

О ВЛИЯНИИ СТЕКЛОВОЛОКНА НА ЧАСТОТНО-КОНТРАСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Я. О. Довгий, Я. М. Билый, М. И. Брилинский, Р. Г. Гныл,
В. П. Дмытрук и Ю. Е. Симкин

Показано, что стекловолоконный элемент (СВ) в оптической системе вносит искажения контраста. Степень искажений зависит от соотношения апертур СВ и других элементов системы. Обсуждаются условия, приемлемые для измерения частотно-контрастных характеристик стекловолокна.

Качество изображения, формируемого оптической системой, определяется ее частотно-контрастной характеристикой (ЧКХ) или функцией передачи контраста $T(N)$. Если при трансформации оптических сигналов

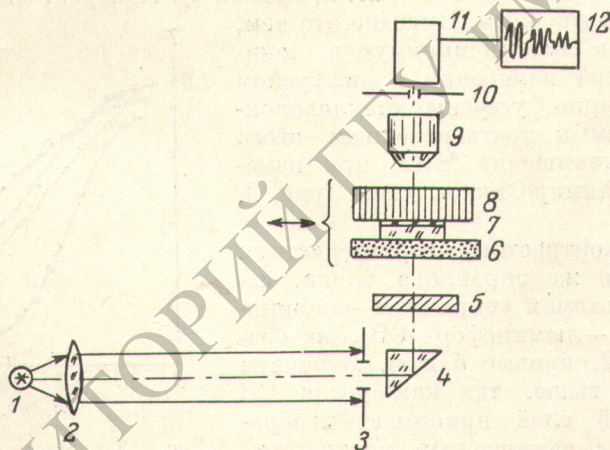


Рис. 1. Оптическая схема установки для измерения частотно-контрастных характеристик.

1 — источник света (лампа ДКСШ-1000 или гелий-неоновый лазер типа ЛГ-75); 2 — коллиматор; 3 — диафрагма; 4 — призма полного внутреннего отражения; 5 — светофильтр; 6 — молочное стекло; 7 — стеклянная мира; 8 — стекловолоконный образец; 9 — объектив, проектирующий изображение миры на выходную щель микрофотометра; 10 — выходная щель МФ-4; 11 — ФЭУ-62; 12 — запись на фотопластинке. Молочное стекло, мира и образец на столике подвижной каретки микрофотометра МФ-4. Условия записи: масштаб 45 : 1, скорость передвижения каретки 8 мм/мин.

их относительная интенсивность (контраст) не изменяется, можно записать [1]

$$T_{\text{сист.}}(N) = \prod_i T_i(N) \quad (1)$$

($T_i(N)$ — частотно-контрастная характеристика i -го элемента системы, N — пространственная частота). В данной работе выясняется, как влияет

стекловолокно (СВ) на ЧКХ системы и показано, что СВ приводит к нарушению (1).

Нами измерена ЧКХ нескольких серий СВ дисков и экранных блоков (диск+люминофор). Оптическая схема установки показана на рис. 1. Характерные результаты поданы на рис. 2 и 3.

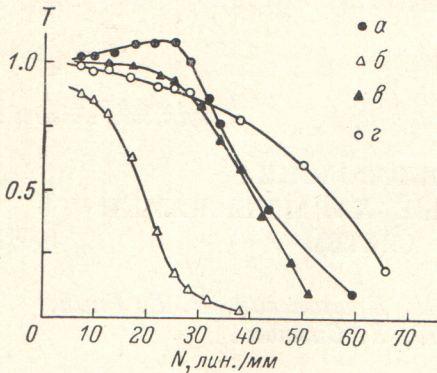


Рис. 2. Частотно-контрастные характеристики стекловолоконного диска и экранного блока.

Диск темно-коричневого цвета. Средний диаметр световедущих жил 6.5 мкм. Упаковка хаотическая. Люминофор — ZnS-Ag, фракция 0.8+1.0 мкм, удельная навеска 1.1+1.3 мг/см². Приемный объектив типа «АПО», $A_{об.} = 0.95$. Светофильтр $\lambda_{max} = 460$ нм. а — схема: P+M+СВ; б — схема: P+M+ЛСВ (люминофором вниз); в — схема: P+M+СВЛ (люминофором вверх); г — схема: M+ЛСВ. Обозначения: P — светорассеиватель (молочное стекло), M — мира, СВ — стекловолоконный диск, СВЛ — волочнооптический экран.

