

ОТНОШЕНИЕ ПАДАЮЩЕЙ И ПОГЛОЩЁННОЙ МОЩНОСТИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРОВОДИМОСТИ СЛОЁВ

Фитаев И.Ш.¹, Падалинский М.М.¹, Дмитриев А.И.¹

¹) Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь, Россия

E-mail: miha-padalinskiy2010@mail.ru

INCIDENT AND REFLECTED POWER RATIO IN DEPENDENCE OF LAYERS' CONDUCTIVITY

Fitaev I.¹, Padalinskiy M.¹, Dmitriev A.¹

¹) Crimean Federal University Simferopol, Russia

In this work we have researched the passage of an electromagnetic wave through the film structure and the processes occurring in this case. Particularly the dependence of the ratio of the incident and absorbed power from the conductivity of the layers.

В настоящее время нас окружает достаточно много источников электромагнитного поля, что само собой негативно влияет на электронную аппаратуру, вплоть до вывода из строя. Поэтому наша задача – защитить электронику от различных воздействий, как природных, так и преднамеренных [1].

Исходя из выше обозначенного, мы исследовали процессы, происходящие при прохождении электромагнитной (ЭМ) волны через подложки, дорожки, контактные площадки путем имитации посредством плоскопараллельной бесконечной пластины, Рис. 1, а именно зависимость отношения падающей и поглощённой мощности от проводимости слоёв.

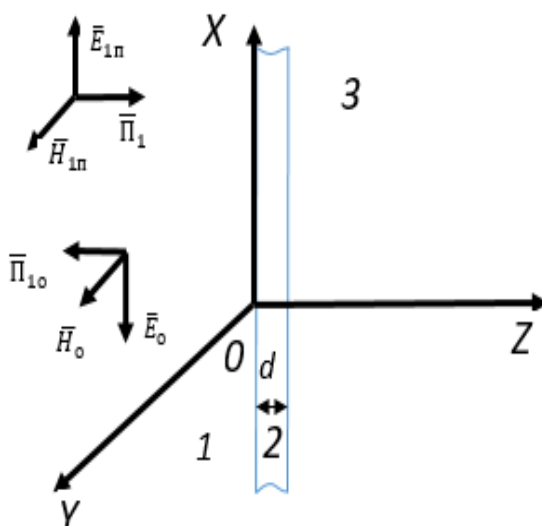


Рис. 1. Нормальное падение плоской волны на проводящую область

Будем считать, что ЭМ плоская волна падает из области 1 нормально на проводящую область 2, причем, области 1 и 3 - свободное пространство с волновым

сопротивлением $Z_0=377$ Ом. Область 2 меняет свои свойства от диэлектрика с удельной проводимостью $\sigma \rightarrow 0$ при $d \rightarrow 0$ до проводника с проводимостью $10^5 \dots 10^6$ при сформировавшейся проводящей пленке, которая практически «закорачивает» пространство. Рассматривается установившийся процесс с частотой ω , т.е. $\vec{E}$ и $\vec{H} \sim e^{i\omega t}$. Поэтому выражаем вектор плотности мощности (вектор Умова-Пойнтинга [2]): $\vec{P} \rightarrow P = \vec{E} \times \vec{H} \cdot \vec{y}$. И далее, используя закон сохранения мощностей, $P_1P - P_1O - P_3 = P_2$, где P_1P - поток мощности падающей волны, P_1O - поток мощности отраженной волны, P_3 - поток мощности прошедшей волны, P_2 - мощность потерь во второй среде, приходим к рабочей формуле: $A = P_2/P_{1P} = (\sigma \cdot d \cdot [E_2]^2) / P_{1P} = (\sigma \cdot d \cdot [E_2]^2 \cdot Z_0) / [E_{1P}]^2 = (E_2/E_{1P})^2 \cdot Z_0/R_2$, где A - оптический коэффициент поглощения. $\vec{H}$

Расчеты показали, что при удельной проводимости $\sigma = 0$, как и при толщине пленки $d = 0$, значение R_2 стремится к бесконечности, это соответствует диэлектрику в среде 2. В этом случае оптический коэффициент A равен нулю. Падающая волна распределяется между отраженной и прошедшей, соответственно, поглощения не будет.

В том случае, когда пленка сплошная $\sigma = 10^5 \dots 5 \cdot 10^7$ Ом/м, а толщина пленки $3 \dots 10$ нм сопротивление пленки единичной площади может принимать значения в $5 \dots 100$ Ом, т.е. может быть значительно меньше волнового сопротивления свободного пространства Z_0 . Но при $\sigma = 10^5$ См/м значения $E_2/E_{1P} > 0,5$ и даже $E_2/E_{1P} > 1$, что с точки зрения физики невозможно. Значения $0 \leq E_2/E_{1P} \leq 0,5$ реализуются только при значениях удельной проводимости $\sigma \geq 10^6$ См/м. Соответственно, чем больше проводимость, тем меньше данное соотношение.

Эксперимент с пленкой алюминия показал, что максимальное поглощение возникает при σ примерно равной 10^6 См/м, что коррелируется с выше описанными данными, так как $E_2/E_{1P} \sim A$ [3].

Данное свойство в дальнейшем будет использоваться при расчетах и изготовлении тонких пленок, которые применяются в качестве экрана для электронных устройств.

1. Киррилов В.Ю., Томилин М.М. Воздействие преднамеренных электромагнитных помех на бортовые кабели космических аппаратов // Труды МАИ, Москва, 2013, [Журнал]. №66, стр. 21-22.

2. Малыгин В.М. Теорема Умова-Пойнтинга и вектор плотности потока электромагнитной энергии: разные условия, разные решения // Пространство и время, Москва, 2015, [Журнал]. №3(21), стр. 103-109.

3. Мазинов А.С. Физические и электродинамические свойства наноразмерных проводящих пленок на полимерных подложках // Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии, Москва, 2020, [Журнал]. №2(12), стр. 247-252.