

2. Otto O. W. Scattering of Rayleigh waves from topographic irregularities at oblique incidence.— J. Appl. Phys., 1977, v. 48, № 12, p. 5105–5110.
3. Бирюков С. В. Аналоги углов Брюстера для упругих поверхностных волн.— Письма в ЖТФ, 1983, т. 9, № 4, с. 222–226.
4. Лапин А. Д. Отражение рэлеевской волны от периодических неровностей при наклонном падении.— Акуст. журн., 1979, т. 25, № 5, с. 766–770.
5. Григорьевский В. И., Плесский В. П. Брэгговское отражение рэлеевской волны от периодически неровного участка поверхности упругого тела при наклонном падении волны.— Письма в ЖТФ, 1979, т. 5, № 22, с. 1398–1400.
6. Полевой В. Г. Рассеяние акустических поверхностных волн на трехмерных неоднородностях границы.— Акуст. журн., 1983, т. 29, № 1, с. 91–95.
7. Уильямсон Р. Фильтры с отражающими решетками.— В кн.: Фильтры на поверхностных акустических волнах/Под ред. Мэтьюза Г. М.: Радио и связь, 1981, с. 340–398.

Московский государственный
университет им. М. В. Ломоносова,
физический факультет

Поступило в редакцию
28.VI.1984

УДК 681.7.068

ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ГИДРОФОН

Лямшев Л. М., Смирнов Ю. Ю.

В настоящему времени разработан ряд конструкций волоконно-оптических приемников звука (и волоконно-оптических гидрофонов в том числе), использующих различные механизмы модуляции света звуком [1]. К числу довольно распространенных конструкций относятся поляризационные приемники с приемным элементом в виде цилиндрического каркаса, на который навит одномодовый волоконный световод [2–4]. В основе рассмотренного ниже волоконно-оптического гидрофона (ВОИГ) лежит именно такая конструкция. На фиг. 1 изображена блок-схема ВОИГ, в котором в качестве цилиндрического каркаса использован отрезок толстостенной цилиндрической трубки.

Принцип действия ВОИГ состоит в следующем. Известно, что волоконный световод, навитый на цилиндрический каркас или свитый в кольцо, обладает двулучепреломлением [2], т. е. световая волна, поляризованная в плоскости кольца и перпендикулярно ей, имеет различные постоянные распространения. Поэтому звуковая волна, воздействующая на световод, по-разному меняет фазы компонент световой волны, имеющих разные поляризации. Влияние звуковой волны таким образом, приводит к изменению состояния поляризации света на выходе световода. Это изменение регистрируется поляризационно-чувствительным фотоприемником, на выходе которого появляется электрический сигнал звуковой частоты.

Функционально гидрофон разделен на 4 части (фиг. 1). Первоначально источником света служил He-Ne лазер ЛГ-52, а фотоприемником — ФЭУ-128. В последующих экспериментах они были заменены соответственно на полупроводниковый лазер и фотодиод (фиг. 2). В систему ввода и вывода оптического излучения входят четвертьволновая пластина 2, поляроиды 3, 6; объективы 4, 5. Четвертьволновая пластина 2 на входе в световод преобразует линейно-поляризованный свет в световую волну круговой поляризации. Поляроид 3 обеспечивает ввод оптического излучения в область акустооптического взаимодействия под оптимальным углом поляризации. Поляроид 7 осуществляет преобразование поляризационно-модулированного светового сигнала на выходе световода в амплитудно-модулированный.

Аналогично тому как это сделано в работе [2], можно показать, что чувствительность ВОИГ вычисляется по формуле $M = \frac{1}{2} P \cdot \sin 2\varphi_0 \cdot \sin 2\varphi \cdot \sin(\Delta\beta \cdot l) \cdot G \cdot S_k \cdot R_n \cdot \Delta\psi$, где P — интенсивность света на выходе световода φ_0 , φ — соответственно углы ориентации поляроидов на входе и выходе световода относительно оси цилиндра, $\Delta\beta$ — величина линейного двулучепреломления в изогнутом световоде, l — длина акустооптического взаимодействия, G — усиление фотоприемника, S_k — чувствительность фотокатода, R_n — сопротивление нагрузки, $\Delta\psi = \delta(\Delta\beta \cdot l)$ — наведенная акустической волной разность фаз взаимноперпендикулярных поляризаций. Из формулы для чувствительности следует, что поляроиды на входе и выходе световода должны быть ориентированы под углом 45° к главным осям напряжений в световоде. Кроме того, должно выполняться условие $\Delta\beta \cdot l = \pi/2(2m+1)$, где m — целое.

С учетом приведенных условий для каркаса в виде толстостенной трубки, используя результаты работы [2], можно приближенно записать $M = \frac{1}{2} P \cdot G \cdot S_k \cdot R_n \cdot 4,9 \cdot 10^6 \cdot \rho \cdot l / 3K \cdot b$, где K — модуль объемного сжатия материала каркаса, ρ — радиус световода, b — внешний радиус цилиндрического каркаса.

Использование резины, обладающей малым модулем объемного сжатия, в качестве материала каркаса позволяет увеличивать деформацию световода в поле звуковой волны и получать повышенную чувствительность приемника звука. Основные характеристики описанного ВОИГ такие: полоса рабочих частот 200–500 Гц, пороговая чувствительность $5 \cdot 10^{-4}$ Па, динамический диапазон 50 дБ, чувствительность 100 мВ/Па, неравномерность диаграммы направленности не более 1,6 дБ.

Здесь будет страница 141