

Pola i fale: Ćwiczenia 9

Fala płaska w układzie 3 ośrodków.

Prowadzący ćwiczenia:

mgr inż. Mateusz Marek Kryszicki

Adres e-mail:

kryszicki.politechnika@gmail.com

Strona www:

<http://staff.elka.pw.edu.pl/~mkryszick>

Konsultacje (proszę wcześniej o maila):

cz. 12:15-14:00, p.543

Materiał opracowany przez M. Kryszickiego na podstawie wcześniejszych materiałów do przedmiotów POFA i EFWA opracowanych przez M. Celuch, W. Gwarka oraz B. Salskiego



**Instytut Radioelektroniki
i Techniki Multimedialnych**

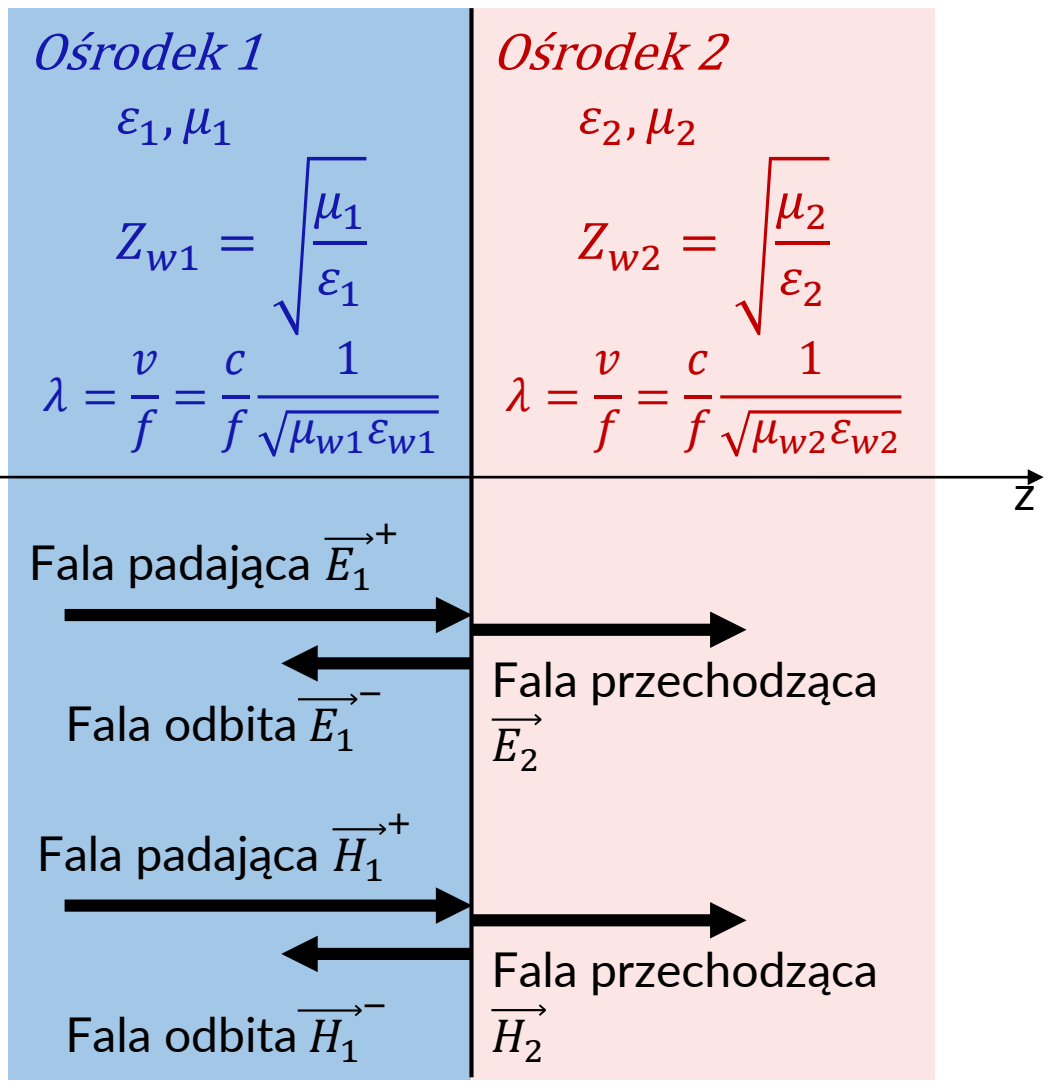
Zadanie 1

Płyta o grubości d wykonana z materiału o parametrach: $\varepsilon_{w1} = 4, \mu_{w1} = 1, \sigma = 0$ jest umieszczona w próżni. Fala o częstotliwości $f = 3 [GHz]$ pada prostopadle na