

Рис. 2. Изменение сопротивления проводника в зависимости от диаметра провода при малой толщине ($l=1$)

Список литературы

1. Атабеков Г.И. Линейные электрические цепи. – СПб.: Лань, 2009. – 592 с.
2. Лурье М.С., Лурье О.М. Применение программы MATLAB при изучении курса электротехники. 2006. - 208 с.
3. Шебес М.Р. Теория линейных электрических цепей в упражнениях и задачах. – М.: Высшая школа, 1978. – 656 с.
4. Глущенко А.Г., Глущенко Е.П. Субволновые линии передачи Информационные технологии. 2009. – №3. – С.33-43.

ЭФФЕКТ СМЕЩЕНИЯ ЛУЧЕЙ В ОПТИЧЕСКИХ ВОЛОКОННЫХ ЛИНИЯХ ЗА СЧЕТ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ

Слипуха В.А., Глущенко Е.П.

Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Самара, e-mail: Valeria.sl0252@gmail.com

В настоящее время волоконно-оптические линии связи (ВОЛС) занимают лидирующие позиции в системах передачи сообщений и стремительно развиваются. Передача информации по волоконно-оптическим кабелям основана на эффекте полного внутреннего

отражения [1,2]. На границе раздела волокно – внешняя среда луч полностью отражается и распространяется по волноводу. Вместе с тем известно, что при отражении от границы раздела двух сред наблюдается эффект смещения (эффект Гуса –Хенхена (Goos-Hanchen-Effekt) [3,4]) отраженного луча вдоль границы раздела сред по отношению к падающему лучу, что приводит к дополнительным фазовым сдвигам, влияющим на характеристики оптических систем. Этот эффект можно объяснить влиянием на процесс отражения переходного слоя на границе раздела сред. Этот слой может быть связан как с изменением на границе сред характера атомной структуры вещества, так и с нанесением на поверхность оптоволокна пленок различного назначения (управление параметрами структуры, защитное покрытие и др.). Рассмотрим эффект поперечного смещения волн за счет влияния оболочки (пленки) оптического слоя. В качестве этой пленки может выступать переходной слой на границе раздела двух сред. На рис. 1 показана структура оптического кабеля и ход лучей в волокне и оболочке.

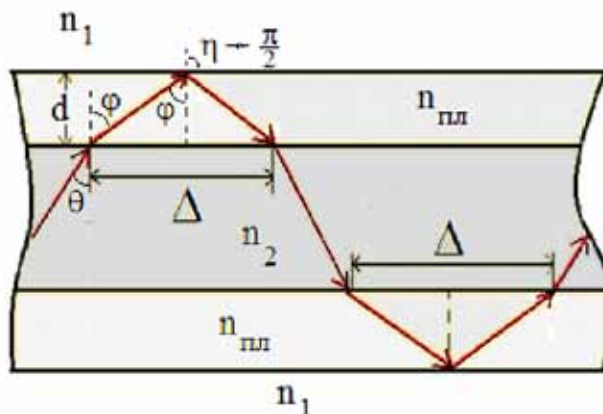


Рис. 1. Структура оптического волокна с пленкой на поверхности

При каждом отражении волн от границы раздела сред наблюдается смещение отраженного луча на расстояние Δ . Рассчитаем величину этого смещения. При прохождении первой границы раздела сред (волоконно-пленка) угол падения и преломления связаны известным соотношением:

$$\frac{\sin \theta}{\sin \varphi} = \frac{n_f}{n_2}. \quad (1)$$

На второй границе раздела сред пленка – внешняя среда (воздух) выполняется условие:

$$\frac{\sin \varphi}{\sin \eta} = \frac{n_1}{n_f}. \quad (2)$$

При

$$\eta \rightarrow \frac{\pi}{2}$$

наблюдается полное внутреннее отражение, критический угол определяется соотношением:

$$\varphi_{cr} = \arcsin \frac{n_1}{n_f}.$$

Произведение (1) и (2) приводит к известному соотношению:

$$\frac{\sin \theta}{\sin \eta} = \frac{n_1}{n_2}$$

и показывает, что при выполнении условия полного внутреннего отражения на границе раздела первой

и второй сред наличие между ними переходного слоя или пленки с любыми параметрами не влияет на условие отражения. Предельный угол полного внутреннего отражения не зависит от параметров (в частности, показателя преломления) среднего слоя (оболочки). Из рис. 1 видно, что $\operatorname{tg} \varphi = \Delta/2d$. Отсюда смещение луча вдоль оси волновода за счет пленки на его поверхности определяется соотношением:

$$\Delta = \frac{2dn_2 \sin \theta}{\sqrt{n_{TE}^2 - n_2^2 \sin^2 \theta}}, \quad (3)$$

где угол падения лежит в диапазоне

$$\theta_{cr(n_2, n_1)} < \theta \leq \theta_{cr(n_2, n_f)}.$$

Здесь $\theta_{cr(n_2, n_1)}$, $\theta_{cr(n_2, n_f)}$ – углы полного внутреннего отражения на границах разделов: первая – вторая среды ($\theta_{cr(n_2, n_1)}$) и вторая среда – пленка ($\theta_{cr(n_2, n_f)}$). Зависимость параметра смещения нормированного на толщину пленки (3) от угла падения показана на рис. 2.

