

$$Y = -0,2316x + 8,2637,$$

где Y – концентрация сульфатов в фильтрате снеговой воды на расстоянии 3-18 км от источника, мг/л, x – расстояние от источника в северо-восточном направлении, км;

На расстоянии 18 км содержание сульфатов 4,1 мг/л, что выше регионального фона примерно в 10 раз. В исследованиях Н.Д. Давыдовой

указан региональный фон сульфатов 0,39мг/л» [1].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Давыдова Н.Д. // География почв и геохимия ландшафтов Сибири: сб. ст. /Академия наук СССР Сибирское отделение, институт географии. - Иркутск, 1988.- 134 с.

Дополнительные материалы конференций

Физико-математические науки

**РАСПРОСТРАНЕНИЕ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН В
СЛОИСТО-НЕОДНОРОДНЫХ
ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ СТРУКТУРАХ**

Моисеева Н.М.

Задача о распространении электромагнитных волн в неоднородных средах решается различными способами. Самым распространенным из них является метод характеристических матриц, представленный в работе [1]. Метод ВКБ также часто применяется для изучения прохождения волн через неоднородные объекты, однако, как правило, его записывают в виде общего решения [2] без учета границ раздела сред. Матричный метод позволяет записать частное решение задачи о распространении волн, учитывая граничные условия. Для метода ВКБ в работах [3-5] была получена операторная запись в виде $\dot{Q}(z) = N(z,0)\dot{Q}(0)$. Она, также как и метод характеристических матриц, применима к плоским неоднородным слоистым средам. Часто результаты, полученные для плоских объектов, неоправданно используются для расчета распространения электромагнитных волн в неоднородных оптических волокнах, имеющих цилиндриче-

скую форму. К такому приему прибегали, например, авторы работы [6]. Разработка матричного метода для слоисто-неоднородной цилиндрической структуры представляется более логичной. Частично это было сделано в работе [7]. Ее авторы нашли матричный метод для цилиндрической системы координат, который, как и метод характеристических матриц [1] позволяет сшивать на границах слоев граничные условия. Однако они ограничились частным случаем, равенства нулю проекции волнового вектора на ось волокна, когда волна распространяется от оси волокна к оболочке. Большой интерес представляет случай волны, бегущей вдоль оси волокна.

Рассмотрим распространение электромагнитных волн в цилиндрической системе координат. Раскрыв уравнения Максвелла для роторов, учтем цилиндрическую симметрию задачи, введем параметр разделения m по углу φ , и учтем в уравнениях закон Снеллиуса в виде:

$$a = \sqrt{e(r)} \sin(q(r)) = const$$

. Получим систему дифференциальных уравнений четвертого порядка для проекций векторов поля на орты системы координат:

$$\frac{d}{dr} \begin{pmatrix} E_z \\ H_j \\ H_z \\ E_j \end{pmatrix} = ik_0 \begin{pmatrix} 0 & \frac{a^2}{e} - m & -\frac{a \cdot m_j}{ek_0 r} & 0 \\ -\left(e - \frac{m_j^2}{mk_0 r^2} \right) & \frac{i}{k_0 r} & 0 & -\frac{a \cdot m_j}{mk_0 r} \\ \frac{a \cdot m_j}{mk_0 r} & 0 & 0 & e - \frac{a^2}{m} \\ 0 & \frac{a \cdot m_j}{ek_0 r} & \left(m - \frac{m_j^2}{ek_0 r^2} \right) & \frac{i}{k_0 r} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E_z \\ H_j \\ H_z \\ E_j \end{pmatrix} \quad (1)$$

Если $a \neq 0$ волна распространяется под углом $\frac{p}{2} - q(r)$ к оси волокна. Если $m_\varphi \neq 0$ в волокне происходит кросс-поляризация, поэтому

