

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIIS PATENTOWY**

(19) **PL**

(11) **241407**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **431486**

(22) Data zgłoszenia: **16.10.2019**

(51) Int.Cl.

G02B 17/08 (2006.01)

G02B 27/02 (2006.01)

A42B 3/22 (2006.01)

(54)

Wizjer do kasku albo hełmu

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

19.04.2021 BUP 08/21

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

26.09.2022 WUP 39/22

(73) Uprawniony z patentu:

SEEMORE SPÓŁKA AKCYJNA, Wrocław, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:

GRZEGORZ PALMER, Opole, PL

WOJCIECH TRELAK, Kietczów, PL

KONRAD CYPRYCH, Legnica, PL

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Andrzej Witek

PL 241407 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest osłona kasku albo hełmu. Wynalazek należy do dziedziny optyki i znajduje zastosowanie w konstrukcji kasków albo hełmów, które posiadają ruchomą i nieruchomą przezierną osłonę twarzy, i gdzie konieczne jest jednocześnie obserwowanie otoczenia oraz parametrów pracy urządzenia bądź pojazdu podczas jazdy.

Z amerykańskiego zgłoszenia patentowego US2018217305A znane jest urządzenie projekcyjne zawierające substrat z przezroczystego materiału, na którym znajdują się dwie siatki dyfrakcyjne (wejściowa i wyjściowa), umieszczone na jednej płaszczyźnie. Substrat pełni rolę falowodu przenoszącego, na zasadzie całkowitego wewnętrznego odbicia, sygnał optyczny pomiędzy siatkami dyfrakcyjnymi. Każda z siatek ma postać równolegle ułożonych wzdlużnych powierzchni, które są nachylone pod pewnym kątem do powierzchni substratu, przy czym siatka wejściowa i wyjściowa umieszczone na tej samej ścianie substratu. Substrat jest wykonany z przezroczystego materiału, co umożliwia jednoczesną obserwację obrazu emitowanego z siatki wyjściowej, nałożonego na obraz otoczenia znajdujący się za nim.

Z europejskiego dokumentu patentowego EP0794448B1 znany jest optyczny układ projekcyjny zawierający źródło obrazu, soczewkę skupiającą oraz serię powierzchni odbijających emitowany obraz. Obraz emitowany ze źródła jest skupiany przez płasko-wypukłą soczewkę i rzutowany na pierwszą płaszczyznę odbijającą go na drugą płaszczyznę odbijającą, która znajduje się na wewnętrznej płaszczyźnie wizjera. Druga płaszczyzna odbijająca odbija obraz na trzecią płaszczyznę odbijającą, która także ekspanduje obraz, i przekazuje go na czwartą płaszczyznę odbijającą. Czwarta płaszczyzna odbijająca skupia ponownie ekspandowany obraz i dokonuje projekcji w linii wzroku patrzącego. Przy czym drugą i czwartą płaszczyznę odbijającą stanowią siatki holograficzne o złożonej strukturze.

Chińskie zgłoszenie CN204855944U, dotyczące wzoru użytkowego, ujawnia układ optyczny stosowany w kokpicie samochodu. Zawiera on projektor umieszczony na przesłonie przeciwsłonecznej i soczewkę Fresnela. Soczewka Fresnela jest półprzezroczysta i stanowi ekran projekcyjny dla rzutowanego obrazu z projektora. Umożliwia to nakładanie się obrazu sprzed przedniej szyby samochodu na obraz z projektora. Soczewka 22 nie stanowi elementu szyby przedniej, tzn. nie jest z nią trwale zespolona, ani nie stanowi reliefu powierzchniowego na szybie.

Z innego amerykańskiego zgłoszenia patentowego, US2016282616A1, znany układ typu HUD (Head-Up Display) zawierający projektor, przesłonę oraz sumator wiązki, który stanowi – soczewka/lustro Fresnela (FM). Sumator jest osadzony, jako jedna z warstw, w szybie zespolonej. Jest on półprzepuszczalny dla światła, przez co umożliwia jednoczesną obserwację obrazu rzutowanego i odbitego z projektora oraz nałożonego na niego obrazu zewnętrznego.

W japońskim zgłoszeniu patentowym JP2010019874A opisano optyczny układ projekcyjny typu *head-mounted display* (HMD), mający zastosowanie w kasku. Wewnątrz obudowy kasku, np. w ścianie bocznej znajduje się projektor obrazu, który to obraz jest rzutowany na płaskie lustro. Dalej obraz jest odbijany w kierunku soczewki, która go załamuje i rzutuje na kolejne lustro odbijające go w kierunku trzeciego lustra. Lustro trzecie rzutuje obraz na wewnętrzną powierzchnię wizjera, przy czym obraz przechodzi przez przezroczystą przesłonę usytuowaną przed powierzchnią wizjera. Rzutowany obraz jest odbijany z powierzchni wizjera w kierunku oka. Przezroczysta przesłona pełni rolę przeziernego okna, podczas gdy pozostała część układu optycznego jest zamknięta w obudowie utworzonej przez projektor, lustra oraz soczewkę.

W kolejnym amerykańskim zgłoszeniu patentowym US2012162549A1 ujawniono konstrukcję układu wyświetlającego obraz typu *head-mounted-display* (HMD). Podstawowym elementem konstrukcyjnym jest półprzepuszczalny pryzmat, gdzie jego dolna część stanowi płaszczyznę projekcyjną. Natomiast na górną część pryzmatu rzutowany jest obraz z optycznego układu projekcyjnego zawierającego projektor obrazu, soczewkę wklęsło-wypukłą, rozdzielacz wiązki, soczewki sprzęgające (*coupling lenses*). Rzutowany na pryzmat obraz, z optycznego układu projekcyjnego, dzięki całkowitemu wewnętrznemu odbiciu jest przekazywany do dolnej części wewnętrznej płaszczyzny pryzmatu, z której następuje jego projekcja w stronę obserwatora.

W jeszcze innym amerykańskim zgłoszeniu patentowym US2016037849A1 opisano kask motocyklowy wyposażony w system audiowizualny. Część wizualna zawiera rzutnik obrazu, którego projekcja odbywa się na przyłbicę.

Z kolejnego europejskiego zgłoszenia patentowego EP0288365A1 znana jest konstrukcja układu wyświetlacza holograficznego, który może być montowany w hełmie lub kabinie pojazdu, typu *Head-Up*

Display (HUD). Układ wyświetlacza składa się z: ekranu emitującego obraz, półprzepuszczalnego płaskiego zwierciadła holograficznego i parabolicznego zwierciadła holograficznego. Obraz z ekranu jest odbijany przez półprzepuszczalne lustro holograficzne z pierwszym hologramem, a następnie z niego rzutowany na zwierciadło paraboliczne, zawierające drugi hologram. Drugi hologram kolimuje padający obraz i przekazuje go w kierunku patrzącego. Natomiast obraz zewnętrzny przechodzi przez hologram pierwszy i drugi bez załamania się.

Z międzynarodowego zgłoszenia PCT WO2016203212A2 znany jest układ optyczny do badania reakcji oka. Układ zawiera sumator wiązki (*beam combiner*), element detekcyjny i dwa elementy oświetlające. Za pomocą układu rejestrowana jest reakcja oka na obraz odbierany z otoczenia. Obraz zewnętrzny oraz obraz reakcji oka jest rejestrowany przez element detekcyjny, jako suma obrazów z sumatora osadzonego pomiędzy warstwami materiału o podobnym współczynniku załamania. Sumator obrazu stanowi układ powierzchni odbijających i składających się z równolegle rozmieszczonych płaszczyzn wzdlużnych, które są nachylone pod pewnym kątem względem powierzchni substratu oraz stałym kątem względem siebie nawzajem. Przy czym ich forma zależy od konstrukcji układu detekcyjnego. Obszary odbijające mają na tyle małe rozmiary, że nie powodują strat w jasności obrazu. Dodatkowo układ można łatwo dostosować do noszonego urządzenia (np. nakrycia głowy, odzież).

Problemem technicznym stawianym przed wynalazkiem jest dostarczenie wizjera do kasku albo hełmu, który zapewniłby możliwość łączenia i obserwacji obrazu rzutowanego na wizjer z układem projekcyjnego z obrazem otoczenia, niezależnie od kształtu i rozmiaru wizjera, przy czym obraz, będący ich sumą, byłby pozbawiony wad wynikających z niedoskonałości elementu odbijającego obraz z rzutnika oraz konstrukcja wizjera zapobiegałaby rozszczepieniu barwnemu obrazu. Przy czym układ projekcyjny nie powinien być połączony fizycznie z powierzchnią obrazującą i powinien charakteryzować się prostą konstrukcją bez dodatkowych elementów optycznych jak soczewki czy zwierciadła. Ponadto element odbijający powinien mieć możliwość zastosowania w konstrukcji dowolnego wizjera. Niespodziewanie powyższe problemy rozwiązał prezentowany wynalazek.

Przedmiotem wynalazku jest wizjer do kasku albo hełmu składający się z dwóch równoległych do siebie powierzchni, z których pierwsza stanowi powierzchnię wewnętrzną, a druga powierzchnię zewnętrzną, ukształtowane względem krzywizny wzdlużnej oraz krzywizny poprzecznej wizjera, charakteryzujący się tym, że na powierzchni pierwszej znajduje się zespolony z nią pierwszy układ płaskich półprzepuszczalnych elementów odbijających skierowany od powierzchni pierwszej przeciwnie do powierzchni drugiej, a na powierzchni drugiej znajduje się zespolony z nią drugi układ płaskich półprzepuszczalnych elementów odbijających skierowany od powierzchni drugiej przeciwnie do powierzchni pierwszej, i elementy odbijające drugiego układu płaskich półprzepuszczalnych elementów odbijających są równoległe do elementów odbijających pierwszego układu płaskich półprzepuszczalnych elementów odbijających, przy czym pierwsze i drugie płaskie półprzepuszczalne elementy odbijające, tworzące pierwszy i drugi układ płaskich półprzepuszczalnych elementów odbijających, mają postać wzdlużnych płaszczyzn i mają bok krótszy c i dłuższy bok b oraz grubość d , i długość boku krótszego c jest nie mniejsza niż $10\ \mu\text{m}$, przy czym pierwsze i drugie płaskie półprzepuszczalne elementy odbijające krótszym boki c ustawione są równoległe do krzywizny wzdlużnej powierzchni wizjera a długim bokiem b równoległe do krzywizny poprzecznej powierzchni wizjera i są ułożone w szeregu równoległe względem siebie, przy czym elementy odbijające mają taką samą grubość d .

