

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **237446**
(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **414064**

(22) Data zgłoszenia: **18.09.2015**

(51) Int.Cl.

G01N 21/45 (2006.01)

G01N 21/41 (2006.01)

G01B 11/06 (2006.01)

G01B 11/24 (2006.01)

(54) **Urządzenie do pomiarów parametrów elementów fazowych i dyspersji światłowodów
oraz sposób pomiaru parametrów elementu fazowego i dyspersji światłowodów**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

27.03.2017 BUP 07/17

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

19.04.2021 WUP 08/21

(73) Uprawniony z patentu:

**POLSKIE CENTRUM FOTONIKI
I ŚWIATŁOWODÓW, Lublin, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**KAROL STĘPIEŃ, Warszawa, PL
MICHALINA JÓŻWIK, Augustów, PL
MAREK NAPIERAŁA, Warszawa, PL
ANNA KATARZYNA MAKOWSKA, Kielce, PL
ŁUKASZ SZOSTKIEWICZ, Toruń, PL
MICHAŁ MURAWSKI, Warszawa, PL
STANISŁAW LIPIŃSKI, Iłowo, PL
ZBIGNIEW HOŁDYŃSKI, Warszawa, PL
TOMASZ STAŃCZYK, Piaseczno, PL
TOMASZ NASIŁOWSKI, Warszawa, PL**

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Marek Bury

PL 237446 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest urządzenie do pomiarów parametrów elementów fazowych i dyspersji światłowodów oraz sposób pomiaru parametrów elementu fazowego i dyspersji światłowodów. Parametry elementów fazowych, w tym w szczególności soczewek to m.in. współczynnik załamania i grubość. Urządzenie i sposób wykorzystują interferencję światła białego tzw. interferencję nisko-koherentną. Urządzenie i sposób wykorzystuje się także do pomiarów dyspersji, w szczególności dyspersji światłowodów kompensujących dyspersję tzn. charakteryzujących się znacząco większymi – bezwzględnie – wartościami dyspersji niż standardowe światłowody wykorzystywane w telekomunikacji.

W technice znane są metody pomiaru parametrów elementów fazowych, w tym ich współczynników załamania i grubości wykorzystujące różne zjawiska fizyczne i efekty. Znane są techniki kontaktowe takie jak: pomiary z wykorzystaniem czujnika zegarowego, pomiar z użyciem maszyny współrzędnościowej, która dzięki zebraniu chmury punktów daje informację o profilu elementu fazowego, w tym jej grubości a także najprostsze pomiary suwmiarkowe. Wśród metod bezkontaktowych znane są m.in. techniki takie jak: interferometryczne, elipsometryczne oraz oparte o pomiary ATR, ang. *attenuated total reflection and internal reflection* stanowiące techniki spektroskopii podczerwieni wykorzystujące zjawisko osłabionego całkowitego odbicia promieniowania podczerwonego.

Wyzwaniem przy pomiarze parametrów elementów fazowych jest możliwie precyzyjne wykonanie pomiarów parametrów elementu fazowego bez kontaktowania części mechanicznych układu pomiarowego z jego powierzchnią. Metody kontaktowe mogą bowiem powodować uszkodzenia elementu fazowego, głównie mechaniczne, a ponadto wymagają precyzyjnego montażu zarówno elementu fazowego jak i układu pomiarowego, co jest bardzo trudne w warunkach przemysłowych. Co więcej, znane metody kontaktowe nie są dedykowane pomiarom soczewek wklęsłych o dużej krzywiznie na inną niż laboratoryjną skalę, a ewentualny koszt zakupu precyzyjnego oprzyrządowania pomiarowego przekracza często wartość całej linii produkcyjnej.

Z artykułu "Measurement of the refractive index and thickness for lens by confocal technique" autorstwa Yun Wang, Lirong Qiu, Jiamiao Yang i Weiqian Zhao (Optik – International Journal for Light and Electron Optics, 2013) znana jest metoda wyznaczania współczynnika załamania lub grubości elementu fazowego znajdującej się w układzie konfokalnym. Wykorzystywana jest tu metoda tzw. śledzenia promieni (ang. *ray tracing*). Wiązka światła po przejściu przez soczewkę (obiektyw) jest skupiana w centralnym punkcie pierwszej powierzchni badanej elementu fazowego a następnie jest kierowana na zwierciadło. Obiektyw jest przesuwany względem badanej elementu fazowego. Badana jest wartość piku krzywej natężenia w zależności od położenia badanego elementu fazowego względem ogniska obiektywu. Sygnał po skierowaniu do detektora jest poddawany algorytmowi obliczeniowemu. Układ przed wykonaniem pomiaru jest justowany, a od dokładności wyjustowania układu ściśle zależy precyzja pomiaru. Sygnał wprowadzany jest do układu poprzez kostkę światłodziącą. Zastosowanie optyki objętościowej (w tym przypadku m.in. kostki światłodziącej) zwiększa ryzyko rozjustowania układu ze względu na możliwość zakurzenia lub poruszenia elementu.

Metoda śledzenia promieni jest używana także przez autorów publikacji "Laser differential confocal lens thickness measurement" autorstwa Yun Wang, Lirong Qiu, Yanxing Song i Weiqian Zhao (Measurement Science and Technology, 2012), gdzie autorzy wykorzystują układ konfokalny. W odróżnieniu od poprzednio opisywanego artykułu, w tym przypadku wykorzystywana jest modyfikacja układu w postaci zastosowania pomiaru różnicowego co pociąga za sobą zastosowanie drugiego detektora. Pomiary te są z jednej strony dokładniejsze, z drugiej jednak strony wymagają dłuższego czasu pomiaru i mocy obliczeniowej.

W artykule "Low coherence interferometry for central thickness measurement of rigid and soft contact lenses" autorstwa Verrier I., Veillas C., i Lépine T. (Optics Express, 2009) opisana jest metoda umożliwiająca pomiar grubości soczewek kontaktowych z wykorzystaniem niskokoherentnych źródeł światła. W metodzie tej wiązka światła jest kierowana do układu złożonego z dwóch interferometrów: Macha-Zehndera oraz tzw. układu SISAM correlator, którego nazwa jest akronimem od słów "interferential spectrometer by selection of amplitude modulation", który składa się z dwóch siatek dyfrakcyjnych, dzielnika wiązki, soczewek oraz kamery CCD służącej do detekcji sygnału. Metoda ta posiada zaletę w postaci bezkontaktowości, ale konieczne jest stosowanie skomplikowanych algorytmów matematycznych do wyeliminowania wpływu dyspersji współczynnik załamania. Układ charakteryzuje się

wykorzystaniem zestawu elementów i zwierciadeł, przy czym większa liczba elementów warunkuje konieczność zastosowania źródła o większej mocy wyjściowej. Zasadniczo, zwiększanie liczby elementów układu zwiększa koszt oraz ryzyko wystąpienia przesunięć wpływających niekorzystnie na utrzymanie wiązki w domyślnym torze. Dokładność układu uwarunkowana jest także przez rozdzielczość stosowanej kamery.

Znane są także metody pomiarowe łączące techniki interferometrii światła białego (o niskiej koherencji) i techniki pomiarów konfokalnych, opisane przykładowo w artykule "Simultaneous measurement of refractive index and thickness by combining low-coherence interferometry and confocal optics" autorstwa Seokhan Kim, Jihoon Na, Myoung Jin Kim, and Byeong Ha Lee (Optics Express, 2008). W metodzie tej rozdział wiązek dla przeprowadzenia interferencji odbywa się na kostce światłodzieliącej. Pomiary współczynnika załamania i grubości soczewek wymagają zastosowania dwóch rodzajów układów.

Z patentu US7433027 B2 znane jest urządzenie i bezkontaktowa metoda pomiarowa grubości soczewek, w szczególności soczewek korekcyjnych do okularów, z użyciem optyki objętościowej. Zasada działania układu opiera się o zbieranie danych za pomocą układu obrazującego, składającego się w szczególności z kamery z matrycą CCD. Do przeprowadzenia pomiaru niezbędne jest zrealizowanie obrotu elementu fazowego przez specjalnie dostosowany uchwyt. Za pomocą metod przetwarzania obrazu możliwe jest uzyskanie obrazu 3D mierzonego elementu fazowego.

Ze zgłoszenia patentowego US 20070002331 A1 znany jest sposób pomiaru form/soczewek w trakcie procesu produkcji. Metoda opiera się na wykorzystaniu pomiarów interferometrycznych z użyciem optyki objętościowej.

W zgłoszeniu patentowym US 20130278756 A1 ujawniono urządzenie i sposób pomiaru grubości elementów przezroczystych poprzez przesunięcie ogniska wiązki przechodzącej, następnie wyznaczenie grubości z prawa Snella. W skład urządzenia wchodzi kamera ogniskująca światło na powierzchni mierzonego obiektu. Z użyciem tej metody możliwe jest osiągnięcie dużej dokładności. Metoda nie jest dedykowana do pomiaru soczewek, w których występuje moc optyczna, ponieważ jej obecność powoduje przesunięcie się plamki, a tym samym możliwość zakłócenia pomiaru.

Zgłoszenie patentowe US 20140253907 A1 zawiera opis pomiaru centralnej grubości elementu fazowego wykorzystującego interferencję światła białego i interferencję światła koherentnego. Zmiana długości optycznej jest realizowana za pomocą piezoelektryków. Ponadto wykorzystuje się pomiar frontu falowego światła przechodzącego przy zastosowaniu czujnika Shacka-Hartmanna, z frontu falowego zostają wyliczone inne parametry elementu fazowego, takie jak ogniskowa. Wprowadzenie tej metody pomiarowej wymaga użycia trzech źródeł światła. Urządzenie wykorzystuje światłowody, m.in. są one nawijane na piezoelektryk, używany do zmiany drogi optycznej pomiędzy ramionami interferometru.

W technice znany jest problem pomiaru dyspersji prędkości fazowej (dalej dyspersji), w szczególności światłowodów. Pomiar tego parametru jest kluczowy dla rozwoju technik kompensujących poszerzenie piku w liniach telekomunikacyjnych. Im bardziej kompensujące włókno (im większa bezwzględnie jest jego dyspersja), tym mniejsza jego długość musi być zastosowana na linii telekomunikacyjnej dla odtworzenia wejściowego sygnału.

Przykład układu do pomiaru dyspersji światłowodów znany jest m.in. z artykułu "Experimental study of dispersion characteristics for a series of microstructured fibers for customized supercontinuum generation" autorstwa Z. Holdynskiego i innych (Optics Express 2013). W metodzie tej, dzięki zastosowaniu interferometrii światła białego w konfiguracji interferometru Michelsona, możliwe jest uzyskanie wysokich dokładności, niemniej jednak zakres pomiaru jest ograniczony ze względu na konieczność występowania stosunkowo niewielkiej różnicy w wartości dyspersji chromatycznej pomiędzy światłowodem mierzonym a odniesienia (w przypadku tej metody jest nim np. standardowy światłowód jednomodowy np. SMF-28 firmy Corning). Efektywnie oznacza to, że nie można zmierzyć dyspersji większej niż minus kilkadziesiąt ps/(nm·km). Ze względu na ujemny znak dyspersji w światłowodach kompensujących dyspersję, gdziekolwiek w patencie występuje sformułowanie „większa dyspersja” oznacza to wartość większą bezwzględnie. Przykładowo, o dyspersji o wartości (-100) ps/(nm·km) mówimy jako o większej w stosunku do dyspersji o wartości (-18) ps/(nm·km).

