ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
LV 1972 5

УДК 538.3

ФИЗИКА

Р. А. Багиян

Переходное излучение на статистически шероховатой границе

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР М. Л. Тер-Микаеляном 29/VI 1972)

В заметке предлагается приближенный метод расчета излучения на статистически-шероховатой поверхности. Исходя из постановки задачи определяются статистические характеристики поля, т. е. величины, усредненные по совокупности поверхностей.

Рассмотрим движение заряженной частицы с постоянной скоростью $\vec{v}$ через неровную поверхность $z=f(x, y)$, которая является границей раздела между двумя средами с электромагнитными постоянными ε_1 и ε_2. Не нарушая общности, предполагаем, что скорость частицы лежит в плоскости (x, z) и составляет с осью z некоторый угол ψ.

Из результатов работы [1], где были выведены формулы переходного излучения на границе раздела произвольной формы в предположении, что изменение диэлектрических свойств среды от слоя с диэлектрической проницаемостью ε_1 к слою ε_2 мало, для поля излучения усредненного по совокупности поверхностей имеем

$$\overline{\vec{D}_\omega(R_0)} = \frac{(\varepsilon_2-\varepsilon_1)e^{ik'R_0}}{4\pi i R_0}\left[\vec{k}'\left[\vec{k}',\int \frac{\vec{E}_\omega(x, y)e^{-ik'_x x-ik'_y y}}{\frac{\omega-k_x v_x}{v_z}-k'_z}\times\right.\right.$$

$$\left.\left.\times\ \overline{\exp\left\{i\left(\frac{\omega-k_x v_x}{v_z}-k'_z\right)f(x, y)\right\}}\,dx\,dy\right]\right],$$

где

$$\overline{\exp\left\{i\left(\frac{\omega-k_x v_x}{v_z}-k'_z\right)f(x, y)\right\}} = \int \exp\left\{i\left(\frac{\omega-k_x v_x}{v_z}-k'_z\right)f(x, y)\right\}\times$$

$$\times\ W(f)\,df = h.$$

Здесь $W(f)$ — плотность вероятности распределения для величины f, h — соответствующая характеристическая функция [2]. Остальные обозначения такие же как и в работе [1].

Таким образом, среднее поле может быть рассчитано, если известны либо плотность вероятности, либо соответствующая характеристическая функция. Оно представляет собой произведение поля от плоской границы на характеристическую функцию. Если смещения f точек поверхности от плоскости можно представить в виде суперпозиции смещений $f=\xi+\eta+\ldots$, где $\xi, \eta, \ldots$ суть независимые случайные величины, то среднее поле получается в виде произведения поля от плоской границы на соответствующие характеристические функции величин $\xi, \eta, \ldots$.

Наибольший интерес при рассмотрении переходного излучения на статистически-шероховатой границе представляет средняя интенсивность поля. Если для плотности вероятности распределения величины f взять двухмерное гауссово распределение, когда все распределение полностью определяется только двумя параметрами — средним и среднеквадратичным значениями этой величины

$$W\left[f(\vec{r}),\, f(\vec{r}\,')\right]=\frac{1}{2\pi f_0^2\sqrt{1-F^2}}\exp\left\{-\frac{f^2(\vec{r})-2f(\vec{r})f(\vec{r}\,')+f^2(\vec{r}\,')}{2f_0^2(1-F^2)}\right\},$$

то для средней интенсивности излучения имеем следующее выражение

$$dI_{\omega,\vec{n}}=\frac{c|\varepsilon_2-\varepsilon_1|^2}{16\pi^2\varepsilon_0^{3/2}}\int\limits_{-\infty}^{\infty}\left|\frac{[\vec{k}'[\vec{k}',\vec{E}_\omega(\vec{r})]]}{\dfrac{\omega-k_xv_x}{v_z}-k_z'}\right|^2 e^{-i\vec{k}'(\vec{r}-\vec{r}\,')}\times \tag{*}$$

$$\times\exp\left\{-\left(\frac{\omega-k_xv_x}{v_z}-k_z'\right)^2 f_0^2\left[1-F\left(\frac{|\vec{r}-\vec{r}\,'|}{l}\right)\right]\right\}d\vec{r}\,d\vec{r}\,',$$

где статистические свойства поверхности описываются функциями корреляции в двух точках, задаваемых двумерными радиус-векторами $\vec{r}(x,y)$ и $\vec{r}\,'(x,y)$.

В общем случае ([3]): $\overline{f(\vec{r})f(\vec{r}\,')}=f_0^2F\left(\frac{x'-x}{l_x},\ \frac{y'-y}{l_y}\right)$. Коэффициент корреляции высот в двух точках поверхности F равен единице, когда аргумент равен нулю (следовательно f_0^2 есть средний квадрат высоты) и убывает до нуля, когда расстояния $|x'-x|$, $|y'-y|$ превышают соответствующие длины или радиусы корреляции l_x, l_y. То обстоятельство, что функция F зависит только от разностей координат, выражает статистическую однородность поверхности. В случае же статистически изотропной поверхности $l_x=l_y=l$. Если статистические свойства на значительном расстоянии не изменяются, мы можем считать все параметры медленными функциями координат. При максимальной корреляции $F=1$ из (*) получается выражение для интенсивности излучения от плоской границы, что совпадает с результатами ([1]). В другом предельном случае $F=0$ имеем следующее выражение

$$dI_{\omega,\vec{n}} = dI^{(\text{от плоской границы})}_{\omega,\vec{n}} \exp\left\{-\frac{f_0^2}{l^2_{\text{кор}}}\right\},$$

где $l_{\text{кор}}$ — когерентная длина. Необходимо отметить, что векторный характер электромагнитного поля приводит к деполяризации излучения.

Итак формула (*) полностью определяет интенсивность излучения в различных направлениях, если известна функция F. Очевидно, и обратное, изучая экспериментально распределение излучения, можно получить сведения о корреляционных характеристиках поверхности[3].

В заключение приношу глубокую благодарность чл.-корр. АН Армянской ССР М. Л. Тер-Микаеляну за обсуждение этой статьи.

Институт физических исследований
Академии наук Армянской ССР

Ր. Ա. ԲԱՂԻՅԱՆ

Անցումային ճառագայթումը վիճակագրական անհարթություններով սահմանի վրա

Աշխատանքում առաջարկված է անցումային ճառագայթման բանաձևերի ստացումը միջավայրը բաժանող վիճակագրական անհարթություններով սահմանի վրա այն ենթադրությամբ, որ միջավայրի դիէլեկտրիկական հատկությունների փոփոխումը մի շերտից ε_1 դիէլեկտրիկական հաստատունով դեպի մյուսը ε_2 դիէլեկտրիկական հաստատունով փոքր է։

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *М. Л. Тер-Микаелян, Р. А. Багиян*, ДАН Арм. ССР, т. 55, № 1, (1972). [2] *Б. В. Гнеденко*, Курс теории вероятностей, М., Гостехиздат, 1954. [3] *Е. Л. Фейнберг*, Распространение радиоволн вдоль земной поверхности, М., Изд-во АН СССР, 1961.