płytę. Obliczyć impedancję wejściową widzianą na przedniej (od strony padania) powierzchni płyty, współczynniki odbicia i WFS dla:

- a) $d = 1.25 \text{ cm}$,
- b) $d = 2.50 \text{ cm}$.

Prostopadłe padanie fali (szkic)

Prostopadłe padanie fali (notacja)



Fala padająca:

$$\vec{E}_1^+ = \vec{i}_x E_0 e^{j(\omega t - \beta_1 z)}$$

$$\vec{H}_1^+ = \vec{i}_y \frac{E_0}{Z_{W1}} e^{j(\omega t - \beta_1 z)}$$

Zmiana kierunku propagacji

Fala odbita:

$$\vec{E}_1^- = \Gamma_E \vec{i}_x E_0 e^{j(\omega t + \beta_1 z)} = \Gamma \vec{i}_x E_0 e^{j(\omega t + \beta_1 z)}$$

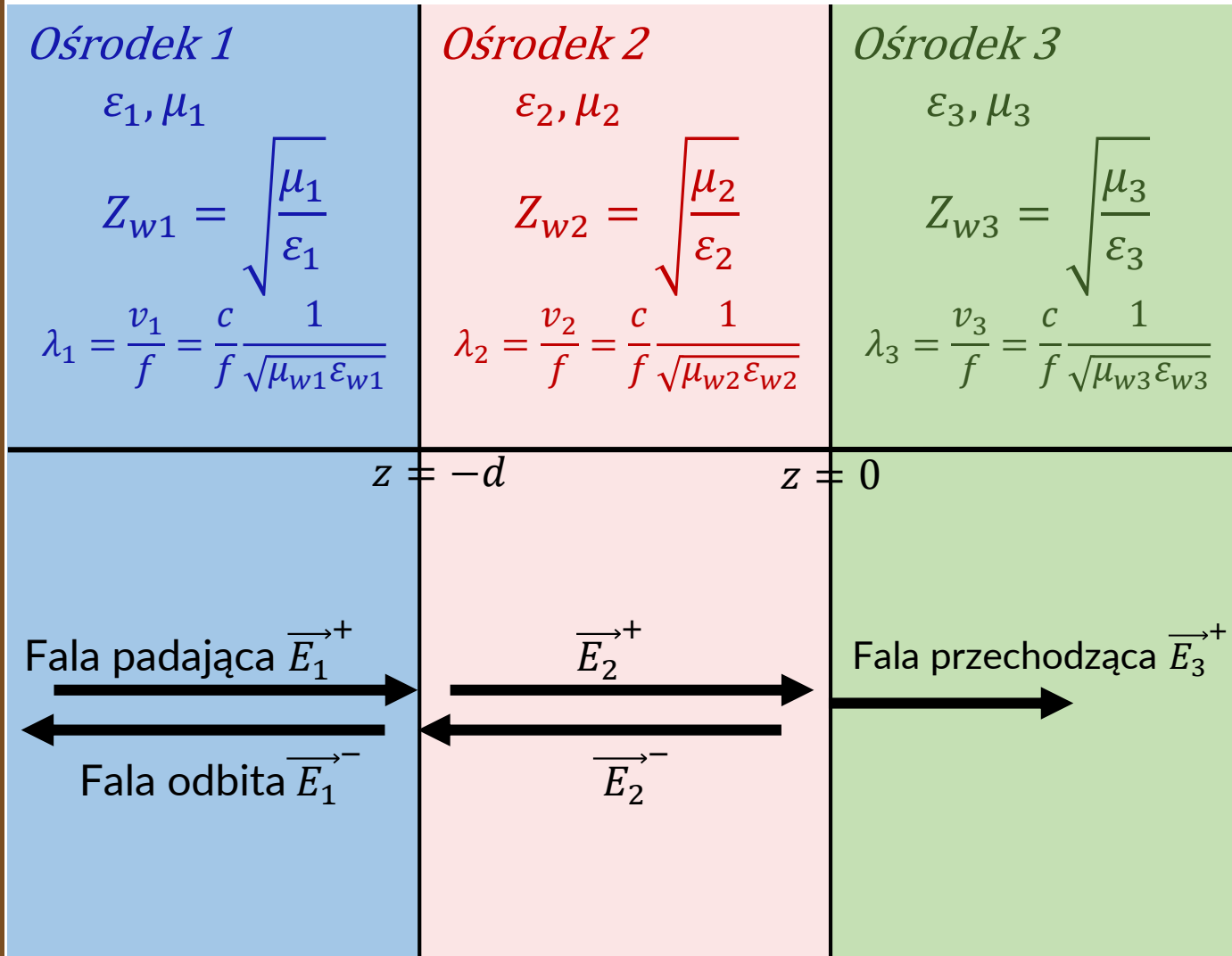
$$\vec{H}_1^- = \Gamma_M \vec{i}_y \frac{E_0}{Z_{W1}} e^{j(\omega t + \beta_1 z)} = -\Gamma \vec{i}_y \frac{E_0}{Z_{W1}} e^{j(\omega t + \beta_1 z)}$$