Inne metody pomiaru dyspersji światłowodów bazują m.in. na wykorzystaniu wprost definicji dyspersji, czyli pomiaru rozszerzenia się impulsu na zadanej długości lub pomiarze opóźnienia czasowego w funkcji długości fali. Takie metody pomiarowe powodują, że w przypadku światłowodów o małych dyspersjach trzeba dysponować długimi odcinkami światłowodów. Z kolei, w przypadku światłowodów

o dużych dyspersjach, w przypadku których poszerzenie pików jest widoczne już po niewielkiej odległości, występuje z kolei problem związany z tłumiennością takich światłowodów. Światłowody takie są wykonywane zazwyczaj z miękkich szkła, co powoduje, że wykazują stratność rzędu kilku dB/m. Ten fakt powoduje, że aby sygnał mógł być zmierzony, potrzebne są krótkie odcinki światłowodu, a w przypadku zastosowania odcinków rzędu kilkudziesięciu cm, montaż odcinka światłowodu w układzie pomiarowym jest utrudniony a nawet niemożliwy. Zbytne skracanie odcinka mierzonego światłowodu wpływa też negatywnie na widoczność poszerzenia pików.

Z patentu US 4799789 A znany jest pomiar dyspersji prędkości grupowej. W pomiarze wykorzystywany jest fakt, że każda długość fali ma inny czas przejścia dla danego ośrodka dyspersyjnego, a pomiar polega na pomiarze czasu przejścia światła przez światłowód mierzony i światłowód odniesienia. Jako źródło światła zastosowana jest kaskada laserów diodowych (lub diod LED w zależności od konfiguracji) o różnych długościach generowanej fali, dzięki temu możliwa jest zmiana długości fali w obu światłowodach. Poprzez skanowanie czasu przelotu wiązki w funkcji spektrum otrzymuje się dyspersję prędkości grupowej.

Ze zgłoszenia patentowego WO 2006118911 A2 znany jest pomiar dyspersji wzdłużnej (w funkcji odległości), który realizuje się z użyciem tej metody pomiaru dyspersji w funkcji długości fali. Metoda jest dedykowana do pomiaru tradycyjnych włókien telekomunikacyjnych, w których z powodu strat nie jest ograniczona długość światłowodu.

W publikacji amerykańskiego zgłoszenia patentowego nr US2010134787A1 ujawniono sposób pomiaru dyspersji chromatycznej falowodu optycznego przy użyciu interferometru optycznego, szerokopasmowego źródła światła i analizatora widma optycznego. Jedno ramię interferometru stanowi „ramię odniesienia” o regulowanej długości a drugie stanowi „ramię pomiarowe”. Sposób obejmuje pomiar widm interferencyjnych wiązki optycznej wychodzącej z interferometru, gdy falowód optyczny poddawany pomiarowi jest podłączony do wspomnianego ramienia pomiarowego, i kiedy wspomniany światłowód nie jest podłączony do ramienia pomiarowego. Długość ramienia odniesienia, dostosowuje się aby uzyskać wyraźne wzory interferencji. Na podstawie analizy widm interferencyjnych oblicza się współczynnik dyspersji chromatycznej falowodu przy użyciu współczynników funkcji dopasowania krzywej szeregu Taylora.

Dlatego celem prac nad wynalazkiem było opracowanie takiego układu, który zapewni możliwość przemysłowego pomiaru parametrów elementów fazowych (m.in. współczynnika załamania i grubości). Wymaganiem przemysłowym wobec kontroli jakości wyprodukowanych elementów fazowych jest m.in. kontrola ich grubości. Większość znanych układów osiąga bardzo dobre parametry na tym polu – istnieje możliwość dokonania pomiarów z dokładnością do pojedynczych μm , a nawet do części μm . O ile dokładność takich pomiarów jest stosunkowo satysfakcjonująca, to konstrukcje układów pomiarowych nie są kompaktowe, a ich obsługa warunkuje możliwość jedynie laboratoryjnego zastosowania. Utrudnienie w stosowaniu tego typu układów tkwi również w konieczności obsługi przez wysoko wykwalifikowany personel.

Problemem do rozwiązania jest zapewnienie kompaktowego urządzenia do pomiaru elementów fazowych zapewniającego wysoką precyzję pomiarów w tym wyznaczenia różnicy faz pomiędzy ramieniem pomiarowym a regulowanym ramieniem referencyjnym.

Problemy takie usuwa urządzenie według wynalazku, gwarantujące bezkontaktowe, nieniszczące pomiary, jakie oprócz zwiększenia dokładności pomiarów do poniżej $1 \mu\text{m}$, pozwalające na realizację kompaktowości sposobu kompaktowy i wygodny przemysł pomiarów kontrolnych w mało komfortowych warunkach przemysłowych. Żeby wynalazek spełniał oczekiwania na polu automatycznych pomiarów, zrezygnowano w nim z elementów optyki objętościowej wszędzie tam, gdzie jest to możliwe, co pozwala na montaż bezpośrednio w linii produkcyjnej. Przykładowo, w przytoczonych rozwiązaniach znanych ze stanu techniki podział wiązki występuje najczęściej na kostce światłodzieliącej. Taki podział wiązki stwarza ryzyko wystąpienia znacznych błędów pomiarowych albo w ogóle niemożliwości pomiaru ze względu na ścisłą zależność podziału od warunków temperaturowych i mechanicznych. W rozwiązaniu wg wynalazku problem ten rozwiązano poprzez zastosowanie rozdziału wiązki z użyciem sprzęgacza. W takiej konfiguracji nie istnieje możliwość zakurzenia elementu, a temperatura i wibracja wpływają na podział wiązki na pomijalnym poziomie (także przesunięcie sprzęgacza nie wpływa na efektywność podziału wiązki, które to przesunięcie w przypadku kostki pomiar ten uniemożliwia). Ponadto, elementy światłowodowe są zazwyczaj tańsze od ich odpowiedników z optyki objętościowej. Układ według wynalazku nie zawiera także kamer CCD, których użycie zawsze warunkuje niepewność w postaci możliwości stracenia części informacji w wyniku nietrafienia wiązki w matrycę. W przypadku rozwiązania

według wynalazku, odbiorcza końcówka światłowodu znajduje się nieruchomo w głowicy przez cały czas trwania pomiaru. W przypadku zastosowania niskokoherentnego źródła światła dyspersja mierzonego elementu ma wpływ na wynik pomiarowy. Dzięki wykorzystaniu zasady pomiaru możliwe jest zaadaptowanie układu w celu dokonywania pomiarów automatycznych, przy czym dodatkowo koszt konstrukcji układu jest znacząco niższy w porównaniu z przykładami cytowanymi w patencie.

Dodatkowo, celem wynalazku było opracowanie urządzenia do pomiarów dyspersji prędkości fazowej światłowodów, w szczególności dla światłowodów kompensujących dyspersję, który to pomiar jest poszukiwany w zastosowaniach telekomunikacyjnych. W korzystnym przykładzie wykonania wynalazku możliwy jest pomiar dyspersji prędkości fazowej dla światłowodów kompensujących dyspersję. Część wskazanych w stanie techniki przykładów realizacji pomiaru dyspersji fazowej (w szczególności wykorzystujących metody interferometryczne) nie jest możliwa do wykorzystania w przypadku światłowodów charakteryzujących się dyspersją (bezwzględna) powyżej kilkudziesięciu ps/(nm·km). W przypadku zastosowania układu według wynalazku możliwe jest nieograniczone mierzenie nawet skrajnie dużych bezwzględnie wartości dyspersji.

Urządzenie do pomiarów parametrów elementów fazowych i dyspersji światłowodów według wynalazku ma ramię odniesienia oraz ramię pomiarowe przystosowane do umieszczania w nim mierzonego elementu fazowego. Urządzenie to jest wyposażone w co najmniej pierwsze źródło światła, stanowiące źródło światła niskokoherentnego, połączone szeregowo z wejściowym sprzęgaczem światłowodowym, którego jedno ramię stanowi część ramienia referencyjnego urządzenia, a drugie stanowi część ramienia pomiarowego urządzenia. W co najmniej jednym z ramion urządzenia, pomiarowym lub referencyjnym, jest zamontowany co najmniej jeden stolik liniowy przesuwany, z umieszczonym na nim elementem optycznym. Co najmniej jedno z ramion urządzenia przyłączone jest bezpośrednio albo poprzez wyjściowy sprzęgacz do co najmniej jednego detektora. W co najmniej jednym ramieniu urządzenia, co najmniej przed mierzonym elementem fazowym umieszczony jest co najmniej jeden kolimator. Zgodnie z wynalazkiem urządzenie zawiera ponadto drugie źródło światła dostarczające światło koherentne do ramienia referencyjnego i ramienia pomiarowego za pośrednictwem sprzęgacza, oraz zawiera drugi detektor światła koherentnego odbierający światło z ramienia referencyjnego oraz ramienia pomiarowego.

Korzystnie ramię referencyjne urządzenia według wynalazku zawiera wzorcowy element fazowy wybrany spośród soczewek, płytek płasko równoległych światłowodów lub innych.

Korzystnie detektorem w urządzeniu według wynalazku jest dioda półprzewodnikowa.

Korzystnie ramię pomiarowe zawiera: światłowód wchodzący w skład wejściowego sprzęgacza, kolimator znajdujący się na końcu światłowodu wchodzącego w skład wejściowego sprzęgacza, wolną przestrzeń, ograniczoną z jednej strony kolimatorem a z drugiej drugim kolimatorem, w której znajduje się uchwyt przystosowany do przyjmowania elementu fazowego na czas jego pomiaru. Drugi kolimator znajduje się na początku ramienia sprzęgacza wyjściowego a kolimator znajduje się na początku ramienia sprzęgacza wejściowego. Ramię referencyjne zawiera ramię wejściowego sprzęgacza, kolimator znajdujący się na końcu ramienia wejściowego sprzęgacza, wolną przestrzeń, kolimator znajdujący się na początku ramienia wyjściowego sprzęgacza a także ramię wyjściowego sprzęgacza, przy czym jeden z kolimatorów stanowi element optyczny zamontowany na stoliku przesuwany.

Korzystnie gdy poza niskokoherentnym źródłem światła stosuje się drugie koherentne źródło światła, którego droga koherencji jest co najmniej równa zakresowi ruchu stolika liniowego przesuwanego. W takim przypadku koherentne i niskokoherentne źródła światła przyłączone są urządzenia krzyżowo, sygnał wyjściowy z niskokoherentnego źródła światła kierowany jest poprzez sprzęgacz wejściowy do ramienia referencyjnego i pomiarowego, a następnie poprzez przyłączony do nich sprzęgacz wyjściowy trafia do detektora. Do drugiego ze światłowodów wchodzącego w skład sprzęgacza wyjściowego przyłączone jest koherentne źródło światła, z którego sygnał poprzez sprzęgacz wyjściowy i ramiona pomiarowe oraz referencyjne kierowany jest do sprzęgacza wejściowego i drugiego detektora.

Niskokoherentne źródło światła jest korzystnie źródłem światła wybranym spośród SLED, LED, źródeł światła typu supercontinuum, niskokoherentnych laserów lub innych, w których szerokość spektrum wynosi co najmniej kilka nanometrów.

Korzystnie ramię referencyjne zawiera przesuwany stolik, na którym jest umieszczone zwierciadło.

Korzystnie, gdy przesuwany stolik jest ruchomy co najmniej wzdłuż jednej osi a do przyjmowania pomiarowego elementu fazowego jest przystosowany znajdujący się w ramieniu pomiarowym uchwyt, który jest ruchomy wzdłuż trzech osi i umożliwia obrót wokół dowolnej z tych osi.

