

**Литература:** 1. Коновальцев А.А., Омаров М.А., Пащенко Д.А., Шокало В.М. Электродинамические структуры с распределенными нелинейными элементами. I // Радиоэлектроника и информатика. 2000. №2. С.17-21. 2. Navaro J.A., Chang K. Integrated Active Antennas and Spatial Power Combining. - New York: John Wiley & Sons, 1996. 368p. 3. Jain F.C., Bansal R. Monolithic Semiconductor Antennas for Millimeter Wave Si and GaAs Integrated Circuit Technologies// Int. Journal of Infrared and Millimeter Waves. 1985. Vol.6. N 2. P.141-147. 4. Uehara K., Miyashita K., Natsume K.-I., Hatakeyama K., Mizuno K. Lens-Coupled Imaging Arrays for the Millimeter and Submillimeter-Wave Regions// IEEE Trans. 1992. Vol. MTT-40, N5. P. 806-811. 5. Koert P., Cha J.T. Millimeter wave technology for space power beaming // IEEE Trans. 1992. Vol. MTT-40, N6. P. 1251-1258. 6. Christodoulou C.G., Yin S., Kauffman J.F. Effects of the Schottky Impedance of Wire Contact Points on the Reflection Properties of a Mesh// IEEE Trans. 1988. V.AP-36. N12. P. 1714-1721. 7. Панов В.В., Саркисян А.П. Некоторые аспекты проблемы создания СВЧ-средств функционального поражения // Зарубежная радиоэлектроника. 1993. № 10, 11, 12. С.3-11. 8. Лучанинов А.И., Шифрин Я.С. Антенны с нелинейными элементами//Глава X в кн: Справочник по антенной технике. Т. 1./Под ред. Л.Д. Бахраха и Е.Г. Зелкина. М.: Изд-во ИПРЖР, 1997. С. 207-235. 9. Bratchikov A.N., Voskresensky D.I., Sadekov T.A. Fiber-optic technology for antenna signal transmission and distribution: present state and perspectives// Proc. of 3rd Int. Conf. on Antenna Theory and Techniques, Sevastopol, Ukraine. 1999. P.3-10. 10. Горбань А.М., Лонин Ю.Ф., Харченко И.Ф. Передающая линия с нелинейными элементами при импульсном возбуждении // Матери-

алы 7-й Межд. Крымской микроволновой конф., Севастополь, Украина. 1997. С.237-238. 11. Шифрин Я.С., Лучанинов А.И. Современное состояние теории и техники антенн с нелинейными элементами// Радиоэлектроника. 1996. Т. 39, № 9-10. С.4-16.

Поступила в редколлегию 14.04.2000

**Рецензент:** д-р. физ.-мат. наук, проф. Гордиенко Ю.Е.

**Коновальцев Андрей Алексеевич**, канд. техн. наук, докторант кафедры основ радиотехники ХТУРЭ. Научные интересы: антенны и устройства микроволновой техники, беспроводная передача энергии СВЧ лучом. Адрес: Украина, 61166, Харьков, просп. Ленина, 14, тел. 40-94-30.

**Омаров Мурад Анверович**, канд. техн. наук, докторант кафедры основ радиотехники ХТУРЭ. Научные интересы: нелинейные эффекты в электродинамических структурах. Адрес: Украина, 61166, Харьков, просп. Ленина, 14, тел. 40-94-30.

**Пащенко Дмитрий Александрович**, аспирант, кафедры основ радиотехники ХТУРЭ. Научные интересы: антенны, интегрированные с нелинейными элементами. Адрес: Украина, 61166, Харьков, просп. Ленина, 14, тел. 40-94-30.

**Шокало Владимир Михайлович**, д-р. техн. наук, профессор, декан радиотехнического факультета ХТУРЭ. Научные интересы: информационные и энергетические радиоэлектронные системы КВЧ и ГВЧ диапазонов. Адрес: Украина, 61166, Харьков, просп. Ленина, 14, тел. 40-94-78.

УДК 517.87; 537.958

## ТРАНСФОРМАЦИЯ ПЛОСКОЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ВОЛНЫ ИМПУЛЬСНЫМ ВОЗМУЩЕНИЕМ ПОЛУОГРАНИЧЕННОЙ ОБЛАСТИ

СЛИПЧЕНКО Н.И., ШУЛЬГА Л.Н., РЫБИН О.Н.