Из рис. 2 следует, что величина смещения луча при отражении уменьшается при увеличении показателя преломления пленки. Величина смещения луча линейно растет при увеличении толщины пленки d . На рис. 3 показана зависимость величины смещения Δ от показателя преломления переходного слоя n_f при $\theta = 45^\circ$, превышающем угол полного внутреннего отражения. С ростом показателя преломления переходного слоя величина смещения Δ уменьшается.

$$(1-n_f = 1.2, 2-n_f = 1.3, 3-n_f = 1.4, 2-n_f = 1.52(\text{крон}), n_1 = 1, n_2 = 1.57(\text{бариевый крон}))$$

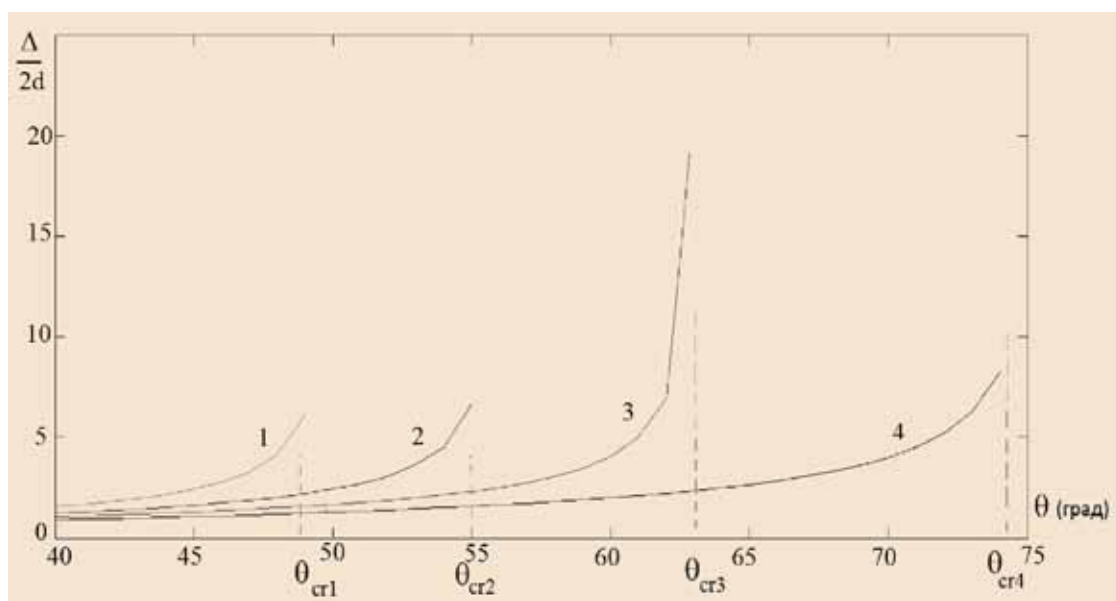


Рис. 2. Зависимость смещения от угла падения для пленок с различными параметрами

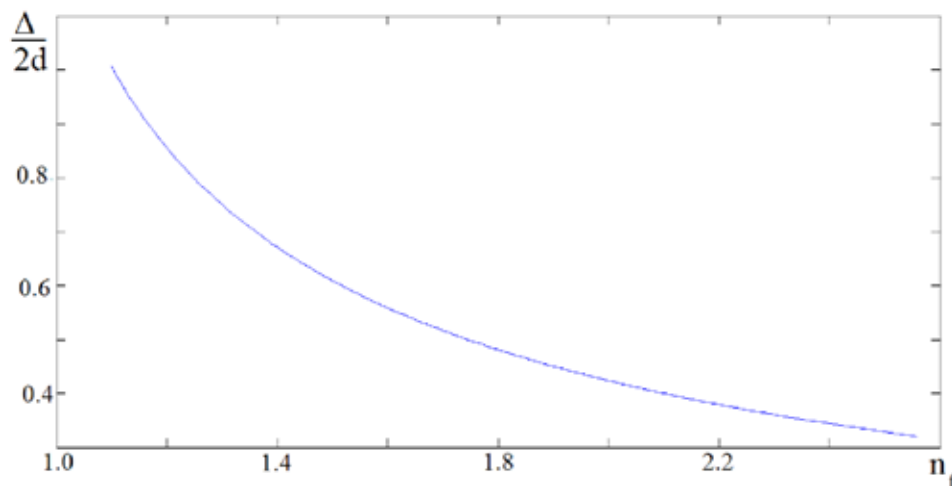


Рис. 3. Зависимость величины смещения от показателя преломления пленки

Таким образом, величина смещения зависит от угла θ ввода излучения в оптическое волокно, показателя преломления пленки n_f на поверхности оптоволоконна и может существенно превышать толщину переходного слоя ($\Delta \gg d$), что необходимо учитывать при разработке устройств оптоэлектроники. Представляет интерес рассмотреть в волоконных структурах особенности обратного эффекта Гуса –Хенхена [5] и эффекты влияния подвижности сред [6] на величину параметра смещения Δ .

