

Janusz KUBRAK

# DWUPASMOWY DZIELNIK WIĄZKI PROMIENIOWANIA OPTYCZNEGO

**STRESZCZENIE** *Zaprojektowano i przeprowadzono analizę działania interferencyjnej powłoki typu beamsplitter umożliwiającej pracę dzielnika dla dwóch różnych długości fali. Wykonany element światłodzielący znalazł zastosowanie w układzie interferometru Twyman'a Green'a w badaniach metodami spektroskopii fourierowskiej*

**Słowa kluczowe:** *beamsplitter, interferencja, polaryzacja, spektroskopia fourierowska*

## 1. WSTĘP

---

Spektroskopia fourierowska badania widm IR jest jedną z najczęściej stosowanych technik pomiarowych. W porównaniu z tradycyjnymi spektrometrami dyspersyjnymi technika ta charakteryzuje się większą szybkością i rozdzielczością. Metoda ta polega na przemiataniu próbki wiązką promieniowania, w której występują jednocześnie wszystkie długości fali z zakresu IR. Widma nie obserwuje się bezpośrednio, tylko otrzymuje je poprzez dokonanie transformaty Fouriera mierzonego sygnału w funkcji czasu. Do pomiaru wykorzystuje

---

**dr Janusz KUBRAK**  
e-mail: [jkubrak@vigo.com.pl](mailto:jkubrak@vigo.com.pl)

VIGO SL Sp. z o.o.  
Laboratorium Powłok Optycznych, Warszawa

PRACE INSTYTUTU ELEKTROTECHNIKI, zeszyt 245, 2010

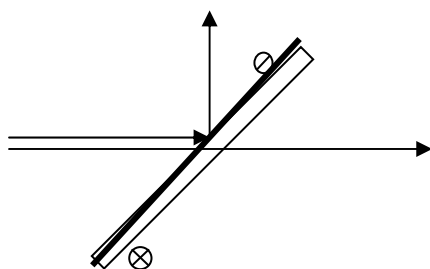
się zwykle interferometr Michelsona z ruchomym zwierciadłem. W układzie takim promieniowanie emitowane przez źródło jest dzielone na dwie wiązki, które dzięki zmieniającej się w czasie różnicy dróg optycznych docierają do detektora przesunięte w fazie, dając interferogram. Największą trudnością tej metody jest precyzyjny pomiar przesunięcia lustra. Rozwiązaniem jest wykorzystanie drugiego interferometru, który korzysta z tego samego ruchomego zwierciadła i światła o znanej długości fali. W omawianym przypadku do taktowania spektrometru fourierowskiego zastosowano interferometr Twyman Greena, z elementem światłodzielącym, umożliwiającym pomiar alternatywnie dla dwóch wybranych długości fali.

## 2. INTERFERENCYJNE DIELEKTRYCZNE DZIELNIKI ŚWIATŁA

Dzielnik światła (beamsplitter) to element optyczny dzielący padającą wiązkę światła na dwie lub więcej separowanych wiązek. Krótki przegląd tego typu bezstratnych dzielników światła obrazuje problem właściwego wyboru typu i uzasadnia konieczność projektowania specjalnych konstrukcji cienkowarstwowych spełniających wymagania stawiane przez konstruktorów optycznych układów pomiarowych.