Sposób pomiaru parametrów elementu fazowego i dyspersji światłowodów według wynalazku jest wykonywany dwuetapowo. W pierwszym etapie wykonuje się kalibrację przez pomiar elementu wzorcowego a w drugim etapie wykonuje się właściwy pomiar pomiarowego elementu fazowego. Sposób ten wykonuje się za pomocą urządzenia według wynalazku. W pierwszym etapie kalibracji urządzenia według wynalazku światło pochodzące z niskokoherentnego źródła światła, kieruje się do sprzęgacza światłowodowego, gdzie rozdziela się je na dwa ramiona: pomiarowe i referencyjne, a następnie przesuwa się stolik liniowy zapisując informację o różnicy dróg optycznych aż do uzyskania zerowej różnicy dróg optycznych, pomiędzy ramionami sprzęgacza, którą ustala się na podstawie pierwszego i drugiego interferogramu. Pierwszy interferogram zbiera się w opóźnieniu czasowym, przez detektor natężeniowy, w szczególności poprzez diodę półprzewodnikową. Drugi interferogram zbiera się w opóźnieniu czasowym, przez drugi detektor. Po kalibracji urządzenia, wykonuje się pomiar właściwy, w którym w ramieniu pomiarowym urządzenia według wynalazku umieszcza się pomiarowy element fazowy, jakim korzystnie jest soczewka przeznaczona do pomiaru, następnie przesuując stolik optyczny ustawia się takie jego położenie, jakie daje zerową różnicę dróg optycznych, którą ustala się na podstawie pierwszego i drugiego interferogramu. Pierwszy interferogram zbiera się w opóźnieniu czasowym, przez detektor natężeniowy, w szczególności poprzez diodę półprzewodnikową, zaś drugi interferogram zbiera się w opóźnieniu czasowym, przez drugi detektor. Różnicę położenia stolika dla maksimów kontrastu interferogramów w pomiarze kalibrującym i w pomiarze właściwym przetwarza się na mierzony parametr elementu fazowego.

W przypadku wykorzystania dodatkowego, koherentnego źródła światła pomiar kalibracyjny jest tożsamy z wyżej opisanym. Interferogram zebrany z dodatkowego źródła (koherentnego) ma na celu zwiększenie precyzji pomiaru poprzez bardzo precyzyjne wyznaczenie różnicy fazy między ramionami (wynikającej z różnicy dróg optycznych).

Po kalibracji urządzenia wykonuje się pomiar właściwy, w którym w ramię pomiarowe urządzenia według wynalazku, pomiędzy kolimatory, wkładany jest element fazowy, w szczególności soczewka, przeznaczony do pomiaru. Następnie przesuując stolik optyczny ustawia się takie jego położenie jakie daje zerową różnicę dróg optycznych. Na podstawie różnicy położenia stolika dla maksimów kontrastu interferogramów w pomiarze kalibrującym i w pomiarze właściwym z elementem fazowym oraz znajomości współczynnika załamania szkła, z którego został wykonany element fazowy, zostaje wyznaczona grubość elementu fazowego (wiemy jaką różnicę dróg optycznych wprowadza element fazowy).

Przy czym korzystnie, gdy podczas pomiaru właściwego w ramieniu referencyjnym umieszczony jest element fazowy o znanych parametrach, w przypadku, gdy jest to soczewka wzorcowa mówimy o znanej grubości, krzywiznie oraz współczynniku załamania światła. – Wówczas urządzenie według wynalazku mierzy jedynie odchyłki od wzorcowego elementu fazowego.

Podczas pomiarów sygnał ze źródła światła niskokoherentnego jest kierowany na sprzęgacz światłowodowy, następnie ze światłowodów wchodzących w skład sprzęgacza sygnał przechodzi do kolimatorów. Światło po wyjściu z kolimatora trafia w ramieniu pomiarowym na soczewki, po czym kierowane jest do kolimatora. Światło po wyjściu z kolimatora trafia w drugim ramieniu na kolimator, którego położenie zależy od przesuwu liniowego stolika przesuw nego. Sygnały z kolimatorów są kierowane na sprzęgacz, gdzie interferują. Sygnał ze sprzęgacza kierowany jest na detektor.

W wypadku zastosowania poza źródłem światła niskokoherentnego drugiego, koherentnego źródła światła sygnał ze źródła światła niskokoherentnego jest kierowany na sprzęgacz światłowodowy, następnie ze światłowodów wchodzących w skład sprzęgacza sygnał przechodzi do kolimatorów. Światło po wyjściu z kolimatora trafia w ramieniu pomiarowym na soczewkę 5), po czym kierowane jest do kolimatora. Światło po wyjściu z kolimatora trafia w drugim ramieniu na kolimator, którego położenie zależy od przesuwu liniowego stolika przesuw nego. Sygnały z kolimatorów są kierowane na sprzęgacz, gdzie interferują. Sygnał ze sprzęgacza kierowany jest na detektor. Z drugiej strony układu sygnał ze źródła światła koherentnego jest kierowany na jeden ze światłowodów wchodzących w skład sprzęgacza światłowodowego, z którego wychodzi sygnał pochodzący ze źródła niskokoherentnego, ale do którego nie jest podłączony detektor, następnie ze światłowodów wchodzących w skład sprzęgacza sygnał przechodzi do kolimatorów. Światło po wyjściu z kolimatora trafia w ramieniu pomiarowym na soczewkę, po czym kierowane jest do kolimatora. Światło po wyjściu z kolimatora trafia w drugim ramieniu na kolimator, którego położenie zależy od przesuwu liniowego stolika przesuw nego. Sygnały z kolimatorów są kierowane na sprzęgacz, gdzie interferują. Sygnał ze sprzęgacza kierowany jest na detektor. Dzięki występowaniu drugiego źródła światła (koherentnego) możliwe jest zwiększenie precyzji pomiaru położenia stolika liniowego.

W wypadku zastosowania elementu fazowego wzorcowej zestawionej w ramieniu referencyjnym sygnał ze źródła światła niskokoherentnego jest kierowany na sprzęgacz światłowodowy, następnie ze światłowodów wchodzących w skład sprzęgacza sygnał przechodzi do kolimatorów. Światło po wyjściu z kolimatora trafia w ramieniu pomiarowym na soczewkę, po czym kierowane jest do kolimatora. Światło po wyjściu z kolimatora trafia w drugim ramieniu na soczewkę wzorcową a następnie na kolimator, którego położenie zależy od przesuwu liniowego stolika przesuwного. Sygnały z kolimatorów są kierowane na sprzęgacza, gdzie interferują. Sygnał ze sprzęgacza kierowany jest na detektor.

W wypadku pomiarów krzywizny elementu fazowego sygnał ze źródła światła niskokoherentnego jest kierowany na sprzęgacz światłowodowy, następnie ze światłowodów wchodzących w skład sprzęgacza sygnał przechodzi do kolimatorów. Światło po wyjściu z kolimatora trafia w ramieniu pomiarowym na soczewkę jednostronnie płaską, po czym kierowane jest do kolimatora. Soczewka 5.3 jest zamontowana w układzie umożliwiającym jej przesuw w osiach X i Y. Światło po wyjściu z kolimatora trafia w drugim ramieniu na kolimator, którego położenie zależy od przesuwu liniowego stolika przesuwного. Sygnały z kolimatorów są kierowane na sprzęgacz, gdzie interferują. Sygnał ze sprzęgacza kierowany jest na detektor.

W wypadku pomiarów współczynnika załamania światła w soczewce sygnał ze źródła światła niskokoherentnego jest kierowany na sprzęgacz światłowodowy, następnie ze światłowodów wchodzących w skład sprzęgacza sygnał przechodzi do kolimatorów. Światło po wyjściu z kolimatora trafia w ramieniu pomiarowym na płytkę płaskorównoległą, po czym kierowane jest do kolimatora. Płytkę jest zamontowana w układzie umożliwiającym jej obrót o zadany kąt. Światło po wyjściu z kolimatora trafia w drugim ramieniu na kolimator, którego położenie zależy od przesuwu liniowego stolika przesuwного. Sygnały z kolimatorów są kierowane na sprzęgacz, gdzie interferują. Sygnał ze sprzęgacza kierowany jest na detektor.

Podczas wykonywania pomiaru z kolimatorami zamontowanymi jedynie w jednym ramieniu – ramieniu pomiarowym – sygnał ze źródła światła niskokoherentnego jest kierowany na sprzęgacz światłowodowy, następnie ze światłowodów wchodzących w skład sprzęgacza sygnał przechodzi do kolimatora. Światło po wyjściu z kolimatora trafia w ramieniu pomiarowym na soczewkę, po czym kierowane jest do kolimatora, którego położenie zależy od przesuwu liniowego stolika przesuwного. Światło po wyjściu ze światłowodu wchodzącego w skład sprzęgacza jest połączone bezpośrednio ze światłowodem wchodzącym w skład drugiego sprzęgacza. Sygnały z ramienia pomiarowego i referencyjnego są kierowane na sprzęgacz, gdzie interferują. Sygnał ze sprzęgacza kierowany jest na detektor.

W wypadku wykonania układu w konfiguracji odbiciowej sygnał ze źródła światła niskokoherentnego jest kierowany na sprzęgacz światłowodowy, następnie ze światłowodów wchodzących w skład sprzęgacza sygnał przechodzi do kolimatora i kolimatora. Światło po wyjściu z kolimatora trafia w ramieniu pomiarowym na soczewkę, po czym odbija się od zwierciadła i poprzez kolimator jest kierowane z powrotem na sprzęgacz i do detektora. Światło kierowane do kolimatora, kierowane jest na zwierciadło, którego położenie zależy od przesuwu liniowego stolika przesuwного. Światło po wyjściu ze sprzęgacza jest transportowane do detektora.

Ze względu na bardzo dobrze skatalogowany współczynnik załamania można wyznaczyć z dużą dokładnością grubość elementu fazowego.

Urządzenie według wynalazku przedstawiono na rysunku, na którym Fig. 1 przedstawia wynalazek w wersji podstawowej, w której sygnał ze źródła światła niskokoherentnego 1.1 jest kierowany na sprzęgacz światłowodowy 2.1, następnie ze światłowodów wchodzących w skład sprzęgacza sygnał przechodzi do kolimatorów 3.1 i 4.1. Fig. 2 – wynalazek w jakim zastosowano koherentne i niskokoherentne źródła światła, fig. 3 – wynalazek w wariacie do pomiarów z zastosowaniem wzorcowego elementu fazowego, fig. 4 – wynalazek w konfiguracji do pomiaru krzywizny elementu fazowego, fig. 5 – korzystny wariant wynalazku do pomiarów współczynnika załamania płytek płaskorównoległych, w którym zbierane są dane dla dwóch różnych pochyłeń płytki płaskorównoległej, fig. 6 – korzystny wariant wynalazku w tzw. wersji zredukowanej, fig. 7 – korzystny wariant wynalazku w wersji wykorzystującej konfigurację odbiciową bazującą na odbiciach od zwierciadła, fig. 8 – inny korzystny wariant wynalazku w wersji wykorzystującej konfigurację odbiciową bazującą na odbiciach od powierzchni elementu fazowego, fig. 9 – korzystny wariant wynalazku w wersji do pomiaru dyspersji włókien światłowodowych o bezwzględnie dużych wartościach dyspersji.

