повышения эффективности взаимодействия электронов с СВЧ полями в резонансных приборах О-типа // Современные проблемы прикладной физики: Сборник научных трудов / Под ред. проф. В.В.Кулиша.-К.: НМК ВО, 1992.- С.101-117.

Поступила в редколлегию 23 ноября 1995 г.

УДК 621.385.6

ВЛИЯНИЕ ПОТЕРЬ НА ДИФРАКЦИОННО-ЧЕРЕНКОВСКОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ В СИСТЕМЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ СЛОЙ-ДИФРАКЦИОННАЯ РЕШЕТКА

Пушкарев К.А., ст. науч. сотр.

В работах [1.2] построены теоретическая и экспериментальная модели, позволяющие проанализировать различные режимы возбуждения дифракционно-черенковского излучения (ДЧИ) в электродинамической системе типа диэлектрический слой-ленточная дифракционная решетка (ДР) при движении нерелятивистского электронного потока (ЭП) вдоль поверхности ленточной ДР. Дальнейшие исследования показали перспективность использования такой электродинамической системы в конкретных схемах генераторов СВЧ [3], что указывает на необходимость более детального анализа различных факторов, влияющих на интенсивность и режимы возбуждения излучений.

В данной работе проведен учет реальных потерь в изотропном диэлектрике и проанализировано их влияние на интенсивность ДЧИ.

Для определения влияния потерь в диэлектрическом слое на интенсивность ДЧИ учтем комплексный характер диэлектрической проницаемости ε, которая в общем виде определяется следующим соотношением :

$$\varepsilon = \varepsilon' + i\varepsilon'' = \varepsilon'(1 + i\,tq\delta)\,, \qquad (1)$$

где ε' и ε'' соответственно действительная и комплексная составляющие диэлектрической проницаемости, $tg\delta = \varepsilon''/\varepsilon'$ - тангенс угла диэлектрических потерь.

Тогда, с учетом (1), электромагнитное поле в диэлектрике можно записать в следующем виде [2] :

$$\vec{H}'' = \vec{i}\sum B_n\, e^{q''_{ne}(z+\alpha)}\, e^{-iq'_{ne}(z+\alpha)}\, e^{ih_n y}\,,$$

$$\vec{E}'' = \sum\left(\vec{j}\sqrt{\varepsilon - \tau_n^2} + \vec{\kappa}\tau_n\right) {}^1/\varepsilon\; B_n\, e^{q''_{ne}(z+\alpha)}\, e^{-iq'_{ne}(z+\alpha)}\, e^{ih_n y}\,, \qquad (2)$$

где $q_{ne} = \kappa\beta_e\sqrt{\varepsilon - \tau_n^2} = q'_{ne} + iq''_{ne}$;

$$q'_{ne} = \frac{2\pi}{\lambda}\sqrt{\varepsilon}\,\sqrt[4]{(1 - \tau_n^2/\varepsilon')^2 + tg^2\delta}\;\cos\psi;$$

$$q''_{ne} = \frac{2\pi}{\lambda}\sqrt{\varepsilon}\,\sqrt{(1 - \tau_n^2/\varepsilon')^2 + tq^2\delta}\;\sin\psi_n;$$

$$\psi_n = 1/2\,\varphi_n\,; \quad tq\varphi_n = \frac{\varepsilon'\,tq\delta}{\varepsilon' - \tau_n^2}\,;$$

A_n ,B_n –неизвестные коэффициенты фурье-амплитуды дифрагированного поля; $h_n=k+2\pi n/l$; $\tau_n=(\eta+n)\chi^{-1}$; $\eta=\chi/\beta_e$; $\chi=l/\lambda$; β_e -относительная скорость электронного потока; l-период ленточной дифракционной решетки ; λ– длина волны возбуждаемого излучения; α -прицельный параметр; остальные обозначения в терминах [2].

Энергетической характеристикой возбуждаемого излучения является плотность энергии излучения. С учетом (2) по методике [1,2] были получены выражения для плотности энергии ДЧИ основных пространственных гармоник, возбуждаемых в вакууме и в диэлектрической среде.

Для выяснения влияния диэлектрических потерь на амплитуду ДЧИ были рассчитаны зависимости S_{0p} , $S_{-1\varepsilon p}$,S_{-1p} (плотность энергии соответственно нулевой пространственной гармоники и гармоники с индексом n= –1, излучаемых в диэлектрик, гармоники с индексом n=–1, излучаемой в вакуум) от тангенса угла диэлектрических потерь на различной относительной глубине проникновения z/λ. Графики зависимостей представлены на рис.1.

Данные зависимости позволяют оценить степень влияния потерь в диэлектрике на интенсивность ДЧИ. Как видно из рис. (кривые 1), излучение возбуждается практически с одинаковой интенсивностью в интервале изменения тангенса угла диэлектрических потерь от 10^{-4} до 10^{-1} и при $z=\alpha$.

Зависимости S_{0p}, $S_{-1\varepsilon p}$, S_{-1p} при уменьшении потерь ($tg\delta \to 0$) стремятся к значениям S_0, $S_{-1\varepsilon}$, S_{-1} (плотности энергии без учета потерь в диэлектрике, приведенные в [2]).