Fala przechodząca:

$$\vec{E}_2 = (1 + \Gamma_E) \vec{i}_x E_0 e^{j(\omega t - \beta_2 z)} = (1 + \Gamma) \vec{i}_x E_0 e^{j(\omega t - \beta_2 z)}$$

$$\vec{H}_2 = (1 + \Gamma_M) \vec{i}_y \frac{E_0}{Z_{W1}} e^{j(\omega t - \beta_2 z)} = (1 - \Gamma) \vec{i}_y \frac{E_0}{Z_{W1}} e^{j(\omega t - \beta_2 z)}$$

Prostopadłe padanie fali (szkic)



Współczynnik odbicia Γ_{23}
(między ośrodkami 2 i 3)

$$\Gamma_{23} = \frac{Z_{w3} - Z_{w2}}{Z_{w3} + Z_{w2}}$$

Współczynnik odbicia Γ_{12}
(między ośrodkami 1 i 2)

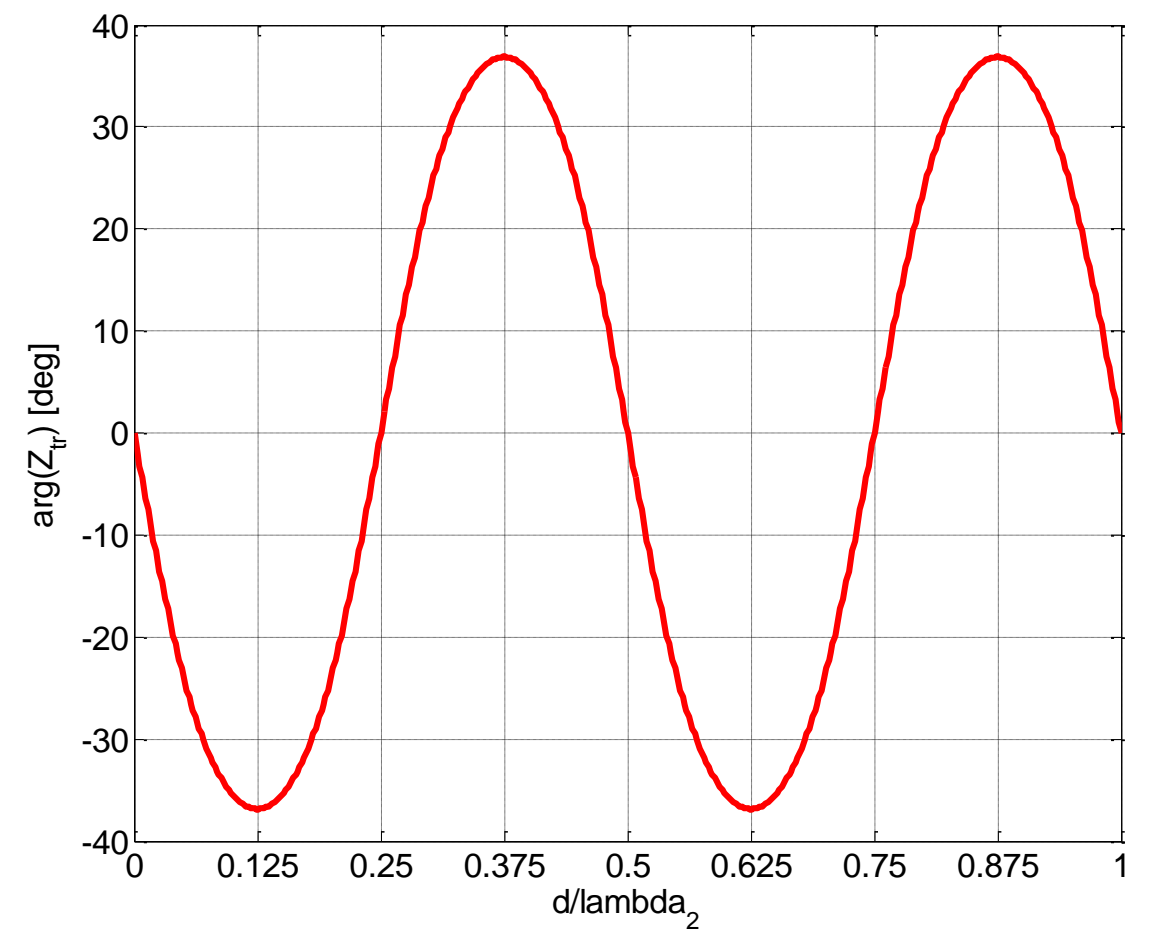
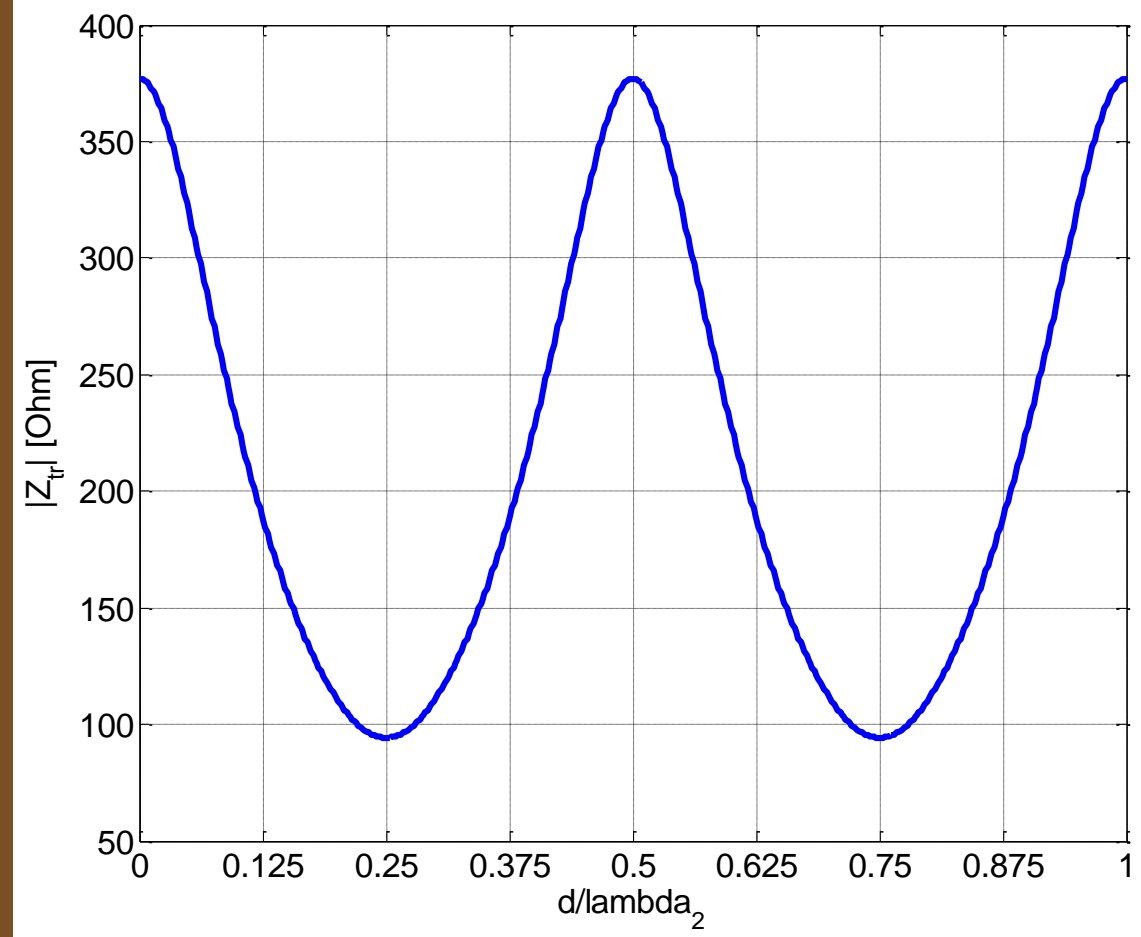
$$\Gamma_{12} = \frac{Z_{f2tr} - Z_{w1}}{Z_{f2tr} + Z_{w1}}$$