Рассматривается преобразование плоской монохроматической электромагнитной волны, вызванное изменением во времени диэлектрической и магнитной проницаемостей полуограниченной области в диэлектрическом пространстве. Получены выражения для компоненты электрического поля на всей положительной полуоси времени. Проводится детальный анализ эволюции электрического поля во времени.

### 1. Введение

Возможность полезного использования переходного излучения, как и необходимость учета его негативного влияния на распространение электромагнитных волн, требует рассмотрения причин возникновения этого излучения. Различные варианты таких причин рассмотрены в работе [1]. В качестве одной из них рассматривается изменение во времени электрических и магнитных свойств среды, обусловленное изменением диэлектрической и магнитной проницаемостей среды. В определенной спектральной области [2] изменение данных параметров во времени можно считать скачкообразным. Это обуславливает интерес к исследова-

нию влияния изменения во времени электрических и магнитных свойств в безграничных и полуограниченных областях на распространение электромагнитных волн аналитически [3-9].

В настоящей работе исследуется влияние импульсного синхронного изменения диэлектрической проницаемости  $\varepsilon(t)$  и магнитной проницаемости  $\mu(t)$  в области полупространства  $x \geq 0$  на прохождение плоской монохроматической электромагнитной волны в свободном диэлектрике. Считается, что до нулевого момента времени диэлектрическая среда была однородной и изотропной с диэлектрической и магнитной проницаемостями, соответственно,  $\varepsilon_0$  и  $\mu_0$ . Импульсы проницаемостей имеют прямоугольную форму и длительность  $\tau$ , так что в области  $x \geq 0$  изменение параметров среды описывается формулами

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon(t) &= \varepsilon_0(\theta(-t) + \theta(t - \tau)) + \varepsilon_1(\theta(t) - \theta(t - \tau)), \\ \mu(t) &= \mu_0(\theta(-t) + \theta(t - \tau)) + \mu_1(\theta(t) - \theta(t - \tau)), \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где  $\varepsilon_1$  и  $\mu_1$  — соответственно диэлектрическая и магнитная проницаемости области  $x \geq 0$  в возмущенном состоянии на интервале времени  $t \in (0, \tau)$ ;  $\theta(t)$  — единичная функция Хевисайда. Среда в области  $x < 0$  имеет диэлектрическую и магнитную проницаемости, соответственно,  $\varepsilon_0$  и  $\mu_0$ , для всех времен  $t \in (-\infty; \infty)$ .

Пусть первичное электрическое поле представляет собой ТМ волну с компонентой  $E_0(t, x)$ . Тогда

поведение электрической компоненты поля в области  $x \geq 0$  может быть описано интегральным уравнением Вольтерра второго рода [9], которое для данной задачи имеет вид

$$E(t, x) = E_0(t, x) + \int_0^\infty dt' \int_0^\infty dx' K(t, t', x, x') E(t', x'), \quad (2)$$

где  $K(t, t', x, x')$  – ядро интегрального уравнения (1) разностного типа:

$$K(t, t', x, x') = \left[ 1 - m^2(t') \right] \delta(t - t') \delta(x - x') - \frac{\theta(t - t')}{2a^2(t')m^2(t')} \left[ 1 - m^2(t') \right] \frac{\partial}{\partial t} \delta(v_0(t - t') - |x - x'|), \quad (3)$$

здесь  $m(t) = \sqrt{\mu_0/\mu(t)}$ ,  $a(t) = \sqrt{\varepsilon_0/\varepsilon(t)}$ ,  $v_0 = c/\sqrt{\mu_0\varepsilon_0}$  – скорость света в вакууме;  $\delta(t)$  – дельта- функция Дирака.

