

АНАЛИЗ ФОРМИРОВАНИЯ КАНАЛОВ УТЕЧКИ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ВНЕШНЕМ ВОЗДЕЙСТВИИ, ВЫЗЫВАЮЩИЕ ИЗМЕНЕНИЕ ОТНОШЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРЕЛОМЛЕНИЯ В ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ЛИНИЯХ СВЯЗИ

Плец Алексей Александрович

ГВУЗ «Национальный горный университет», <http://www.nmu.org.ua/>, vtsstspi@gmail.com

Съем информации с оптоволоконных линий возможен при деформации вызывающим внешним воздействием как физическим, так и акустическим.

Ключевые слова – акустическое воздействие; съем информации; оптоволоконные линии связи.

ВВЕДЕНИЕ

Изменения угла падения можно добиться не только изменением формы оптоволоконной линии при механическом воздействии, но и акустическим воздействием на оптическое волокно. В сердцевине оптоволоконной линии создается дифракционная решетка периодического изменения показателя преломления, которая вызвана воздействием звуковой волны.

АКУСТИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОПТОВОЛОКНО

Электромагнитная волна отклоняется от своего первоначального направления, и часть её выходит за пределы канала распространения. Физическим явлением, с помощью которого возможно решить поставленную задачу, является дифракция Брэгга на высокочастотном звуке (>10 МГц), длина волны L которого удовлетворяет условию: $(\lambda L / \Lambda^2)$, где λ - длина волны электромагнитного излучения, L - ширина области распространения звуковой волны.

Деформации, создаваемые упругой волной, формируют периодическое изменение показателя преломления внутри оптоволоконной линии для света являющейся дифракционной решеткой (рис. 1). [1]

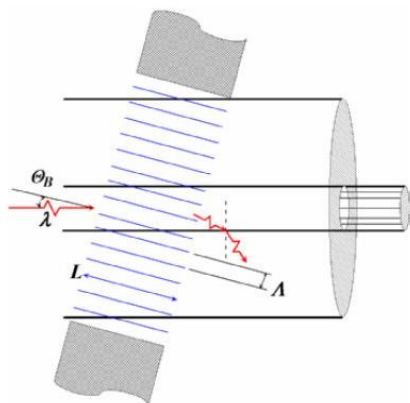


Рисунок 1. Формирование дифракционной решетки в сердцевине оптоволоконной линии

Максимальный угол отклонения единственного наблюдаемого дифракционного максимума равен двум углам Брэгга ($2\Theta_B$). Частота отклоненной электромагнитной волны приблизительно равна частоте основного информационного потока. Интенсивность дифракционного максимума может быть определена по формуле

$$I = I_0 \sin^2 \left(\frac{\pi}{2} \sqrt{J_0 M_2} \frac{L}{\lambda} \right), \quad (1)$$

где J_0 – интенсивность звуковой волны, $M_2 = 1,51 \times 10^{-15} \text{ сек}^3/\text{кг}$ - акустооптическое качество кварца. Вычисления показывают, что для многомодового оптоволоконной линии с параметрами $(d/D) = (50/125)$ при акустическом воздействии с длиной волны звука $\lambda = 10 \text{ мкм}$ и длине взаимодействия $L = 10^{-3} \text{ м}$, максимальный угол отклонения от первоначального направления распространения составляет 5 градусов. График зависимости интенсивности первого дифракционного максимума от интенсивности звуковой волны представлен на рис.2. [1] Из графика видно, что даже при невысоких интенсивностях звуковой волны выводимое электромагнитное излучение достаточно велико для регистрации его современными фотоприёмниками. При фиксированной интенсивности звука, путём изменения области озвучивания L можно добиться максимального значения интенсивности в дифракционном максимуме, тем самым увеличить интенсивность света отводимого в канал утечки.

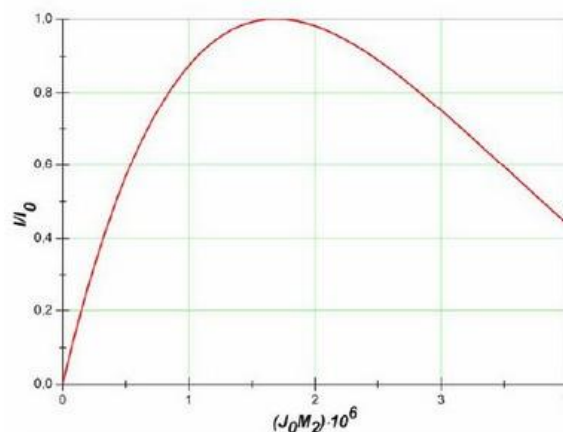


Рисунок 2. Зависимость интенсивности дифракционного максимума от интенсивности волны

Другим внешним воздействием, изменяющим отношение показателя преломления оболочки к показателю преломления сердцевины оптоволокна (n_2/n_1), является механическое воздействие без изменения формы волокна, например, растяжение.

