

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10)

PL 245407 B1

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **439803**

(22) Data zgłoszenia: **2021.12.10**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2023.06.12 BUP 24/2023**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2024.07.22 WUP 30/2024**

(51) MKP:

A61B 5/00 (2006.01)

A61B 5/05 (2021.01)

A61B 5/378 (2021.01)

A61N 5/06 (2006.01)

A61B 3/00 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

**UNIwersytet w Białymstoku,
Białystok, PL**

**Uniwersytet Medyczny w Białymstoku,
Białystok, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:

Krzysztof Szymański, Białystok, PL

Łukasz Łabieniec, Białystok, PL

Łukasz Lisowski, Wasilków, PL

**Małgorzata Natalia Mojsak,
Białystok, PL**

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Andrzej Rosa, Warszawa, PL

(54) Tytuł:

Wyświetlacz ze wzorem z podświetleniem krawędziowym do zastosowania w badaniu wzrokowym potencjałów wywołanych z jednoczesnym obrazowaniem metodą rezonansu magnetycznego

PL 245407 B1

Opis wynalazku

DZIEDZINA WYNALAZKU

Przedmiot wynalazku dotyczy wyświetlacza ze wzorem z podświetleniem krawędziowym do zastosowania w badaniu wzrokowych potencjałów wywołanych z jednoczesnym obrazowaniem metodą rezonansu magnetycznego (w skrócie MRI – od ang. *Magnetic Resonance Imaging*). Wyświetlacz sam w sobie może służyć jako narzędzie do badania wzrokowych potencjałów wywołanych, jednak ze względu na cechy konstrukcyjne, które sprawiają, że wyświetlacz jest zasadniczo niepodatny na działanie pól elektromagnetycznych, wyświetlacz jest szczególnie odpowiedni do badania wzrokowych potencjałów wywołanych z jednoczesnym obrazowaniem metodą rezonansu magnetycznego. Przedmiotem wynalazku jest również system zawierający wyświetlacz, który może ułatwić korzystanie z wyświetlacza w badaniu wzrokowych potencjałów wywołanych, także z jednoczesnym obrazowaniem metodą rezonansu magnetycznego.

TŁO WYNALAZKU

Wzrokowe potencjały wywołane (w skrócie WPW) obejmują aktywność elektryczną na skórze głowy wynikającą z bodźca wzrokowego i makroskopowej odpowiedzi elektrycznej powierzchniowej warstwy mózgu pod spodem. WPW mogą być używane do monitorowania stanu drogi wzrokowej, w tym siatkówki, nerwu wzrokowego, skrzyżowania nerwów wzrokowych, promienistości wzrokowych i kory potylicznej. Pierwsze sygnały WPW zarejestrowano w latach czterdziestych XX wieku [Nor15].

Sygnał WPW jest zależnością czasową różnicy potencjałów synchronizowaną z początkiem bodźca. W typowym sygnale WPW wywołanym migającym obrazem zarejestrowanym w rejonach potylicznych występują dwa krytyczne parametry: amplituda i latencja. Sygnał zdrowego pacjenta składa się z minimum z latencją około 75 ms (N1), maksimum z latencją około 100 ms (P1) i minimum z latencją około 135 ms (N2). Amplitudy reprezentują ilość informacji odbieranych przez korę wzrokową, podczas gdy latencje wskazują, jak długo sygnał elektryczny przebywał drogę od siatkówki do kory wzrokowej. Anomalie w sygnałach WPW są wykorzystywane do wykrywania fizjologicznych dysfunkcji drogi wzrokowej. W szczególności WPW stosuje się w neuropatii Lebera, neuropatii toksycznej, neuropatii niedoborowej, jaskrze, idiopatycznym nadciśnieniu śródczaszkowym, idiopatycznym zapaleniu nerwu wzrokowego bez choroby ogólnoustrojowej (nawracające izolowane zapalenie nerwu wzrokowego, przewlekła nawracająca neuropatia zapalna nerwu wzrokowego, jednorazowe izolowane zapalenie nerwu wzrokowego) oraz badaniach diagnostycznych chorób ogólnoustrojowych (choroba tkanki łącznej, choroba ziarniniakowa) [Too14], [Luo19], [Mar20]. Za pomocą WPW podczas zabiegów neurochirurgicznych na drodze wzrokowej chirurg jest w stanie usunąć nowotwór z dużą dokładnością bez uszkodzania funkcji nerwu wzrokowego. Z użyciem skanów rezonansu magnetycznego można zdiagnozować choroby nerwu wzrokowego, zanim u pacjenta rozwinie się pełne spektrum objawów. Dlatego można zastosować wcześniejsze leczenie farmakologiczne lub chirurgiczne, uzyskując lepsze efekty terapeutyczne [Hen05] [Arr13].