Przykład 1

Urządzenie do pomiarów parametrów elementów fazowych i dyspersji światłowodów zawiera: niskokoherentne źródło światła, detektor – diodę półprzewodnikową, dwa sprzęgacze światłowodowe, stolik liniowy przesuwany, cztery kolimatory.

Ramię pomiarowe urządzenia według wynalazku składa się z: światłowodu wchodzącego w skład wejściowego sprzęgacza, kolimatora znajdujących się na końcu światłowodu wchodzącego w skład wejściowego sprzęgacza, wolnej przestrzeni, w której znajduje się mierzony element fazowy – soczewka, zamontowana w uchwycie na czas pomiaru, kolimatora znajdującego się na początku światłowodu wchodzącego w skład wyjściowego sprzęgacza, światłowodu wchodzącego w skład wyjściowego sprzęgacza.

Ramię referencyjne urządzenia według wynalazku składa się z: światłowodu wchodzącego w skład wejściowego sprzęgacza, kolimatora znajdujących się na końcu światłowodu wchodzącego w skład wejściowego sprzęgacza, wolnej przestrzeni, kolimatora znajdującego się na początku światłowodu wchodzącego w skład wyjściowego sprzęgacza zamontowanego na stoliku przesuwany, światłowodu wchodzącego w skład wyjściowego sprzęgacza.

Długość ramion dzieli się na długość w światłowodzie i długość w wolnej przestrzeni. Długość ramienia w światłowodzie jest standardowa, taka jak w katalogowych, dostępnych na rynku sprzęgaczach i wynosi 1 m. Długość ramion w wolnej przestrzeni wynosi 150 mm.

Źródło światła przyłączone jest do sprzęgacza wejściowego, jakiego światłowody stanowiące część ramiona pomiarowego i referencyjnego zakończone są kolimatorami, z których jeden zestawiony jest z przesuwany stolikiem, a z ramionami referencyjnym i pomiarowym z drugiej strony połączony jest sprzęgacz zestawiony z detektorem. Na etapie prowadzenia pomiaru w obszarze wolnej przestrzeni ramienia pomiarowego zamocowany jest mierzony element fazowy – soczewka pomiarowa.

Sposób pomiaru parametrów elementu fazowego i dyspersji światłowodów z wykorzystaniem urządzenia według wynalazku jest dwuetapowy, pierwszy etap obejmuje kalibrację urządzenia według wynalazku, a drugi jest pomiarem właściwym.

Podczas kalibracji urządzenia według wynalazku światło pochodzące z niskokoherentnego źródła światła 1.1, jest kierowane do sprzęgacza światłowodowego 2.1, gdzie zostaje rozdzielone na dwa ramiona: pomiarowe i referencyjne. Przy czym w wolnej przestrzeni ramię pomiarowe i referencyjne nie ma żadnych elementów fazowych.

Następnie przesuwa się stolik liniowy 6 zapisując informację o jego położeniu, aż do uzyskania zerowej różnicy dróg optycznych pomiędzy ramionami sprzęgacza, którą wyznacza się na podstawie analizy danych z detektora i ustawienia stolika. Interferencja powstaje na sprzęgaczu 2.2 po przejściu przez kolimatory 3.2 i 4.2, a interferogram zbiera się w funkcji czasu, co przekłada się na przesuw stolika. Interferogram zbiera się przez detektor natężeniowy, w szczególności poprzez diodę półprzewodnikową.

Po kalibracji urządzenia wykonuje się pomiar właściwy, w którym w ramię pomiarowe urządzenia według wynalazku, pomiędzy kolimatory 3.1 i 3.2 wkładany jest mierzony element fazowy – soczewka przeznaczona do pomiaru. Następnie przesuwać stolik optyczny ustawia się takie jego położenie jakie daje zerową różnicę dróg optycznych. Na podstawie różnicy położenia stolika dla maksimów kontrastu interferogramów w pomiarze kalibrującym i w pomiarze właściwym z elementem fazowym oraz znajomości współczynnika załamania szkła, z którego został wykonany element fazowy zostaje wyznaczona grubość elementu fazowego, w szczególności soczewki.

Sygnał ze źródła światła niskokoherentnego 1.1 jest kierowany na sprzęgacz światłowodowy 2.1, następnie z ramion sprzęgacza sygnał przechodzi do kolimatorów 3.1 i 4.1. Światło po wyjściu z kolimatora 3.1 trafia w ramieniu pomiarowym na element fazowy – soczewkę 5.1, po czym kierowane jest do kolimatora 3.2. Światło po wyjściu z kolimatora 4.1 trafia w drugim ramieniu na kolimator 4.2, którego położenie zależy od przesuwu liniowego stolika przesuwanego 6. Sygnały z kolimatorów 3.2 i 4.2 są kierowane na sprzęgacz 2.2, gdzie interferują. Sygnał ze sprzęgacza kierowany jest na detektor 7.1.

Ze względu na bardzo dobrze skatalogowany współczynnik załamania można wyznaczyć z dużą dokładnością grubość elementu fazowego – soczewki.

Przykład 2

Urządzenie do pomiarów parametrów elementów fazowych i dyspersji światłowodów zawiera: niskokoherentne i koherentne źródło światła, dwa detektory w postaci diod półprzewodnikowych, dwa sprzęgacze światłowodowe, stolik liniowy przesuwany, cztery kolimatory.

Ramię pomiarowe urządzenia według wynalazku składa się z: światłowodu wchodzącego w skład wejściowego sprzęgacza, kolimatora znajdującego się na końcu światłowodu wchodzącego w skład wejściowego sprzęgacza, wolnej przestrzeni, w której znajduje się mierzony element fazowy – soczewka zamontowana w uchwycie na czas pomiaru, kolimatora znajdującego się na początku światłowodu wchodzącego w skład wyjściowego sprzęgacza, światłowodu wchodzącego w skład wyjściowego sprzęgacza.

Ramię referencyjne urządzenia według wynalazku składa się z: światłowodu wchodzącego w skład wejściowego sprzęgacza, kolimatora znajdującego się na końcu światłowodu wchodzącego w skład wejściowego sprzęgacza, wolnej przestrzeni, kolimatora znajdującego się na początku światłowodu wchodzącego w skład wyjściowego sprzęgacza zamontowanego na stoliku przesuwym, światłowodu wchodzącego w skład wyjściowego sprzęgacza.

Długość ramion dzieli się na długość w światłowodzie i długość w wolnej przestrzeni. Długość ramienia w światłowodzie jest standardowa, taka jak w katalogowych, dostępnych na rynku sprzęgaczach i wynosi 1 m. Długość ramion w wolnej przestrzeni wynosi 150 mm. Sprzęgacze światłowodowe wykonywane są na standardowych światłowodach jednomodowych.

Źródła światła koherentnego oraz detektor przyłączone są do sprzęgacza wyjściowego, jakiego światłowody stanowiące część ramiona pomiarowego i referencyjnego zakończone są kolimatorami, z których jeden zestawiony jest z przesuwym stolikiem, a z ramionami referencyjnym i pomiarowym z drugiej połączony jest sprzęgacz wejściowy, który podłączony jest do drugiego detektora i źródła niskokoherentnego.

W wypadku koherentnego źródła światła, droga koherencji jest większa bądź równa zakresowi ruchu stolika liniowego przesuwym.

Sposób pomiaru parametrów elementu fazowego i dyspersji światłowodów z wykorzystaniem urządzenia według wynalazku jest dwuetapowy, pierwszy etap obejmuje kalibrację urządzenia według wynalazku, a drugi jest pomiarem właściwym.

Podczas kalibracji urządzenia według wynalazku światło pochodzące z niskokoherentnego 1.1 oraz koherentnego źródła światła 1.2 jest kierowane odpowiednio do sprzęgaczy światłowodowych 2.1 i 2.2, gdzie zostaje rozdzielone na dwa ramiona: pomiarowe i referencyjne. Przy czym w wolnej przestrzeni ramienia pomiarowego i referencyjnego nie ma żadnych elementów fazowych.

Stolik liniowy przesuwa się co powoduje rejestrowanie interferogramu dla każdego ze źródeł. Stolik liniowy przesuwa się aż do uzyskania zerowej różnicy dróg optycznych pomiędzy ramionami sprzęgacza, którą odczytujemy z użyciem detektorów. Do interferencji dochodzi na obu sprzęgaczach, przy czym na jednym z nich powstaje interferencja dla źródła koherentnego a na drugim dla niskokoherentnego. Interferogramy zbiera się przez detektory natężeniowe, w szczególności poprzez diody półprzewodnikowe.

Po kalibracji urządzenia wykonuje się pomiar właściwy dla sygnału z każdego źródła światła, w którym w ramię pomiarowe urządzenia według wynalazku, pomiędzy kolimatory 3.1 i 3.2 wkłada się element fazowy jakim jest soczewka przeznaczona do pomiaru. Następnie przesuwa się stolik optyczny ustawia się takie jego położenie jakie daje zerową różnicę dróg optycznych. Na podstawie różnicy położenia stolika dla maksimów kontrastu interferogramów w pomiarze kalibrującym i w pomiarze właściwym z elementem fazowym oraz znajomości współczynnika załamania szkła, z którego została wykonana soczewka, zostaje wyznaczona grubość elementu fazowego – soczewki.

Sygnał ze źródła światła niskokoherentnego 1.1 jest kierowany na sprzęgacz światłowodowy 2.1, następnie ze światłowodów wchodzących w skład sprzęgacza sygnał przechodzi do kolimatorów 3.1 i 4.1. Światło po wyjściu z kolimatora 3.1 trafia w ramieniu pomiarowym na element fazowy – soczewkę 5.1, po czym kierowane jest do kolimatora 3.2. Światło po wyjściu z kolimatora 4.1 trafia w drugim ramieniu na kolimator 4.2, którego położenie zależy od przesuwu liniowego stolika przesuwym 6. Sygnały z kolimatorów 3.2 i 4.2 są kierowane na sprzęgacz 2.2, gdzie interferują. Sygnał ze sprzęgacza kierowany jest na detektor 7.1. Z drugiej strony układu sygnał ze źródła światła koherentnego 1.2 jest kierowany na sprzęgacz światłowodowy 2.2, następnie ze światłowodów wchodzących w skład sprzęgacza sygnał przechodzi do kolimatorów 3.2 i 4.2. Światło po wyjściu z kolimatora 3.2 trafia w ramieniu pomiarowym na soczewkę 5.1, po czym kierowane jest do kolimatora 3.1. Światło po wyjściu z kolimatora 4.2 trafia w drugim ramieniu na kolimator 4.1, którego położenie zależy od przesuwu liniowego stolika przesuwym 6. Sygnały z kolimatorów 3.1 i 4.1 są kierowane na sprzęgacz 2.1, gdzie interferują. Sygnał ze sprzęgacza kierowany jest na detektor 7.2. Dzięki występowaniu drugiego źródła światła (koherentnego) możliwe jest zwiększenie precyzji pomiaru położenia stolika liniowego.

Ze względu na bardzo dobrze skatalogowany współczynnik załamania można wyznaczyć z dużą dokładnością grubość elementu fazowego.

Przykład 3

Urządzenie do pomiarów parametrów elementów fazowych i dyspersji światłowodów zawiera: niskokoherentne źródło światła, detektor – diodę półprzewodnikową, dwa sprzęgacze światłowodowe, stolik liniowy przesuwany, cztery kolimatory. W ramach pomiaru wykonuje się charakteryzację elementu fazowego pomiarowego, do czego wykorzystuje się znany wzorcowy element fazowy – soczewkę wzorcową o znanych parametrach optycznych i wymiarach.