W korzystnej realizacji wynalazku druga powierzchnia wizjera jest w całości pokryta układem płaskich półprzepuszczalnych elementów odbijających. Tak przygotowana powierzchnia, umożliwia wyświetlanie obrazu na całej powierzchni wizjera bez zniekształceń obrazu zewnętrznego, dzięki czemu można otoczyć użytkownika wirtualnym obrazem na całej szerokości/wysokości kąta patrzenia.

W innej korzystnej realizacji wynalazku płaskie półprzepuszczalne elementy odbijające, tworzące pierwszy układ płaskich półprzepuszczalnych elementów odbijających albo drugi układ płaskich półprzepuszczalnych elementów odbijających, są nachylone pod kątem α względem pierwszej powierzchni wizjera albo drugiej powierzchni wizjera, przy czym kąt α nachylenia płaskich półprzezroczystych elementów odbijających (PEO) wynosi od 90° do -90° .

W następnej korzystnej realizacji wynalazku kąt α nachylenia płaskich półprzezroczystych elementów odbijających wynosi od 90° do -90° względem krzywizny wzdlużnej wizjera, przy czym kąt α nachylenia jest określony względem normalnej N_0 do powierzchni wizjera.

W jeszcze innej realizacji wynalazku druga powierzchnia wizjera jest pokryta ochronną warstwą zewnętrzną do zabezpieczania drugiej powierzchni wizjera przed uszkodzeniami. Pokrycie warstwą

ochronną nie wpływa na zmianę optycznych właściwości układu, ale powoduje, że zewnętrzna powierzchnia wizjera jest płaska i nie posiada wyczuwalnych różnic w fakturze oraz zabezpiecza zewnętrzne elementy odbijające przed uszkodzeniem. Warstwę ochronną może stanowić film polimerowy wykonany z tworzywa o współczynniku załamania światła identycznym, jak materiał, z którego jest wykonany wizjer.

W kolejnej korzystnej realizacji wynalazku grubość d płaskich elementów odbijających pierwszego układu płaskich półprzepuszczalnych elementów odbijających albo drugich płaskich półprzepuszczalnych elementów odbijających drugiego układu elementów odbijających jest stała.

W następnej korzystnej realizacji wynalazku grubość d płaskich elementów odbijających pierwszego układu płaskich półprzepuszczalnych elementów odbijających albo drugich płaskich półprzepuszczalnych elementów odbijających drugiego albo układu elementów odbijających zależy od stopnia krzywizny wizjera.

Powierzchnia pierwsza stanowi powierzchnię wewnętrzną wizjera. Jest powierzchnią, która znajduje się bezpośrednio przed układem projekcyjnym umieszczonym w kasku.

Powierzchnia druga stanowi powierzchnię zewnętrzną wizjera. Jest to powierzchnia równoległa do powierzchni wewnętrznej wizjera.

Ułożenie płaskich półprzepuszczalnych elementów odbijających albo zapewnia różnicę kątów odbicia, promieniowania padającego na elementy pierwszego i drugiego układu płaskich półprzepuszczalnych elementów odbijających, wynoszącą nie więcej niż 1° , przy czym różnica ta zależy od długości fali promieniowania padającego i promieniowanie padające stanowi promieniowanie z zakresu widzialnego. Kąt ten jest zachowany zarówno w przypadku, gdy tylko część drugiej powierzchni jest pokryta układem płaskich półprzepuszczalnych elementów odbijających, jak i w przypadku całkowitego jej wypełnienia elementami odbijającymi.

Przykłady realizacji wynalazku uwidoczniono na rysunku, gdzie na fig. 1 – wizjer z fragmentem powierzchni wewnętrznej i powierzchnią odbijającą, fig. 2 – kask z wizjerem i powierzchnią zewnętrzną częściowo pokrytą powierzchnią odbijającą, fig. 3 – powiększenie wizjera z zewnętrzną powierzchnią odbijającą, gdzie c – szerokość elementu odbijającego, b – długość elementu odbijającego, fig. 4 – schemat odbicia obrazu rzutowanego z projektora z obrazem zewnętrznym względem normalnej N_2 uzyskanej dzięki wprowadzeniu elementów odbijających na pierwszej i drugiej powierzchni wizjera, bez której odbicie nastąpiłoby względem normalnej N_1 , gdzie θ_1 i θ_2 – odpowiednio kąt padania i kąt odbicia, fig. 5 – wizjer z powierzchnią zewnętrzną całkowicie pokrytą powierzchnią odbijającą, fig. 5a – fragment układu płaskich elementów odbijających z zaznaczonym płaskim półprzepuszczalnym elementem odbijającym, fig. 6 – przekrój wizjera wzdłuż krzywizny wzdłużnej z kątami nachylenia płaskich półprzepuszczalnych elementów odbijających, fig. 7 – przekrój wizjera wzdłuż krzywizny wzdłużnej z dodatkową warstwą ochronną na powierzchni zewnętrznej, fig. 8a–8b – położenie powierzchni odbijających na wizjerze, gdzie zmiana kąta krzywizny wizjera nie wpływa na kąt padania i odbicia, fig. 9a–9b – zależność grubości d elementu odbijającego od krzywizny wizjera, fig. 10 – schemat odbicia na płaszczyznach odbijających, fig. 11 – kąt pierwszego rzędu dyfrakcyjnego w funkcji wielkości elementu odbijającego dla światła o długości fali $\lambda_1 = 400 \text{ nm}$ i $\lambda_2 = 650 \text{ nm}$ padającego pod kątem 17° , fig. 12a–12b – kąt pierwszego rzędu dyfrakcji w funkcji wielkości elementu odbijającego dla dwóch wybranych kątów padania 0° (12a) i 60° (12b).

P r z y k ł a d 1 Konstrukcja wizjera z częściowym wypełnieniem powierzchni płaskimi półprzepuszczalnymi elementami odbijającymi

Wizjer 1 składa się z części głównej wizjera, tj. pierwszej powierzchni 3 wizjera 1, stanowiącej powierzchnię wewnętrzną wizjera (od strony obserwatora), oraz z powierzchni drugiej 2, stanowiącej powierzchnię zewnętrzną wizjera 1 (od strony światła zewnętrznego). Część powierzchni zewnętrznej 2 (fig. 2) jest ukształtowana w postać układu płaskich elementów odbijających (PEO5) 5 wkomponowanych w krzywiznę powierzchni drugiej 2 (fig. 7) oraz ustawionych pod kątem α , tworząc płaszczyznę odbicia (fig. 4). Dalej część powierzchni wewnętrznej 3 jest ukształtowana w postać układu płaskich elementów odbijających (PEO4) 4 wkomponowanych w krzywiznę powierzchni pierwszej 3 wizjera 1 (fig. 6), ustawionych pod kątem α , tworząc płaszczyznę (Fig. 1) odbicia (Fig. 4), których głównym celem jest takie odbicie światła z rzutnika 6, aby światło to trafiło do obserwatora 7 (fig. 4), przy czym istotne jest, aby przynajmniej część światła została odbita od tych elementów. Przez ukształtowanie części powierzchni pierwszej 3 (wewnętrznej) albo powierzchni drugiej 2 (zewnętrznej) wizjera 1 należy rozumieć, że jej fragment ma postać układu płaskich elementów odbijających. Przez postać zespołu elementów