Synchronizacja początku rejestracji sygnału WPW z początkiem bodźca wzrokowego jest rzędu pojedynczych milisekund, technika WPW charakteryzuje się wysoką rozdzielczością czasową i stosunkowo niską rozdzielczością przestrzenną. W przeciwieństwie do tego, funkcjonalne obrazowanie metodą rezonansu magnetycznego (w skrócie fMRI od ang. *functional Magnetic Resonance Imaging*) zapewnia słabą czasową i wysoką (w zakresie milimetrów) rozdzielczość przestrzenną. Połączenie tych dwóch technik w trybie jednoczesnym ma tę zaletę, że umożliwia dostęp zarówno do korelatów fizjologicznych, jak i procesów nerwowych, umożliwiając badanie funkcji ludzkiego mózgu w wysokiej rozdzielczości zarówno czasowej jak i przestrzennej. W pierwszych próbach zastosowania tego typu kombinacji przeprowadzano oddzielne eksperymenty WPW i fMRI [Kas01], [Hen05]. Później wykazano, że możliwe są jednoczesne ciągłe rejestracje WPW – fMRI [Bec05]. Obrazowanie metodą funkcjonalnego rezonansu magnetycznego związanego ze zdarzeniami stało się techniką przydatną w badaniach hemodynamiki mózgu wywoływanej przez krótkie, rzadko następujące bodźce. Dlatego, jak wykazano powyżej, wygodna stymulacja bodźcami wzrokowymi połączona z dobrze kontrolowaną synchronizacją czasu jest ważna w neurologii, okulistyce i chirurgii oka.

W praktyce klinicznej WPW mierzy się jako różnicę potencjałów między dwiema elektrodami, gdzie jedną umieszcza się 2,5 cm nad zewnętrzną guzowatością potylicy na linii środkowej ciała, a drugą powyżej punktu środkowego szwu czołowego. Typowy sygnał WPW z migającym obrazem odnosi się do uśrednionych, synchronizowanych czasowo reakcji na bodźce wzrokowe wywołane obrazem

szachownicy, na którym białe pola są zastępowane czarnymi, a czarne białymi, z częstotliwością powtarzania około 2 na sekundę. Wielkość kątowna pól szachownicy podczas badania lekarskiego, szybkość odwracania, kontrast i luminancja białych i czarnych pól są znormalizowane [Odo16]. Ponieważ amplituda sygnału WPW mieści się w zakresie kilku miliwoltów, a amplituda szumu statystycznego jest zwykle dziesięciokrotnie wyższa; trzeba wykonać wiele powtórzeń i uśrednić by odfiltrować szum.

Jak wyraźnie dowiedziono powyżej, bodziec wzrokowy ma ogromne znaczenie i musi charakteryzować się tak zgodnymi ze standardami parametrami optycznymi jak i odpowiednią charakterystyką dynamiczną. Precyzyjna synchronizacja czasowa musi być wykonywana z dokładnością większą niż dziesiąte części milisekundy. Dla osiągnięcia takiego działania bodźców wizualnych wykorzystuje się różnego rodzaju ekrany komputerowe.

Ekrany komputerowe mogą służyć w technice WPW jako standardowe wyświetlacze umieszczone w odpowiedniej odległości od oczu. Jednak w przypadku jednoczesnego ich użycia z akwizycją fMRI, należy wziąć pod uwagę wpływ pól elektromagnetycznych systemu fMRI na wyświetlacz, począwszy od generowania artefaktów wizualnych do całkowitego uszkodzenia wyświetlacza, a także wpływ ekranu komputera na akwizycję sygnału w trakcie obrazowania fMRI.