Ramię pomiarowe urządzenia według wynalazku składa się z: światłowodu wchodzącego w skład wejściowego sprzęgacza, kolimatora znajdującego się na końcu światłowodu wchodzących w skład wejściowego sprzęgacza, wolnej przestrzeni, w której znajduje się soczewka zamontowana w uchwycie na czas pomiaru, kolimatora znajdującego się na początku światłowodu wchodzącego w skład wyjściowego sprzęgacza, światłowodu wchodzącego w skład wyjściowego sprzęgacza.

Ramię referencyjne urządzenia według wynalazku składa się z: światłowodu wchodzącego w skład wejściowego sprzęgacza, kolimatora znajdującego się na końcu światłowodu wchodzących w skład wejściowego sprzęgacza, wolnej przestrzeni, w której znajduje się wzorcowy element fazowy – soczewka wzorcowa zamontowana w uchwycie na czas pomiaru właściwego, kolimatora znajdującego się na początku światłowodu wchodzącego w skład wyjściowego sprzęgacza zamontowanego na stoliku przesuwany, światłowodu wchodzącego w skład wyjściowego sprzęgacza.

Długość ramion dzieli się na długość w światłowodzie i długość w wolnej przestrzeni. Długość ramienia w światłowodzie jest standardowa, taka jak w katalogowych, dostępnych na rynku sprzęgaczach i wynosi 1 m. Długość ramion w wolnej przestrzeni wynosi 150 mm.

Źródło światła przyłączone jest do sprzęgacza wejściowego, jakiego światłowody stanowiące część ramiona pomiarowego i referencyjnego zakończone są kolimatorami, jeden zestawiony jest z przesuwany stolikiem, a z ramionami referencyjnym i pomiarowym z drugiej strony połączony jest sprzęgacz zestawiony z detektorem. Na etapie prowadzenia pomiaru właściwego w obszarze ramienia pomiarowego zamocowany jest pomiarowy element fazowy jakim jest soczewka pomiarowa, a w ramieniu referencyjnym zamontowany jest wzorcowy element fazowy – soczewka wzorcowa. Wzorcowy element fazowy zamontowany jest na stoliku przesuwany.

Sposób pomiaru parametrów elementu fazowego i dyspersji światłowodów z wykorzystaniem urządzenia według wynalazku jest dwuetapowy, pierwszy etap obejmuje kalibrację urządzenia według wynalazku, a drugi jest pomiarem właściwym.

Podczas kalibracji urządzenia według wynalazku światło pochodzące z niskokoherentnego źródła światła 1.1, jest kierowane do sprzęgacza światłowodowego 2.1, gdzie zostaje rozdzielone na dwa ramiona: pomiarowe i referencyjne. Przy czym w wolnej przestrzeni obu ramion nie ma żadnych elementów fazowych.

Następnie przesuwany stolik liniowy 6 zapisując informację o jego położeniu, aż do uzyskania zerowej różnicy dróg optycznych pomiędzy ramionami sprzęgacza, którą odczytujemy z użyciem detektora. Interferencja powstaje na sprzęgaczu 2.2 po przejściu przez kolimatory 3.2 i 4.2, a interferogram zbiera się w funkcji czasu, co przekłada się na przesuw stolika. Interferogram zbiera się przez detektor natężeniowy, w szczególności poprzez diodę półprzewodnikową.

Po kalibracji urządzenia wykonuje się pomiar właściwy, w którym w ramię pomiarowe urządzenia według wynalazku, pomiędzy kolimatory 3.1 i 3.2 wkładany jest pomiarowy element fazowy jakim jest soczewka przeznaczona do pomiaru. Dodatkowo między kolimatory w ramieniu referencyjnym 4.1 i 4.2 wkładany jest wzorcowy element fazowy jakim jest soczewka wzorcowa o znanych parametrach. Następnie przesuwając stolik optyczny ustawia się takie jego położenie jakie daje zerową różnicę dróg optycznych. Na podstawie różnicy położenia stolika dla maksimum kontrastu interferogramów w pomiarze kalibrującym i w pomiarze właściwym z elementem fazowym oraz znajomości współczynnika załamania szkła, z którego zostały wykonane elementy fazowe, zostaje wyznaczona grubość elementu fazowego.

Sygnał ze źródła światła niskokoherentnego 1.1 jest kierowany na sprzęgacz światłowodowy 2.1, następnie ze światłowodów wchodzących w skład sprzęgacza sygnał przechodzi do kolimatorów 3.1 i 4.1. Światło po wyjściu z kolimatora 3.1 trafia w ramieniu pomiarowym na soczewkę 5.1, po czym kierowane jest do kolimatora 3.2. Światło po wyjściu z kolimatora 4.1 trafia w drugim ramieniu na soczewkę wzorcową 5.2 a następnie na kolimator 4.2, którego położenie zależy od przesuwu liniowego stolika przesuwanego 6. Sygnały z kolimatorów 3.2 i 4.2 są kierowane na sprzęgacza 2.2, gdzie interferują. Sygnał ze sprzęgacza kierowany jest na detektor 7.1.

Ze względu na bardzo dobrze skatalogowany współczynnik załamania można wyznaczyć z dużą dokładnością grubość elementu fazowego.

Przykład 4

Urządzenie do pomiarów parametrów elementów fazowych i dyspersji światłowodów zawiera: niskokoherentne źródło światła, detektor – diodę półprzewodnikową, dwa sprzęgacze światłowodowe, jeden stolik liniowy przesuwany jeden układ umożliwiający przesuw w osiach X i Y, cztery kolimatory. W ramach pomiaru wykonuje się charakteryzację elementu fazowego pomiarowego jednostronnie płaskiego, umieszczonego w układzie umożliwiającym jego przesuw w osiach X i Y.

Ramię pomiarowe urządzenia według wynalazku składa się z: światłowodu wchodzącego w skład wejściowego sprzęgacza, kolimatora znajdującego się na końcu światłowodu wchodzących w skład wejściowego sprzęgacza, wolnej przestrzeni, w której znajduje się soczewka zamontowana w uchwycie umożliwiającym przesuw w osiach X i Y na czas pomiaru, kolimatora znajdującego się na początku światłowodu wchodzącego w skład wyjściowego sprzęgacza, światłowodu wchodzącego w skład wyjściowego sprzęgacza.

Ramię referencyjne urządzenia według wynalazku składa się z: światłowodu wchodzącego w skład wejściowego sprzęgacza, kolimatora znajdującego się na końcu światłowodu wchodzących w skład wejściowego sprzęgacza, wolnej przestrzeni, kolimatora znajdującego się na początku światłowodu wchodzącego w skład wyjściowego sprzęgacza zamontowanego na stoliku przesuwym, światłowodu wchodzącego w skład wyjściowego sprzęgacza.

Długość ramion dzieli się na długość w światłowodzie i długość w wolnej przestrzeni. Długość ramienia w światłowodzie jest standardowa, taka jak w katalogowych, dostępnych na rynku sprzęgaczach i wynosi 1 m. Długość ramion w wolnej przestrzeni wynosi 150 mm.

Źródło światła przyłączone jest do sprzęgacza wejściowego, jakiego światłowody stanowiące część ramienia pomiarowego i referencyjnego zakończone są kolimatorami, z których jeden zestawiony jest z przesuwym stolikiem, a z ramionami referencyjnym i pomiarowym z drugiej strony połączony jest sprzęgacz zestawiony z detektorem. Na etapie prowadzenia pomiaru w obszarze światłowodu pomiarowego zamocowany jest element fazowy pomiarowy jednostronnie płaski umieszczony na stoliku przesuwym.

Sposób pomiaru parametrów elementu fazowego i dyspersji światłowodów z wykorzystaniem urządzenia według wynalazku jest dwuetapowy, pierwszy etap obejmuje kalibrację urządzenia według wynalazku, a drugi jest pomiarem właściwym.

Podczas kalibracji urządzenia według wynalazku światło pochodzące z niskokoherentnego źródła światła 1.1, jest kierowane do sprzęgacza światłowodowego 2.1, gdzie zostaje rozdzielone na dwa ramiona: pomiarowe i referencyjne. Przy czym w wolnej przestrzeni ramion pomiarowego i referencyjnego nie ma żadnych elementów fazowych.

Następnie przesuwa się stolik liniowy 6 zapisując informację o jego położeniu, aż do uzyskania zerowej różnicy dróg optycznych pomiędzy ramionami sprzęgacza, którą odczytujemy z użyciem detektora. Interferencja powstaje na sprzęgaczu 2.2 po przejściu przez kolimatory 3.2 i 4.2, a interferogram zbiera się w funkcji czasu, co przekłada się na przesuw stolika. Interferogram zbiera się przez detektor natężeniowy, w szczególności poprzez diodę półprzewodnikową.

Po kalibracji urządzenia wykonuje się pomiar właściwy, w którym w ramię pomiarowe urządzenia według wynalazku, pomiędzy kolimatory 3.1 i 3.2 na stoliku przesuwym montuje się pomiarowy element fazowy. Następnie przesuwa się stoliki optyczne (przesuwne) ustawia się takie jego położenie jakiego daje zerową różnicę dróg optycznych. Przy czym pomiar prowadzi się w kilku miejscach przesuwa się pomiarowy element fazowy. Na podstawie różnicy położenia stolika dla maksimum kontrastu interferogramów w pomiarze kalibrującym i w pomiarze właściwym z elementem fazowym oraz znajomości współczynnika załamania szkła, z którego został wykonany fazowy element pomiarowy – soczewka, zostaje wyznaczona grubość elementu fazowego.

Sygnał ze źródła światła niskokoherentnego 1.1 jest kierowany na sprzęgacz światłowodowy 2.1, następnie ze światłowodów wchodzących w skład sprzęgacza sygnał przechodzi do kolimatorów 3.1 i 4.1. Światło po wyjściu z kolimatora 3.1 trafia w ramieniu pomiarowym na jednostronnie płaski element fazowy pomiarowy 5.3, po czym kierowane jest do kolimatora 3.2. Płaski element fazowy pomiarowy 5.3 jest zamontowany w układzie umożliwiającym jej przesuw w osiach X i Y 8. Światło po wyjściu z kolimatora 4.1 trafia w drugim ramieniu na kolimator 4.2, którego położenie zależy od przesuwu liniowego stolika przesuwego 6. Sygnały z kolimatorów 3.2 i 4.2 są kierowane na sprzęgacz 2.2, gdzie interferują. Sygnał ze sprzęgacza kierowany jest na detektor 7.1.

Ze względu na bardzo dobrze skatalogowany współczynnik załamania można wyznaczyć z dużą dokładnością grubość elementu fazowego.

Przykład 5

Urządzenie do pomiarów parametrów elementów fazowych i dyspersji światłowodów zawiera: niskokoherentne źródło światła, detektor – diodę półprzewodnikową, dwa sprzęgacze światłowodowe, jeden stolik liniowy przesuwany, jeden uchwyt umożliwiający obrót zamontowanego elementu, cztery kolimatory. W trakcie pomiaru wykonuje się charakteryzację elementu fazowego pomiarowej umieszczonej na jednym z przesuwanych stolików liniowych.

Ramię pomiarowe urządzenia według wynalazku składa się z: światłowodu wchodzącego w skład wejściowego sprzęgacza, kolimatora znajdującego się na końcu światłowodu wchodzących w skład wejściowego sprzęgacza, wolnej przestrzeni, w której znajduje się fazowy element pomiarowy – płytka płasko-równoległa, zamontowana w umożliwiający obrót uchwycie na czas pomiaru, kolimatora znajdującego się na początku światłowodu wchodzącego w skład wyjściowego sprzęgacza, światłowodu wchodzącego w skład wyjściowego sprzęgacza.

