

Դիտարկված է իզեալական հաղորդիչ միջավայրի՝ վակուումի հետ բաժանման հարթ սահմանը ընդ ուղղությամբ հատող լիցքի կողմից ալֆվենյան ալիքների ճառագայթումը: Ցույց է տրված, որ ճառագայթված երկու ալֆվենյան ալիքներից մեկի մագնիսական դաշտի տարածական բաշխումը և ժամանակի ընթացքում փոփոխությունը նման են բաժանման սահմանը ուղղահայաց հատող լիցքի անցումային ճառագայթման իմպուլսին: Երկրորդ ալիքը տարածվում է սֆերիկ ալիքի ձևով և որակապես տարբերվում է առաջինից: Ստացված է ալֆվենյան ալիքների անցումային ճառագայթման էներգիայի հաճախա-անկյունային բաշխումը:

TRANSITION RADIATION OF ALFVEN WAVES

R. G. DZHANGIRYAN, F. A. KOSTANYAN

The transition radiation of Alfvén waves in perfectly conducting medium at an oblique incidence of a charge on flat boundary with vacuum has been considered. The spatial distribution and time dependence of the magnetic field of one of the two radiated Alfvén waves are shown to be similar to those for the case of normal incidence, while the second one propagates as a spherical wave and is qualitatively different from the first wave. The frequency-angular distribution of the energy of transition radiation of Alfvén waves is obtained.

Изв. АН Армянской ССР, Физика, т. 23, вып. 1, 52—55 (1988)

УДК 778.39.535.36

НЕСТАЦИОНАРНЫЙ ОТКЛИК НЕЛИНЕЙНОЙ СРЕДЫ
НА ПРОХОДЯЩИЙ СВЕТ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ
ВСТРЕЧНЫХ ВОЛН В ПОЛЕ ВОЛНЫ НАКАЧКИ
МАЛОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ

Г. Н. КАРАДЖЯН

НИИ физики конденсированных сред ЕГУ

(Поступила в редакцию 30 января 1987 г.)

Рассматривается четырехволновая схема взаимодействия встречных плоских волн в нелинейной среде керровского типа. Параметрическая связь сигнальных волн осуществляется опорной волной малой длительности. Изучен нестационарный отклик нелинейной среды на проходящую волну при входном сигнале произвольного временного хода.

В последнее время большое распространение получили схемы обращения волнового фронта (ОВФ) методом четырехволнового смещения [1—5]. В рамках схемы, рассмотренной в работах [2—5], задача сводится к изучению системы взаимодействующих в нелинейной среде плоских волн (с комплексными амплитудами $A_{\pm}(z, t)$ и $A_{\pm}^*(z, t)$, $0 \leq z \leq l$, l —длина среды, t —время), распространяющихся в силу усло-

вий фазового синхронизма навстречу друг другу. Среда обладает безынерционной нелинейностью керровского типа. Параметрическая связь осуществляется парой встречных волн накачки (с комплексными амплитудами $A_{\pm}^{pu}(z, t)$) в вырожденном режиме четырехволнового параметрического взаимодействия. Изучается нестационарный отклик нелинейной среды на отраженную волну при произвольном входном сигнале (backward-wave response).

Отклик нелинейной среды на отраженную волну описывается функцией Грина (ФГ) ОВФ, осуществляющей нелокальную по времени функциональную связь между полем $A_{+}(z, t)$ и входным сигналом $A_{-}(l, t)$ [5]. Она несет всю информацию о не зависящих от формы входного сигнала обрабатываемых свойствах системы и зависит лишь от характеристик нелинейной среды и формы опорных волн. ФГ ОВФ была определена и вычислена в работах [2—4] для случая стационарных опорных волн. Для нестационарных опорных волн произвольной формы она неизвестна.

