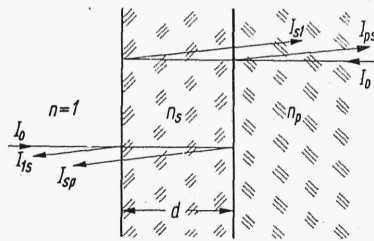


ze skokiem i bez skoku fazy, np. jeżeli w granicy  $\Delta L = 0$  wówczas w układzie bez skoku fazy ze wzoru (3.66a)  $R_A = 4 \int I_{02} i_1 \tau_2 d\lambda_0$  i występuje wtedy prążek jasny, natomiast ze skokiem ze wzoru (3.66b)  $R_A = 0$  i prążek jest ciemny.

Jeżeli odbiornikiem jest oko, to oprócz wrażenia zmiany intensywności, odczuwa ono również zmianę barwy, gdyż dla  $\Delta L \neq 0$  wartości  $\cos \pi \Delta L / \lambda_0$  i  $\sin \pi \Delta L / \lambda_0$  przybierają różne wartości dla różnych długości fali i występuje sumowanie w różnych proporcjach poszczególnych części widma. Dla danego rozkładu widmowego źródła każdej wartości  $\Delta L$  przyporządkowana jest jednoznacznie określona barwa. Dla światła białego opracowane są barwne tablice dla układu ze skokiem i bez skoku fazy, które pozwalają ocenić różnice dróg optycznych  $\Delta L$  bez potrzeby pomiaru intensywności, a więc np. mierzyć grubości cienkich warstw. W układzie bez skoku fazy po raz pierwszy dla  $\Delta L = 0,28 \mu\text{m}$ , w układzie ze skokiem dla  $\Delta L = 0,56 \mu\text{m}$  i potem cyklicznie co  $0,56 \mu\text{m}$  o coraz mniejszym nasyceniu pojawia się tzw. *czuła barwa* (purpurowa), która przy niewielkiej zmianie drogi (rzędu  $0,01 \mu\text{m}$ ) przechodzi w inną barwę, co wykorzystywane jest do podniesienia dokładności wizualnej metody pomiaru (np. przy pomiarze naprężeń w szkłe).

### 3.2.7. Cienkie warstwy

Nakładając na pewnym podłożu np. na soczewce ze szkła, przez naporowanie kilka warstw dielektrycznych o odpowiednio dobranych współczynnikach załamania i grubościach można w sposób zamierzony zmniejszyć lub powiększyć współczynnik odbicia (a więc i związaną z tym przepuszczalność) w różnych częściach widma promieniowania padającego na wspomniany element. Zmniejszenie odbicia jest szczególnie ważne przy budowie bardziej złożonych układów optycznych, składających się niekiedy z kilkunastu i więcej powierzchni o skokowej zmianie współczynnika załamania. Na każdej z nich (p. 3.1.3) odbija się od 4 do 10% energii, która nie tylko zmniejsza ilość światła docierającego do odbiornika, ale także przez powtórne odbicie tworzy światło rozproszone obniżające kontrast obrazu. Dla przykładu zostaną tu omówione własności pojedynczej warstwy przeciwodblaskowej. Szersze omówienie tematu można znaleźć w [2], [3].



Rys. 3.22

Niech na podłożu o współczynniku załamania  $n_p$  (rys. 3.22) położona jest warstwa o grubości  $d$  i współczynniku załamania  $n_s$ , przy czym  $n_p > n_s > 1$ . Pomijając wtórne odbicia, które dla małych kątów padania będą miały niewielki wpływ, światło wchodzące lub wychodzące zostanie czę-

ściowo odbite na obydwu powierzchniach tworząc wiązki  $I_{1s}$ ,  $I_{sp}$  i  $I_{ps}$ ,  $I_{s1}$  interferujące między sobą.

Rozpatrując zjawisko dla ustalonej długości fali  $\lambda_0$  w obydwu przypadkach można zapisać tę samą zależność dla intensywności światła odbitego z uwagi na zależność (3.30) w postaci

$$I_{r\lambda} = I_{1\lambda} + I_{p\lambda} + 2\sqrt{I_{1\lambda}I_{p\lambda}} \cos 4\pi \frac{n_s d}{\lambda_0}$$

Zwraca się uwagę, że skoki fazy promieni interferujących w tym przypadku są jednakowe i można je pominąć.

Celem zmniejszenia współczynnika odbicia dla długości fali  $\lambda_0$  należy dążyć do  $I_{r\lambda} \rightarrow 0$ , co można osiągnąć przez spełnienie warunków

$$d = \frac{\lambda_0}{4n_s} m \quad m = 1, 2 \dots \quad (3.67a)$$

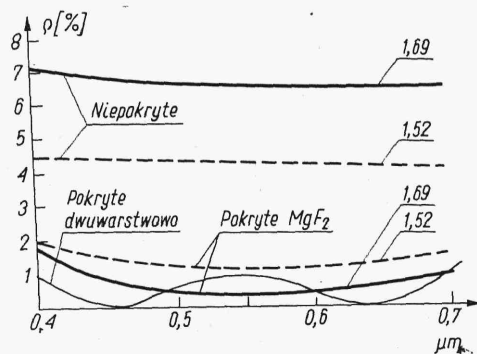
i ponadto  $I_{1\lambda} = I_{p\lambda}$ . Ale z równania (3.21a), dla światła wchodzącego do ośrodka będzie

$$I_{1\lambda} = I_{0\lambda} \left( \frac{n_s - 1}{n_s + 1} \right)^2 \quad \text{i} \quad I_{p\lambda} = (I_{0\lambda} - I_{1\lambda}) \left( \frac{n_p - n_s}{n_p + n_s} \right)^2$$