STAN TECHNIKI

Dokonano wielu prób rozwiązania wspomnianego problemu interakcji pola elektromagnetycznego z urządzeniami zadającymi bodźce wzrokowe i wpływu ich elementów elektronicznych na zbieranie sygnału fMRI, które można podzielić na dwie główne kategorie:

- budowa urządzeń do bodźców wzrokowych niepodatnych na pola elektromagnetyczne systemów fMRI, oraz
- budowa systemów ekranujących dla niektórych części urządzeń bodźców wzrokowych.

Jeden przykład systemu ekranującego, który został zastosowany dla ochrony elementów elektronicznych, przedstawiono w zgłoszeniu patentowym US5864331A, w którym panel wyświetlacza i powiązane elementy elektroniczne są zamontowane blisko urządzenia obrazowania metodą rezonansu magnetycznego i zamknięte w puszce Faradaya.

Również w EP 1 887 932 B1 ujawnione jest urządzenie obrazowania metodą rezonansu magnetycznego z elementem wyświetlającym, w którym wyświetlacz zawiera mikroukład wyświetlacza wewnątrz klatki Faradaya.

W US4613820A ujawnione jest pomieszczenie ekranowane przed częstotliwościami radiowymi dla systemu obrazowania magnetycznego rezonansu jądrowego, które ma co najmniej jedną przewodzącą elektrycznie ścianę ekranującą odpowiednią objętość przylegającą do jednego końca otworu utworzonego przez magnes używany w obrazowaniu, w którym to otworze prowadzony jest proces obrazowania.

W zgłoszeniu patentowym DE10343721A1 ujawnione jest rozwiązanie, w którym bodziec wzrokowy wysyłany do oka pacjenta przez system endoskopowy. System endoskopowy umożliwia zmiany – powiększenie i/lub korektę obrazu. System przenoszenia obrazu z elementami elektrycznymi lub elektronicznymi jest chroniony przez ekranowanie przed promieniowaniem elektromagnetycznym.

Innym rozwiązaniem, w którym użyto zarówno ekranowania, jak i elementów niepodatnych na pola elektromagnetyczne, zaprezentowano w [Huk02], w którym bodźce wizualne pojawiają się na płaskim wyświetlaczu (multisynch LCD 2000; NEC, Itasca, IL) umieszczonym w klatce Faradaya z przewodzącym elektrycznie szkłem z przodu, umieszczonej w pobliżu stóp pacjenta. Wyświetlacz jest oglądany przez pacjenta przez lornetkę z parą ustawionych pod kątem lusterek umieszczonych tuż za dwoma obiektami.

Jeśli chodzi o systemy niepodatne na pola magnetyczne, które mogą być umieszczone w polu magnetycznym otworu obrazowania metodą rezonansu magnetycznego, jednym z przykładów jest US5877732A, w którym ujawniony jest system wizyjny i dźwiękowy umieszczony w polu magnetycznym otworu skanera obrazowania metodą rezonansu magnetycznego dla dostarczania pacjentowi obrazów przez system soczewek przekazujących i dostarczania dźwięku drogą niewrażliwą na pole magnetyczne układu obrazowania metodą rezonansu magnetycznego. Wynalazek zapewnia niemagnetyczne źródła wizyjne i głośniki dla wytwarzania odpowiednio obrazu i dźwięku, a także obejmuje pierwszy niemagnetyczny mechanizm generujący ekranowanie umieszczony w polu magnetycznym otworu do tworzenia obrazu wizyjnego.

Innym przykładem wyświetlacza, który może znajdować się w otworze skanera obrazowania metodą rezonansu magnetycznego, jest wyświetlacz oparty na organicznych diodach elektroluminescencyjnych (OLED), w którym zademonstrowano jego wydajność i kompatybilność ze skanerami obrazowania metodą rezonansu magnetycznego [Ko18].

