

Koordinator plamkowy – zasada działania oraz podstawy konstrukcji



Foto: archiwum Aurora

MATEUSZ GRZESIK

Student III roku studiów I stopnia na kierunku „Zastosowania Fizyki w Biologii i Medycynie – Optyka Okularowa i Optometria” na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego
Członek Polskiego Towarzystwa Optometrii i Optyki
Członek Polskiego Stowarzyszenia Soczewek Kontaktowych

Streszczenie

Celem pracy jest zaprezentowanie zasady działania oraz podstaw konstrukcji koordynatora plamkowego używanego w terapii widzenia, a w szczególności w wykrywaniu i terapii ekscentrycznej fiksacji. Urządzenie to wykorzystuje zjawisko entoptyczne Haidingera, polegające na postrzeganiu przez pacjenta „miotłki” bądź „szczotki” dzięki spolaryzowanemu liniowo światłu w punkcie, na który fiksuje obszar plamki żółtej. Urządzenie posiada źródło światła, obracający się polaryzator oraz filtr ułatwiający zaobserwowanie zjawiska. Dzięki temu, prezentując pacjentowi konkretny punkt fiksacji, można określić, czy występuje u niego ekscentryczna fiksacja, a w dalszej kolejności ćwiczyć, by pacjenta z niej wyprowadzić. Zaprezentowane zostały fizyczne podstawy działania koordynatora, takie jak polaryzacja światła oraz mechanizm powstawania zjawiska Haidingera. Zaprezentowano, w jaki sposób można zbudować takie urządzenie, by prowadzić terapię widzenia pacjentów z ekscentryczną fiksacją.

Wstęp

Urządzenia do terapii widzenia często są drogie i trudno dostępne. Nic nie stoi jednak na przeszkodzie, by niektóre z prostszych lub nawet bardziej skomplikowanych urządzeń i akcesoriów wykonać samodzielnie. Niezbędna do tego jest wiedza o konkretnych parametrach widzenia pacjenta, które chcemy usprawnić, wiedza na temat podstaw fizjologicznych i anatomicznych zjawisk wykorzystywanych w danym urządzeniu lub akcesorium do terapii oraz pomysł i projekt urządzenia. W tym artykule postaram się przybliżyć wszystkie te aspekty.

Ekscentryczna fiksacja

Problemy z widzeniem obuocznym mogą dotyczyć każdej osoby – zarówno dziecka, jak i dorosłego. Do sensorycznych procesów adaptacyjnych w zezie zaliczamy m.in. ekscentryczną fiksację. Wówczas, przy patrzeniu jednoocznym na konkretny punkt przestrzeni przedmiotowej, pacjent nie kieruje na niego dotęczką, a inny obszar siatkówki. Innymi słowy, sytuacja taka powstaje, gdy oś widzenia nie łączy punktu fiksacji z obszarem dotęczkowym. Fiksacja może być niestabilna – wtedy pacjent „przeskakuje”, fiksując różnymi miejscami siatkówki, z momentami fiksacji dotęczkowej lub cały czas fiksując wokół „fałszywej plamki”. Ekscentryczna fiksacja

Abstract

The main purpose of this work is to present the principles of action and the basics of construction of the device, which is used in a vision therapy, especially in finding and treating the eccentric fixation – the macula coordinator. This device uses the entoptic Haidinger phenomenon, which consist on perceiving by a patient a “brush”, through a linear polarized light in point, where the macula is fixing. Device has a light source, a rotating polarizer and a filter that simplifies perceiving the phenomenon. Due to that, when presenting to a patient exact point on which he is supposed to fix on, it is possible to determine if the eccentric fixation is present, and as a second step implementing the exercises, which are supposed to eliminate it. There have been presented the physical basics of coordinator’s operation, such as light polarization and mechanism of arising Haidinger’s phenomenon. It has been unveiled how to build that kind of device, in order to conduct therapy among patients with the eccentric fixation.

może współistnieć z innymi stanami adaptacyjnymi do zez, takimi jak niedowidzenie (ambliopia), tłumienie (supresja) lub anomalna korespondencja siatkówkowa. Przy fiksacji pozadołęczkowym obszarem siatkówki pacjenci mają obniżoną ostrość wzroku i jest to związane z rozkładem czopków w siatkówce. Jeśli występuje niedowidzenie, to umieszczenie przed okiem niedowidzącym przestony typu „pinhole” nie spowoduje poprawy ostrości wzroku, w przeciwieństwie do sytuacji, kiedy ostrość jest obniżona na skutek nieskorygowanej wady wzroku, przy prawidłowym stanie fizjologicznym oka oraz sprawnych mechanizmach neurologicznych odpowiedzialnych za widzenie.