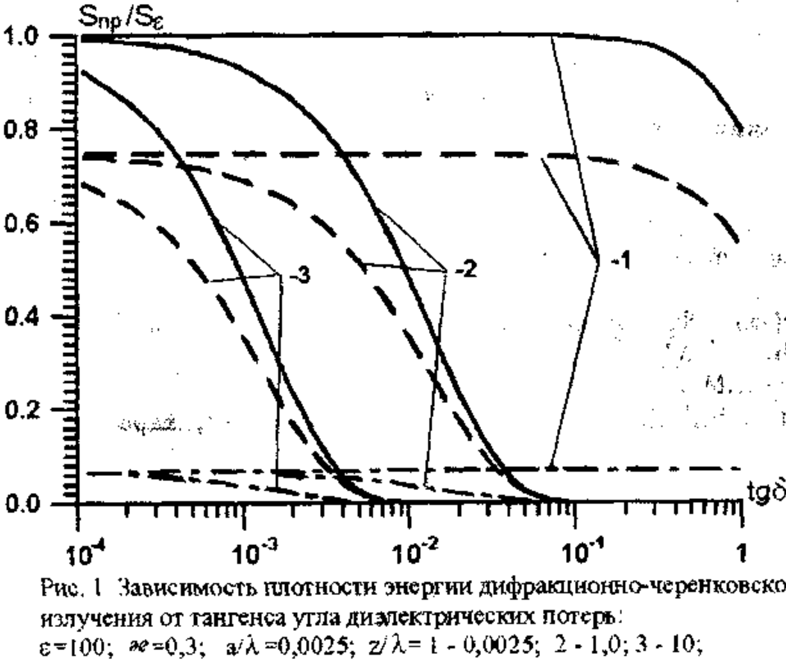

Рис. 1 Зависимость плотности энергии дифракционно-черенковского излучения от тангенса угла диэлектрических потерь:
$\varepsilon=100$; $æ=0,3$; $a/\lambda=0,0025$; $z/\lambda=$ 1 - 0,0025; 2 - 1,0; 3 - 10;
——— S_{0p}; — — $S_{-1\varepsilon p}$; —·— S_{-1p}

Анализ кривых 2-3 показывает, что при распространении излучения в диэлектрике интенсивность ДЧИ существенно зависит от значения тангенса угла диэлектрических потерь, что указывает на необходимость учета этого фактора при расчетах электродинамических систем, содержащих диэлектрические структуры, и анализе процессов возбуждения и распространения ДЧИ.

SUMMARY

The reserch results in the subject of excitation of the electromaqnetic feilds in the open electrodynamic system, including the metal-dielectric periodical structures, are under review. Calculation the loss in the dielectric and theirs influence on the diffractions and Cherenkovs radiation took place in thes paper.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Николаенко Л.И., Цвык А.И. Влияние диэлектрического слоя на возбуждаемое излучение в периодической структуре с потерями // Радиотехника.-1971.-Вып.19.-С.101-107.
2. Генераторы дифракционного излучения /Под ред. Шестопалова В.П.;АН УССР. Ин-т радиофизики и электрон.-Киев:Наук. думка .-1991.-320с.
3. Исследование возможности повышения эффективности взаимодействия электронов с СВЧ- полями в резонансных приборах О- типа / Г.С.Воробьев, А.В.Нестеренко, К.А.Пушкарев, А.И.Цвык // Современные проблемы прикладной физики. Сборник научных трудов / Под ред. Кулиша В.В. -Киев: УНК ВО, 1992.

Поступила в редколлегию 23 ноября 1995 г.

УДК 621.382.2, 517.958

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В МЕТОДЕ МНОГОУГЛОВОЙ ЭЛЛИПСОМЕТРИИ

*Забашта Л.А., асп., Забашта О.И., ст. научн. сотр.**
*(*Институт прикладной физики НАН Украины, г.Сумы,)*

ВВЕДЕНИЕ

При использовании метода многоугловых измерений для анализа многослойных структур связь между измеренными в эксперименте углами Ψ_i', Δ_i'и параметрами анализируемого образца (b_1, b_2, ..., b_k), можно записать как

$$\begin{aligned} &\Psi_i(\mathbf{B},\varphi_i) = \Psi_i' \\ &\Delta_i(\mathbf{B},\varphi_i) = \Delta_i' \\ &\mathbf{i = 1,\ldots,M}, \end{aligned} \tag{1}$$

где $\mathbf{B} = (b_1, b_2, \ldots, b_k)$ - параметрический вектор, характеризующий исследуемую структуру,$\Psi_i(\mathbf{B},\varphi_i)$ и $\Delta_i(\mathbf{B},\varphi_i)$-эллипсометрические углы, рассчитанные для данного вектора **B** и фиксированной длины волны λ_0 при i-ом угле падения φ_i.

Если предположить, что погрешности в экспериментально измеренных углах Ψ_i' и Δ_i' независимы и подчинены нормальному распределению, в качестве решения системы (1) естественно принять среднеквадратичное приближение к нему. То есть необходимо минимизировать функционал

$$S = \sum_{i=1}^{M}[\{\Delta_i(\mathbf{B},\varphi_i) - \Delta_i'\}^2 + \{\Psi_i(\mathbf{B},\varphi_i) - \Psi_i'\}^2]. \tag{2}$$

Однако наличие погрешностей в Ψ_i' и Δ_i' приводит к существованию множества векторов **B**, удовлетворяющих условию $S<\delta^2$, где δ - уровень погрешности в исходных данных, и при этом среди них могут присутствовать