Список литературы

1. Майер В.В. Полное внутреннее отражение света. – М.: ФМЛ. – 2007. –112 с.
2. Солимено С., Крозиньяни Б., Ди Порто П. Дифракция и волноводное распространение оптического излучения. – М.: Мир. – 1989. – 664 с.
3. Goos F., Hänchen H., Ann. Physik. 1947. – 436. – p. 333.
4. Bliokh K. Y., Aiello A. Goos–Hänchen and Imbert–Fedorov beam shifts: an overview // J. Opt.– 2013. – Vol. 15. – p. 014001.
5. Rui Y., Wenkan Zhu, Jingjing Li. Realization of «Trapped Rainbow» in 1D slab waveguide with Surface Dispersion Engineering. arXiv:1410.8196.v1. –2014. –№10. – p.1-11.
6. Глушенко А.Г., Глушенко Е.П., Иванов В.В., Устинова Е.С. Интерференция волн в невязанных средах // В мире научных открытий.– 2012.– №1.1(25).– С. 98-112.

ВЛИЯНИЕ ДВИЖЕНИЯ СРЕД НА ИНТЕРФЕРЕНЦИОННУЮ КАРТИНУ ДВУХ ИСТОЧНИКОВ

Шайдулинна С.Р., Лебедева М.И., Глушенко А.Г., Глушенко Е.П.

Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Самара, e-mail: s.sh.66@mail.ru

При наложении когерентных волн с одинаковым направлением колебаний от двух или более источников наблюдается формирование в пространстве стационарного распределения переменной интенсивности, возникающей за счет перераспределения в пространстве их энергии, интерференция [1–3]. Движение среды существенно влияет на волновые процессы, что наиболее наглядно проявляется для упругих волн [3], поскольку скорость движения среды может быть сопоставима со скоростью распространения волн в среде [1–2]. Рассмотрим здесь влияние движения среды на интерференционную картину, создаваемую двумя когерентными источниками упругих волн s_1 и s_2 (рис. 1) в среде, характеризуемой скоростью распространения волн \tilde{n} . Направление движения со скоростью u среды совпадает с осью Ox .

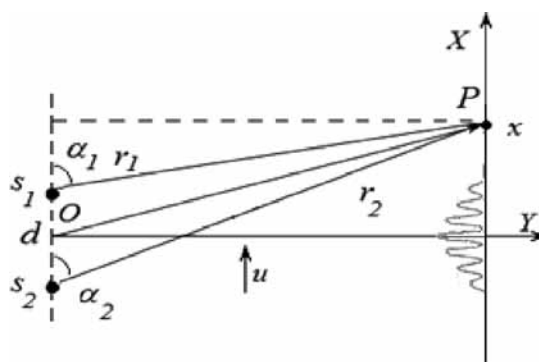


Рис. 1. Интерференция волн от двух источников в подвижной среде

Основные соотношения. В соответствии с принципом суперпозиции суммарное давление поле в точке P определяется суммой:

$$p = p_1(t) + p_2(t + \tau),$$

где $\tau = \frac{r_2}{v_2} - \frac{r_1}{v_1}$ – это время задержки волны, проходящей более длинный путь r_2 , от второго источника по сравнению с волной, распространяющейся по пути r_1 .

Скорости распространения для первой и второй волн от источников в направлении точки наблюдения P различаются: $v_1 = c + u \cos \alpha_1$ и $v_2 = c + u \cos \alpha_2$.

Разность фаз этих двух волн, описывается формулой $\Delta\Phi = k_2 r_2 - k_1 r_1$, где волновые числа для первой волны

$$k_1 = \frac{\omega}{v_1} = \frac{\omega}{\tilde{n} + u \cos \alpha_1} = \frac{k_0}{1 + \frac{u}{c} \cos \alpha_1}$$

и второй волны

$$k_2 = \frac{\omega}{v_2} = \frac{\omega}{\tilde{n} + u \cos \alpha_2} = \frac{k_0}{1 + \frac{u}{c} \cos \alpha_2}$$

также различаются. Углы α_1, α_2 , которые определяют направление распространения первой и второй волн в точку P определяются соотношениями (рис. 1):