Измерения показали, что для дисков со средним диаметром световедущих жил около 10 мкм пересчет по формуле

$$T_{СВ} = \frac{T_{сист.}}{T_{миры}} \quad (2)$$

вытекающей из (1), в области низких пространственных частот ($N \sim 20$ мм⁻¹) дает $T_{СВ} > 1$ (рис. 2, кривая а). Контраст миры на выходе получился завышенным. Вызвано это тем, что засветки в области минимумов, понижающие T при измерении в диффузном свете, апертурно усечены стекловолоконном [2]. Прямым подтверждением этого есть резкое повышение ЧКХ при измерениях в коллимированном свете (рис. 2, кривая г).

Частотно-контрастные характеристики одного и того же экранного блока, измеренные по схемам «мира—СВ—люминофор» и «мира—люминофор—СВ», не совпадают (рис. 2, кривые б и в). В первом случае ЧКХ выше, так как после СВ люминофорный слой принимает изображение миры с завышенным контрастом. Подобная «некоммутативность», свидетельствующая о нарушении (1), воспроизводилась на образцах с различными диаметрами световедущих жил.

«Нелинейные» свойства СВ тем острее, чем меньше его апертура и чем больше апертура приемного устройства.¹ Нами с различными объективами ($A_{об.} = 0.3, 0.65, 0.95$) измерялись ЧКХ дисков и соответствующих экранных блоков. Далее, согласно (1), находилась ЧКХ люминофорного слоя: $T_{л} = T_{СВЛ} / T_{СВ}$. Как и следовало ожидать, кривые $T_{л}(N)$ не совпали (рис. 3). Они близки лишь при лазерном освещении и при диффузном освещении, но с использованием узкоапертурного объектива ($A_{об.} = 0.3$). Когда $A_{об.} \leq A_{СВ}$, СВ ведет себя «линейно» — апертурные ограничения

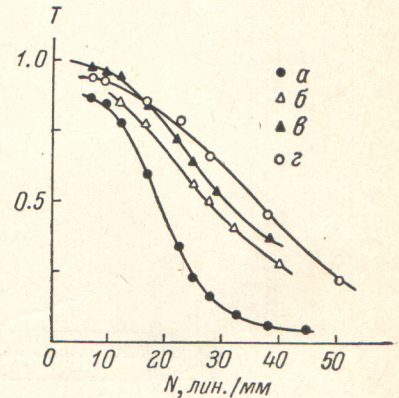


Рис. 3. Частотно-контрастные характеристики люминофорного слоя, найденные по соотношению $T_{л}(N) = T_{СВЛ}(N) / T_{СВ}(N)$.

Измерения в синем свете ($\lambda_{max} = 460$ нм) с объективами 0.95 (а), 0.65 (б), 0.3 (в) и при лазерном освещении ($\lambda = 632.8$ нм) с объективом 0.95 (г).

¹ Приемники можно условно разделить на три категории: узкоапертурные (например, газ), среднеапертурные (оптические объективы) и широкоапертурные (например, при контактном фотографировании).

учтены в $T_{\text{миры}}$. С другой стороны, в случае параллельного освещения фоновая засветка в области минимумов почти отсутствует (если не считать дифракционных явлений, которые при низких пространственных частотах несущественны) и СВ также «линейно». Таким образом, измерять ЧКХ стекловолоконных элементов в диффузном свете с использованием широкоапертурных объективов и соотношения (2) некорректно. Наиболее приемлемы следующие условия: освещение коллимированным однородным по сечению пучком света с использованием любого приемного объектива, либо диффузное освещение совместно с узкоапертурным объективом ($A_{\text{об.}} \leq A_{\text{СВ}}$).

Литература

- [1] Ф. Перрен. Усп. физ. наук, 78, 307, 1962.
[2] Д. М. Крупин. Опт.-мех. промышл., вып. 1, 21, 1966.

Поступило в Редакцию 29 марта 1974 г.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ имени Ф. Скорины