odbijających należy rozumieć szereg płaskich elementów odbijających PEO ułożonych równolegle jeden za drugim, jak zobrazowano na fig. 5 albo fig. 5a. Miejsce takiego ukształtowania, tj. położenie na powierzchni wewnętrznej 3 albo zewnętrznej 2 układów płaskich elementów odbijających 4 albo 5 wizerza jest zależne od położenia rzutnika 6 wewnątrz hełmu albo kasku oraz od stopnia krzywizny wzdłużnej KW i krzywizny poprzecznej KP wizerza 1. Przykładowe położenie zespołów odbijających 4 albo 5 na wizerze 1 pokazano na fig. 1 albo na fig. 2. Pojedynczy płaski element odbijający PEO, z którego utworzone są płaszczyzny płaskich układów odbijających 4 i 5, posiada wymiar wzdłużny b, poprzeczny do niego wymiar c oraz grubość d (fig. 3, fig. 5a, fig. 9a–9b). Płaszczyzna odbijająca 4 albo 5 jest utworzona przez szereg płaskich elementów odbijających PEO, które są ułożone równolegle względem siebie wzdłuż długiej krawędzi b. Płaskie elementy odbijające (PEO4, PEO5) tworzące płaszczyzny odbijające 4 i 5 są półprzepuszczalne dla promieniowania padającego. Zapewnia to możliwość przeniesienia obrazu zewnętrznego do obserwatora oraz od obserwatora, tj. obserwację otoczenia z wnętrza kasku. Przykład pojedynczego płaskiego elementu odbijającego PEO pokazano na fig. 5a. Zasadniczo mają one kształt prostokąta o bokach b i c. Zespoły elementów odbijających 4 i 5 są ułożone na powierzchniach 2 i 3 w taki sposób, że dłuższe boki b leżą wzdłuż krzywizny poprzecznej KP wizerza 1, boki krótsze c leżą równolegle do krzywizny wzdłużnej KW wizerza 1. Układy odbijające 4 albo 5 na powierzchni 2 albo 3 są umieszczone 5 względem siebie w taki sposób, że ich wymiary wzdłużne b i c pojedynczych płaskich elementów odbijających PEO, tworzących te układy, są względem siebie równoległe. Długość boku c elementów odbijających PEO4 albo PEO5 wynosi nie mniej niż 10 μm . Powoduje, to że różnica kątów odbicia dla zakresu widzialnego światła padającego na elementy odbijające PEO, wynosi nie więcej niż 1°. Elementy PEO tworzące zespoły odbijające 4 albo 5 i są ułożone pod kątem α w stosunku do krzywizny powierzchni 2 albo 3 wizerza 1. Kąt α zależy jedynie od stopnia krzywizny wzdłużnej KW wizerza 1 i kierunku padania i odbicia światła. Krzywizna wzdłużna KW wizerza 1, będąca negatywną cechą wizerza, zostaje zniwelowana poprzez zastosowanie wielokrotnych elementów odbijających o zmiennym kącie nachylenia α względem krzywizny wzdłużnej KW, aby każdy z elementów tworzył taki sam kąt względem światła padającego na PEO. W ogólnym przypadku, w przypadku pokrycia całej powierzchni wizerza elementami odbijającymi kąt α może zmieniać się w zakresie od -90° do 90° względem krzywizny KW wizerza 1, dając możliwość odbicia światła pod dowolnym kątem względem krzywizny wzdłużnej KW, co zostało pokazane na fig. 6. Podana wartość kąta α odnosi się do normalnej N_0 do powierzchni zewnętrznej 2 albo wewnętrznej 3 wizerza 1. Dotyczy to przypadku, gdy projekcja obrazu dokonywana jest na całą powierzchnię wewnętrzną 3 wizerza 1. Natomiast w przypadku, gdy obraz z rzutnika 6 rzutowany jest tylko na fragment powierzchni 3 wizerza 1, to zakres kątów jest znacznie mniejszy. Przykładowo dla obszaru odbijającego o wielkości 5 cm x 5 cm, dla jednego oka, kąt α zawarty jest od 46° do 74° stopni. Jest to jednak prawdziwe jedynie dla pojedynczego przypadku konstrukcyjnego o ograniczonym zastosowaniu. Ponadto na tej samej figurze (fig. 6) pokazano także umieszczenie zespołów płaskich elementów odbijających 4 albo 5, utworzonych przez szereg pojedynczych płaskich elementów odbijających PEO4 albo PEO5, względem płaszczyzny wewnętrznej 3 albo płaszczyzny zewnętrznej 2 wizerza 1. W celu zachowania przejrzystości fig. 6 układy płaskich elementów odbijających 4 i 5 nie zostały na niej zaznaczone.

Elementy pierwszego 4 i drugiego 5 układu odbijającego mają taką samą grubość d. Grubość d jest uzależniona od kształtu, tj. krzywizny i konstrukcji danego wizerza.

Sposób działania układu optycznego został zobrazowany na fig. 4 oraz fig. 9 i opisany poniżej.

Rzutnik 6 emituje obraz w kierunku wizerza 1. Obraz częściowo odbija się od powierzchni płaskich elementów odbijających (PEO) 4 znajdujących się po wewnętrznej stronie wizerza 3 i trafia do obserwatora 7. Odbicie od wewnętrznej warstwy odbijającej, stanowionej przez zespół płaskich elementów odbijających 4, następuje na zasadzie odbicia fresnelowskiego. Stosunek odbicia światła spolaryzowanego pionowo od powierzchni odbijającej wynosi według wzoru (I):

$$R_s = \left(\frac{n_1 \cos \theta_1 - n_2 \sqrt{1 - \left(\frac{n_1}{n_2} \sin \theta_i \right)^2}}{n_1 \cos \theta_1 + n_2 \sqrt{1 - \left(\frac{n_1}{n_2} \sin \theta_i \right)^2}} \right)^2 \quad (I)$$

gdzie R_s – stosunek odbicia, n_1 – współczynnik załamania powietrza, n_2 – współczynnik załamania materiału wizerza, θ_i – kąt padania światła.

Dla światła poziomo spolaryzowanego, współczynnik odbicia wynosi według wzoru (II):

$$R_P = \left(\frac{n_1 \sqrt{1 - \left(\frac{n_1}{n_2} \sin \theta_i\right)^2} - n_2 \cos \theta_i}{n_1 \sqrt{1 - \left(\frac{n_1}{n_2} \sin \theta_i\right)^2} + n_2 \cos \theta_i} \right)^2 \quad (II)$$

gdzie R_P to stosunek odbicia. Dla światła niespolaryzowanego efektywne odbicie ma wartość średnią równą według wzoru (III):

$$R = \frac{1}{2}(R_S + R_P) \quad (III)$$

Powyższe równania (III, IV) określają funkcjonalność elementów odbijających w zależności od kąta padania światła względem normalnej na płaszczyznę odbijającą. Z równań wynika, że dla światła niespolaryzowanego stopień odbicia jest tym większy, im większy jest kąt padania światła względem normalnej płaszczyzny. Bez względu na to, najniższy stosunek odbicia R_{min} zależy jedynie od współczynnika załamania światła materiału, z którego wykonany jest element odbijający PEO i wynosi według wyrażenia (IV)

$$R_{min} = \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \right)^2 \quad (IV)$$

Możliwe jest zatem zastosowanie dowolnego kąta nachylenia α elementów odbijających, jedyne, co się zmienia, to stosunek odbicia światła, przy pewnej wartości minimalnej tego kąta.

Obraz z zewnątrz trafia na powierzchnię zewnętrzną 2 wizjera 1. Równolegle ustawione elementy odbijające układów odbijających 4 albo 5 po wewnętrznej 3 i zewnętrznej 2 stronie wizjera działają jak wielokrotne płytki równoległościennne, powodując przeniesienie obrazu do obserwatora 7. Obraz pochodzący z zewnątrz zostaje przesunięty o wartość Δd_w według wzoru (V):

$$\Delta d_w = d_w \cdot \sin \left(1 - \frac{\cos(\theta)}{\sqrt{n^2 - \sin^2(\theta)}} \right) \quad (V)$$

gdzie d_w – grubość wizjera i odpowiada grubości d , θ – kąt padania obrazu zewnętrznego w stosunku do normalnej powierzchni drugiej 2, n – względny współczynnik załamania światła materiału, z którego jest wykonany wizjer 1.

W efekcie nieznkształcony obraz trafia do obserwatora. Przesunięcie obrazu w osi powierzchni drugiej 2, stanowiącej powierzchnię zewnętrzną wizjera 1, jest równomierne dla całej konstrukcji wizjera 1.

Dyfrakcja elementu odbijającego

W rozwiązaniu konstrukcyjnym, wg przykładu 1, pojedynczy element odbijający stanowiący część pierwszego 4 albo drugiego układu elementów odbijających 5, albo 5a, może powodować dyfrakcję światła na strukturze zbudowanej z wielokrotnych płaszczyzn. Warunkiem powstania dyfrakcji jest uzyskanie dla określonych kątów odbicia różnicy w długości drogi optycznej będącej krotnością długości fali światła.

Rozwiązanie konstrukcyjne, wg wynalazku, zakłada element optyczny o skomplikowanej budowie, położony na krzywiźnie wizjera 1. Z tego powodu określenie warunków dyfrakcji, która jest negatywnym zjawiskiem z punktu widzenia rozwiązania, może być nie możliwe. Natomiast określenie granicznej grubości elementu odbijającego d jest możliwe jedynie biorąc pod uwagę dyfrakcję zestawu elementów odbijających. Jest ono zależne od określonego rozwiązania konstrukcyjnego. Jednak zakładając płaski element posiadający właściwości elementu odbijającego, możliwe jest oszacowanie rozszczepienia barwnego występującego w wyniku dyfrakcji i określenie granicznych wartości dopuszczalnych wielkości elementów odbijających, tworzących zespoły odbijające 4 i 5.

Teoretycznym układem do określenia wielkości elementów odbijających niech będzie zestaw elementów odbijający PEO o stałej grubości d nachylonych pod kątem α działających, jako siatka dyfrakcyjna o stałej siatki e . Światło padające pod kątem θ_i ulega dyfrakcji pod kątem θ_m przy różnych długości

dróg optycznych $e(\sin\theta_i + \sin\theta_m)$. Różnicę w długości drogi optycznej zaznaczono pogrubioną linią na fig. 10.

Zależność kąta dyfrakcji względem kąta padania opisana jest wzorem (VI):

$$\theta_m = \arcsin\left(\sin\theta_i - \frac{m\lambda}{e}\right) \quad (VI),$$

gdzie θ_i – kąt padania względem płaszczyzny odbijającej, m – rząd dyfrakcji, λ – długość fali światła, e – odległość pomiędzy periodycznymi elementami siatki dyfrakcyjnej.

Zakładając zmienną wartość stałej siatki e , analizie został poddany kąt dyfrakcji dla pierwszego rzędu dyfrakcji $m = 1$ dla wybranych długości fali światła $\lambda_1 = 400 \text{ nm}$ i $\lambda_2 = 650 \text{ nm}$, dla zobrazowania zakresu światła widzialnego. Duża różnica w uzyskanych kątach dyfrakcji θ_m wskazuje na znaczne rozszczepienie barwne, które w przypadku układu obrazującego będzie powodowało zniekształcenie obrazu. W przeprowadzonej analizie za graniczną wartość przyjęto różnicę kątów o wartości 1° .

Przedstawione na fig. 11 wyniki dla kąta 17° stanowią średnią wartość kąta padania dla standardowego układu projekcyjnego z rzutnikiem 6. Prezentowany układ projekcyjny jest niezależny od kąta padania, więc analizie poddano również inne wybrane kąty padania 0° (fig. 12a) i 60° (fig. 12b), które mają przedstawiać sytuację skrajną obserwacji przez wizjer 1.