Polaryzacja światła widzialnego

Jedną z metod diagnozowania nieprawidłowej fiksacji oraz prowadzenia jej terapii jest metoda wykorzystująca zjawisko polaryzacji światła. Światło, które jest falą elektromagnetyczną, posiada dwa składowe wektory – elektryczny oraz magnetyczny. Wektor pola elektrycznego fali elektromagnetycznej jest tą składową światła, którą jest w stanie zarejestrować oko ludzkie oraz właśnie ta składowa podlega zjawisku polaryzacji. W tym przypadku interesować nas będzie polaryzacja liniowa, którą opiszę poniżej [1].

Wyobraźmy sobie składową elektryczną światła jako długopis upuszczany na kratkę od studzienki odprowadzającej wodę z ulicy. Jeśli upuścimy długopis na kratkę, mamy dwie możliwości – albo upadnie wzdłuż prętów kratki i przeleci przez nią, albo upadnie w inny sposób i zatrzyma się na kratce. Jeśli będziemy stale rzucać dużą ilość długopisów na kratkę – czyli będziemy „oświetlać” światłem – to wszystkie długopisy, które mają położenie „wzdłuż” prętów przeleczą przez kratkę, a wszelkie inne zostaną zatrzymane. Kratka w naszym małym eksperymencie myślowym będzie polaryzatorem – filtrem, który przepuszcza jedynie konkretne ustawienie kierunku wektora elektrycznego fali elektromagnetycznej (z pewną tolerancją), a zatrzymuje inne.

Światłem niespolaryzowanym nazywamy taką falę świetlną, która spełnia dwa warunki. Pierwszy z nich jest następujący: natężenie światła po przejściu przez polaryzator musi być niezależne od orientacji kierunku polaryzatora leżącego w płaszczyźnie prostopadłej do kierunku wektora propagacji fali świetlnej padającej na polaryzator. Aby sformułować drugi warunek, rozłożmy wektor elektryczny fali elektromagnetycznej na dwie składowe w układzie kartezjańskim X, Y . Składową wektora elektrycznego o kierunku zgodnym z osią X oznaczymy jako $u_x(P,t)$, a składową zgodną z osią Y oznaczymy $u_y(P,t)$. P jest punktem obserwacji składowej elektrycznej wektora (odpowiednio X lub Y) w chwili t . Drugi warunek stwierdza, że $u_x(P,t)$ i $u_y(P,t)$ są nieskorelowane w czasie, to jest $\langle u_x(P,t+\mu)u_y^*(P,t) \rangle = 0$ dla wszystkich orientacji osi X, Y i dla wszystkich opóźnień μ , gdzie nawiasy kątowne oznaczają operację uśredniania czasowego [2].

Jeśli składowa elektryczna fali elektromagnetycznej oscyluje w jednym wyróżnionym kierunku, światło jest spolaryzowane liniowo, a wektor tych składowych nazywamy płaszczyzną drgań lub płaszczyzną oscylacji, w odróżnieniu od płaszczyzny polaryzacji, która odnosi się do wektora pola magnetycznego [1].