Решение уравнения (2) в области  $x \geq 0$  может быть получено методом резольвенты [10] посредством интеграла

$$E(t, x) = E_0(t, x) + \int_0^\infty dt' \int_0^\infty dx' R(t, t', x, x') E_0(t', x'), \quad (4)$$

где резольвента  $R(t, t', x, x')$  является решением уравнения

$$R(t, t', x, x') = K(t, t', x, x') + \int_0^\infty dt'' \int_0^\infty dx'' K(t, t'', x, x'') R(t'', t', x'', x'). \quad (5)$$

Для случая, когда  $\varepsilon(t) = \varepsilon_1 \equiv const$ ,  $\mu(t) = \mu_1 \equiv const$ , резольвента имеет разностный вид:

$$R(t, t', x, x') = \frac{1 - m^2}{m^2} \delta(t - t') \delta(x - x') \theta(x') - \theta(x') \theta(t - t') \frac{1 - a^2 m^2}{2} \frac{\partial}{\partial t} \left( \delta(v_1(t - t') - |x - x'|) + \frac{1 - am}{1 + am} \delta(v_1(t - t') - x - x') \right). \quad (6)$$

Здесь  $m = \sqrt{\mu_0/\mu_1}$ ,  $a = \sqrt{\varepsilon_0/\varepsilon_1}$ ,  $v_1 = c/\sqrt{\mu_1\varepsilon_1}$ .

Первые два слагаемых в (6) с точностью до функции  $\theta(x')$  являются резольвентой безграничной задачи, а второе слагаемое учитывает влияние границы раздела двух сред, которая образовывается при скачке параметров области  $x \geq 0$  в момент времени  $t = 0$ .

Таким образом, на интервале времени  $t \in (0, \tau)$  электрическое поле  $E(t, x)$  в области  $x \geq 0$  может

быть получено из выражения (4) при помощи резольвенты (6), а в области  $x < 0$  – с помощью выражения (2) и ядра (3).

## 2. Поле в области возмущенной среды на интервале времени $t \in (0, \tau)$

Пусть первичное поле представляет собой плоскую монохроматическую волну единичной амплитуды

$$E_0(t, x) = \exp(i(\omega t - kx)), \quad (7)$$

где  $k = \omega/v_0$  – волновое число;  $\omega$  – частота первичной волны. Подставив (6) в (4), получим выражение, описывающее поведение электрической компоненты поля в области возмущенной среды  $x \geq 0$  на интервале времени  $t \in (0, \tau)$ :

$$E_1(t, x) = \theta(-t + \frac{x}{v_1}) B_1^+ e^{i(am\omega t - kx)} + B_1^- e^{-i(am\omega t + kx)} + \theta(t - \frac{x}{v_1}) \left( A_1 e^{i\left(\omega t - \frac{k}{am}x\right)} + B_2 e^{-i(am\omega t - kx)} \right), \quad (8)$$

где  $B_1^\pm = \pm \frac{1 \pm am}{2} am$ ,  $A_1 = \frac{2am}{1 + am}$ ,  $B_2 = -\frac{am(1 - am)^2}{2(1 + am)}$ .

Первые два слагаемых в (9) описывают преобразованное поле в случае безграничной задачи, первичная плоская волна – волна 1 на рис. 1 (здесь и далее название волн будет совпадать с названием их амплитудных коэффициентов), после скачка параметров в области  $x \geq 0$  в нулевой момент времени расщепляется на две плоские волны: прямую (первое слагаемое в выражении (8),  $B_1^+$  на рис. 1), которая распространяется в направлении первичной волны, и обратную (второе слагаемое в выражении (8),  $B_1^-$  на рис. 1), которая распространяется к образовавшейся границе раздела двух сред  $x = 0$ . Эти волны имеют такое же значение волнового числа, как и первичная волна, но новые частоты:  $am\omega$ .

Первые два слагаемых в (8) описывают электрическое поле в области  $x \geq 0$  непосредственно сразу после возмущения области. Начиная с момента времени  $t = x/v_1$  ( $t \in (x/v_1, \tau)$ ), на формирование поля начинает влиять присутствие границы раздела сред [9]. Это заключается в возникновении в области двух новых волн: прямой плоской волны  $A_1$  (третье слагаемое в выражении (9)), рис. 1, которая является прошедшей первичной волной, и прямой плоской волны  $B_2$  (четвертое слагаемое в выражении (8)), рис. 1, которая является результатом отражения от границы  $x = 0$  обратной волны

$B_1^-$ . Как и следовало ожидать, частота прошедшей первичной волны не меняется, а меняется значение волнового числа, отвечающее новым значениям проницаемостей, а волна  $B_2$  сохраняет значение частоты и волнового числа волны  $B_1^-$ .