Podobne zależności można napisać dla światła wychodzącego z ośrodka. Ponieważ  $I_{0\lambda}$  jest znacznie większe od intensywności światła odbitego  $I_{1\lambda}$ , stąd wystarczającym warunkiem spełnienie równania  $I_{1\lambda} = I_{p\lambda}$  będzie

$$n_s = \sqrt{n_p} \quad (3.67b)$$

Dla szkielek, których współczynnik załamania znajduje się w przedziale 1,5—1,8 współczynnik załamania  $n_s$  powinien mieć wartość zawartą między 1,22—1,34. Materiałem, którego współczynnik załamania mieści się we wspomnianym przedziale jest kryolit ( $n_s = 1,3$ ), jednak z uwagi na niedostateczną jego odporność mechaniczną najczęściej stosowany jest fluorek magnezu ( $n_s = 1,38$ ) i z tego powodu przez pokrycie jednowarstwowe nie można całkowicie usunąć światła odbitego, przy czym znacznie lepsze wyniki osiąga się dla szkielek o wysokich współczynnikach załama-



Rys. 3.23

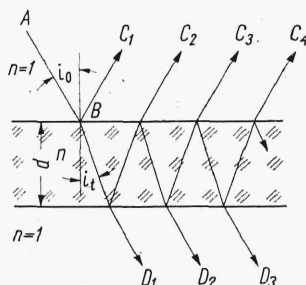
nia. Poza tym zależność (3.67a) może być spełniona tylko dla jednej długości fali, dla pozostałej części widma współczynnik odbicia jest różny od zera. Łatwo wykazać, że wzrost współczynnika odbicia wraz ze zmianą długości fali jest najmniejszy dla  $m = 1$  (wzór 3.67a). Na rys. 3.23 pokazano zależność zmiany współczynnika odbicia dla szkielek ( $n_p = 1,52$  i  $1,69$ ) niepo-

krytych i pokrytych jednowarstwowo (fluorkiem magnezu) oraz pokrytych dwuwarstwowo (zerowe odbicia dla dwóch długości fali). Przez zastosowanie większej liczby warstw można zerować współczynnik odbicia dla większej liczby długości fali obniżając w ten sposób ogólny współczynnik odbicia.

Zwiększenie współczynnika odbicia osiągane jest przez nakładanie warstw o grubości  $\lambda_0/4$  na przemian o niskim i wysokim współczynniku załamania (kryolit  $n = 1,3$  i siarczek cynku  $n = 2,3$ ). Dla siedmiu warstw współczynnik odbicia wynosi 0,96. Metoda ta pozwala również zwiększyć współczynnik odbicia metalu. Ponadto zastępując metaliczną warstwę światłodziącą układem odpowiednio naparowanych warstw dielektrycznych można uniknąć silnej absorpcji występującej w metalu.

### 3.2.8. Interferencja wielopromieniowa. Interferometr Fabry-Perota

Pomijanie wtórnych odbić przy rozważaniach interferencji w płytkach (p. 3.2.5) jest usprawiedliwione tylko wtedy, kiedy promienie interferujące padają na nią pod kątami padania dostatecznie małymi, gdyż ich energia jest znikomo mała. Jeżeli zastosuje się skośne oświetlenie lub pokryje się płytkę warstwami zwiększającymi odbicie, wówczas wtórne odbicia stają się elementami istotnie wpływającymi na intensywność w polu interferencji.



Rys. 3.24

Niech będzie płytka płasko-równoległa (rys. 3.24) o współczynniku załamania  $n$  oświetlona światłem monochromatycznym i promień padający  $AB$  podzielony na dwa zbiory promieni odbitych  $C$  i przechodzących  $D$ . Niech ponadto wektor optyczny  $V_0$  promienia padającego znajduje się w płaszczyźnie padania lub jest prostopadły do niej (każdy wektor można rozłożyć na takie dwa kierunki). Oznaczając zgodnie z zależnościami (3.10) przez  $r = V_r/V_0$  (dla składowej prostopadłej lub równoległej) oraz przez  $t = V_t/V_0$ , gdzie  $V_r$  i  $V_t$  odpowiednio wektory fali odbitej i przechodzącej dla jednej składowej, wtedy amplitudy promieni  $C_1, C_2, C_3 \dots C_p$  można zapisać kolejno przez

$$rV_0, tt'r'e^{i\delta}V_0, tt'r'^3e^{2i\delta}V_0, \dots, tt'r'^{(2p-3)}e^{i(p-1)\delta}V_0$$

gdzie:

$r, t$  — odnoszą się do fali wchodzącej do płytki  $r', t'$  — do fali wychodzącej

$$\delta = \frac{2\pi \Delta L}{\lambda_0} = \frac{4\pi}{\lambda_0} n d \cos i_t \quad (3.68)$$