Impedancja falowa
przetransformowana

z granicy 23 do granicy 12

$$Z_{f2tr} = Z_{w2} \frac{Z_{w3} + j Z_{w2} \tan(\beta_2 d)}{Z_{w2} + j Z_{w3} \tan(\beta_2 d)}$$

Z_{f2tr} w funkcji $\frac{d}{\lambda_2}$



Impedancja falowa przetransformowana z granicy 23 do granicy 12 $Z_{f2tr} = Z_{w2} \frac{Z_{w3} + j Z_{w2} \tan(\beta_2 d)}{Z_{w2} + j Z_{w3} \tan(\beta_2 d)}$

Transformator ćwierćfalowy

$$d = \frac{\lambda_2}{4}$$

$$\beta_2 d = \frac{2\pi \lambda_2}{\lambda_2} \frac{1}{4} = \frac{\pi}{2}$$

$$\tan(\beta_2 d) = \tan\left(\frac{\pi}{2}\right) = \infty$$

$$Z_{f2tr} = \frac{(Z_{w2})^2}{Z_{w3}}$$

$$\Gamma_{12} = \frac{Z_{f2tr} - Z_{w1}}{Z_{f2tr} + Z_{w1}}$$

Transformator półfalowy

$$d = \frac{\lambda_2}{2}$$

$$\beta_2 d = \frac{2\pi \lambda_2}{\lambda_2} \frac{1}{2} = \pi$$

$$\tan(\beta_2 d) = \tan(\pi) = 0$$

$$Z_{f2tr} = Z_{w3}$$

$$\Gamma_{12} = \frac{Z_{w3} - Z_{w1}}{Z_{w3} + Z_{w1}}$$

Zadanie 2

Płaszczyzna $z = 0$ jest granicą między bezstratnymi materiałami o parametrach:

Ośrodek 1 ($z < 0$): $\varepsilon_{w1} = 1, \mu_{w1} = 1,$

Ośrodek 2 ($z > 0$): $\varepsilon_{w2} = 16, \mu_{w2} = 1.$

Zaproponować układ dopasowujący zadane dwa ośrodki na częstotliwości 7.5 [GHz]. Naszkicować rozkłady amplitud pól E, H, D, B

Impedancja falowa przetransformowana z granicy 23 do granicy 12 $Z_{f2tr} = Z_{w2} \frac{Z_{w3} + j Z_{w2} \tan(\beta_2 d)}{Z_{w2} + j Z_{w3} \tan(\beta_2 d)}$