Inną strategią dostarczania bodźców wzrokowych jest użycie światłowodów dostosowanych do niestandardowych okularów umieszczonych w polu widzenia osoby. Bodźcem mogą być błyski białego światła o odpowiednim natężeniu i czasie trwania, jak przedstawiono w [Arr13], a system może być używany razem z Cambridge Research System i układem do generowania światła.

W znanym podejściu technicznym czarno-biały wzór szachownicy był rzutowany od tyłu przez kolorowy projektor LCD, przez soczewkę kolimacyjną na ekran akrylowy, który można również umieścić wewnątrz magnesu obrazowania metodą rezonansu magnetycznego, bezpośrednio pod żuchwą osoby. Bodziec wzrokowy był następnie przenoszony przez lustro umieszczone pomiędzy i zorientowane pod kątem około 45° względem ekranu i linii wzroku osoby [Bon01].

Jak pokazano powyżej, elementy ekranujące wprowadzają złożoność konstrukcyjną do systemów obrazowania metodą rezonansu magnetycznego. Z drugiej strony, wyświetlacze, które nie są wrażliwe na pola elektromagnetyczne, wymagają również zastosowania zaawansowanych rozwiązań technicznych w systemach obrazowania metodą rezonansu magnetycznego. Dlatego istnieje potrzeba szukania prostych i niezawodnych rozwiązań, które dostarczałyby bodźców wzrokowych do stosowania zarówno z polami elektromagnetycznymi, jak i bez nich.

Dlatego celem niniejszego wynalazku jest ujawnienie konstrukcji wyświetlacza bodźców wizualnych, na działanie którego nie mają wpływu pola elektromagnetyczne, który jest mniej złożony strukturalnie, a przez to łatwy w utrzymaniu, użyciu i wytwarzaniu, wykazuje jednocześnie wymagane parametry obrazu i charakterystykę dynamiczną, a także precyzyjną synchronizację czasową.

Wyżej wymienione problemy zostały rozwiązane, a wymienione powyżej cele zostały osiągnięte dzięki niniejszemu wynalazkowi.

ISTOTA WYNALAZKU

Wynalazek zapewnia wyświetlacz ze wzorem z podświetleniem krawędziowym do stosowania w badaniu wzrokowych potencjałów wywołanych z jednoczesną akwizycją obrazowania metodą rezonansu magnetycznego, obejmujący:

- co najmniej dwie płyty, pierwszą płytę i drugą płytę, gdzie pierwsza płyta i druga płyta są przezroczystymi, wewnętrznymi odbijającymi płytami przepuszczającymi światło, przy czym pierwsza płyta i druga płyta ma dwie płaskie główne powierzchnie równoległe do siebie, oraz krawędzie;

- pierwsze źródło światła i drugie źródło światła rozmieszczone wzdłuż i optycznie sprzężone odpowiednio z krawędziami pierwszej płyty i krawędziami drugiej płyty;

- układ sterujący źródłem światła;

- wzór na pierwszej płycie naniesiony na co najmniej jedną główną powierzchnię pierwszej płyty, i wzór na drugiej płycie naniesiony na co najmniej jedną główną powierzchnię drugiej płyty, które są skonfigurowane tak, że wydobywają światło odpowiednio z pierwszej płyty i drugiej płyty;

- charakteryzujący się tym, że

 - wyświetlacz zawiera ponadto nieprzezroczystą tablicę tła;

 - przy czym pierwsza płyta i druga płyta są ułożone w stos na nieprzezroczystej tablicy tła, wszystkie z krawędziami ustawionymi obok odpowiednich swoich krawędzi, tworząc płytę wyświetlacza;

 - wzór na pierwszej płycie jest komplementarny wobec wzoru na drugiej płycie; oraz

 - pierwsze źródło światła jest rozmieszczone wzdłuż wszystkich krawędzi pierwszej płyty, a drugie źródło światła jest rozmieszczone wzdłuż wszystkich krawędzi drugiej płyty, i układ sterujący źródłem światła naprzemiennie zasila pierwsze źródło światła i drugie źródło światła tak, że światło jest dostarczane kolejno tylko do wszystkich krawędzi pierwszej płyty lub do wszystkich krawędzi drugiej płyty.