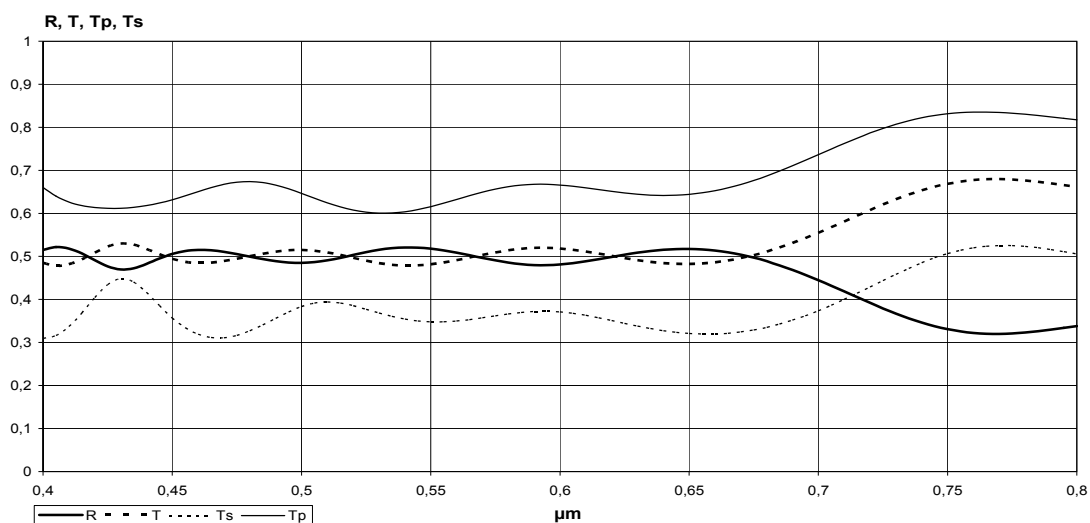
### 2.1. Beamsplitter płytkowy

Jest to cienka płasko-równoległa płytka szklana z różnymi typami powłok dielektrycznych na każdej stronie (rys. 1). Jedna strona pokryta jest powłoką interferencyjną dającą określony stosunek podziału wiązki światła w określonym przedziale spektralnym. Strona druga pokryta jest odpowiednią powłoką antyrefleksyjną.



Rys. 1. Beamsplitter płytkowy

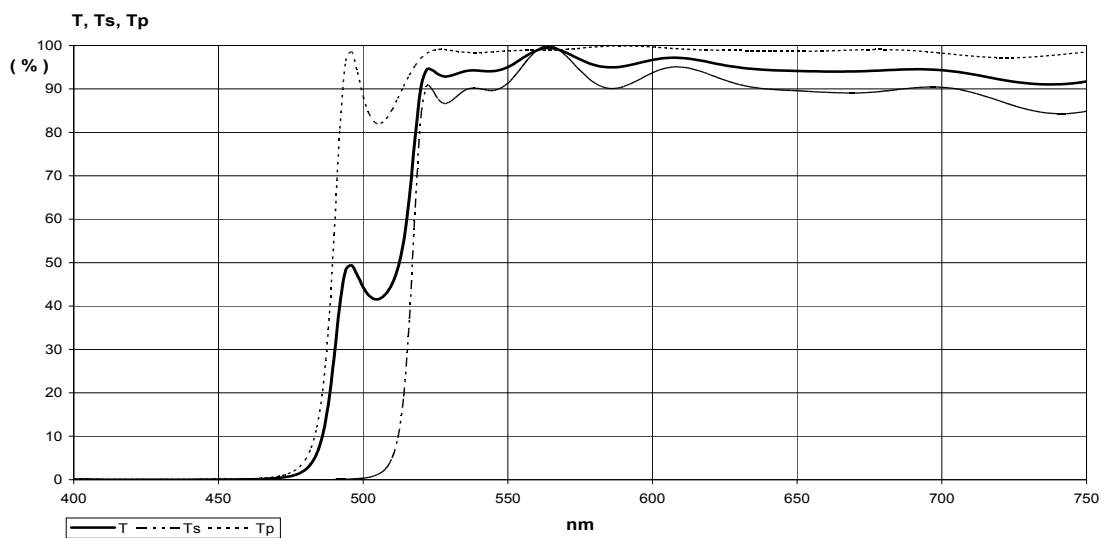
Przykładowa charakterystyka spektralna płytki światłodzielącej  $R: T = 1 : 1$  pokazana jest na rysunku 2. Dzielniki takie charakteryzują się pomijalną absorpcją i są wysokoczułe na stan polaryzacji padającego światła. Ze względu na ograniczoną szerokość spektralną, dzielniki konstruowane są dla zakresu widzialnego i bliskiej podczerwieni.



Rys. 2. Charakterystyka spektralna płytki światłdzielącej 1:1

## 2.2. Filtry dichroiczne

Ten typ dzielnika to interferencyjne wielowarstwowa powłoka dielektryczne pracująca pod kątem  $45^\circ$  jako filtr krawędziowy. Elementy takie stosowane są jako dzielniki separujące wybrane obszary spektralne. Płytkę szklaną z wielowarstwową powłoką dielektryczną na jednej stronie, na drugiej ma szerokopasmową powłokę antyrefleksyjną.

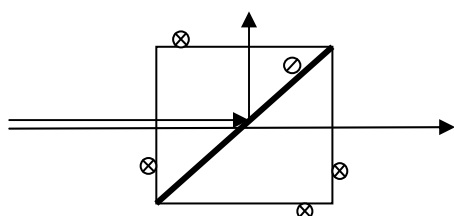


Rys. 3. Charakterystyka spektralna filtru typu *long wave pass*

Widać tu silny efekt polaryzacji przechodzącej wiązki w wąskim obszarze spektralnym w pobliżu krawędzi. Efekt ten może być wykorzystywany do separacji wiązek spolaryzowanych w płaszczyznach s i p.