При изучении рассмотренной в работах [2—4] схемы важно знать также отклик нелинейной среды на проходящую волну (forward-wave response). В работах [2, 3] этот отклик не исследовался. В работе [4] соответствующая ФГ была вычислена методом виртуальных источников [6] для схемы со стационарными опорными волнами. Для случая нестационарных опорных волн произвольной формы ФГ здесь также неизвестна.

В настоящем кратком сообщении приводятся результаты анализа нестационарного отклика нелинейной среды на проходящую волну для одной аналитически разрешимой схемы с нестационарными опорными волнами. Моделируется ситуация, когда параметрическая связь взаимодействующих волн осуществляется одной короткой опорной волной с длительностью $\tau_{-}^{pu} \ll t_l$ ($t_l = 2l/v$ — время двойного прохождения волны в среде, v — групповая скорость) и встречной, длинной, с $\tau_{+}^{pu} \gg t_l$. В силу безынерционной нелинейности среды $\tau_{-}^{pu} \gg \tau_{rel}$ (τ_{rel} — время релаксации нелинейности). В рамках схемы [2—4] эту ситуацию можно смоделировать, полагая

$$A_{+}^{pu}(z, t) A_{-}^{pu}(z, t) = a_{-} \left(t + \frac{z}{v} \right), \quad (1)$$

$$\left| a_{-} \left(t + \frac{z}{v} \right) \right|^2 = I_{pu}^2 \delta^{(+)} \left(t + \frac{z}{v} - t_{-}^{pu} \right).$$

Здесь $\delta^{(+)}$ — асимметричная функция Дирака, I_{pu} — конечная величина, t_{-}^{pu} — момент выхода дельтаобразного опорного импульса из среды. Изучение этой модельной схемы оказывается полезным для понимания нестационарных процессов параметрического взаимодействия волн (ср. с работой [7], где короткие импульсы встречных опорных волн посылаются поперечно к направлению распространения сигнала).

Нестационарный отклик среды на проходящую волну для случая (1) описывается формулами

$$A_+(z, t) = A_+\left(0, t - \frac{z}{v}\right) + \int_{-\infty}^{t + \frac{z}{v}} G_{++}(z, t; t') A_+(0, t') dt',$$

$$A_-^*(l, t) \equiv 0, \quad A_+(z, -\infty) \equiv 0 \quad (2)$$

для волны, распространяющейся в положительном направлении оси z (ср. с формулой (13) работы [4]). Функция Грина $G_{++}(z, t; t')$ несет всю информацию о преобразующих свойствах системы. Входной сигнал $A_+(0, t)$ произволен.

Система уравнений [1]

$$\left(\frac{\partial}{\partial z} + \frac{1}{v} \frac{\partial}{\partial t}\right) A_+(z, t) = i\gamma a_-\left(t + \frac{z}{v}\right) A_-^*(z, t),$$

$$\left(\frac{\partial}{\partial z} - \frac{1}{v} \frac{\partial}{\partial t}\right) A_-^*(z, t) = i\gamma^* a_-\left(t + \frac{z}{v}\right) A_+(z, t)$$

для амплитуд связанных волн в случае параметрической связи (1) допускает решение для произвольных входных сигналов во всей области изменения безразмерной константы взаимодействия волн

$$\mu = |\gamma| \left\{ \frac{l v}{2} \int_{-\infty}^{\infty} |a_-(\gamma)|^2 d\gamma \right\}^{1/2}$$

(γ —размерная константа, пропорциональная кубической восприимчивости среды). Соответствующая задаче (2) ФГ определяется равенством

$$A_+(z, t) = \begin{cases} A_+\left(0, t - \frac{z}{v}\right), & (z, t) \in D_-^{\mu} \\ A_+\left(0, t - \frac{z}{v}\right) + \delta A_+ \left[\frac{1}{t_l} \left(t^{\mu} - t + \frac{z}{v} \right) \right], & (z, t) \in D_+^{\mu}, \end{cases}$$

$$\delta A_+(x) = - \int_0^x \frac{\mu}{V\tau} J_1(2\mu V\tau) A_+[0, t^{\mu} + t_l(\tau - x)] d\tau +$$

$$+ \frac{\mu^2}{1 - \mu J_1(2\mu)} J_0(2\mu Vx) \times$$

$$\times \int_0^1 J_0(2\mu V\tau) A_+[0, t^{\mu} + t_l(\tau - 1)] d\tau, \quad (3)$$

