

# "ПРИЛОЖНА ЕЛЕКТРОДИНАМИКА"

## Семинарно упражнение No. 2/3

### "Микрорентови линии и микрорентови антени, симуларани с 2½D симулятор"

**Задача от тип 5:** Симулация на 50-омна микрорентова линия върху диелектрична подложка с помощта на 2½D симулятор. Използвайте същата подложка, за която сте работили с TRL калкулатора от 1 задача на Упражнение 1. Запишете при какви условия на симулациите сте работили – дължина на линията, дискретизация, честотен обхват. Какви стойности на S21 са се получили. Сравнете ги с тези от TRL калкулатора.

**Задача от тип 6:** Симулация на микрорентов планарен правоъгълен излъчвател върху диелектрична подложка с помощта на 2½D симулятор. Използвайте същата подложка, за която сте работили с TRL калкулатора от 1 задача на Упражнение 1 и от задача 5 на Упражнение 2. Използвайте указанията по-надолу. Натоварете излъчвателя с 50-омна линия и определете S11. Какво бихте направили, за да подобрите S11.

Задачите се решават самостоятелно от студента в лабораторията (или в къщи с Ansoft Ensemble SV). Кратко резюме за работата по задачите (до 1 стр.) се предоставя на преподавателя заедно с решените задачи от Упражнение 1.

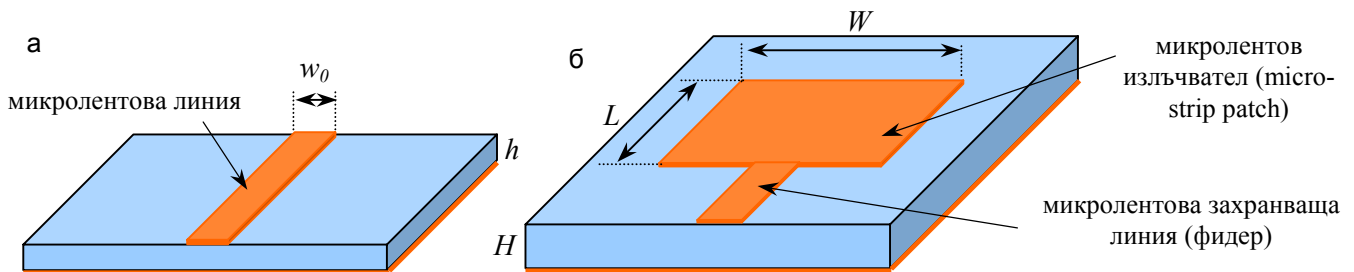
От преподавателя

#### Указание за решаване на задача 5.

Определете широчината  $w$  на микрорентовата линия за дадената подложка с TRL калкулатор. Влезте в симулатора и въведете всички необходими параметри, които са необходими. Начертайте линия на височина  $h$  на подложката с дължина например 10 или 20 mm. Поставете микровълнови входове/изходи (ports). Симулирайте структурата в интервал 1 – 15 GHz през 1 GHz.

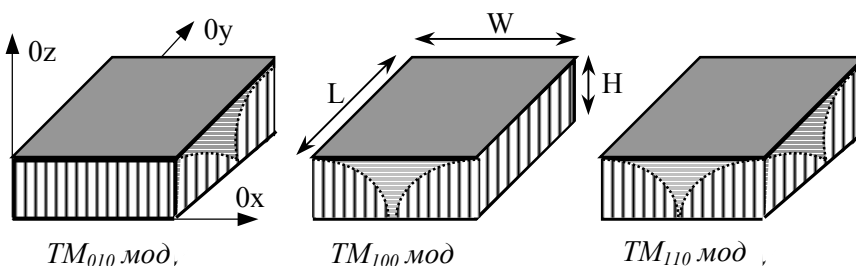
#### Указание за решаване на задача 6.

Отрязък от микрорентова линия с дължина  $n\lambda_g/2$  ( $\lambda_g$  – дължина на вълната в линията;  $n = 1, 2, \dots$ ), възбуден по определен начин, представлява излъчвател; той е аналог на жичните полувълнови вибратори (диполи), напр. използвани в Yagi-Uda антените за cm- и dm- телевизия. По-често се срещат микрорентови излъчватели, на които и двата планарни размера по осите  $0x$  и  $0y$  (с изключение на височината на подложката  $h$  по оста  $0z$ ) са



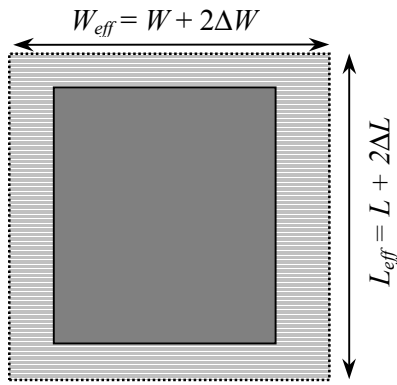
Фиг. 1. Микрорентова линия (а); правоъгълен микрорентов излъчвател със захранваща линия (б)