### 2.3. Kostki światłodzielaące – cube beamsplitters

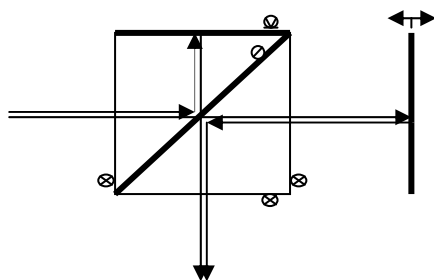
Ten typ dzielnika stanowi para dopasowanych prostokątnych pryzmatów sklejonych płaszczyznami przeciwprostokątnymi. Na jednej z tych płaszczyzn naniesiona jest dielektryczna powłoka światłodzielaająca. Pozostałe cztery ściany kostki pokryte są powłokami przeciwoodblaskowymi.



Rys. 4. Kostka światłodzielaająca

Korzyści z zastosowania takiego elementu światłodzielaącego, to: łatwość montażu, precyzja justowania układu optycznego, mała czułość na deformacje wynikłe z naprężeń montażowych, eliminacja odbić pasożytniczych, odporność na degradację powłoki. Zalety te predestynują ten typ dzielnika do zastosowań w precyzyjnych układach interferometrycznych. Ze względu na ograniczoną szerokość pasma spektralnego spełniającego zadany warunek podziału, dzielniki te również konstruuje się dla zakresu widzialnego i bliskiej podczerwieni.

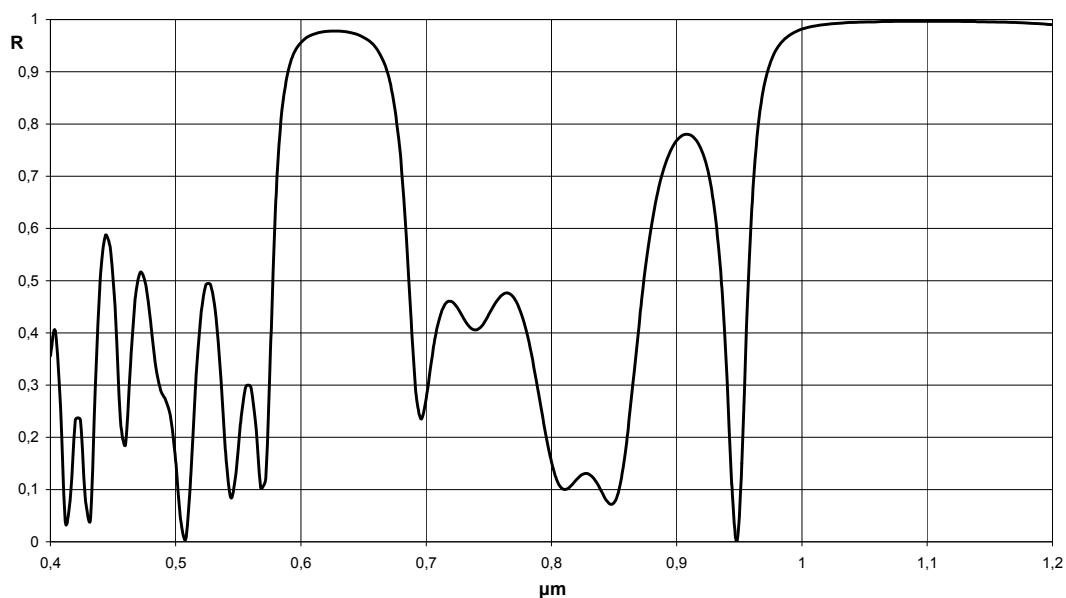
## 3. DWUPASMOWY DZIELNIK ŚWIATŁA



Rys. 5. Układ pomiarowy interferometru z dwupasmowym elementem światłodzielaącym

W prezentowanym opracowaniu pomiarowego układu optycznego dla spektroskopii fourierowskiej zaproponowano specjalne rozwiązanie – kostkę światłodzielaącą w układzie interferometru Twymana Greena z interferencyjną powłoką światłodzielaącą dla dwóch długości fali: 632,8 nm i 1064 nm (rys. 5).

W rozwiązaniu tym element światłodziący na jednej ze ścian ma naniesione dwupasmowe zwierciadło dielektryczne (rys. 6), które stanowi jednocześnie jedno z ramion interferometru.