Ramię referencyjne urządzenia według wynalazku składa się z: światłowodu wchodzącego w skład wejściowego sprzęgacza, kolimatora znajdującego się na końcu światłowodu wchodzących w skład wejściowego sprzęgacza, wolnej przestrzeni, kolimatora znajdującego się na początku światłowodu wchodzącego w skład wyjściowego sprzęgacza zamontowanego na stoliku przesuwany, światłowodu wchodzącego w skład wyjściowego sprzęgacza.

Długość ramion dzieli się na długość w światłowodzie i długość w wolnej przestrzeni. Długość ramienia w światłowodzie jest standardowa, taka jak w katalogowych, dostępnych na rynku sprzęgaczach i wynosi 1 m. Długość ramion w wolnej przestrzeni wynosi 150 mm. Sprzęgacze światłowodowe wykonywane są na standardowych światłowodach jednomodowych.

Źródło światła przyłączone jest do sprzęgacza wejściowego, jakiego światłowody stanowiące część ramienia pomiarowego i referencyjnego zakończone są kolimatorami, z których jeden zestawiony jest z przesuwany stolikiem, a z ramionami referencyjnym i pomiarowym z drugiej strony połączony jest sprzęgacz zestawiony z detektorem. Na etapie prowadzenia pomiaru w obszarze światłowodu pomiarowego zamocowany jest fazowy element pomiarowy – płytka płasko-równoległa umieszczona na stoliku przesuwany.

Sposób pomiaru parametrów elementu fazowego i dyspersji światłowodów z wykorzystaniem urządzenia według wynalazku jest dwuetapowy, pierwszy etap obejmuje kalibrację urządzenia według wynalazku, a drugi jest pomiarem właściwym.

Podczas kalibracji urządzenia według wynalazku światło pochodzące z niskokoherentnego źródła światła 1.1, jest kierowane do sprzęgacza światłowodowego 2.1, gdzie zostaje rozdzielone na dwa ramiona: pomiarowe i referencyjne. Przy czym w wolnej przestrzeni ramię pomiarowe i referencyjne nie ma żadnych elementów fazowych.

Następnie przesuwa się stolik liniowy 6 zapisując informację o jego położeniu, aż do uzyskania zerowej różnicy dróg optycznych pomiędzy ramionami sprzęgacza, którą odczytujemy z użyciem detektora. Interferencja powstaje na sprzęgaczu 2.2 po przejściu przez kolimatory 3.2 i 4.2, a interferogram zbiera się w funkcji czasu, co przekłada się na przesuw stolika. Interferogram zbiera się przez detektor natężeniowy, w szczególności poprzez diodę półprzewodnikową.

Po kalibracji urządzenia wykonuje się pomiar właściwy, w którym w ramię pomiarowe urządzenia według wynalazku, pomiędzy kolimatory 3.1 i 3.2 na stoliku przesuwany montuje się pomiarowy element fazowy – płytkę płasko-równoległą do pomiaru. Następnie przesuwać stoliki optyczne (przesuwne) ustawia się takie jego położenie jakie daje zerową różnicę dróg optycznych. Przy czym pomiar prowadzi się tak, że obraca się płytkę pomiarową co najmniej dwukrotnie o znane kąty. Na podstawie różnicy położenia stolika dla maksimum kontrastu interferogramów w pomiarze kalibrującym i w pomiarze właściwym z elementem fazowym oraz znajomości kątów obrotu, zostaje wyznaczony współczynnik załamania elementu fazowego.

Sygnał ze źródła światła niskokoherentnego 1.1 jest kierowany na sprzęgacz światłowodowy 2.1, następnie ze światłowodów wchodzących w skład sprzęgacza sygnał przechodzi do kolimatorów 3.1 i 4.1. Światło po wyjściu z kolimatora 3.1 trafia w ramieniu pomiarowym na płytkę 5.4, po czym kierowane jest do kolimatora 3.2. Płytkę 5.4 jest zamontowana w układzie umożliwiający jej obrót o zadany kąt θ . Światło po wyjściu z kolimatora trafia w drugim ramieniu na kolimator 4.2, którego położenie zależy od przesuwu liniowego stolika przesuwany 6. Sygnały z kolimatorów 3.2 i 4.2 są kierowane na sprzęgacz 2.2, gdzie interferują. Sygnał ze sprzęgacza kierowany jest na detektor 7.1.

Przykład 6

Urządzenie do pomiarów parametrów elementów fazowych i dyspersji światłowodów zawiera: niskokoherentne źródło światła, detektor – diodę półprzewodnikową, dwa sprzęgacze światłowodowe, stolik liniowy przesuwany, dwa kolimatory. W trakcie pomiaru wykonuje się charakteryzację elementu fazowego umieszczonego w uchwycie.

Ramię referencyjne urządzenia według wynalazku składa się z: światłowodu wchodzącego w skład wejściowego sprzęgacza połączonego ze światłowodem wchodzącym w skład wyjściowego sprzęgacza.

Ramię pomiarowe urządzenia według wynalazku składa się z: światłowodu wchodzącego w skład wejściowego sprzęgacza, kolimatora znajdującego się na końcu światłowodu wchodzących w skład wejściowego sprzęgacza, wolnej przestrzeni, w której znajduje się soczewka w uchwycie, kolimatora znajdującego się na początku światłowodu wchodzącego w skład wyjściowego sprzęgacza zamontowanego na stoliku przesuwym, światłowodu wchodzącego w skład wyjściowego sprzęgacza.

Długość ramion dzieli się na długość w światłowodzie i długość w wolnej przestrzeni. Długość ramienia pomiarowego w światłowodzie jest standardowa, taka jak w katalogowych, dostępnych na rynku sprzęgaczach i wynosi 1 m. Długość ramienia pomiarowego w wolnej przestrzeni wynosi 150 mm. Sprzęgacze światłowodowe wykonywane są na standardowych światłowodach jednomodowych.

Na etapie prowadzenia pomiaru w obszarze światłowodu pomiarowego zamocowany jest element fazowy jakim jest soczewka pomiarowa a kolimator zamocowany jest na stoliku przesuwym.

Sposób pomiaru parametrów elementu fazowego i dyspersji światłowodów z wykorzystaniem urządzenia według wynalazku jest dwuetapowy, pierwszy etap obejmuje kalibrację urządzenia według wynalazku, a drugi jest pomiarem właściwym.

Podczas kalibracji urządzenia według wynalazku światło pochodzące z niskokoherentnego źródła światła 1.1 jest kierowane do sprzęgacza światłowodowego 2.1, gdzie zostaje rozdzielone na dwa ramiona: pomiarowe i referencyjne. Przy czym w wolnej przestrzeni ramienia pomiarowego nie ma żadnych elementów fazowych.

Następnie przesuwany jest stolik liniowy 6 zapisując informację o jego położeniu, aż do uzyskania zerowej różnicy dróg optycznych pomiędzy ramionami sprzęgacza. Interferencja powstaje na sprzęgaczu 2.2 po przejściu przez kolimatory 3.1 i 3.2, a interferogram zbiera się w funkcji czasu, co przekłada się na przesuw stolika. Interferogram zbiera się przez detektor natężeniowy, w szczególności poprzez diodę półprzewodnikową.

Po kalibracji urządzenia wykonuje się pomiar właściwy, w którym w ramię pomiarowe urządzenia według wynalazku, pomiędzy kolimatory 3.1 i 3.2 na stoliku przesuwym montuje się soczewkę przeznaczoną do pomiaru. Następnie przesuwanym stolikiem optycznym (przesuwym) ustawia się jego położenie jakie daje zerową różnicę dróg optycznych. Na podstawie różnicy położenia stolika dla maksimów kontrastu interferogramów w pomiarze kalibrującym i w pomiarze właściwym z elementem fazowym oraz znajomości współczynnika załamania szkła, z którego został wykonany, zostaje wyznaczona grubość elementu fazowego.

Ze względu na bardzo dobrze skatalogowany współczynnik załamania można wyznaczyć z dużą dokładnością grubość elementu fazowego.

Sygnał ze źródła światła niskokoherentnego 1.1 jest kierowany na sprzęgacz światłowodowy 2.1, następnie ze światłowodu wchodzącego w skład sprzęgacza sygnał przechodzi do kolimatora 3.1. Światło po wyjściu z kolimatora 3.1 trafia w ramieniu pomiarowym na soczewkę 5.1, po czym kierowane jest do kolimatora 3.2, którego położenie zależy od przesuwu liniowego stolika przesuwego 6. Światło po wyjściu ze sprzęgacza 2.1 jest transportowane światłowodem stanowiącym ramię referencyjne aż do drugiego sprzęgacza 2.2. Sygnały z ramienia pomiarowego i referencyjnego są kierowane na sprzęgacz 2.2, gdzie interferują. Sygnał ze sprzęgacza kierowany jest na detektor 7.1.

W tej konfiguracji zrezygnowano z dwóch kolimatorów a jednocześnie układów do ich justowania. Metoda jest efektywna pod warunkiem, że światłowody tworzące układ mają małą dyspersję (niezaburzającą pomiaru w stopniu niedopuszczalnym dla pożądanej dokładności).

Przykład 7

W innym korzystnym wariantcie wykonania, tzw. wersji układu w konfiguracji odbiciowej, przedstawionym na Fig. 7, urządzenie składa się z: korzystnie jednego niskokoherentnego źródła światła, korzystnie jednego detektora, korzystnie jednego sprzęgacza, korzystnie dwóch zwierciadeł, korzystnie dwóch kolimatorów. W wyniku pomiaru wykonuje się charakterystykę elementu fazowego – soczewki pomiarowej.

Przy czym w porównaniu z konfiguracją M-Z w tym przykładzie wykonania urządzenia według wynalazku większy możliwy jest większy wpływ elementu fazowego na wiązkę, ponieważ fala elektromagnetyczna przechodzi przez soczewkę dwa razy. Potrzeba zwiększenia precyzji przesuwu w stosunku do konfiguracji M-Z następuje, ponieważ podwójne przejście światła przez układ wymaga dwa razy większej precyzji (wymóg według kryterium Nyquista), przy zachowaniu takiego samego zakresu skanowania. Dodatkowo, w konfiguracji odbiciowej wyższym występuje wyższe odbicie wsteczne – do źródła trafia taka sama moc jak na detektor (co niekiedy wymaga zastosowania dodatkowych izolatorów).

Sygnał ze źródła światła niskokoherentnego 1.1 jest kierowany na sprzęgacz światłowodowy 2.1, następnie ze światłowodów wchodzących w skład sprzęgacza sygnał przechodzi do kolimatora 3.1 i kolimatora 4.1. Światło po wyjściu z kolimatora 3.1 trafia w ramieniu pomiarowym na soczewkę 5.1, po czym odbija się od zwierciadła 10.1 i poprzez soczewkę 5.1 oraz kolimator jest kierowane z powrotem na sprzęgacz 2.1 i do detektora 7.1. Światło kierowane do kolimatora 4.1, kierowane jest na zwierciadło 10.1, którego położenie zależy od przesuwu liniowego stolika przesuwne 6. Światło po wyjściu ze sprzęgacza 2.1 jest transportowane do detektora 7.1.