W przypadku dużego kąta padania graniczna wartość wielkości elementu odbijającego ulega przesunięciu w kierunku wyższych wartości. Analiza wykresów (fig. 11, 12a, 12b) wskazuje, że wielkość płaskich elementów odbijających PEO, tj. ich wymiar c , tworzących układy odbijające 4 i 5, nie powinien być mniejszy $10 \mu\text{m}$, aby uzyskać kąty odbicia nieróżniące się więcej niż 1° . Taki rozmiar elementów PEO, i uzyskana dzięki niemu różnica kątów odbicia powoduje, że nie jest obserwowane rozszczepienie barwne na zsumowanym na wizjerze 1 obrazie.

Wizjer 1 według wynalazku charakteryzuje się szeregiem zalet. Zapewnia możliwość łączenia i obserwacji obrazu rzutowanego na wizjer z układu projekcyjnego z obrazem otoczenia, niezależnie od kształtu i rozmiaru wizjera, przy czym obraz, będący ich sumą, jest pozbawiony wad (powiększenie, przesunięcie obrazu czy zmiany widzianych barw) wynikających z niedoskonałości elementu odbijającego obraz z rzutnika oraz zapobiega rozszczepieniu barwnemu obrazu. Ponadto wizjer, o cechach zgodnych z wynalazkiem, nie ma fizycznego połączenia z układem projekcyjnym. Dzięki temu może być stosowany dla dowolnej konstrukcji kasku, co zwiększa uniwersalność rozwiązania.

P r z y k ł a d 2 Konstrukcja wizjera z całkowitym wypełnieniem powierzchni płaskimi półprzepuszczalnymi elementami odbijającymi (Fig. 5)

W tym przykładzie wykonania wizjer ma wszystkie zalety konstrukcji wg wcześniejszych przykładów realizacji wynalazku.

W innym wariantcie wykonania przednia powierzchnia zewnętrzna 2 (tzn. od strony świata na zewnątrz) wizjera 1 jest w całości ukształtowana w postaci układu płaskich półprzepuszczalnych elementów odbijających (PEO) 5a, nieróżniących się niczym innym poza rozmiarami b od elementów płaskiego układu elementów odbijających (PEO5) 5, wkomponowanych w krzywiznę wizjera 1 ustawionych równolegle do elementów odbijających (PEO) zespołu 4, znajdujących się na powierzchni wewnętrznej 3 wizjera 1. Układ 5a jest wielkopowierzchniowym odpowiednikiem elementów 5, tj. obejmującym całą powierzchnię zewnętrzną 2 wizjera 1, i w odniesieniu do konstrukcji wizjera 1 także stanowi drugi układ płaskich półprzepuszczalnych elementów odbijających.

Pełne wypełnienie wizjera 1 umożliwia wykorzystanie jego całej powierzchni, jako powierzchni projekcyjnej, a także przesłanie obrazu do obojga oczu, tworząc w pełni stereoskopowy obraz pozorny.

P r z y k ł a d 3 Konstrukcja wizjera z powierzchnią zewnętrzną pokrytą warstwą ochronną (Fig. 7)

W tym przykładzie wykonania wizjer ma wszystkie zalety konstrukcji wg wcześniejszych przykładów realizacji wynalazku.

W kolejnym przykładzie wykonania powierzchnia zewnętrzna 2 wizjera 1 jest pokryta warstwą ochronną 8, która zabezpiecza zewnętrzną powierzchnię odbijającą 5 oraz zewnętrzną stronę wizjera przed uszkodzeniami. Do wykonania warstwy ochronnej może zostać wykorzystany dowolny materiał, szczególnie polimerowy, który łatwo tworzy cienkie warstwy, nie zmienia właściwości optycznych wizjera (identyczny lub bardzo zbliżony współczynnik załamania światła), a warstwa przez niego utworzona cechuje się odpornością mechaniczną.

Przykład 4 Zależność odbicia od położenia powierzchni odbijającej (Fig. 8a–8b)

W tym przykładzie wykonania wizjer ma wszystkie zalety konstrukcji wg wcześniejszych przykładów realizacji wynalazku.

Na fig. 8a i 8b przedstawiono schematycznie odbicia światła od powierzchni odbijającej 4, złożonej z płaskich elementów odbijających PEO. Pokazują one, że odbicie nie zależy od ustawienia wizjera 1, jedynie od ustawienia elementu odbijającego 4 (8a, 8b).

Wizjer 1 posiada układ krzywizn, które są odpowiednio zaprojektowane do kasku. Natomiast położenie rzutnika 6 jest zależne od konstrukcji kasku 1, ale również jest warunkowane bezpieczeństwem użytkownika kasku. W skrajnych przypadkach położenie rzutnika 6 jest niekorzystne z punktu widzenia optyki systemu projekcyjnego (rzutnik 6 oraz powierzchnie 2 i 3). Rozwiązanie wg wynalazku uniezależnia punkt umieszczenia rzutnika 6 od krzywizny wizjera, przez co nadaje może być stosowane w różnych modelach kasków. Wówczas każdy z kasków jest wyposażony w system projekcyjny działający na tej samej zasadzie i składający się z tych samych komponentów.

Przykład 5 Zależność odbicia od grubości d płaskich elementów odbijających (Fig. 9a–9b)

Płaskie elementy odbijające, zarówno na powierzchni zewnętrznej 2 oraz wewnętrznej 3 mogą mieć stałą grubość, (d_1 na fig. 9a), zmienny wymiar c lub charakteryzować się zmienną grubością (d_2 i d_3 na fig. 9b) i stałym c . Nie wpływa to na uzyskiwany efekt sumowania obrazu.

Grubość d pojedynczego elementu odbijającego PEO, tworzącego układ elementów odbijających 4 albo 5, można wyrazić za pomocą poniższych równań:

– założmy, że krzywizna powierzchni wizjera 1 jest opisana równaniem: $f(x)$, w taki sposób, że powierzchnia odbijająca, 4 albo 5 jest opisana stałą wartością $y = r$, gdzie w punkcie P punkcie wg. funkcji (VII):

$$P(x_0, f(x_0)) \quad (VII)$$

– element ma grubość d i styczna $f_t(x)$ do $f(x)$ w punkcie P jest opisana wzorem (VIII):

$$f_t(x) = \frac{d}{dx} f(x_0)(x - x_0) + f(x_0) \quad (VIII)$$

przy czym funkcja $f_p(x)$ jest prostopadła do $f_t(x)$ i na niej jest oparty trójkąt prostokątny o wysokości d do wierzchołka o kącie 90° . Z punktu P' oddalonego od punktu P o odległość d leżącego na $f_p(x)$ poprowadzone są dwa odcinki do krzywej $f(x)$ równoległe odpowiednio do $y = 0$ i $x = 0$. Odcinek równoległy do $y = 0$ stanowi płaszczyznę odbicia.

Powyższe wyrażenie (VIII) opisuje warunek ogólny, dla którego wielkość elementów odbijających jest zdefiniowana, jako odległość krawędzi od stycznej do wizjera, wtedy prostopadła do stycznej jest punktem, od którego mierzy się grubość elementów odbijających. Ponadto z równania (VIII) wynika, że możliwe jest zastosowanie elementów odbijających zintegrowanych z konstrukcją wizjera dla dowolnej krzywizny, poprzez przybliżenie jej za pomocą funkcji opisanej jak powyżej przy pomocy wielu płaszczyzn równoległych do $y = 0$, odtwarzających krzywiznę wizjera (Fig. 9a–9b).

Zmiana wielkości (grubości d) elementów odbijających, powoduje, że możliwe jest jego dostosowanie do praktycznie do każdego stosowanego wizjera, już na etapie projektowania konstrukcji kasku. Warunek, który musi zostać spełniony, to tylko równoległość płaszczyzny zewnętrznej 2 i wewnętrznej 3 wizjera w każdym punkcie jego krzywizny. Do zalet zmiany grubości elementów należą:

- adaptacja do krzywizny powierzchni,
- niwelowanie dystorsji w obszarach o priorytetowym znaczeniu (przez ustalenie wielkości płaszczyzn odbicia dla kluczowych elementów), ale również dystorsji obrazu zewnętrznego, zmiana wielkości elementów PEO spowoduje obniżenie dyfrakcji, przez złamanie periodyczności struktury.

Zastrzeżenia patentowe

1. Wizjer do kasku albo hełmu składający się z dwóch równoległych do siebie powierzchni, z których pierwsza stanowi powierzchnię wewnętrzną, a druga powierzchnię zewnętrzną, ukształtowane względem krzywizny wzdłużnej oraz krzywizny poprzecznej wizjera, **znamienny tym**, że na powierzchni pierwszej (3) znajduje się zespolony z nią pierwszy układ płaskich półprzepuszczalnych elementów odbijających (4) skierowany od powierzchni pierwszej (3) przeciwnie