Polaryzacji ulega również światło odbite od dielektrycznego ośrodka przezroczystego, padające na ośrodek pod kątem Brewstera – w tym przypadku światło przechodzące oraz odbite są spolaryzowane prostopadle względem siebie. Wynika to ze zjawiska, które opisowo można ująć w taki sposób, że wektor elektryczny fali, który oscyluje w płaszczyźnie kierunku padania fali na dielektryk, przechodzi w ośrodek dielektryka, z kolei część światła z oscylacjami wektora elektrycznego prostopadłymi do płaszczyzny padania zostaje „odbita”. Każde odchylenie od kąta Brewstera powoduje zmniejszenie procentowej polaryzacji padającej na ośrodek fali elektromagnetycznej – wtedy światło odbite jest częściowo spolaryzowane. Kąt Brewstera określa się wzorem [1,3,4]:

$$\tan \varepsilon_p = \frac{n_1}{n_2} \text{ dla } n_1 < n_2$$

gdzie:

- ε_p – kąt padania światła na powierzchnię dielektryka,
- n_1 – współczynnik załamania ośrodka,
- n_2 – współczynnik załamania dielektryka.

Jeśli światło odbija się od dielektrycznego ośrodka nieprzezroczystego, również może ulegać polaryzacji, przy czym promień wchodzący zostaje pochłonięty przez ośrodek. Analogicznie, polaryzacji ulega część światła przechodząca przez dielektryk przezroczysty. Przy przejściu przez wiele płytek wykonanych z takiego dielektryka, światło przechodzące, które ulega załamaniu, posiada wysoki stopień polaryzacji liniowej [3,4].

Inną metodą polaryzacji światła jest polaryzacja przez rozpraszanie. Gdy wiązka światła przechodzi przez zawiesinę małych cząsteczek, to światło odbite na boki będzie falą częściowo spolaryzowaną liniowo. Dzieje się tak, ponieważ cząsteczki, które pochłaniają światło, nie mogą emitować go w kierunku własnych drgań, gdyż światło jest falą poprzeczną, a nie podłużną. Polaryzacja światła jest tym większa, im bardziej rozmiary cząsteczek są zbliżone do długości fali świetlnej. Zjawisko to można zaobserwować, obracając polaryzator skierowany na niebo. Można wówczas zauważyć, że w niektórych położeniach polaryzatora przechodzi przez niego mniej światła – oznacza to, że światło jest częściowo spolaryzowane i jest zatrzymywane bądź przepuszczane przez obracany polaryzator, w zależności od jego położenia [1].

Światło spolaryzowane można uzyskać również dzięki selektywnej absorpcji, którą charakteryzują się np. kryształy turmalinu wykazujące dichroizm, czyli różną zdolność do pochłaniania światła o różnej polaryzacji. Światło niespolaryzowane padające na płytkę wykonaną z kryształu wykazującego dichroizm jest rozdzielane na dwie liniowo spolaryzowane wiązki, z których jedna jest absorbowana przez płytkę, a druga przepuszczana. Dichroizmem odznacza się również wiele innych materiałów, w tym np. folie z dodatkiem cząstek jodu, nazywane polaroidami [1,4,5].

Światło ulega polaryzacji również podczas przechodzenia przez ośrodek anizotropowy, który wykazuje dwójtomność. Powstałe promienie – zwyczajny i nadzwyczajny – są promieniami spolaryzowanymi liniowo, prostopadle do siebie [2,4]. Dwójtomność może być wywołana anizotropią orientacji atomów lub cząsteczek w układzie. Poza kryształami anizotropowymi, wykazują ją również tkanki biologiczne, w których struktury molekularne posiadają określoną orientację oraz gęste upakowanie. Jedną z tych tkanek jest rogówka znajdująca się w oku. Miarą dwójtomności (D) jest różnica współczynników załamania promieni nadzwyczajnego i zwyczajnego [1]:

$$D = n_n - n_z$$

Prawo Malusa określa, ile padającego światła spolaryzowanego przechodzi przez polaryzator w zależności od kierunku polaryzacji polaryzatora i kierunku drgań fali. Opisuje się je wzorem [1,3,4]:

$$\theta = \theta_0 \cdot \cos^2 \alpha$$

gdzie:

θ – strumień światła przechodzącego,

θ_0 – strumień światła przechodzącego przy zgodnych kierunkach polaryzacji polaryzatora i oscylacji składowej elektrycznej fali świetlnej,

α – kąt między kierunkami polaryzacji polaryzatora a płaszczyzną oscylacji fali świetlnej.