Przykład 8

W innym korzystnym wariantcie wykonania, tzw. wersji układu w konfiguracji odbiciowej, przedstawionym na Fig. 8, urządzenie składa się z jednego niskokoherentnego źródła światła, detektora, sprzęgacza, zwierciadła, dwóch kolimatorów. W wyniku pomiaru wykonuje się charakterystykę pomiarowego elementu fazowego.

Idea pomiaru z wykorzystaniem konfiguracji odbiciowej nie różni się od pomiaru przedstawionego w przykładzie 7. Różnicą jest tylko sposób uzyskiwania interferencji, która w tym przypadku powstaje między sygnałami odbitymi od pierwszej i od drugiej powierzchni mierzonej elementu fazowego a sygnałem propagującym się w ramieniu referencyjnym; zasada fizyczna działania układu pozostaje bez zmian.

Sygnał ze źródła światła niskokoherentnego 1.1 jest kierowany na sprzęgacz światłowodowy 2.1, następnie ze światłowodów wchodzących w skład sprzęgacza sygnał przechodzi do kolimatora 3.1 i kolimatora 4.1. Światło po wyjściu z kolimatora 3.1 trafia w ramieniu pomiarowym na soczewkę 5.1, po czym odbija się od dwóch powierzchni elementu fazowego i poprzez kolimator 3.1 jest kierowane z powrotem na sprzęgacz 2.1 i do detektora 7.1. Światło kierowane do kolimatora 4.1, kierowane jest na zwierciadło 10.1, którego położenie zależy od przesuwu liniowego stolika przesuwne 6. Światło po wyjściu ze sprzęgacza 2.1 jest transportowane do detektora 7.1.

Przykład 9

W innym korzystnym wariantcie wykonania, przeznaczonym do pomiaru dyspersji włókien światłowodowych o dużych bezwzględnie wartościach dyspersji, przedstawionym na Fig. 8, urządzenie zawiera: jedno niskokoherentne źródło światła, jeden detektor, sprzęgacz, zwierciadło, dwa kolimatory. W wyniku pomiaru wykonuje się charakterystykę właściwości dyspersyjnych światłowodu pomiarowego.

Zasadniczą różnicą między tym, a rozwiązaniami przedstawionymi w przykładach 1–7 jest zastąpienie ramienia pomiarowego ramieniem w postaci światłowodu o bezwzględnie dużej dyspersji.

W pierwszym kroku pomiarowym dokonuje się pomiaru długości światłowodu 11. Światłowód 11 jest sprzężony ze światłowodami wchodzącymi w skład sprzęgacza 2.1 i 2.2. Sprzężenie jest zrealizowane poprzez spawanie, złączenie z użyciem złączy, tzw. butt coupling lub inaczej. Następnie następuje zebranie interferogramu w funkcji przesunięcia stolika 6, podobnie jak w pomiarach parametrów elementów fazowych w poprzednich przykładach. Wartość dyspersji współczynnika załamania otrzymuje się poprzez analizę matematyczną powstałego interferogramu z uwzględnieniem informacji o długości światłowodu 11.

Sygnał ze źródła światła niskokoherentnego 1.1 jest kierowany na sprzęgacz światłowodowy 2.1, następnie ze światłowodów wchodzących w skład sprzęgacza sygnał przechodzi do światłowodu o dużej wartości dyspersji 11 i kolimatora 3.1. Światło po wyjściu z kolimatora 3.1 jest kierowane na kolimator 3.2, którego pozycję reguluje się poprzez stół 6. Sygnał ze światłowodu 11 i sygnał po wyjściu z kolimatora 3.2 interferują na sprzęgaczu 2.2. Następnie sygnał kierowany jest do detektora 7.1.

Zastrzeżenia patentowe

1. Urządzenie do pomiarów parametrów elementów fazowych i dyspersji światłowodów mające ramię odniesienia oraz ramię pomiarowe przystosowane do umieszczania w nim mierzonego elementu fazowego (5.1; 5.2; 5.3; 5.4; 11), przy czym urządzenie to jest wyposażone w co najmniej pierwsze źródło światła (1.1) stanowiące źródło światła niskokoherentnego, połączone szeregowo z wejściowym sprzęgaczem światłowodowym (2.1), którego jedno ramię stanowi część ramienia referencyjnego urządzenia, a drugie stanowi część ramienia pomiarowego urządzenia, i
w co najmniej jednym z ramion urządzenia, pomiarowym lub referencyjnym jest zamontowany co najmniej jeden stolik liniowy przesuwany (6) z umieszczonym na nim elementem optycznym, i
co najmniej jedno z ramion urządzenia przyłączone jest bezpośrednio albo poprzez wyjściowy sprzęgacz (2.2) do co najmniej jednego detektora (7.1), i
w co najmniej jednym ramieniu urządzenia, co najmniej przed mierzonym elementem fazowym (5.1; 5.2; 5.3; 5.4; 11) umieszczony jest co najmniej jeden kolimator (3.1; 3.2; 4.1; 4.2),
znamienne tym, że
zawiera ponadto drugie źródło światła (1.2) dostarczające światło koherentne do ramienia referencyjnego i ramienia pomiarowego za pośrednictwem sprzęgacza, oraz
zawiera drugi detektor (7.2) światła koherentnego odbierający światło z ramienia referencyjnego oraz ramienia pomiarowego.
2. Urządzenie według zastrz. 1, **znamienne tym**, że ramię referencyjne zawiera wzorcowy element fazowy wybrany spośród soczewek, płytek płasko równoległych światłowodów lub innych.
3. Urządzenie według zastrz. 1 albo 2 **znamienne tym**, że detektorem (7.1; 7.2) jest dioda półprzewodnikowa.
4. Urządzenie według zastrz. 1 albo 2 albo 3 **znamienne tym**, że ramię pomiarowe urządzenia według wynalazku zawiera:
światłowod wchodzący w skład wejściowego sprzęgacza (2.1),
kolimator (3.1) znajdujący się na końcu światłowodu wchodzącego w skład wejściowego sprzęgacza (2.1),
wolną przestrzeń ograniczoną z jednej strony kolimatorem (3.1) a z drugiej drugim kolimatorem (3.2), w której znajduje się uchwyt przystosowany do przyjmowania elementu fazowego (5.1; 5.3; 5.4;) na czas jego pomiaru, przy czym kolimator (3.2) znajduje się na początku ramienia sprzęgacza wyjściowego (2.2) a kolimator (3.1) znajduje się na początku ramienia sprzęgacza wejściowego (2.1),
a ramię referencyjne urządzenia według wynalazku zawiera:
ramię wejściowego sprzęgacza (2.1),
kolimator (4.1) znajdujący się na końcu ramienia wejściowego sprzęgacza (2.1),
wolną przestrzeń,
kolimator (4.2) znajdujący się na początku ramienia wyjściowego sprzęgacza (2.2), a także
ramię wyjściowego sprzęgacza (2.2), przy czym jeden z kolimatorów (4.1) lub (4.2) stanowi element optyczny zamontowany na stoliku przesuwany (6).
5. Urządzenie według dowolnego z zastrz. od 1 do 4, **znamienne tym**, że ramię referencyjne zawiera przesuwany stolik (6), na którym jest umieszczone zwierciadło (10.1).
6. Urządzenie według dowolnego z zastrz. od 1 do 4 **znamienne tym**, że przesuwany stolik (6) jest ruchomy co najmniej wzdłuż jednej osi, a do przyjmowania pomiarowego elementu fazowego jest przystosowany znajdujący się w ramieniu pomiarowym uchwyt, który jest ruchomy wzdłuż trzech osi oraz umożliwia obrót wokół dowolnej z tych osi.
7. Sposób pomiaru parametrów elementu fazowego i dyspersji światłowodów, wykonywany dwuetapowo, przy czym w pierwszym etapie wykonuje się kalibrację przez pomiar elementu wzorcowego a w drugim etapie wykonuje się właściwy pomiar pomiarowego elementu fazowego,

znamienny tym, że sposób ten wykonuje się za pomocą urządzenia jak określono w dowolnym z zastrz. od 1 do 6, a

w pierwszym etapie kalibracji urządzenia według wynalazku światło pochodzące z niskokoherentnego źródła światła (1.1), kieruje się do sprzęgacza światłowodowego (2.1), gdzie rozdziela się je na dwa ramiona: pomiarowe i referencyjne, a następnie przesuwa się stolik liniowy (6) zapisując informację o różnicy dróg optycznych, aż do uzyskania zerowej różnicy dróg optycznych pomiędzy ramionami sprzęgacza, którą ustala się na podstawie pierwszego i drugiego interferogramu, przy czym

pierwszy interferogram zbiera się w opóźnieniu czasowym, przez detektor natężeniowy (7.1), w szczególności poprzez diodę półprzewodnikową, zaś

drugi interferogram zbiera się w opóźnieniu czasowym, przez drugi detektor (7.2),

a po kalibracji urządzenia, wykonując pomiar właściwy, w którym w ramieniu pomiarowym urządzenia według wynalazku umieszcza się pomiarowy element fazowy, jakim korzystnie jest soczewka przeznaczona do pomiaru, następnie przesuając stolik optyczny ustawia się takie jego położenie, jakie daje zerową różnicę dróg optycznych, którą ustala się na podstawie pierwszego i drugiego interferogramu, przy czym

pierwszy interferogram zbiera się w opóźnieniu czasowym, przez detektor natężeniowy (7.1), w szczególności poprzez diodę półprzewodnikową, zaś

drugi interferogram zbiera się w opóźnieniu czasowym, przez drugi detektor (7.2),

natomiast różnicę położenia stolika dla maksimów kontrastu interferogramów w pomiarze kalibrującym i w pomiarze właściwym przetwarza się na mierzony parametr elementu fazowego.

