

Рис. 1. Ход лучей





Анализ показывает хорошее совпадение модели с оригиналом.

Список литературы 1. Натаровский С.Н. Методы проектирования современных оптических систем: Учебное пособие. – СПб.: СПбГУИТМО, 2009. – 176 с. 2. Шехонин А.А., Домненко В.М., Гаврилина О.А. Методология проектирования оптических приборов: учеб.пособие. – СПб.: Изд-во СПбГУ. ИТМО, 2006. – 91 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПРОВОДНИКА ОТ ЕГО ФОРМЫ

Писарев М.А., Глущенко А.Г., Глущенко Е.П.

Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Самара, e-mail: nfsmr@bk.ru

При передаче энергии от источника в нагрузку обычно используются проводники цилиндрической формы или плоские интегральные схемы, сопротивление которых из-за пренебрежимо малого значения не учитывается [1-3]. Переход к схемам микро, а тем более нанодипазона конструктивно потребовал использования проводников переменного сечения [4], концы которых соответствуют этим диапазонам размеров (10-3 - 10-6 м). Поэтому анализ методов оптимального подключения к микросхемам проводников обычных размеров представляет актуальную задачу. Рассмотрим здесь сопротивление некоторых типов проводников переменного сечения.

Сопротивление резисторов и проводников цилиндрической формы рассчитывается по формуле

$$R = \frac{\rho l}{S}$$
,

где r – удельное сопротивление материала, из которого сделан проводник; S – площадь поперечного сечения проводника; *l* – длина проводника. Для описания зависимости сопротивления проводника переменного сечения от его размеров необходимо использовать более общее выражение [1,3]:

$$R = \int_{x_1}^{x_2} \rho \frac{1}{S(x)} dx \, .$$

Таким образом можно рассчитать сопротивление для проводников самых разных форм. Для большого числа конфигураций можно получить аналитические выражения для расчета сопротивления. В общем случае можно воспользоваться численными методами. Рассмотрим простейшие конфигурации, для которых можно получить аналитическое решение.

Конусовидный проводник (рис. 1а).



Рис. 1. Проводники переменного сечения с различной зависимостью образующей боковой поверхности: a, b, c –конфигурации сечения; d – сечение проводника a

Если учесть, что площадь поперечного сечения конуса – это площадь окружности с радиусом r, который можно выразить как $r = x \operatorname{tg} \alpha$, то формула для расчета сопротивления проводника будет выглядеть следующим образом:

$$R = \int_{x_1}^{x_2} \rho \frac{1}{\pi x^2 \, \mathrm{tg}^2 \, \alpha} dx = \frac{\rho}{\pi \, \mathrm{tg}^2 \, \alpha} \frac{x_2 - x_1}{x_1 x_2} = \frac{\rho l}{\pi r_1 \left(r_1 + l \, \mathrm{tg} \, \alpha\right)}$$

Здесь $x_1 = r_1 c \lg \alpha$, $x_2 = x_1 + l$. При $x_1, r_1 \rightarrow 0$ (игла) сопротивление конусообразного проводника $R \rightarrow \infty$. Таким образом, изготовление иглообразных электрических контактов приводит к существенному росту сопротивления проводников. Например, медный цилиндрический проводник с радиусом сечения 1 мм и длиной 1 см будет иметь сопротивление 57,3 мкОм. Такой же проводник переменного сечения, с радиусом, меняющимся от 1 мм до 1 мкм (характерным для элементов микроэлектроники) будет уже иметь сопротивление 57,3 Ом! Это существенно повлияет на режим работы электронных схем.

 Аналогичными свойствами обладает пирамидоподобная форма проводника (рис.1b). Для четырехгранной усеченной пирамиды со стороной малого основания *a* и углом между осью и боковой гранью α

$$R = \int_{x_1}^{x_2} \rho \frac{1}{x^2 \, \mathrm{tg}^2 \, \alpha} dx = \frac{\rho}{\mathrm{tg}^2 \, \alpha} \frac{x_2 - x_1}{x_1 x_2} = \frac{\rho l}{a \left(a + 2l \, \mathrm{tg} \, \alpha \right)}.$$

Экспоненциально-колбообразный проводник (рис.1c) с образующей $y = A \exp \alpha x$ характеризуется сопротивлением:

$$R = \int_{x_1}^{x_2} \rho \frac{1}{A^2 \exp(2\alpha x)} dx = \frac{\rho}{2\alpha A^2} \left(e^{-2\alpha x_1} - e^{-2\alpha x_2} \right).$$

При степенной функции образующей колбообразного проводника $y = Ax^n$ сопротивление определяется соотношением:

$$R = \int_{x_1}^{x_2} \rho \frac{1}{A^2 x^{2n}} dx = \frac{\rho}{3A^2} \left(\frac{1}{x_1^3} - \frac{1}{x_2^3} \right)$$

На рис. 2 показана нормированная на удельное сопротивление зависимость сопротивления проводника единичной длины от радиуса переменного сечения проводника. Анализ показывает, что неоднородность сечения начинает существенно сказываться на сопротивлении проводника при радиусе меньшем 0.1 мм и возрастает при уменьшении радиуса до 0.01 мм на порядок.

Полученные результаты показывают существенную зависимость сопротивления проводников от формы, проявляющуюся наиболее существенно в области малых сечений. Таким образом, при малых размерах поперечного сечения необходимо учитывать форму проводника.

INTERNATIONAL STUDENT RESEARCH BULLETIN №3, 2016



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

Список литературы 1. Атабеков Г.И. Линейные электрические цепи. – СПб.: Лань, 2009. – 592 с. 2. Лурье М.С., Лурье О.М. Применение программы МАТLAB при изучении курса электротехники. 2006. – 208 с. 3. Шебес М.Р. Теория линейных электрических цепей в упраж-нениях 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