

Практичне заняття №2

Дослідження оптичних процесів на межі розподілу середовищ (частина 1)

Мета заняття: використання типових елементів оптичних систем для формування заданої просторової траєкторії оптичного випромінювання.

Основні питання заняття

1. Кути повного відбиття та проходження.
2. Числові характеристики відбиття та проходження оптичного випромінювання на межі розподілу двох середовищ.

Короткі теоретичні відомості

1. Нехай середовище 1 характеризують відносні діелектрична ε_{r1} та магнітна μ_{r1} проникності, а середовище 2 – відносні діелектрична ε_{r2} та магнітна μ_{r2} проникності відповідно (у загальному випадку вони є комплексними величинами: $\dot{\varepsilon}_{r1}, \dot{\mu}_{r1}, \dot{\varepsilon}_{r2}, \dot{\mu}_{r2}$).

Для того, щоб на межі розподілу цих середовищ при похилому падінні випромінювання з першого у друге середовище мало місце *повне внутрішнє відбиття*, кут падіння має дорівнювати чи бути більшим за критичний кут:

$$\varphi_{cr} = \arcsin \frac{n_2}{n_1} = \arcsin \sqrt{\frac{\varepsilon_{r2}\mu_{r2}}{\varepsilon_{r1}\mu_{r1}}}, \quad (2.1)$$

де $n_1 = \sqrt{\varepsilon_{r1}\mu_{r1}}$, $n_2 = \sqrt{\varepsilon_{r2}\mu_{r2}}$ – коефіцієнти заломлення першого та другого середовищ відповідно.

2. Значення кута повного проходження (кута Брюстера) становить:

$$\varphi_{Бр} = \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{\varepsilon_{r2}}{\varepsilon_{r1}}}. \quad (2.2)$$

Нагадаємо, що кут Брюстера існує лише для паралельної поляризації!

3. Вирази коефіцієнтів відбиття та передачі для хвилі з нормальним падінням:

$$\dot{\rho} = \frac{\dot{W}_2 - \dot{W}_1}{\dot{W}_2 + \dot{W}_1}, \quad \dot{\tau} = \frac{2\dot{W}_1}{\dot{W}_2 + \dot{W}_1}, \quad (2.2)$$

де $\dot{W}_1 = \sqrt{\frac{\mu_0 \dot{\mu}_{r1}}{\varepsilon_0 \dot{\varepsilon}_{r1}}} = \sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0}} \sqrt{\frac{\dot{\mu}_{r1}}{\dot{\varepsilon}_{r1}}} = 120\pi \sqrt{\frac{\dot{\mu}_{r1}}{\dot{\varepsilon}_{r1}}}$ Ом, $\dot{W}_2 = \sqrt{\frac{\mu_0 \dot{\mu}_{r2}}{\varepsilon_0 \dot{\varepsilon}_{r2}}}$ Ом

– хвильові опори першого та другого середовищ відповідно;

$\varepsilon_0 = 10^7/4\pi c^2 \approx 8,854 \cdot 10^{-12}$ Ф/м – електрична стала;

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^7 \approx 1,257 \cdot 10^{-6}$ Гн/м – магнітна стала.

Приклад. Є два середовища з параметрами $\varepsilon_{r1} = 9; \mu_{r1} = 1; \varepsilon_{r2} = 2; \mu_{r2} = 1$. Обчислити:

– хвильові опори W_1, W_2 цих середовищ;

– коефіцієнт відбиття $\dot{\rho}$ та коефіцієнт проходження $\dot{\tau}$ для

випадку нормального падіння;

– кут повного внутрішнього відбиття φ_{cr} ;

– кут повного проходження φ_{Br} .

Відповідь.

– хвильові опори цих середовищ:

$$\dot{W}_1 = 120\pi \sqrt{\frac{\dot{\mu}_{r1}}{\dot{\varepsilon}_{r1}}} = 120\pi \sqrt{\frac{1}{9}} = 125,66 \text{ Ом} \approx 126 \text{ Ом},$$

$$\dot{W}_2 = 120\pi \sqrt{\frac{\dot{\mu}_{r2}}{\dot{\varepsilon}_{r2}}} = 120\pi \sqrt{\frac{1}{2}} = 266,57 \text{ Ом} \approx 267 \text{ Ом},$$

– коефіцієнт відбиття

$$\dot{\rho} = \frac{\dot{W}_2 - \dot{W}_1}{\dot{W}_2 + \dot{W}_1} = \frac{267 - 126}{267 + 126} = 0,36;$$

та коефіцієнт проходження

$$\dot{\tau} = \frac{2\dot{W}_1}{\dot{W}_2 + \dot{W}_1} = \frac{2 \cdot 126}{267 + 126} = 0,64;$$

– кут повного внутрішнього відбиття

$$\varphi_{cr} = \arcsin \sqrt{\frac{\varepsilon_{r2}\mu_{r2}}{\varepsilon_{r1}\mu_{r1}}} = \arcsin \sqrt{\frac{2 \cdot 1}{9 \cdot 1}} = 25,2^\circ \approx 25^\circ$$

– кут повного проходження

$$\varphi_{\text{Бр}} = \arctg \sqrt{\frac{\varepsilon_{r2}}{\varepsilon_{r1}}} = \arctg \sqrt{\frac{2}{9}} = 12,5^\circ.$$

Хід заняття

1. Повторіть лекційний матеріал за темами «Поширення електромагнітного випромінювання на границі розподілу двох середовищ».

2. Використовуючи параметри вибраного варіанта пари середовищ (таблиця 2.1), обчисліть:

- хвилеві опори W_1 , W_2 цих середовищ;
- коефіцієнт відбиття $\dot{\rho}$ та коефіцієнт проходження $\dot{\tau}$ для випадку нормального падіння;
- кут повного внутрішнього відбиття φ_{cr} ;
- кут повного проходження $\varphi_{\text{Бр}}$.

Таблиця 2.1

Номер варіанта	ε_{r1}	μ_{r1}	ε_{r2}	μ_{r2}
1	2	3	4	5
1	2	1	1	1
2	3	1	2	1

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5
3	31	1	17	1
4	45	1	3	1
5	32	1	18	1
6	46	1	4	1
7	33	1	19	1
8	47	1	5	1
9	34	1	20	1
10	48	1	6	1
11	35	1	21	1
12	49	1	7	1
13	36	1	22	1
14	50	1	8	1
15	37	1	23	1
16	51	1	9	1
17	38	1	24	1
18	52	1	10	1
19	39	1	25	1
20	53	1	11	1
21	40	1	26	1
22	54	1	12	1
23	41	1	27	1
24	55	1	13	1

25	42	1	12	1
26	56	1	14	1
27	43	1	29	1
28	57	1	15	1
29	44	1	30	1
30	58	1	15	1
31	51	1	9	1
32	38	1	24	1
33	52	1	10	1
34	39	1	25	1
35	53	1	11	1