Как видно из выражения (8), с точки зрения пространственного распределения дискретного спектра волн, скачок параметров в области  $x \geq 0$  приводит к отделению от границы раздела двух сред  $x = 0$  фронта поля  $x = v_1 t$ , которое движется в направлении первичной волны со скоростью  $v_1$ .

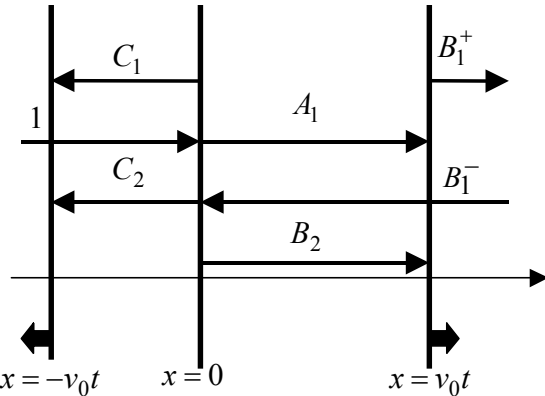


Рис. 1. Полная диаграмма распределения волн в пространстве на интервале времени  $t \in (0, \tau)$

### 3. Реакция внешнего поля на возмущение полуограниченной области

Подставляя (8) в (2), получаем выражение, описывающее поведение электрической компоненты поля в невозмущенной части пространства ( $x < 0$ ):

$$E_2(t, x) = E_0(t, x) + \theta(t + x/v_0) \left( C_1 e^{i(\omega t + kx)} + C_2 e^{-i a m (\omega t + kx)} \right), \quad (9)$$

где  $C_1 = -\frac{1-am}{1+am}$ ,  $C_2 = am C_1$ .

Из последнего выражения следует, что в нулевой момент времени наряду с фронтом поля  $x = v_1 t$  от границы  $x = 0$  отделяется и движется со скоростью  $v_0$  в направлении, противоположном направлению первичной волны, фронт поля  $x = -v_0 t$ . Этот фронт ограничивает слева область внешнего поля, возбуждаемого отраженной первичной волной  $C_1$  (второе слагаемое в выражении (8)), а также прошедшей через границу раздела двух сред  $x = 0$ ,  $B_1^-$  (волна  $C_2$ , описываемая третьим слагаемым в выражении (8)), рис. 1.

Фазовые скорости волн  $C_1$  и  $C_2$  совпадают с фазовой скоростью первичной волны, частота и волновое число волны  $C_1$  совпадают с соответствующими характеристиками первичной волны, а частота и волновое число волны  $C_1$  равны, соответственно,  $am\omega$  и  $amk$ .

### 4. Остаточные явления после снятия возмущения параметров полуограниченной области

Электрическое поле во всем пространстве после скачкообразного возвращения параметров области  $x \geq 0$  к исходным значениям выражается формулой

$$E(t, x) = E_0(t, x) + \int_0^\tau \int_0^\infty dx' K(t, t', x, x') E_1(t', x'). \quad (10)$$

После подстановки сюда (3) и (8) получим, что

$$E(t, x) = A(t, x) E_0(t, x) + B(t, x) e^{-i a m (\omega t - kx)} + C(t, x) e^{\frac{i}{am} (\omega t - kx)} + D(t, x) e^{-i (\omega t - kx)} + F(t, x) e^{-i (\omega t + kx)} + L(t, x) e^{-i a m (\omega t + kx)} + M(t, x) e^{-\frac{i}{am} (\omega t + kx)} + N(t, x) e^{i (\omega t + kx)}, \quad (11)$$