Rysunki

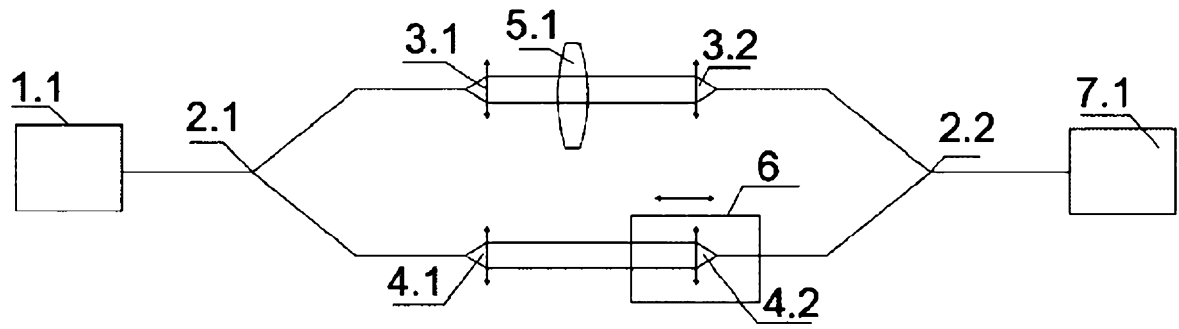


Fig. 1

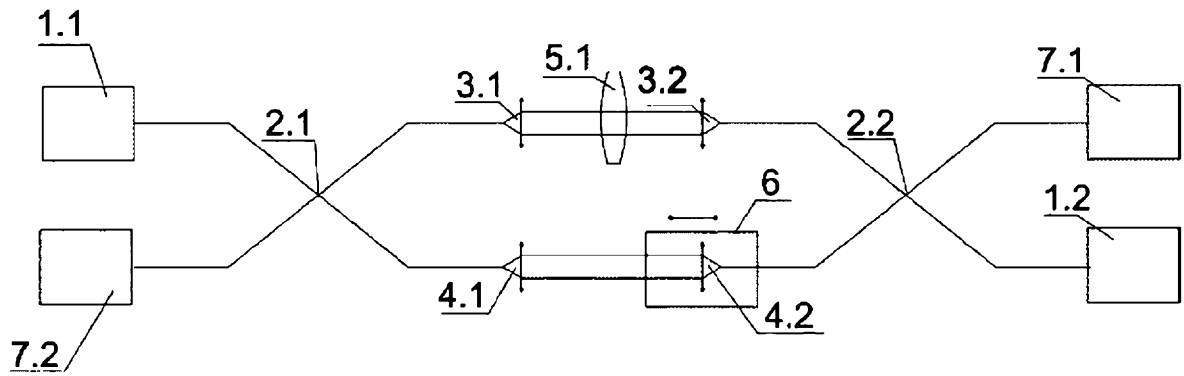


Fig. 2

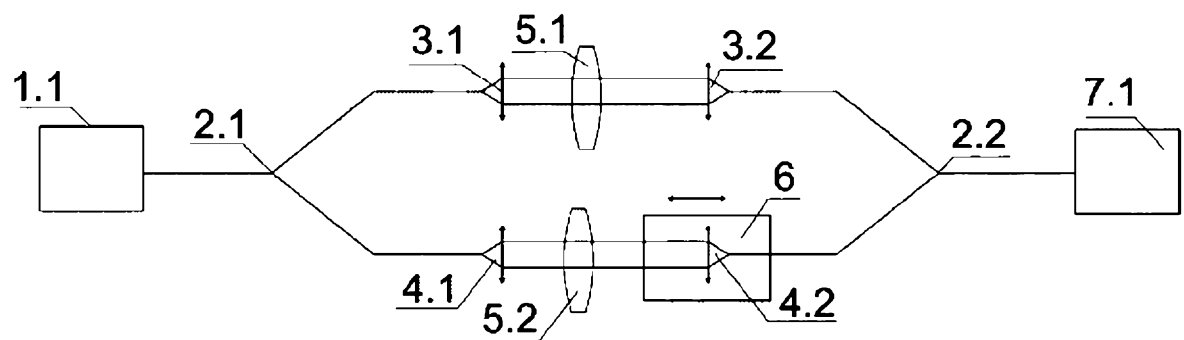


Fig. 3

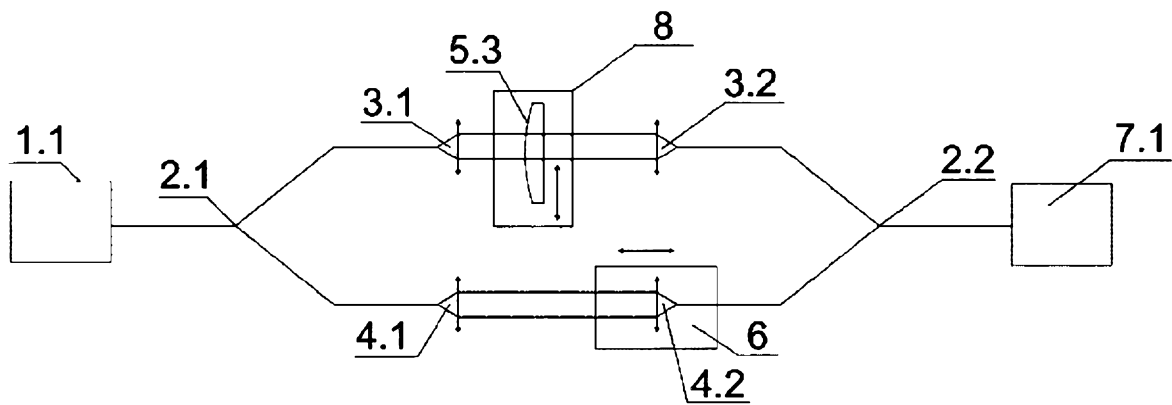


Fig. 4

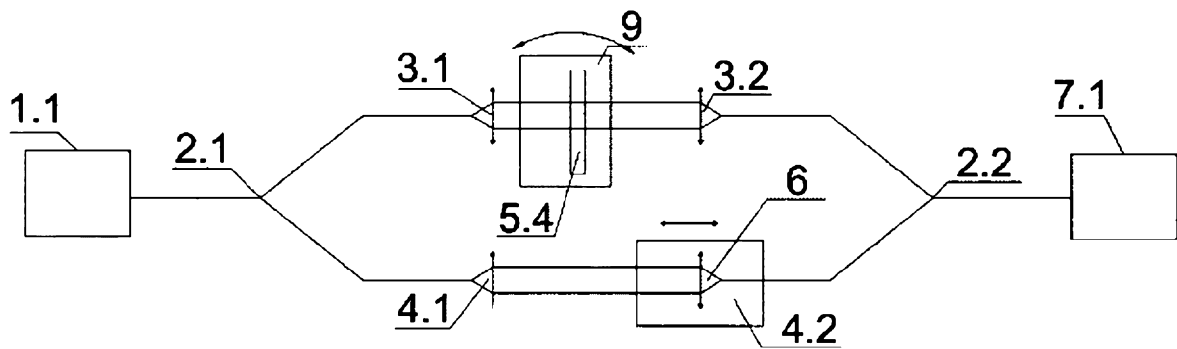


Fig. 5

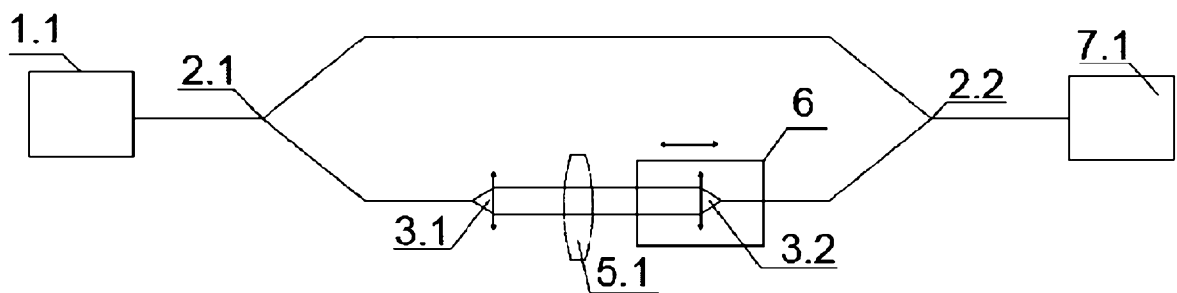


Fig. 6

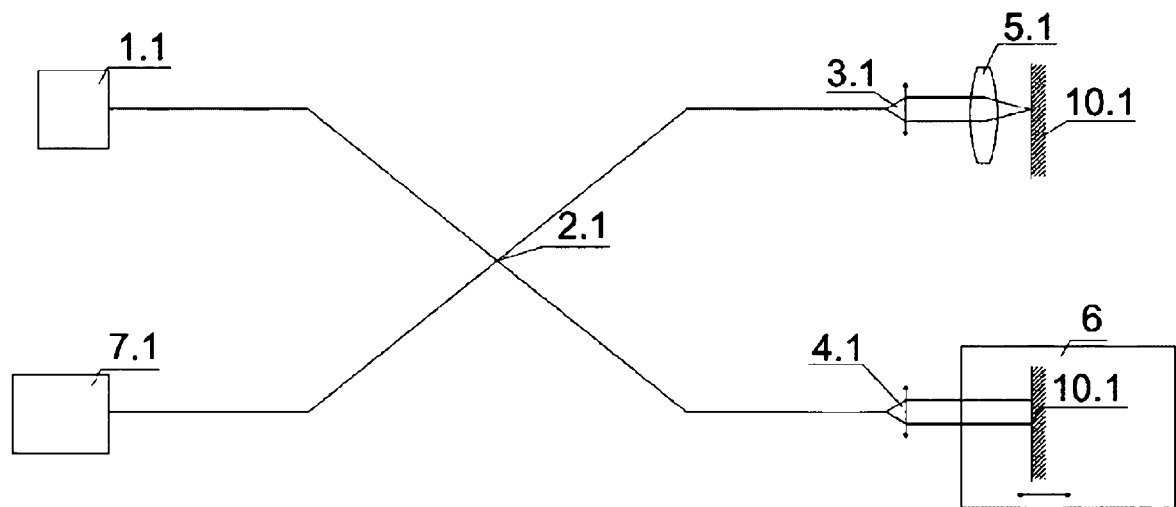


Fig. 7

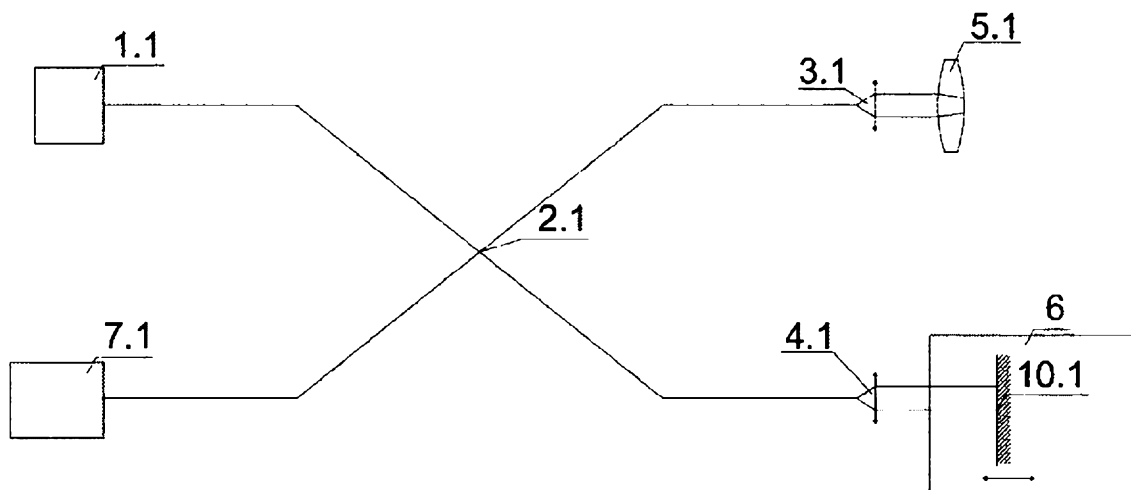


Fig. 8

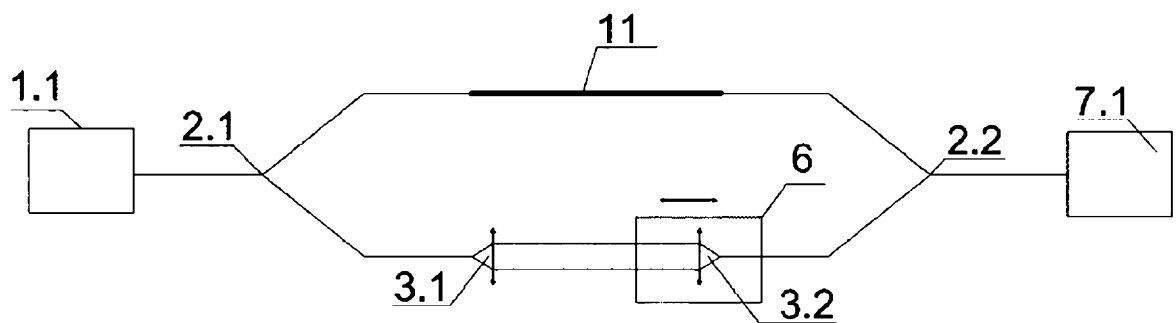


Fig. 9