- do powierzchni drugiej (2), a na powierzchni drugiej (2) znajduje się zespolony z nią drugi układ płaskich półprzepuszczalnych elementów odbijających (5) skierowany od powierzchni drugiej (2) przeciwnie do powierzchni pierwszej (3), i elementy odbijające drugiego układu płaskich półprzepuszczalnych elementów odbijających (5) są równoległe do elementów odbijających pierwszego układu płaskich półprzepuszczalnych elementów odbijających (4), przy czym pierwsze (PEO4) i drugie (PEO5) płaskie półprzepuszczalne elementy odbijające, tworzące pierwszy (4) i drugi (5) układ płaskich półprzepuszczalnych elementów odbijających, mają postać wzdlużnych płaszczyzn i mają bok krótszy c i dłuższy bok b oraz grubość d , i długość boku krótszego c jest nie mniejsza niż $10\ \mu\text{m}$, przy czym pierwsze (PEO4) i drugie (PEO5) płaskie półprzepuszczalne elementy odbijające krótszym bokiem c ustawione są równoległe do krzywizny wzdlużnej (KW) powierzchni (2) wizjera (1), a długim bokiem b równoległe do krzywizny poprzecznej (KP) powierzchni (2) wizjera (1) i są ułożone w szeregu równoległe względem siebie, przy czym elementy odbijające (PEO4, PEO5) mają taką samą grubość d .
2. Wizjer wg zastrz. 1, **znamienny tym**, że druga powierzchnia (2) wizjera (1) jest w całości pokryta układem płaskich półprzepuszczalnych elementów odbijających (5a).
 3. Wizjer wg zastrz. 1 albo 2, **znamienny tym**, że płaskie półprzepuszczalne elementy odbijające, tworzące pierwszy układ płaskich półprzepuszczalnych elementów odbijających (4) albo drugi układ płaskich półprzepuszczalnych elementów odbijających (5) albo (5a), są nachylone pod kątem α względem pierwszej powierzchni wizjera (3) albo drugiej powierzchni wizjera (2), przy czym kąt α nachylenia jest określony względem normalnej w danym punkcie N_0 do krzywizny wzdlużnej (KW) powierzchni (2) wizjera (1), przy czym kąt α nachylenia płaskich półprzezroczystych elementów odbijających (PEO) wynosi od 90° do -90° .
 4. Wizjer wg zastrz. 3, **znamienny tym**, że kąt α nachylenia płaskich półprzezroczystych elementów odbijających (PEO) wynosi od 90° do -90° względem krzywizny wzdlużnej (KW) wizjera (1), przy czym kąt α nachylenia jest określony względem normalnej N_0 do powierzchni wizjera (1).
 5. Wizjer wg zastrz. 1, 2, 3 albo 4, **znamienny tym**, że druga powierzchnia (2) wizjera (1) jest pokryta ochronną warstwą zewnętrzną (8), do zabezpieczania drugiej powierzchni (2) wizjera (1) przed uszkodzeniami.
 6. Wizjer wg któregokolwiek z poprzedzających zastrzeżeń, **znamienny tym**, że grubość d płaskich półprzepuszczalnych elementów odbijających pierwszego układu (4) płaskich półprzepuszczalnych elementów odbijających (PEO4) albo drugich płaskich półprzepuszczalnych elementów odbijających (PEO5) drugiego (5) albo (5a) układu elementów odbijających jest stała.
 7. Wizjer wg któregokolwiek z poprzedzających zastrzeżeń, **znamienny tym**, że grubość d płaskich elementów odbijających pierwszego układu (4) płaskich półprzepuszczalnych elementów odbijających (PEO4) albo drugich płaskich półprzepuszczalnych elementów odbijających (PEO5) drugiego (5) albo (5a) układu elementów odbijających zależy od stopnia krzywizny wzdlużnej (KW) powierzchni (2) wizjera (1).