где

$$A(t, x) = \frac{m(1+am)^2}{4a} \times \left( \theta(1-am) \theta\left(\tau - \frac{t-x/v_0}{1-am}\right) - \theta(-t+x/v_0) + \theta(am-1) \theta\left(\frac{t-x/v_0}{1-am} - \tau\right) \cdot e^{-i(1-am)\omega t} - \theta(\tau-t+x/v_0) e^{-i(1+am)\omega t} + \frac{4am}{(1+am)^2} \theta(t-x/v_0) \theta(\tau-t+x/v_0) \right),$$

$$B(t, x) = -\frac{m^2(1-am)^2}{2} (1-am) \theta(t-x/v_0) \theta(\tau-t+x/v_0),$$

$$C(t, x) = -\frac{m}{a} e^{i(1-1/am)\omega\tau} \theta(\tau-t+x/v_0) \times \left( \theta(am-1) \theta\left(\alpha\tau - \frac{t-x/v_0}{1-am}\right) + \theta(1-am) \theta\left(\frac{t-x/v_0}{1-am} - \tau\right) \right),$$

$$D(t, x) = -\frac{m(1+am)^2}{4a} \theta(\tau-t+x/v_0) \times \left( \theta(am-1) \theta\left(\tau - \frac{t-x/v_0}{1-am}\right) + \theta(1-am) \theta\left(\frac{t-x/v_0}{1-am} - \tau\right) \right),$$

$$F(t, x) = -\frac{m(1-m^2 a^2)}{4a} \times \left( -\theta\left(\frac{t+x/v_0}{1+am} - \tau\right) e^{i(1+am)\omega\tau} + 1 - e^{i(1-am)\omega\tau} \right),$$

$$L(t, x) = -m^3 a \frac{1-ma}{1+ma} \theta(\tau-t-x/v_0),$$

$$M(t, x) = \theta\left(\tau - \frac{t + x/v_0}{1 + am}\right) \theta(-\tau + t + x/v_0) \times$$

$$\times \frac{m}{a} \frac{1 - ma}{1 + am} e^{i(1+am)\omega\tau},$$

$$N(t, x) = -\frac{m^2(1 - am)}{2a} \theta\left(\tau - \frac{t + x/v_0}{1 + am}\right) \times$$

$$\times (2a\theta(\tau - t - x/v_0) +$$

$$+ \frac{(1 - am)^2}{2m(1 + am)} e^{-i(1+am)\omega\tau} \theta(t + x/v_0 - \tau)).$$

Таким образом, из формулы (11) видно, что возвратный скачок параметров в области  $x \geq 0$  приводит к расщеплению уже существующих там плоских волн  $A_1$ ,  $B_1^\pm$ ,  $B_2$ , каждую на прямую и обратную плоские волны. Амплитуды образовавшихся волн имеют разрывную пространственно-временную структуру. Это обусловлено тем, что второй скачок параметров области  $x \geq 0$  приводит к расщеплению фронта  $x = v_1 t$  на два фронта, которые движутся во взаимно противоположных направлениях с фазовой скоростью первичной волны. Кроме того, возвратный скачок параметров приводит к тому, что от уже не существующей границы раздела двух сред отделяются и расходятся в двух взаимно противоположных направлениях с фазовой скоростью первичной волны два новых плоских фронта поля:  $x = \pm v_0(t - \tau)$ . Образовавшийся таким образом набор движущихся параллельных плоскостей (фронт поля) ограничивают области с разной структурой поля. Исследование структуры амплитуд образовавшихся волн показало, что в установившемся режиме, когда все движущиеся фронты поля уходят на бесконечность, в пространстве останутся только первичная волна и волна  $F$  с постоянной амплитудой:

$$E(t, x) =$$

$$= E_0(t, x) - \frac{m - m^3 a^2}{4a} (1 - 2 \cos(1 + am)T) e^{-i(\omega t + kx)}, \quad (12)$$

где  $T = \omega\tau$ .

Исследование поведения модуля амплитуды обратной волны в (12) от значений скачков диэлектрической и магнитной проницаемостей для реальных диэлектрических материалов показало, что при определенных значениях скачков проницаемостей амплитуда обратной волны из (12) по модулю может превосходить амплитуду первичной волны, причем данное превосходство может иметь место как при изменении диэлектрической проницаемости (рис. 2), так и при изменении магнитной проницаемости (рис. 3). Из рис. 2 и 3 также видно, что при определенных значениях скачков проницаемостей, частоты первичной волны и длительности возмущенного импульса первичный сигнал не чувствует скачков параметров, т.е. амплитуда обратной волны равна нулю.