Zjawisko Haidingera

Figura Haidingera (miotętka, szczotka Haidingera) to zjawisko entopyczne powstające podczas obserwacji światła spolaryzowanego. Figura ta ma kształt „klepsydry” bądź „paska”, który ma kolor bladociemny oraz prostopadłych do niego, bladoniebieskich obszarów. Żółta część figury ma niewyraźne końce przypominające kształtem szczotkę bądź miotłkę, stąd zjawisko nazywane bywa szczotką lub miotłką Haidingera. Rozmiar kątowy tego zjawiska jest określany w przybliżeniu na trzy stopnie [6,7,8,9,10].

Efekt ten może wynikać z rozmieszczenia w plamce żółtej cząsteczek karotenoidów, które wykazują dichroizm. Część z cząsteczek tych barwników jest ułożona prostopadle do włókien Henlego – promieniście rozchodzących się z dołeczka wydłużonych segmentów wewnętrznych czopków. Słaba widoczność szczotki Haidingera spowodowana jest niewielką ilością cząsteczek barwnika, które są prostopadle do włókien Henlego. Barwniki te wykazują maksymalną absorpcję światła o długości fali 458 nm, co w przybliżeniu odpowiada długości fali światła spolaryzowanego, dla której wykazuje się maksymalną intensywność w postrzeganiu szczotki Haidingera [6].

Inne źródła sugerują, że zjawisko to jest związane z transmisją światła padającego skośnie (zgodnie z prawem Fresnela) na czopki wrażliwe na światło niebieskie, ze względu na ich szczególne rozmieszczenie, podczas gdy cząstki barwników są odpowiedzialne za dynamikę zjawiska. Niebieski filtr kobaltowy o przepuszczalności od 300 nm do 500 nm, przy maksymalnej transmisji dla 380 nm, poprawia widoczność tego zjawiska poprzez zwiększenie kontrastu. Dla filtrów odcinających długości fali poniżej 500 nm, szczotka Haidingera przestawała być widoczna, bez względu na poziom jasności tła. W związku z tym wydaje się, że receptory światła niebieskiego odgrywają główną rolę w powstawaniu zjawiska Haidingera [7].

Ze względów praktycznych, najważniejsze w terapii ekscentrycznej fiksacji jest zastosowanie odpowiedniego filtra, który umożliwi jak najwyraźniejsze zaobserwowanie zjawiska. Dalej przejdziemy do konstrukcji urządzenia, które wykorzystuje powyżej opisane zjawiska do diagnozy i terapii ekscentrycznej fiksacji.

Materiały i metody

Diagnostyka i terapia ekscentrycznej i niestabilnej fiksacji przy użyciu koordynatora

Koordinator plamkowy w swoim działaniu wykorzystuje polaryzację, która jest własnością fali elektromagnetycznej oraz zjawisko Haidingera, które wynika z anatomii siatkówki oka i jest zjawiskiem entoptycznym. Pacjent, obserwując różne płytki z naniesionymi punktami fiksacyjnymi bądź innymi wzorami, postrzega również miotłkę Haidingera. Jeśli fiksując jednocześnie na punkt fiksacyjny pacjent widzi miotłkę pokrywającą się z tym punktem, jest niewielkie prawdopodobieństwo występowania ekscentrycznej fiksacji. Jeśli pacjent lokalizuje miotłkę w innym miejscu niż punkt fiksacji – fiksacja jest ekscentryczna, ponieważ plamka, w której powstaje miotłka, nie jest skierowana na punkt fiksacji.

Podstawową procedurą terapeutyczną jest użycie koordynatora, płytki z punktem fiksacyjnym oraz ostro zakończony wskaźnik. Jeśli pacjent postrzega lewym okiem miotłkę np. 3 mm przesuniętą w stronę prawą, oznacza to, że fiksuje na kropkę częścią siatkówki położoną skroniowo od dołka środkowego plamki żółtej. Należy wówczas umieścić wskaźnik w miejscu odsuniętym na 3 mm w przeciwną stronę od kropki, tak by na kropce pojawiła się miotłka. Następnie przesuwamy wskaźnik powoli w kierunku kropki, instruując pacjenta, by starał się cały czas utrzymywać miotłkę na kropce. Na początku miotłka może mieć tendencję do „uciekania” z kropki. Należy wtedy przesunąć wskaźnik z powrotem, tak by miotłka wróciła na kropkę, i ponowić ćwiczenie. Ćwiczenia należy powtarzać do momentu osiągnięcia przez pacjenta fiksacji dołeczkowej.