Rysunki

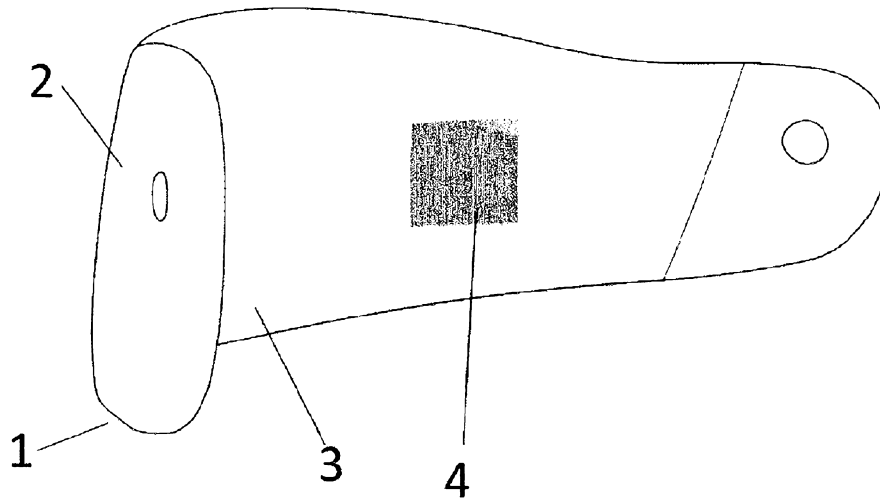


Fig. 1

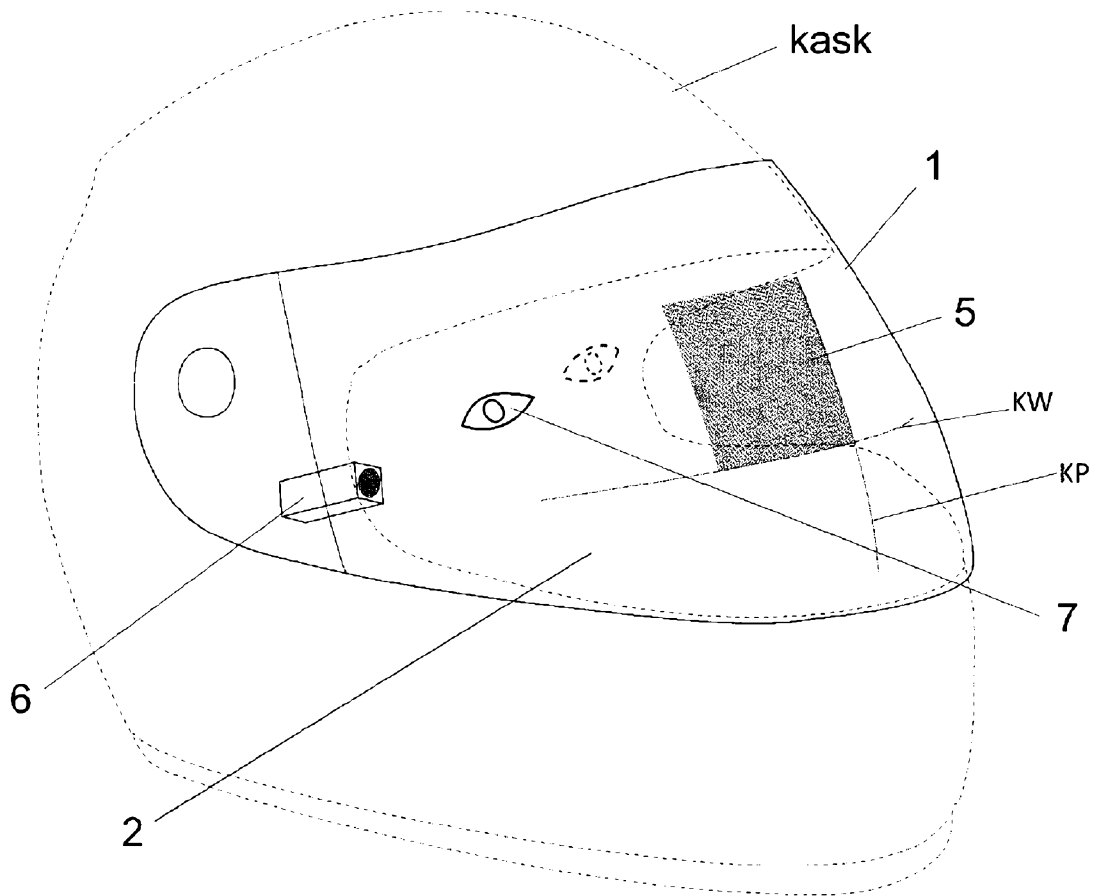


Fig. 2

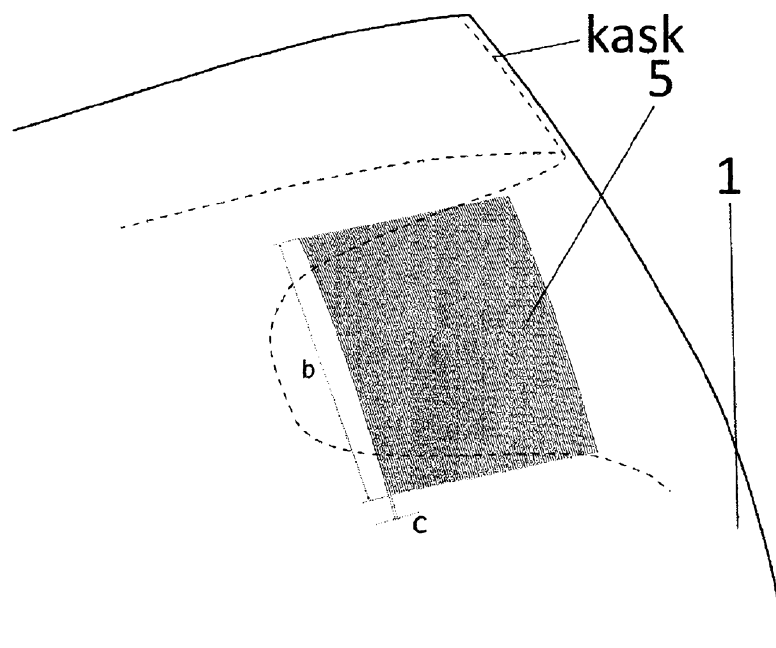


Fig. 3

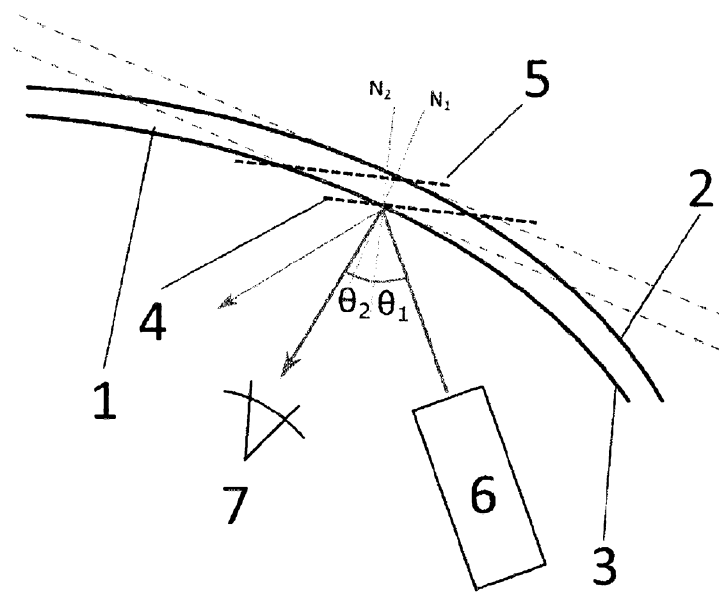


Fig. 4

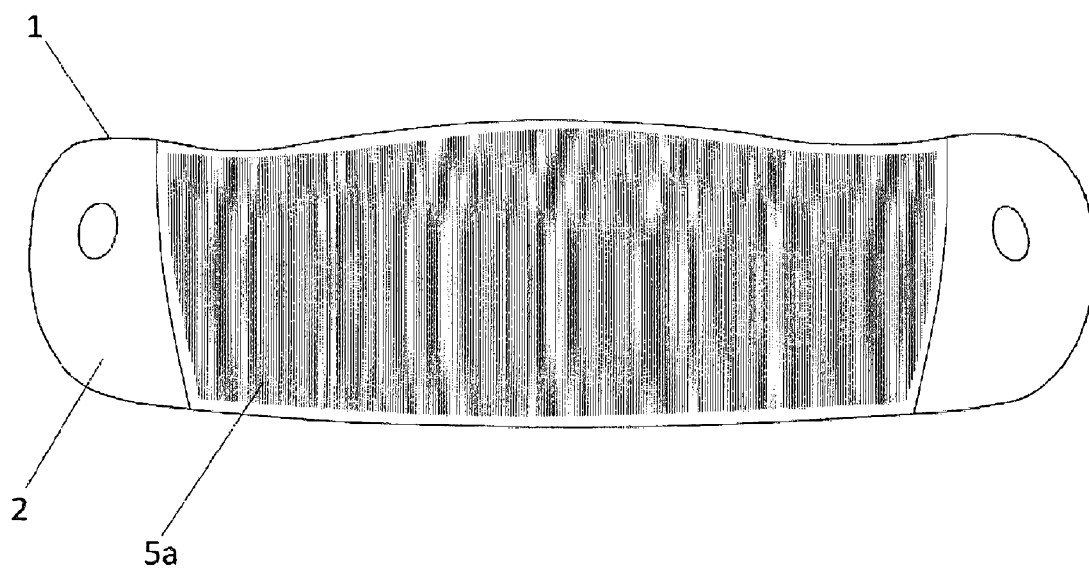


Fig. 5