Transformator ćwierćfalowy

$$d = \frac{\lambda_2}{4}$$

$$\beta_2 d = \frac{2\pi \lambda_2}{\lambda_2} \frac{1}{4} = \frac{\pi}{2}$$

$$\tan(\beta_2 d) = \tan\left(\frac{\pi}{2}\right) = \infty$$

$$Z_{f2tr} = \frac{(Z_{w2})^2}{Z_{w3}}$$

$$\Gamma_{12} = \frac{Z_{f2tr} - Z_{w1}}{Z_{f2tr} + Z_{w1}}$$

Transformator półfalowy

$$d = \frac{\lambda_2}{2}$$

$$\beta_2 d = \frac{2\pi \lambda_2}{\lambda_2} \frac{1}{2} = \pi$$

$$\tan(\beta_2 d) = \tan(\pi) = 0$$

$$Z_{f2tr} = Z_{w3}$$

$$\Gamma_{12} = \frac{Z_{w3} - Z_{w1}}{Z_{w3} + Z_{w1}}$$

Fala płaska w układzie 3 ośrodków: przypadki szczególne

Impedancja falowa przetransformowana z granicy 23 do granicy 12 $Z_{f2tr} = Z_{w2} \frac{Z_{w3} + j Z_{w2} \tan(\beta_2 d)}{Z_{w2} + j Z_{w3} \tan(\beta_2 d)}$

Transformator ćwierćfalowy

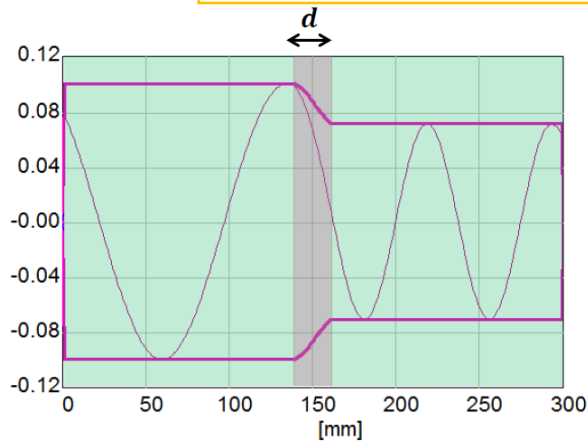
$$d = \frac{\lambda_2}{4}$$

$$\beta_2 d = \frac{2\pi \lambda_2}{\lambda_2} \frac{\lambda_2}{4} = \frac{\pi}{2}$$

$$\tan(\beta_2 d) = \tan\left(\frac{\pi}{2}\right) = \infty$$

$$Z_{f2tr} = \frac{(Z_{w2})^2}{Z_{w3}}$$

$$\Gamma_{12} = \frac{Z_{f2tr} - Z_{w1}}{Z_{f2tr} + Z_{w1}}$$



Dopasowanie

$$\text{zał. } Z_{w2} = \sqrt{Z_{w1} Z_{w3}}$$



$$\Gamma_{12} = 0$$

Transformator półfalowy

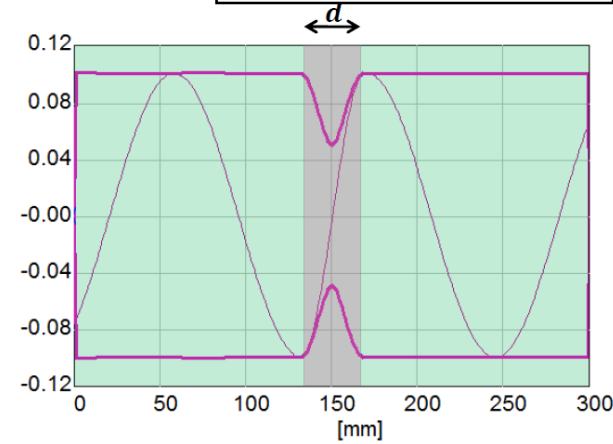
$$d = \frac{\lambda_2}{2}$$

$$\beta_2 d = \frac{2\pi \lambda_2}{\lambda_2} \frac{\lambda_2}{2} = \pi$$

$$\tan(\beta_2 d) = \tan(\pi) = 0$$

$$Z_{f2tr} = Z_{w3}$$

$$\Gamma_{12} = \frac{Z_{w3} - Z_{w1}}{Z_{w3} + Z_{w1}}$$



Przezroczystość