Korzystnie, wzór na pierwszej płycie i wzór na drugiej płycie są utworzone przez zmatowione, grawerowane części jednej głównej powierzchni pierwszej płyty i jednej głównej powierzchni drugiej płyty.

Korzystnie, wzór na pierwszej płycie i wzór na drugiej płycie są wzorami szachownicy.

Korzystnie, element skupiający wzrok jest umieszczony pośrodku pierwszej płyty i drugiej płyty.

Korzystnie pierwsza płyta i druga płyta są wykonane z bezbarwnego materiału.

Korzystnie, pierwsze i drugie źródło światła, nieprzezroczysta tablica tła i element skupiający wzrok wykazują kontrast kolorystyczny między sobą.

Korzystnie, pierwsza płyta, druga płyta i tablica tła są prostokątne o współczynniku kształtu 4:3.

Korzystnie, układ sterujący źródłem światła zawiera system wyzwalający, który uruchamia działanie pierwszego źródła światła i/lub drugiego źródła światła i zapewnia regulację opóźnienia pierwszego źródła światła i/lub drugiego źródła światła.

Korzystnie, układ sterujący źródłem światła naprzemiennie zasila pierwsze źródło światła i drugie źródło światła przy użyciu sygnału prostokątnego o częstotliwości 2 Hz.

Korzystnie, układ sterujący źródłem światła zawiera system regulacji natężenia światła, który oddzielnie reguluje natężenie pierwszego źródła światła rozprawdzanego wzdłuż i optycznie sprzężonego z krawędziami pierwszej płyty i drugiego źródła światła rozprawdzanego wzdłuż i optycznie sprzężonego z krawędziami drugiej płyty.

Korzystnie, wzór na pierwszej płycie i wzór na drugiej płycie są wzorami szachownicy o wymiarach 40 cm na 30 cm podzielonej na 20 na 14 prostokątnych pól lub o wymiarach 39 cm na 29 cm podzielonej na 78 na 58 prostokątnych pól.

Korzystnie, element skupiający wzrok jest kropką o średnicy 7 mm umieszczoną w narożach czterech prostokątnych pól wzoru szachownicy, które znajdują się pośrodku pierwszej płyty i drugiej płyty.

Wynalazek zapewnia również system do zastosowania w badaniu wzrokowych potencjałów wywołanych z jednoczesną akwizycją obrazowania metodą rezonansu magnetycznego, charakteryzujący się tym, że zawiera:

- wyświetlacz ze wzorem z podświetleniem krawędziowym według wynalazku;
- elementy odbijające do dostarczania obrazu z ekranu wyświetlacza do oka pacjenta;
- układ sterujący systemu.

SZCZEGÓŁOWY OPIS WYNALAZKU

Wynalazek zapewnia wyświetlacz ze wzorem z podświetleniem krawędziowym do zastosowania w badaniu wzrokowych potencjałów wywołanych z jednoczesną akwizycją obrazowania metodą rezonansu magnetycznego. Wyświetlacz według wynalazku może być również używany jako samodzielny element do zastosowania w badaniu wzrokowych potencjałów wywołanych. Jednak wyświetlacz według wynalazku, ze względu na swoje cechy konstrukcyjne, które są zasadniczo niepodatne na pola elektromagnetyczne, jest przeznaczony do stosowania zwłaszcza przy jednoczesnym obrazowaniu metodą rezonansu magnetycznego.

Wyświetlacz według wynalazku można opisać jako składający się z jednostki niepodatnej na pola elektromagnetyczne i jednostki wrażliwej na pola elektromagnetyczne. Jednostką niepodatną na pola elektromagnetyczne jest ekran wyświetlacza, a jednostką wrażliwą na pola elektromagnetyczne jest układ sterujący źródłem światła. Te dwie jednostki są połączone kablem, który jako taki musi być również niepodatny na pola elektromagnetyczne, najlepiej kablem ekranowanym. Kabel stanowi zatem część ekranu wyświetlacza i/lub układów sterujących źródłem światła. Należy przez to rozumieć, że kabel jako taki jest przykładem środków łączących w dowolnym urządzeniu, w tym przypadku wyświetlaczu, tak więc z tego powodu według wynalazku można używać dowolnych środków, które łączą ekran wyświetlacza z układami sterującymi źródłem światła.