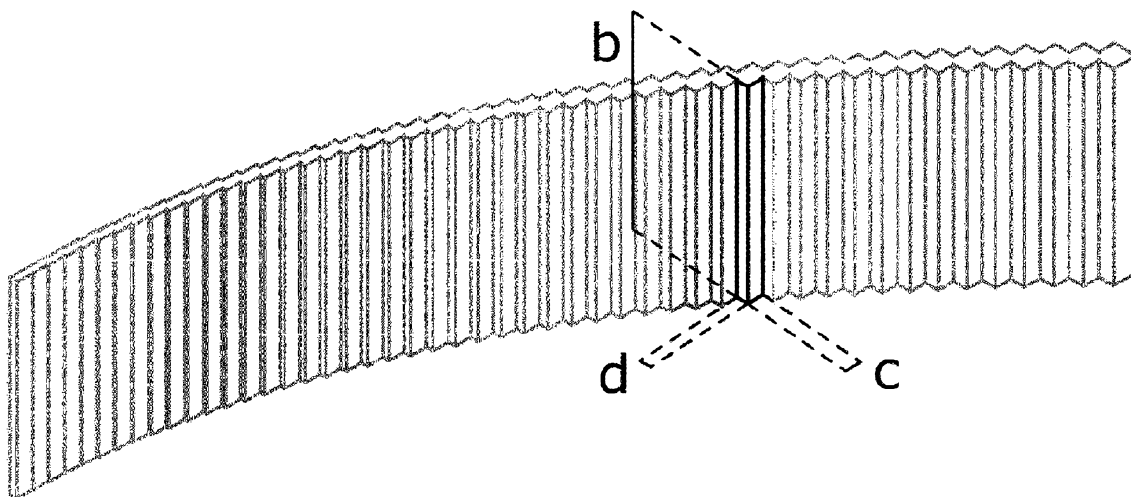


Fig. 5a

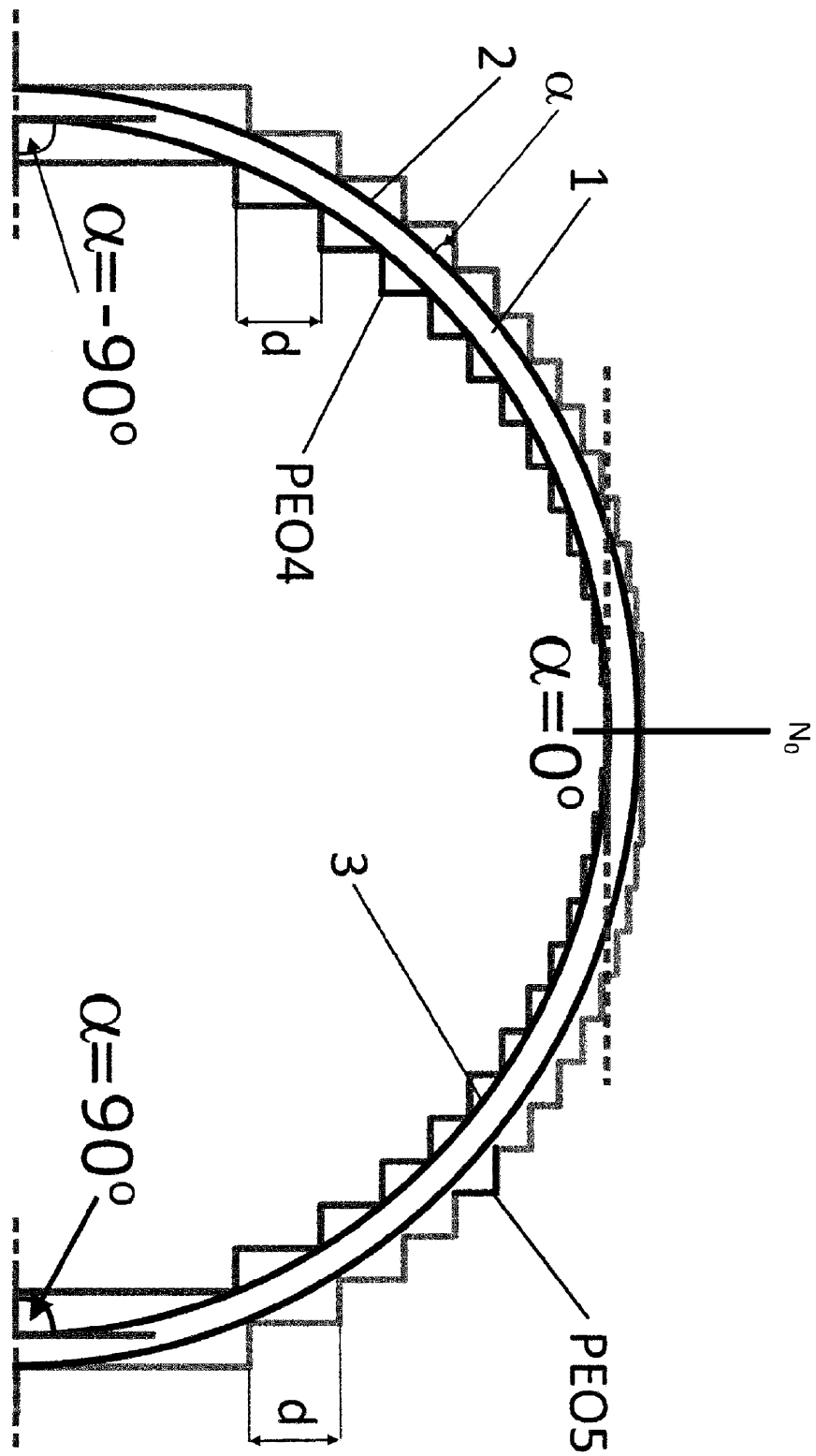


Fig. 6

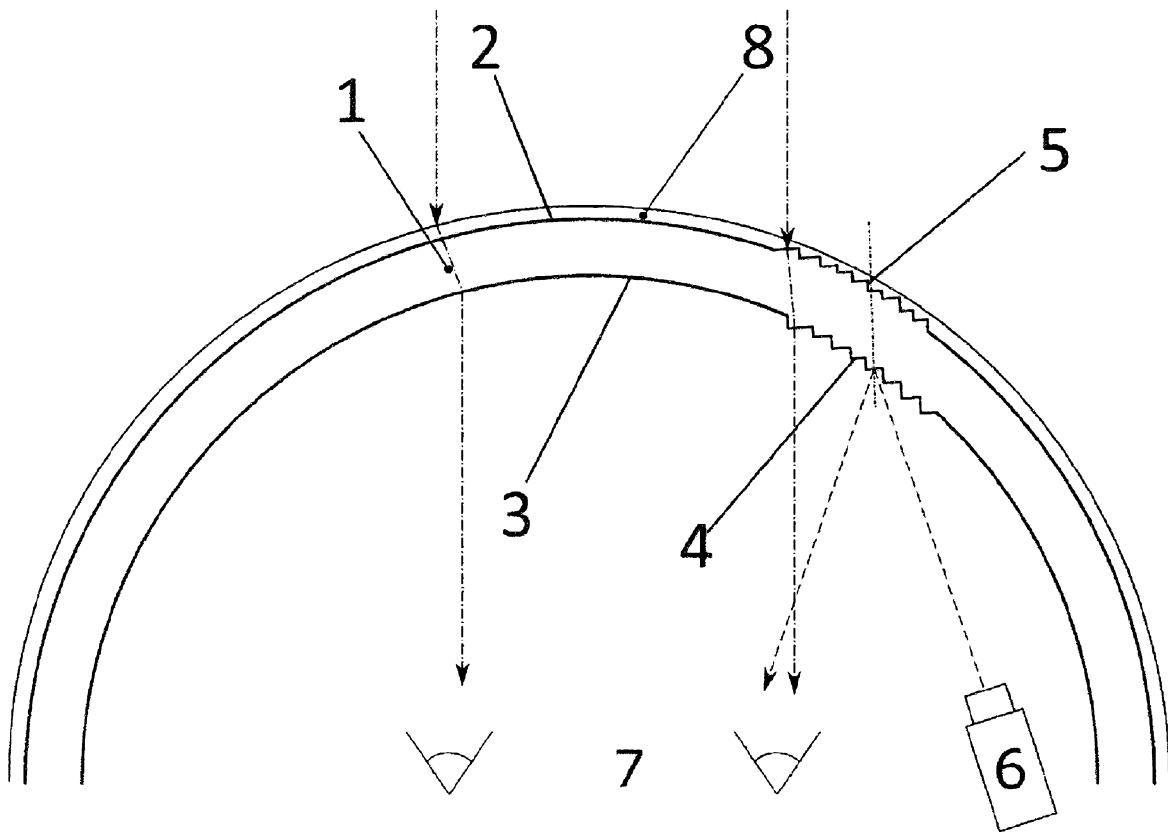


Fig. 7

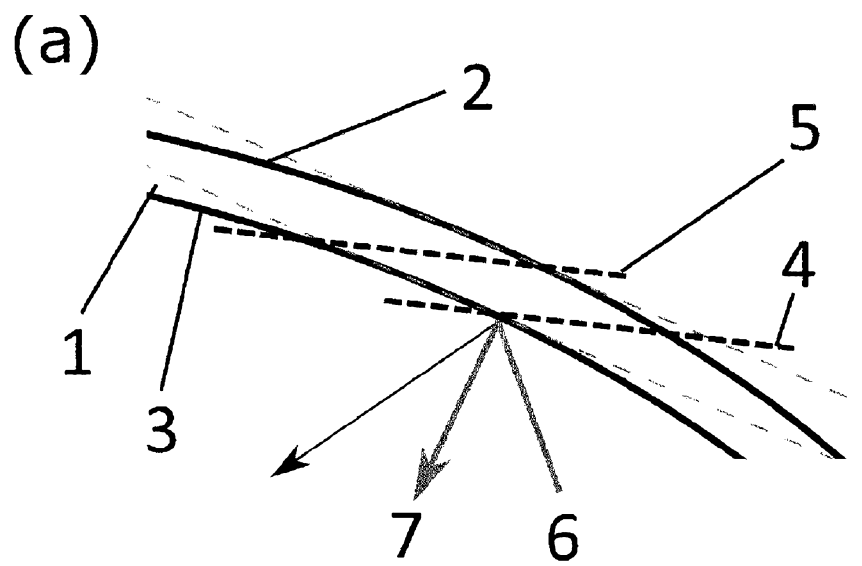


Fig. 8a

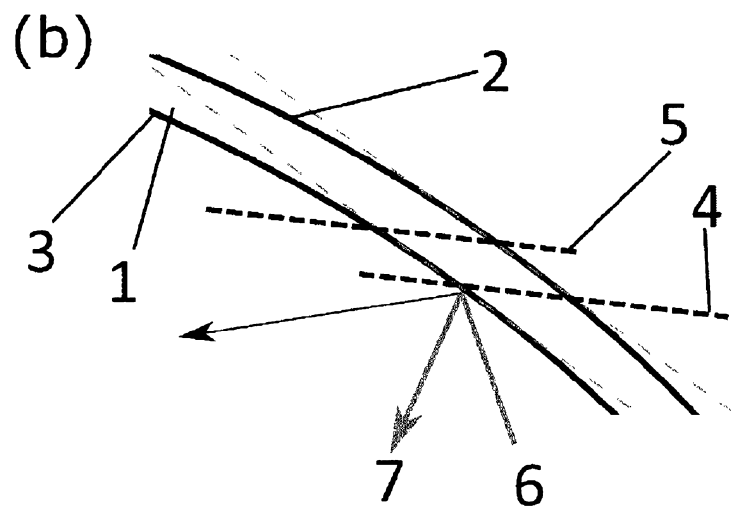


Fig. 8b

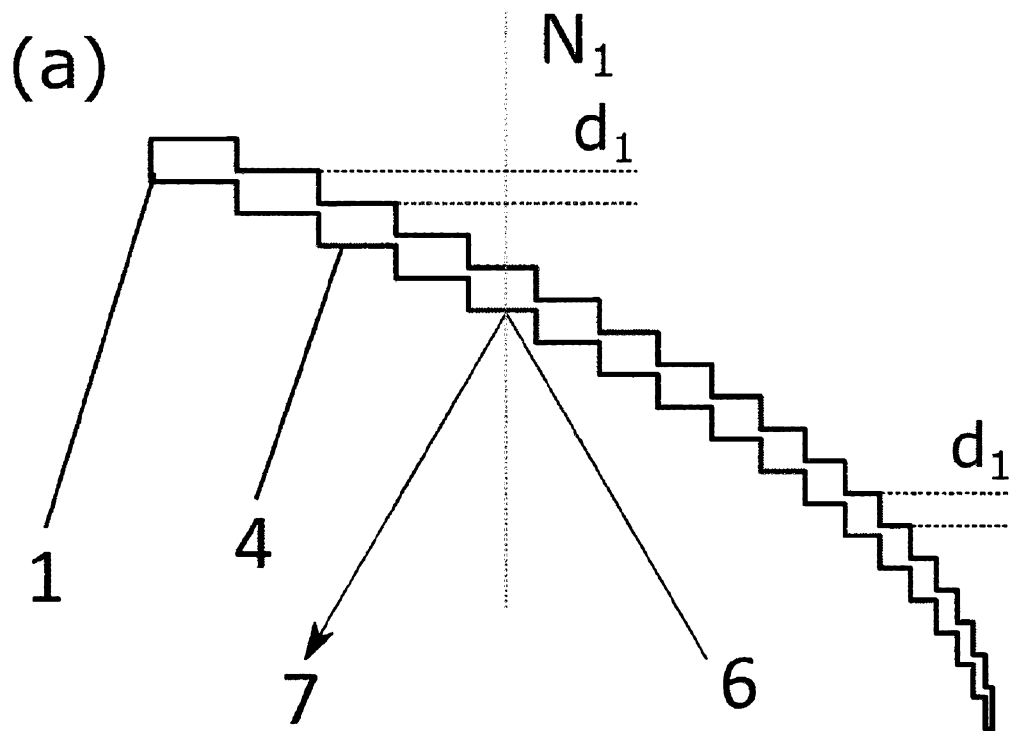