J_k —функция Бесселя. Область D_-^{μ} представляет собой треугольник на плоскости (z, t) :

$$D_-^{\mu}: t^{\mu} - \frac{z}{v} < t < t^{\mu} + \frac{z}{v}.$$

Формула (3) позволяет делать некоторые выводы о пространственно-временной структуре поля

$$\delta A_+(z, t) = A_+(z, t) - A_+\left(0, t - \frac{z}{v}\right)$$

(второй член—«свободно» распространяющийся входной сигнал) без конкретизации временного хода входного сигнала $A_+(0, t)$.

В системе возможна параметрическая генерация. Множество точек генерации счетно. Эти точки определяются решениями трансцендентного уравнения

$$1 - \mu J_1(2\mu) = 0$$

для безразмерной константы взаимодействия волн.

Поле $\delta A_+(z, t)$ представляет собой импульс, движущийся в положительном направлении оси z . Его форма зависит от временного хода входного сигнала в интервале времени t_i .

Время излучения точки z среды составляет $2z/v$. Весь процесс излучения длится время t_i . Дельтаобразный опорный импульс возбуждает нелинейную среду, оставляя за собой излучающую область. Эта область начинает сокращаться с левого конца, по мере того, как опорный импульс проходит отрезок $-l < z < 0$ и полностью исчезает в момент прохождения опорным импульсом точки $z = -l$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зельдович Б. Я., Пилипецкий Н. Ф., Шкунов В. В. Обращение волнового фронта. Изд. Наука, М., 1985.
2. Зельдович Б. Я., Орлова М. А., Шкунов В. В. ДАН СССР, 252, 592 (1980).
3. Fisher R. A., Sydam B. R., Feldman B. J. Phys. Rev., A 23, 3071 (1981)
4. Rigrod W. W., Fisher R. A., Feldman B. J. Opt. Lett., 5, 105 (1980).
5. Джотян Г. П. и др. В сб. Труды НИИ ФКС ЕГУ: Обращение волнового фронта при четырехволновом взаимодействии. Изд. ЕГУ, Ереван, 1986, с. 143.
6. Bobroff D. L., Haus H. A. J. Appl. Phys., 38, 350 (1967).
7. Miller D. A. B. Opt. Lett., 5, 300 (1980).

ՈՉ ԿՄԱՅԻՆ ՄԻՋԱՎԱՅՐԻ ԱՐՁԱԳԱՆՔԸ ԱՆՑՆՈՂ ԼՈՒՅՍԻ ՆԿԱՏՄԱՄԲ
ՓՈՒԵԱԶԳՈՂ ՀԱԿԱԴԻՐ ԱԼԻՔՆԵՐԻ ՀԱՄԱԿԱՐԳՈՒՄ

Գ. Ն. ԴԱՐԱԶՅԱՆ

Քննարկվում է հակադիր հարթ ալիքների փոխազդեցությունը Կերրի ոչ գծային միջավայրում: Փոխազդող ալիքների պարամետրիկ կապը իրականացվում է կարճ տևողության ոչ ստացիոնար ալիքով: Ուսումնասիրված է միջավայրի ոչ ստացիոնար արձագանքը անցնող ալիքի նկատմամբ:

TRANSIENT FORWARD-WAVE RESPONSE OF NONLINEAR MEDIUM AT THE INTERACTION OF COLLIDING WAVES IN THE FIELD OF SHORT PUMP WAVE

G. N. KARAJIAN

The four-wave interaction of colliding plane waves in Kerr-type nonlinear medium is considered, the parametric coupling waves being realized by a transient short pump wave. The transient forward-wave response of the nonlinear medium is analyzed.