Budowa koordynatora plamkowego

Koordinator plamkowy, w największym uproszczeniu, to matryca oświetleniowa, przed którą znajduje się obrotowy polaryzator liniowy. Możliwe jest dołożenie przed polaryzatorem dodatkowego filtra niebieskiego, o konkretnym paśmie transmisji światła, oraz płytek z bodźcami do fiksacji. Zamiast filtra niebieskiego wstawianego do urządzenia, można zastosować okulary, w których jest możliwość okluzji jednego oka, i włożyć niebieski filtr przed oko ćwiczące.

Prototyp koordynatora został oparty na trzech głównych elementach – macierzy jednostki oświetleniowej, jednostki napędowej zawierającej silnik oraz polaryzatora w oprawie i obudowie z układem elektrycznym.

W zaproponowanym przeze mnie urządzeniu jednostka oświetleniowa została oparta na diodach LED 12V w technologii SMD z chipami 7020 wraz z fabrycznie wlutowaną diodą Zenera. Temperatura barwowa światła dawana przez diody wynosi około 6500K, o podawanej przez producenta wydajności 120 lumenów na wat. Łącznie macierz zawiera 60 diod, które dają około 18–20W mocy. Diody zostały równomiernie rozmieszczone na płytce z pleksi o wymiarach 10x10 cm i połączone. Tak powstała macierz została dodatkowo od strony świecenia przykryta mleczną pleksi w celu zapewnienia równomiernego oświetlenia oraz zmniejszenia intensywności światła.

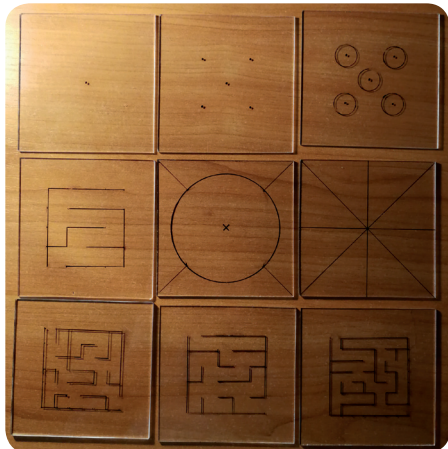
Jednostka napędowa została oparta na konstrukcji „klatkowej”: koło pasowe z polaryzatorem zostało umieszczone między dwiema płytkami wykonanymi ze sklejki drewnianej ze stosownymi otworami (mniejszymi niż średnica koła pasowego). Całość zawiera dodatkowe dwie płytki ze sklejki, które posiadają kołowy otwór, w którym obraca się koło z polaryzatorem, a także dodatkowe otwory boczne na cztery łożyska kulkowe i wycięcie na wyprowadzenie paska napędowego. Koło polaryzatora opiera się na łożyskach i w taki sposób minimalizuje tarcie. Łożyska są zamocowane na kołkach, które przechodzą przez ich środki tak, że łożyska mają swobodną możliwość obrotu dookoła własnej osi. Silnik napędowy posiada napięcie maksymalne 12V i prędkość obrotową 2700rpm. Do trzpienia silnika dołączono drugie koło pasowe. Średnice kół pozwalają przy maksymalnym obciążeniu silnika uzyskać prędkość obrotową polaryzatora nawet do trzech obrotów na sekundę, co przy obserwacji szczotki Haidingera jest wartością w zupełności wystarczającą, co zostało potwierdzone obserwacjami działania urządzenia.