Fig. 9a

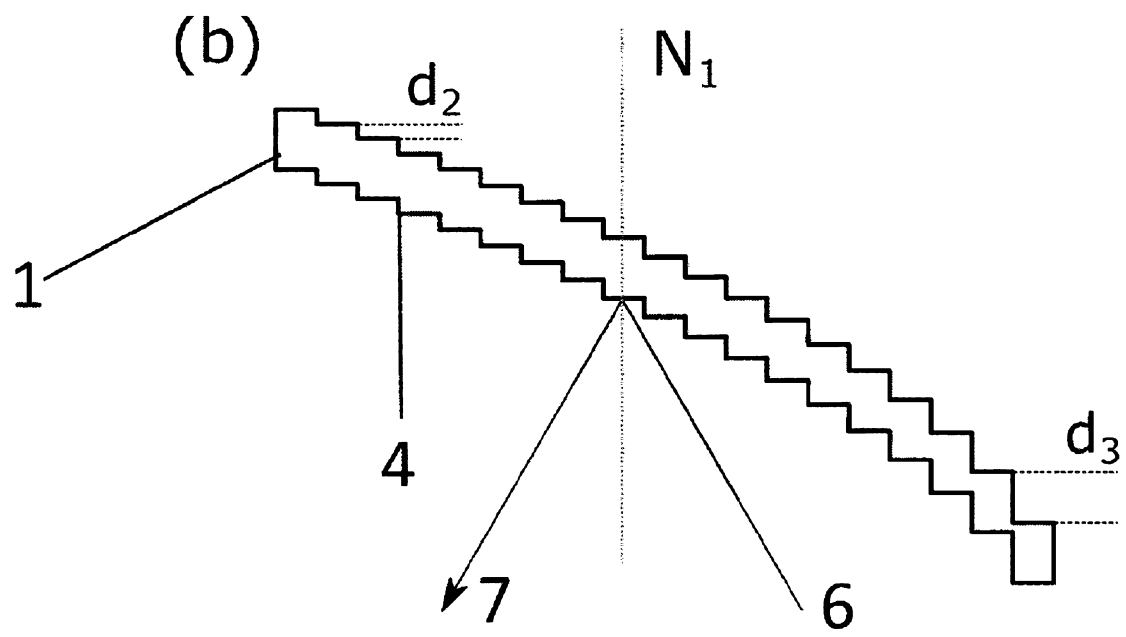


Fig. 9b

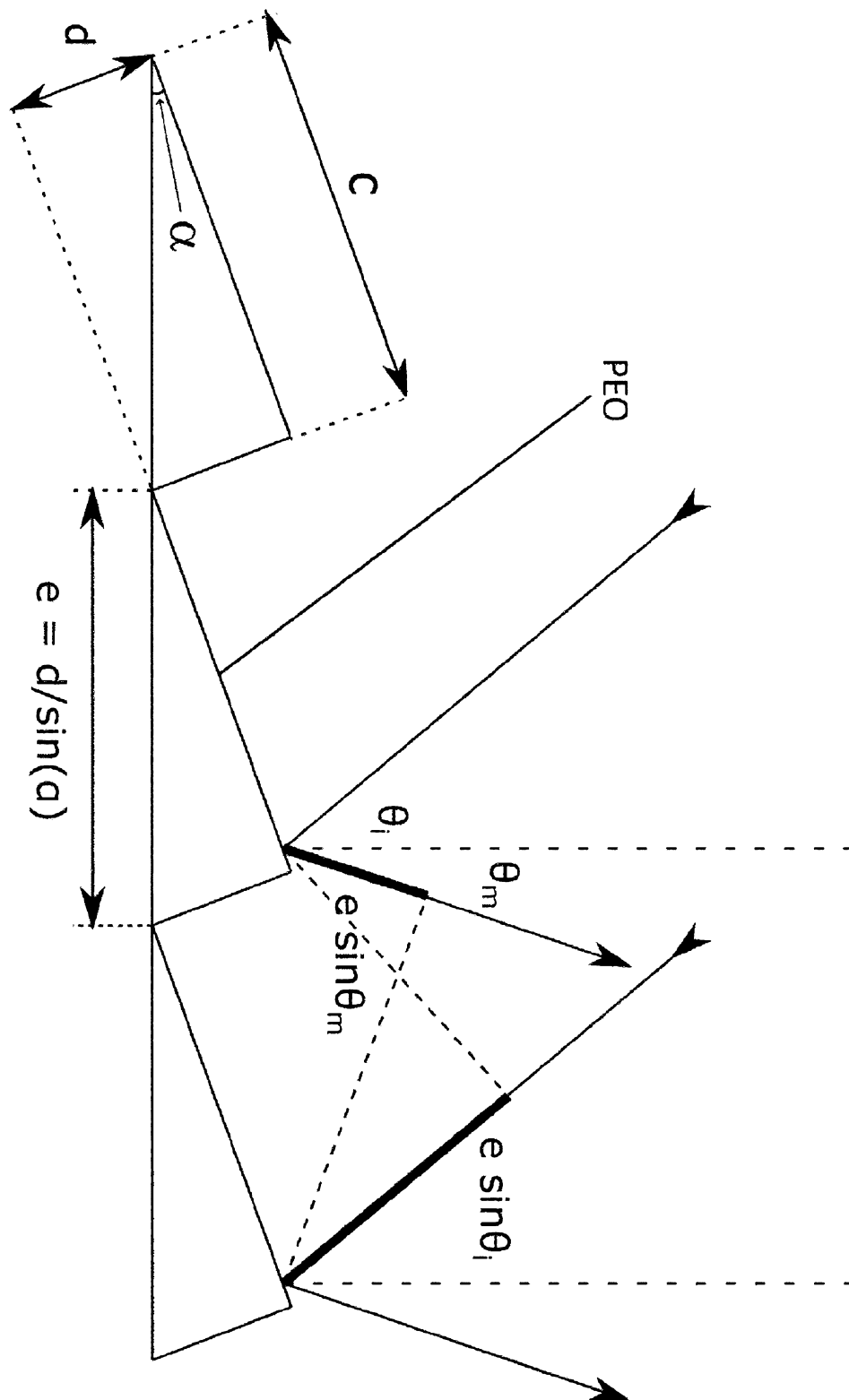


Fig. 10

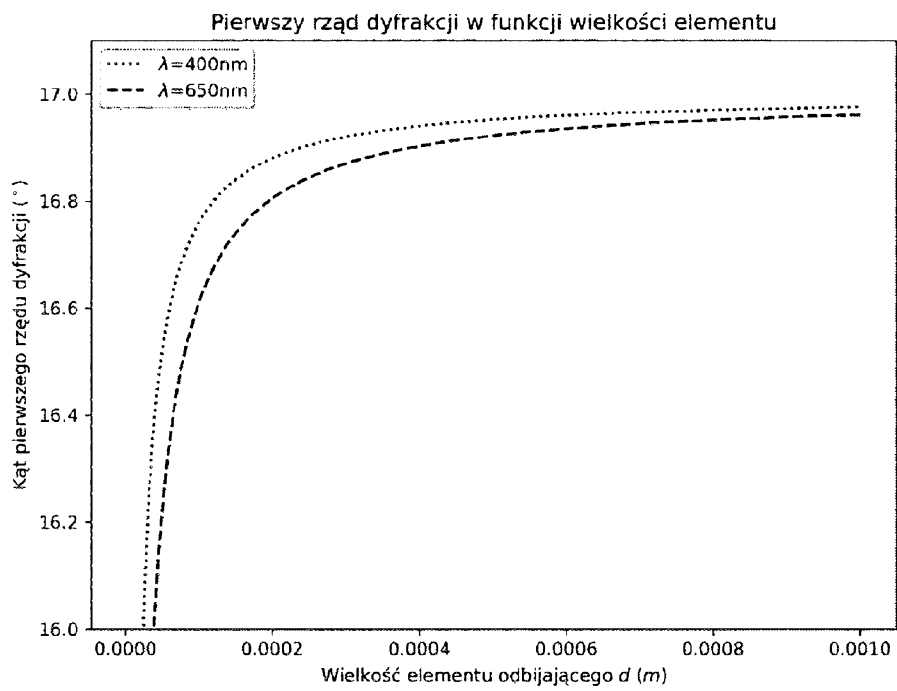


Fig. 11

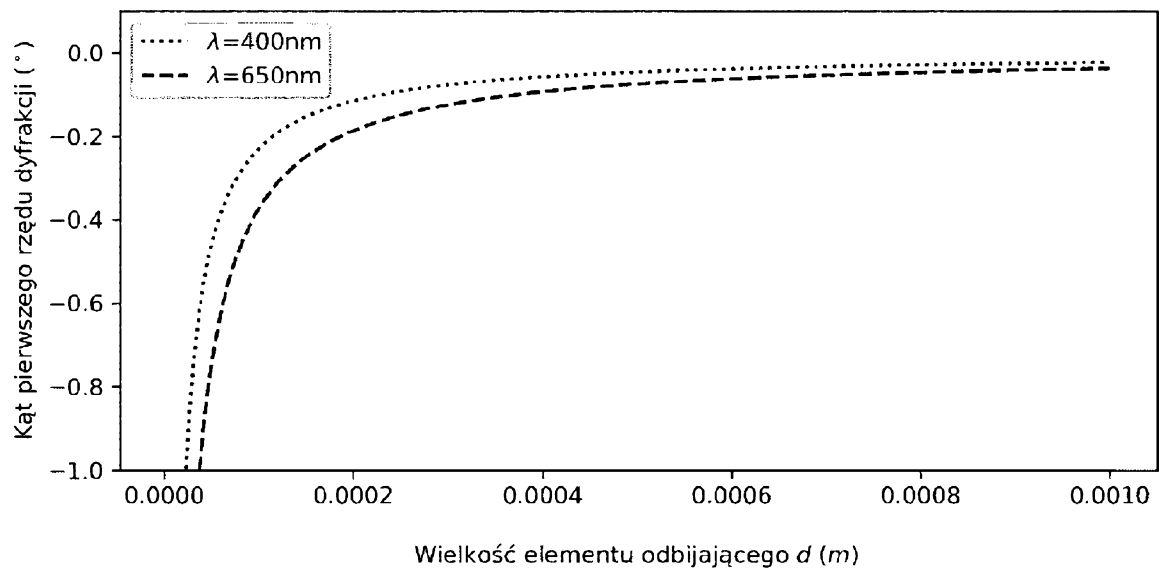


Fig. 12a

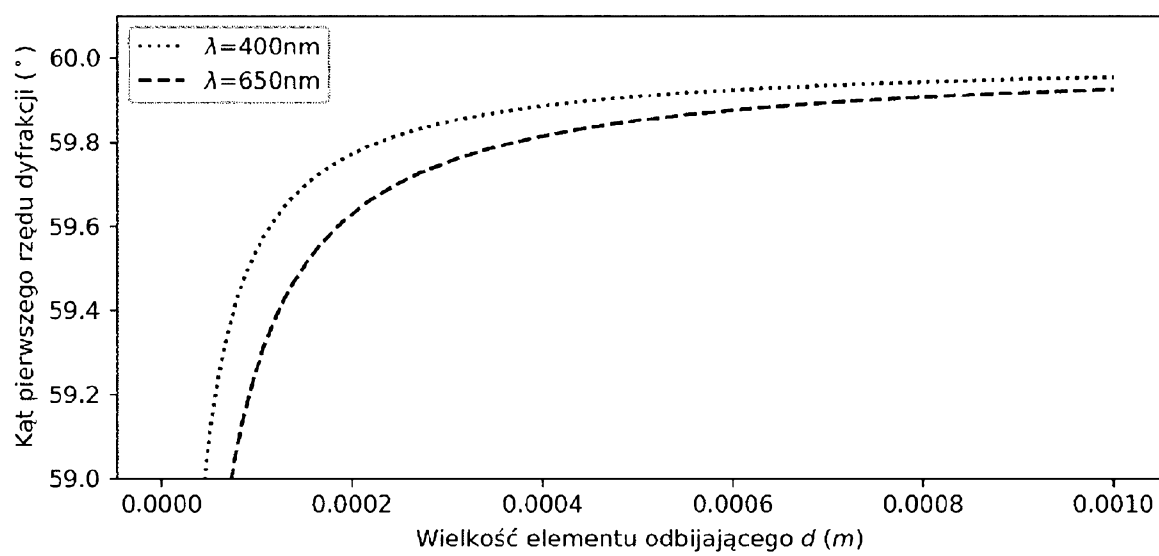


Fig. 12b