Ekran wyświetlacza zawiera co najmniej dwie tablice wyświetlające, to znaczy co najmniej pierwszą tablicę wyświetlającą i drugą tablicę wyświetlającą oraz nieprzezroczystą tablicę tła.

Ogólnie rzecz biorąc, tablica wyświetlająca zawiera płytę, która jest przezroczystą, wewnętrznio odbijającą płytą przepuszczającą światło, oraz źródło światła. Oznacza to, że pierwsza tablica wyświetlająca zawiera pierwszą płytę i pierwsze źródło światła, a druga tablica wyświetlająca zawiera drugą płytę i drugie źródło światła.

Pierwsza płyta i druga płyta są przezroczystymi, wewnętrznio odbijającymi płytami przepuszczającymi światło, przy czym pierwsza płyta i druga płyta ma dwie płaskie główne powierzchnie równoległe do siebie, i krawędzie. Płyty, tj. pierwsza płyta i druga płyta, mogą być dowolnymi przezroczystymi, wewnętrznio odbijającymi płytami przepuszczającymi światło. Korzystnie płyty są wykonane z tego samego materiału. Materiał na płyty powinien być wysoce przezroczysty, najlepiej bezbarwny i powinien wykazywać dobrą obrabialność. Dlatego też płyty są korzystnie wykonane z PMMA (poli(metakrylanu metylu)), poliwęglanu lub szkła. Jednak w tym celu można również użyć innych materiałów, a znawca w tej dziedzinie wybierze odpowiedni materiał bez zbędnego wysiłku.

Jak określono powyżej, co najmniej dwie tablice wyświetlające i nieprzezroczysta tablica tła tworzą główny element wyświetlający, którym jest ekran wyświetlacza. Tablice są korzystnie tej samej wielkości, więc tworzą stos z wszystkimi odpowiednimi krawędziami wyrównanymi. Innymi słowy, korzystnie tworzą one co najmniej trójwarstwowy ekran wyświetlacza, w którym nieprzezroczysta tablica tła stanowi tło dla wzoru, który ma być wyświetlany na tablicach wyświetlających.

Wzór na pierwszej płycie jest nanoszony na pierwszą powierzchnię główną pierwszej płyty, a wzór na drugiej płycie jest nanoszony na pierwszą powierzchnię główną drugiej płyty. Ponieważ płyty są płytami odbijającymi wewnątrz, działają one jak światłowod, zatem światło wprowadzone na jednej krawędzi jest prowadzone pomiędzy głównymi powierzchniami płyty, chyba że światło dociera do tej części głównej powierzchni płyty, na którą naniesiony jest wzór, który jest skonfigurowany do wydobywania światła z płyty.

Wzór jest nanoszony na główną powierzchnię płyty, tj. wzór na pierwszej płycie jest nanoszony na pierwszą główną powierzchnię pierwszej płyty, a wzór na drugiej płycie jest nanoszony na pierwszą główną powierzchnię drugiej płyty, które to wzory są skonfigurowane do wydobywania światła odpowiednio z pierwszej i drugiej płyty. Tutaj pierwsza powierzchnia główna oznacza powierzchnię płyty odwróconą od tablicy tła.

Pierwszy wzór musi być komplementarny wobec drugiego wzoru, więc gdy pierwsza płyta nakrywa na drugą płytę, pierwszy wzór i drugi wzór tworzą zasadniczo i wizualnie jednolitą płaszczyznę. Następnie, gdy światło dociera tylko do pierwszej płyty, pierwszy wzór świeci i jest widoczny, a po przełączeniu, gdy światło dociera tylko do drugiej płyty, drugi wzór świeci i jest widoczny. Przełączając dopływ światła z pierwszej płyty na drugą płytę i ponownie na pierwszą płytę i tak dalej, uzyskuje się efekt naprzemiennego wzoru, który jest wymagany dla bodźców wzrokowych do badania wzrokowych potencjałów wywołanych.