са сравними с  $\lambda_g/2$ . Тези излъчватели (microstrip patches) могат да имат различни форми: правоъгълна, квадратна, триъгълна, кръгла, елиптична, пръстеновидна и пр. На Фиг. 1б е изобразен правоъгълен микрорентов излъчвател с размери: дължина  $L$  и широчина  $W$  върху подложка с височина  $H$  и диелектрична пропускателност  $\epsilon_r$ . Тази структура представлява многомодов резонатор (Фиг. 2), излъчващ на определени резонансни честоти  $f_{mnp}$ , като за планарните модове  $p = 0$  (формулата за пресмятане на честотите е дадена към текста на Фиг. 3). Най-нисшият мод, на който обикновено излъчва резонатора, е  $TM_{010}$ , който е с една вариация на полето по дължината ( $n = 1$ ) и без вариации по широчината и височината ( $m, p = 0$ ).



Фиг. 2 Изображение на силовите линии на електричното поле на първите нисши модове в правоъгълен микрорентов излъчвател:

а)  $TM_{010}$ ; б)  $TM_{10r0}$ ; в)  $TM_{110}$   
(модове  $TM_{mnp}$ ;  $m, n, p$  – брой полувълни по осите  $0x, 0y, 0z$ )



Фиг. 3 Ефективни размери на микролентов правоъгълен излъчвател:  
 $W_{eff}$  – ефективна ширина;  $L_{eff}$  – ефективна дължина;

Резонансни честоти  $f_{mn0}$  на планарните модове (без вариации по 0z):

$$f_{mn0}, \text{ GHz} = \frac{150}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} \sqrt{\left(\frac{m}{W_{eff}, \text{ mm}}\right)^2 + \left(\frac{n}{L_{eff}, \text{ mm}}\right)^2} \quad (1)$$

където  $\epsilon_{eff}$  е ефективната диелектрична проницаемост на диелектричната подложка с резонатора, която се определя с TRL калкулатор

Резонансната честота на  $TM_{010}$  мода в микролентова правоъгълна антена се определя от:

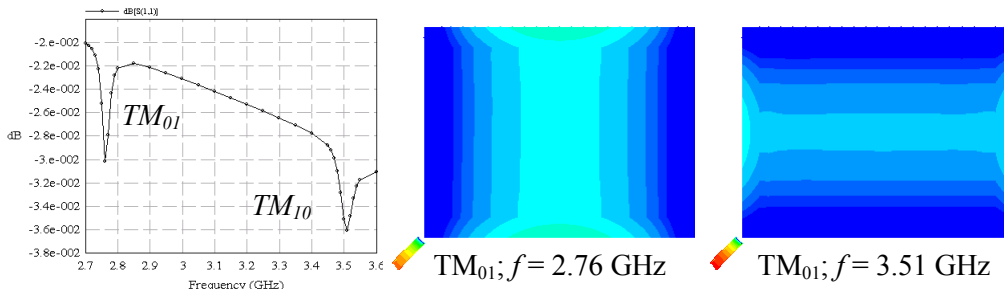
$$f_{010}, \text{ GHz} = \frac{150}{\sqrt{\epsilon_{eff}} \cdot L_{eff}, \text{ mm}} \quad (1.1)$$

където ефективната дължина на резонатора е

$$L_{eff} = L + 2\Delta L; \quad \Delta L = 0.412H \cdot \frac{\epsilon_{eff} + 0.3}{\epsilon_{eff} - 0.258} \cdot \frac{W/H + 0.262}{W/H + 0.813} \quad (2)$$

а ефективната диелектрична проницаемост  $\epsilon_{eff}$  се определя с TRL калкулатор.

Така определената честота е доста приближена; ако се отчете дисперсията, дебелината на металните слоеве, грапавостта на подложката, влиянието на захранващите линии (фидери) и др., тази честота се променя. Почти резултати се получават с помощта на 2D- и 3D- електромагнитни симулатори – пример на Фиг. 4.



Фиг. 4 Електромагнитна симулация на правоъгълен резонатор с IE3D Zeland симулатор и картина на разпределението на токовете за двата нисши мода:  $TM_{01}$  и  $TM_{10}$

И така, ако е зададена честотата на излъчване на  $TM_{010}$  мода и параметрите на диелектричната подложка, формула (1.1) може да се модифицира за определяне на дължината на резонатора:

$$L, \text{ mm} = L_{eff} - 2\Delta L = \frac{150}{\sqrt{\epsilon_{eff}} \cdot f_{010}, \text{ GHz}} - 2\Delta L \quad (1.2)$$

(ако резонаторът се използва за една поляризация,  $W$  се избира така, че резонансната честота на следващия  $TM_{100}$  мод да е извън честотната лента на работния  $TM_{010}$  мод; обикновено  $W \cong 0.75L$ ). Най-груба оценка може да се получи за  $L$  без да се определя  $\Delta L$ . След това с помощта на симулатора може да се подбере дължина  $L$  такава, че излъчвателят да работи точно на определена честота (Как?).