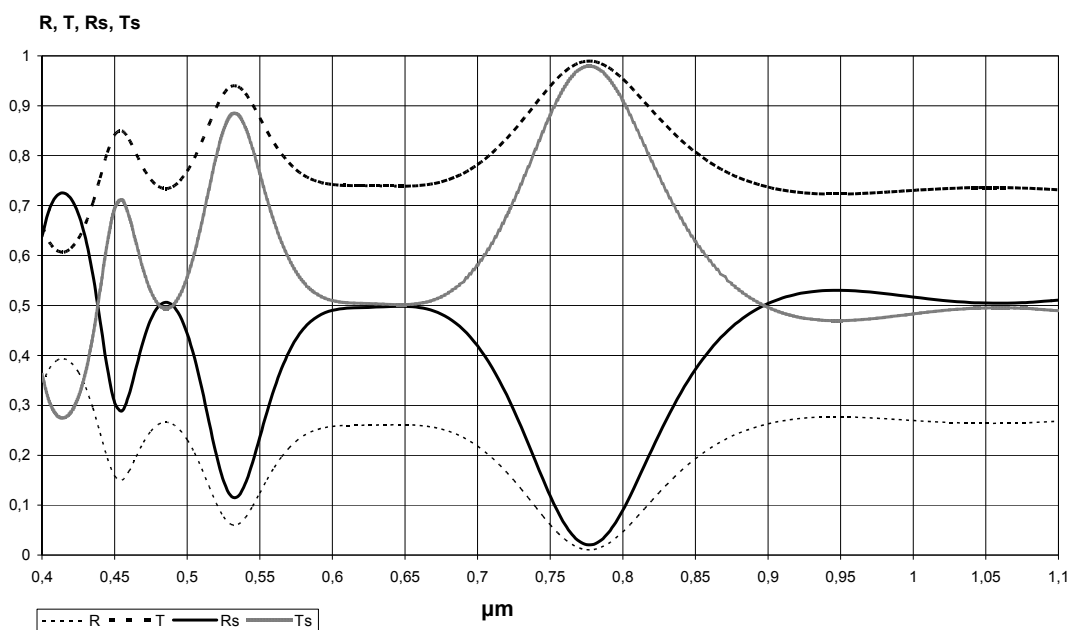
Rys. 6. Charakterystyka spektralna zwierciadła dla linii 632,8 nm i 1064 nm

Konstrukcja interferencyjnej powłoki światłodziącej 1:1 pokazana jest w tabeli I, a charakterystykę spektralną obrazuje rysunek 7.

**TABELA 1**

Konstrukcja interferencyjnej powłoki światłodziącej

Layer	N	k	G	Z μm
	1.5200	0.00000	E	Environment
1	1.9900	0.00000	1.108 H	0.0905
2	1.4679	0.00000	0.499*L	0.0552
3	1.9900	0.00000	2.340 H	0.1911
4	1.4679	0.00000	0.901*L	0.0997
5	1.9900	0.00000	2.999 H	0.2449
6	1.4679	0.00000	1.899*L	0.2102
7	1.9900	0.00000	2.212 H	0.1806
Glass	1.5143	0.00000	*G	0.0000 mm
	1.5200	0.00000	E	Environment



Rys. 6. Charakterystyka spektralna dwupasmowej powłoki światłdzielącej

## 4. PODSUMOWANIE

Optymalny wybór elementu światłdzielącego pracującego w układzie optycznym wymaga dokładnej analizy. Projektant układu musi rozważyć wszystkie zalety i ograniczenia będące wynikiem zastosowania wybranego elementu, w tym wprowadzane aberracje i właściwości polaryzacyjne rozdzielonych wiązek. Duża oferta rynkowa dzielników optycznych nie zabezpiecza jednak w pełni wymagań stawianych przez konstruktorów układów optycznych, stąd konieczność zastosowania specjalnego prezentowanego wyżej rozwiązania.

## LITERATURA

1. Griffiths P.R., De Haseth J.A.: Fourier Transform Infrared Spectroscopy. N.Y. Wiley, 1986.
2. MacLeod H.A.: Thin Films Optical Filters – Third edition.
3. Vanasse G.A., Sakai H.: Fourier Spectroscopy. Progress in Optics, Vol. VI, 1967.

Rękopis dostarczono dnia 26.04.2010 r.

Opiniował: **prof. dr hab. inż. Maciej Rafałowski**

## DUAL BAND OPTICAL BEAM DIVIDER

Janusz KUBRAK

**ABSTRACT** *A dual band optical beam divider has been designed and analysed. The designed beamsplitter type, interference coating enables the operation of the beam divider at two different wavelengths. The designed beam divider is applied in Twyman-Green interferometers in Fourier spectroscopy based scientific research.*