нельзя выделить TE и TH волны. Их можно различить, только при $m=0$. Чтобы найти каждую из волн, достаточно решить систему $ОДУ$ второго порядка. В случае TE - волны система уравнений принимает вид:

$$\frac{d}{dr} \begin{pmatrix} E_z \\ H_j \end{pmatrix} = ik_0 \begin{pmatrix} 0 & \frac{a^2}{e} - m \\ -\left(e - \frac{m_j^2}{mk_0 r^2} \right) & \frac{i}{k_0 r} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E_z \\ H_j \end{pmatrix} \quad (2)$$

Поиск решения выполнялся в виде:

$$E_z = Ae^{i(k_0 s(r) + k_{||} z + mj)} \quad (3)$$

Здесь $s(r)$ - неизвестная функция. Ее можно найти, если выполняется условие, аналогичное условию квазиклассичности:

$$\left| \frac{s''}{(s')^2} \right| \ll k_0 \quad (4)$$

Функция $s(r)$ имеет вид:

$$s(r) = -\frac{i}{2k_0} \ln r + \frac{i}{2k_0} \ln \left(m - \frac{a^2}{e(r)} \right) \pm \frac{1}{2} \int_0^r \sqrt{4(e(x) - a^2) - \frac{1}{k_0} \left(\frac{1}{x} - \ln \left(m - \frac{a^2}{e(x)} \right) \right)'} dx \quad (5)$$

Были найдены фундаментальная матрица решения и матрица Коши для неоднородного и однородного цилиндрических слоев, а также неоднородного и однородного цилиндрических стержней с учетом особенности решения на оси волокна, когда $r=0$. В формуле (5) после операции возведения в степень первые два слагаемых превращаются в множитель перед экспонентой. Если мнимая часть интегрального слагаемого

функции $s(r)$ положительна, в неоднородном слое возможно существование поверхностных волн. Это возможно при $e(r) < 0$. Получены дисперсионные уравнения для поверхностных волн на границах однородного цилиндрического слоя и стержня, а также на границах неоднородного цилиндрического слоя и стержня. В случае, если функция $e(r)$ удовлетворяет условию:

$$r \cdot \left(\ln \left(m - \frac{a^2}{e(r)} \right) \right)' = 1 \quad (6)$$

дисперсионное уравнение для поверхностных волн в цилиндрическом слое совпадает с дисперсионным уравнением (5) работы [5], полученным для плоского неоднородного слоя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Борн М., Вольф Э. Основы оптики: М.: Мир, 1974. – 719 с.
2. Железняков В.В., Кочаровский В.В., Кочаровский Вл.В. Линейное взаимодействие электромагнитных волн в неоднородных слабоанизотропных средах. // УФН. –1983. – т.141. – вып. 2. – с. 257-310.
3. Моисеева Н.М., Яцышен В.В. Расчет эллипсометрических параметров отраженного и прошедшего света для неоднородного слоя // Вторые Качинские чтения. – Волгоград: – 1997 г. – с. 203-209.
4. Моисеева Н.М., Яцышен В.В. Расчет динамики эллипсометрических параметров отраженного электромагнитного излучения неоднородной газовой реагирующей среды. // ФТПВП. Тез. докл. и сообщ. 1 Междунар. н.-т. конф., 10-16 сент. 2001. – Самара: – Т. 1. – с. 61.

родной газовой реагирующей среды. // ФТПВП. Тез. докл. и сообщ. 1 Междунар. н.-т. конф., 10-16 сент. 2001. – Самара: – Т. 1. – с. 61.

5. Моисеева Н.М., Яцышен В.В. Расчет дисперсионных характеристик поверхностных поляритонов на границе неоднородных сред // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. - 2004. – т. 7, № 2, – с. 30-32.

6. Окоши Т., Окамото К., Оцу М., Нисихара Х. Волоконно-оптические датчики: пер. с яп. – Л.: Энергоатомиздат. - 1990. – 256 с.

7. Николаев В.В., Соколовский Г.С., Калитиевский М.А. Брэгговские отражатели для цилиндрических волн // Физика и техника полупроводников. – 1999. – т. 33, вып. 2, - с. 174-179.

Работа представлена на научную международную конференцию «Приоритетные направления развития науки, технологий и техники», 8-15 июня 2007 г., Черногория (Бечичи). Поступила в редакцию 04.06.2007.