При растяжении оптического волокна происходит изменение показателей преломления сердцевины и оболочки оптического волокна на Δn_1 и Δn_2 . При этом увеличивается значение угла полного внутреннего отражения от φ_r до φ'_r . Значения углов связаны выражением

$$\sin \varphi'_r \approx \left(1 - \frac{\Delta n_1}{n_1} + \frac{\Delta n_2}{n_2}\right) \sin \varphi_r, \quad (2)$$

Выражение для отношения $(\Delta n/n)$ определяется фотоупругим эффектом так, что

$$\frac{\Delta n}{n} = -\frac{1}{2} n^2 p \varepsilon, \quad (3)$$

где p, ε – эффективные составляющие тензоров фотоупругости и деформации, это связано с анизотропией оптического волокна возникающей при растяжении. С учётом того, что плавный кварц выдерживает большие напряжения (до 10^6 Па в идеальном состоянии), то, прикладывая большие механические напряжения к оптоволокну, возможно добиться изменения предельного угла на величину $\varphi'_r - \varphi_r \approx 10^{-6} \sin \varphi_r$, чего может оказаться достаточно для вывода части интенсивности основного информационного потока за пределы оптического волокна.

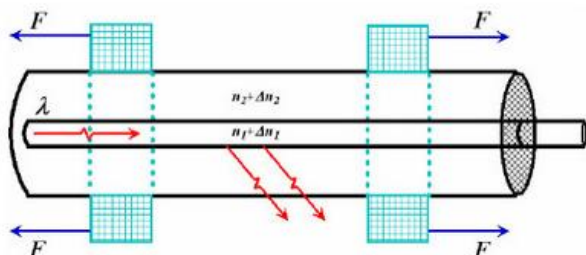


Рисунок 3. Формирование канала утечки растяжением оптоволокна при воздействии внешнего усилия F.

К способам вызывающим изменение отношения показателя преломления оболочки к показателю преломления сердцевины оптоволокна путём

механического напряжения так же относится и скручивание оптоволокна.

К бесконтактным способам изменения отношения (n_2/n_1) можно отнести воздействие стационарных электрических полей, которые изменяют показатель преломления сердцевины и оболочки на Δn_1 и Δn_2 . Выражение для отношения $(\Delta n/n)$ определяется из уравнения для обратного пьезоэлектрического эффекта и явления фотоупругости

$$\frac{\Delta n}{n} = -\frac{1}{2} n^2 p b E, \quad (4)$$

где b – модуль пьезоэлектрического эффекта, E – напряжённость электрического поля. Новый угол полного внутреннего отражения (при $\Delta n_1 > 0$ и $\Delta n_2 > 0$), если для оценки принять значение напряжённости электрического поля для пробоя идеального плавного кварца (10^8 В/м), то воздействием стационарного электрического поля, можно добиться изменения предельного угла на величину [1]

$$\varphi'_r - \varphi_r \approx 2 \cdot 10^{-6} \sin \varphi_r, \quad (5)$$

Надо отметить, несмотря на то, что изменения значения предельного угла, вызываемые как механическими напряжениями, так и электрическим полем малы, но комплексное воздействие с другими способами может привести к эффективному способу формирования канала утечки. Рассмотренные выше методы обладают одним недостатком, который позволяет легко фиксировать каналы утечки, созданные на их основе. Это определяется значительным обратным рассеянием света в местах каналов утечки. С помощью рефлектометрии обратного рассеянного света такие подключения легко детектируются с высоким пространственным и временным разрешением.[2]

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. В.В. Гришачев, В.Н. Кабашкин, А.Д. Фролов факультет защиты информации, ИИНиТБ, РГГУ физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова
2. С. Попов, В. Шубин, С. Ивченко, А. Волков, А. Курило, Н. Зайцев, И. Кращенко О защите информации в волоконно-оптических системах. Вопросы защиты информации: Науч.-практ.журн. / ФГПУ «ВИМИ», 1(24), 1993. С. 39-43. (Times New Roman; 9; нумерований список).