изображения зависит от поперечного смещения выходного торца кварцевого волокна. Перемещение последнего на расстояние, равное сдвигу голограммы, также приводит к исчезновению изображения. Однако при фиксированном положении выходного торца волокна качество восстановленного изображения практически не меняется при изменении положения планарного волновода относительно голограммы.

Таким образом, проведенные исследования показали, что предлагаемый тракт планарный волновод — оптическое волокно со специальным узломстыковки может быть использован для записи и считывания фурье-голограмм с высокой информационной плотностью, причем достигнутое значение для плотности записанной информации не является предельным, а может быть увеличено путем соответствующего подбора и оптимизации световолоконных трактов. Высокий показатель преломления волокон из As_2S_3 позволяет использовать подобные устройства с большим классом управляемых интегрально-оптических волноводов, что открывает широкие возможности в деле создания оптических устройств обработки информации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Быковский Ю. А., Маковкин А. В., Смирнов В. Л. — Квантовая электроника, 1975, 2, № 4, с. 844.
2. Быковский Ю. А., Маковкин А. В., Смирнов В. Л. — Квантовая электроника, 1974, 1, № 1, с. 208.
3. Быковский Ю. А., Кульчин Ю. Н., Маковкин А. В., Смирнов В. Л., Шмалько А. В. — Квантовая электроника, 1978, 5, № 1, с. 223.
4. Быковский Ю. А., Кульчин Ю. Н., Смирнов В. Л. — Опт. и спектр., 1980, 48, № 1, с. 155.
5. Караванский В. А., Морозов В. Н., Попов Ю. М., Смирнов В. Л. — Квантовая электроника, 1980, 7, № 6, с. 1360.

Московский инженерно-физический
институт

Поступила в редакцию
13 ноября 1980 г

INVESTIGATION OF PLANAR WAVEGUIDE-OPTICAL FILAMENT CHANNEL FOR HOLOGRAPHIC MEMORY DEVICES

Yu. A. Bykovskij, Yu. N. Kul'chin, V. L. Smirnov

A possibility of record and reconstruction is studied for Fourier holograms with a high information density using a planar waveguide-optical filament system with a joint node of light filament channels. The choice validity of the given system is shown. The density of the information record of 10^4 bit/ mm^2 is obtained. A sensitivity of the system to shiftings is studied.