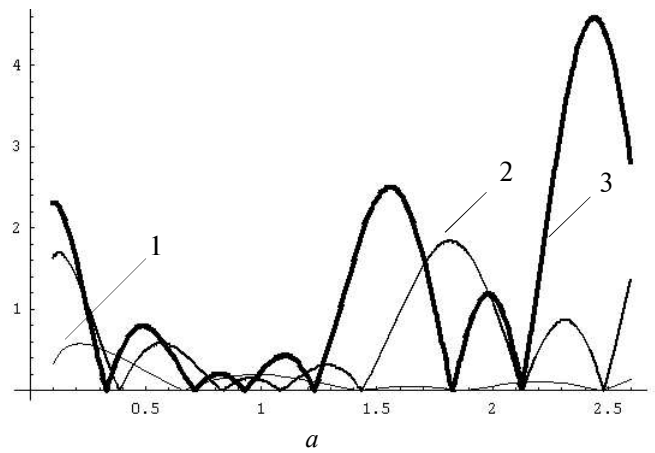


Рис.2. График зависимости модуля амплитуды обратной волны от величины относительного изменения электрической проницаемости  $a$  для разных значений величины относительного изменения магнитной проницаемости  $m$  (для линии 1  $m = 0.7$ , для линии 2  $m = 1.2$ , для линии 3  $m = 1.4$ ) при  $T = 5$

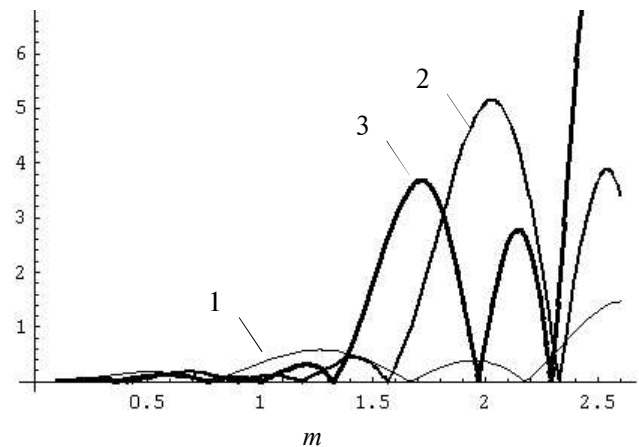


Рис.3. График зависимости модуля амплитуды обратной волны от величины относительного изменения магнитной проницаемости  $m$  для различных значений величины относительного изменения диэлектрической проницаемости  $a$  (для линии 1  $a = 0.6$ , для линии 2  $a = 1.1$ , для линии 3  $a = 1.3$ ) при  $T = 5$

## 5. Заключение

Таким образом, импульсное изменение диэлектрической и магнитной проницаемостей полуограниченной области диэлектрического пространства преобразует плоскую монохроматическую электромагнитную волну в поле со сложной пространственно-временной структурой. Образованная структура поля представляет собой систему областей пространства с различным дискретным набором плоских монохроматических волн. Области ограничены плоско-параллельными фронтами, движущимися в двух взаимно перпендикулярных направлениях (в направлении первичной волны и в противоположном направлении) с фазовой скоростью первичной волны. Асимптотически в конечной области пространства из всех волн остаются

только первичная и обратная по отношению к ней волны, фазовые характеристики которых совпадают с соответствующими характеристиками первичной волны. Показано, что величина амплитуды обратной волны для типичных диэлектрических сред может превосходить амплитуду первичной волны.

**Литература:** 1. Гинзбург В.Л. Переходное излучение и рассеяние. М.: Наука, 1984. 484 с. 2. Болотовский Б.М., Давыдов В.А., Рок В.Е. Об излучении электромагнитных волн при мгновенном изменении состояния излучающей системы // УФН. 1978. Т.126. С. 311-321. 3. Болотовский Б.М., Плис А.И., Столяров С.Н. Распространение импульсного излучения в нестационарных средах // Изв. вузов. Радиофизика. 1976. Т. 19, №4. С. 567-573. 4. Борисов В.В. Трансформация электромагнитного поля при изменении проводимости среды во времени // Геомагнетизм и аэрономия. 1989. Т.29, №5. С. 730-737. 5. Афанасьев С.В. Излучение модели сверхсветового источника в нестационарной среде // Изв. вузов Радиофизика. 1991. Т. 34, №5. С. 605-607. 6. Rybin O., Nerukh A. Transient Electromagnetic Field in a Dissipative Medium With Rectangular Pulse Modulated Parameters / Proc. International Conf. on Mathematical Methods in Electromagnetic Theory. Kharkov (Ukraine). 1998. P. 336-338. 7. Рыбин О.Н., Сахненко Н.К. Преобразование электромагнитного импульса временным возбуждением среды в полупространстве // Радиоэлектроника и информатика. 1998. №1. С. 31-34. 8. Нерух А.Г., Рыбин