Ostatnimi elementami są obudowa oraz układ elektroniczny. Obudowa prototypu została wykonana ze sklejki tak, by w razie potrzeby i ewentualnych modyfikacji dokonać w prosty sposób jej demontażu. W prototypie zastosowano osobny włącznik oświetlenia i jednostki napędowej oraz osobną regulację jasności oświetlenia i prędkości silnika. Do kontroli jasności posłużył dedykowany układ elektryczny 12/24V, który pozwala regulować jasność od maksymalnej do zerowej w sposób liniowy za pomocą potencjometru. Podobny układ znalazł zastosowanie w regulacji napięcia na silniku, czyli jego prędkości obrotowej. Całość jest zasilana zasilaczem stabilizowanym o mocy 25W, 2,1A, 12V.

Osobną kategorią konstrukcyjną będą zastosowane filtry oraz tabliczki fiksacyjne. W prototypie zastosowano filtry LEE „Ultimate Violet”, który posiada maksimum transmitancji dla światła o długości 450 nm oraz 700 nm oraz „Tokyo Blue”, który posiada maksimum transmitancji dla światła o długości 430 nm. Szczotka Haidingera jest widoczna przez oba fil-

try, z lekką przewagą intensywności przy filtrze „Ultimate Violet”. Należy również zwrócić uwagę na źródło światła, które daje w większości światła o barwie niebieskiej, a w mniejszym stopniu czerwonej, dzięki czemu zapewnione są optymalne warunki do obserwacji szczotki Haidingera.

Tabliczki fiksacyjne zostały wykonane z pleksi, a wzory naniesiono wodoodpornym pisakiem. Na tabliczkach znalazły się: pojedyncza kropka, pięć kropek rozłożonych symetrycznie w osi X i Y, pięć kropek z kółkami dookoła nich oraz labirynty do przeprowadzania przez nie śmigielka z użyciem wskaźnika, o rosnącym stopniu trudności.



Fot. 1. Przedstawienie płytek fiksacyjnych

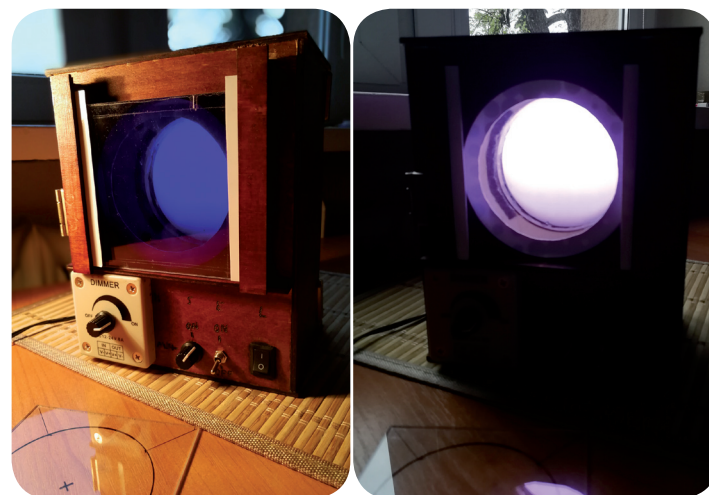
Wyniki z dyskusją

W ramach eksperymentu udało się zbudować działający i funkcjonalny prototyp koordynatora plamkowego, opierający się na LEDowej matrycy oświetleniowej, z jednostką napędową z obracającym się polaryzatorem i silnikiem na prąd stały oraz elementami elektronicznymi sterującymi pracą urządzenia, obudową, filtrami barwnymi oraz płytkami fiksacyjnymi. Konstrukcja taka jest uzasadniona czułością oka ludzkiego na polaryzację w obszarze plamkowym. Koordynator można wykorzystać w terapii ekscentrycznej fiksacji, ale również w badaniach przesiewowych dysfunkcji centralnego pola widzenia, takich jak wrodzone anomalie plamki żółtej czy niektóre formy ślepoty barw. Współzależność pomiędzy niską gęstością barwnika w plamce żółtej oraz ryzyka rozwoju AMD oznacza, że testy oparte na polaryzacji mogą być potencjalnie prostymi metodami pozwalającymi na wychwytywanie osób będących w grupie zwiększonego ryzyka zachorowania na AMD oraz na monitorowanie postępu schorzenia [6].