О.Н., Щербатко И.В. Преобразование плоской волны повторяющимися импульсными изменениями параметров безграничной среды // Радиоэлектроника и информатика. 1998. №1. С. 28-31. 9. Нерух А.Г., Рыбин О.Н., Щербатко И.В. Воздействие импульсного возбуждения ограниченной среды на плоскую электромагнитную волну // ЖТФ. 1999. Т.69, №8. С. 84-92. 10. Нерух А.Г., Хижняк Н.А. Современные проблемы нестационарной макроскопической электродинамики. Х.: НПО Тест-Радио, 1991. 280с.

Поступила в редколлегию 12.07.2000

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Асеев Г.Г.

**Слипченко Николай Иванович**, канд. техн. наук, доцент, проректор по научной работе ХТУРЭ. Научные интересы: радиофизика и электроника. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. (0572) 40-90-20.

**Шульга Лариса Николаевна**, аспирант кафедры микроэлектроники, полупроводниковых приборов и устройств ХТУРЭ. Научные интересы: математическое моделирование в радиофизике. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. (0572) 40-93-62.

**Рыбин Олег Николаевич**, канд. физ.-мат. наук, старший научный сотрудник кафедры микроэлектроники, полупроводниковых приборов и устройств ХТУРЭ. Научные интересы: математическое моделирование в радиофизике. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. (0572) 40-93-62.

УДК 543.082/.084: 681.325.5

## МИКРОПРОЦЕССОРНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ В ПОЛУПРОВОДНИКОВОМ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИИ

БОРОДИН Б.Г., ГОРДИЕНКО Ю.Е., ФУРДЫЛЛО А.Ф.

Рассматриваются вопросы микропроцессорного обеспечения средств СВЧ диагностики полупроводниковых материалов. Предлагается вариант конструкции установок для автоматического многопараметрового фотомодуляционного контроля плоских полупроводниковых структур.

В современных научных экспериментальных исследованиях и в практике технологического контроля вместо отдельных измерений параметров объектов и процессов всё шире используются комплексные измерения для более обстоятельной оценки их качества [1]. В связи с этим уместно говорить о диагностике материалов, устройств, процессов, которая не может быть всеобъемлющей, а является специализированной по определенным качествам.

В полупроводниковом материаловедении и технологии твердотельной электроники одним из вариантов диагностики представляется оценка функционально-значимых электрофизических свойств исходного материала и последующих технологических структур.

К таким свойствам можно отнести: удельное или поверхностное сопротивление; фоточувствительность; скорость рекомбинационных процессов; подвижность носителей; распределение электрически активной примеси; глубину залегания энергетических барьеров и т.п.

Диагностические оценки наиболее полезны, когда они выполняются в условиях эксплуатации и не возмущают объект и его свойства. Применительно к полупроводниковому материаловедению существующие зондовые (контактные) методы и средства контроля электрофизических параметров [2] нельзя считать оптимальными в рассматриваемом диагностическом смысле, а комплексность диагностики может обеспечиваться в основном простыми аддитивными приёмами.

Альтернативой такому подходу является СВЧ диагностика полупроводников [3,4]. В особенности перспективным для функционального диагностирования представляется фотомодуляционный вариант этого метода [5].

Суть его в общих чертах сводится к модуляции электропроводности общего или локального объёма полупроводника излучением из области его фоточувствительности, и безэлектродное (СВЧ) выделение сигнала при различных вариантах включения образца в СВЧ поле и в поле излучения. Вариацией включения можно набрать необходимое количество линейно-независимых выходных сигналов измерительной информации для обеспечения требуемой многопараметровости контроля.