Wnioski

Budowa urządzenia, jakim jest koordynator plamkowy, jest złożona, jeśli weźmiemy pod uwagę część techniczną, jednak jeśli chodzi o zasadę działania, jest ona bardzo prosta. Po rozwiązaniu problemów zwią-

zanych z częścią techniczną i wykonaniem projektu oraz po znalezieniu bądź wytworzeniu odpowiednich części i podzespołów, otrzymujemy urządzenie, które może służyć do terapii widzenia pacjentów z problemami z ekscentryczną fiksacją oraz innymi zaburzeniami, jak schorzenia plamki żółtej. W projekcie należało uwzględnić wiele czynników, z czego najtrudniejsze było odpowiednie zwymiarowanie każdego elementu. Problem ten został z powodzeniem rozwiązany, a wymiary dobrane w taki sposób, by wszystkie elementy ruchome oraz stałe ze sobą współpracowały. Kolejnym problemem było dobranie odpowiednich podzespołów elektronicznych tak, by zapewnić jak najbardziej optymalne warunki do postrzegania zjawiska Haidingera, co udało się osiągnąć. Mimo trudności konstrukcyjnych udało się zbudować sprawne urządzenie, którego funkcjonalność można rozszerzać, na przykład projektując nowe płytki fiksacyjne.



Fot. 2, 3. Koordynator plamkowy z filtrem (2), bez filtra w ciemnym oświetleniu (3)

Foto: Autor

Piśmiennictwo:

1. J.R. Meyer-Arendt. *Wstęp do optyki*. Warszawa 1979, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, str. 237–262
2. J.W. Goodman. *Optyka statystyczna*. Warszawa 1993, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, str. 115–123
3. A. Sojecki. *Optyka*. Warszawa 1980, Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, str. 188–192
4. R. Józwicki. *Optyka instrumentalna*. Warszawa 1970, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, wydanie I, str. 250–268
5. T. Wagnerowski. *Optyka praktyczna*. Warszawa 1959, Państwowe Wydawnictwa Techniczne, wydanie I, str. 96–99
6. S.E. Temple et al. Perceiving polarization with the naked eye: characterization of human polarization sensitivity. *Proceedings of The Royal Society B* vol. 282, 2015, issue 1811
7. A. Le Floch et al. The polarization sense in human vision. *Vision Research* vol. 50, 2010, str. 2048–2054
8. G.P. Misson et al. Human perception of visual stimuli modulated by direction of linear polarization. *Vision Research* vol. 115, 2015, str. 48–57
9. M. Tscherning. *Physiologic Optics*. Philadelphia USA, 1904, The Keystone, str. 157
10. T. Grosvenor. *Optometria*. Wrocław 2011, Elsevier, str. 256

Dział „Optyka – nauka”: zapraszamy do współpracy!

Redakcja „Optyki”, realizując postulaty środowisk akademickich oraz organizacji reprezentujących środowiska optyków i optometrystów (KRIO, PTOO, ŚKA00i0), prowadzi dział „Optyka – nauka”. Przedsięwzięcie to ma na celu umożliwienie publikacji oryginalnych wyników badań naukowych przede wszystkim studentom, doktorantom oraz młodym pracownikom nauki. „Optyka” znalazła się na liście punktowanych czasopism naukowych Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego. **Za publikację w naszym czasopiśmie przyznawane są 2 punkty naukowe!** Nad merytorycznym poziomem nadsyłanych do druku prac czuwa Rada Naukowa dodatku „Optyka – nauka” w składzie:

- Prof. dr hab. **RYSZARD NASKRĘCKI** (Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu)
- Dr hab. inż. **D. ROBERT ISKANDER** (Politechnika Wrocławska)
- Prof. dr hab. **HENRYK KASPRZAK** (Politechnika Wrocławska)
- Prof. dr hab. **ANDRZEJ KOWALCZYK** (Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu)
- Dr hab. **MAREK KOWALCZYK-HERNÁNDEZ** (Uniwersytet Warszawski)
- Prof. dr hab. **BOGDAN MIŚKOWIAK** (Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu)

Rada korzystać będzie także z pomocy zewnętrznych recenzentów.

Wszelkie informacje na temat wymogów przygotowywania manuskryptów znajdują się na naszej stronie internetowej: www.gazeta-optyka.pl.