Korzystnie, wzory są wzorami szachownicy, co oznacza, że na ekranie wyświetlacza będą wyświetlane naprzemiennie ciemne i oświetlone prostokątne pola, gdy światło zostanie doprowadzone w odpowiednim czasie do pierwszej płyty lub do drugiej płyty. Najlepiej, gdy wzór jest zgodny ze standardami ISCEV [<http://www.iscev.org>] i może to być wzór szachownicy o wymiarach: 40 cm na 30 cm podzielonej na 20 na 14 prostokątnych pól lub 39 cm na 29 cm podzielonej na 78 na 58 prostokątnych pól.

Pierwszy wzór i drugi wzór można nanieść dowolną techniką znaną znawcy w tej dziedzinie i odpowiednią do zmiany powierzchni płyty dla wydobywania światła z jej głównej powierzchni, tj. pierwszej głównej powierzchni pierwszej płyty oraz pierwszej głównej powierzchni drugiej płyty, przy czym pierwsza powierzchnia pierwszej płyty i pierwsza powierzchnia drugiej płyty są głównymi powierzchniami płyt (pierwszej płyty i drugiej płyty). Korzystnie, wzór jest wygrawerowany, w wyniku czego część głównej powierzchni płyty jest zmatowiona. W tym celu można również zastosować inne techniki i sposoby wykonywania wzoru, a znawca w tej dziedzinie wybierze odpowiedni sposób zapewnienia wzoru bez zbędnych trudności.

Wzory korzystnie pokrywają zasadniczo całą pierwszą główną powierzchnię pierwszej płyty i pierwszą główną powierzchnię drugiej płyty. Pierwsza płyta, druga płyta i tablica tła są zatem również prostokątne o współczynniku kształtu 4:3, gdzie współczynnik kształtu jest stosunkiem szerokości do wysokości obiektu.

Źródło światła jest rozmieszczone wzdłuż wszystkich krawędzi pierwszej płyty i wszystkich krawędzi drugiej płyty. Dokładniej, pierwsze źródło światła jest rozmieszczone wzdłuż wszystkich krawędzi pierwszej płyty, a drugie źródło światła jest rozmieszczone wzdłuż wszystkich krawędzi drugiej płyty, dla zapewnienia równomiernego rozkładu światła w płytach. Pierwsze źródło światła i drugie źródło światła są zasilane naprzemiennie przez układ sterujący źródłem światła tak, że światło jest dostarczane kolejno tylko do wszystkich krawędzi pierwszej płyty lub do wszystkich krawędzi drugiej płyty.

Źródło światła może być dowolnego rodzaju, nadającego się do optycznego sprzężenia z krawędziami płyty. Korzystnie źródłem światła są diody LED. Również korzystnie źródłem światła są włókna światłowodowe zasilane laserem, na przykład modułem laserowym RGB o mocy 10 W w zakresie optycznym 470–700 nm wyposażonym w rozdzielacz światłowodowy i światłowody wielomodowe.

Korzystnie, wyświetlacz zawiera element skupiający wzrok umieszczony pośrodku pierwszej płyty i pośrodku drugiej płyty. Elementem skupiającym wzrok jest korzystnie kropka. Element skupiający wzrok może mieć dowolną wielkość odpowiednią do ogniskowania wzroku, ale jego średnica nie powinna przekraczać wielkości dwóch prostokątnych pól, a więc może mieć na przykład około 7 mm średnicy. Korzystnie element skupiający wzrok jest umieszczony w narożach czterech prostokątnych pól

wzoru szachownicy, które znajdują się pośrodku pierwszej płyty i drugiej płyty. Element skupiający wzrok można wykonać techniką nadruku.

Ponieważ płyty są przezroczyste, a wzór (najlepiej zmatowiony) jest rozświetlony światłem, tak że jest wyraźnie widoczny, jasność samego światła może zapewnić wymagany kontrast. Korzystnie, źródło światła (tj. pierwsze źródło światła i drugie źródło światła), nieprzezroczysta tablica tła i element skupiający wzrok wykazują kontrast kolorystyczny między sobą. Tutaj kontrast jako taki jest używany jako określenie ogólne, ale można go określić ilościowo i opisać w bardziej precyzyjny sposób za pomocą Color Contrast Analysis Tools (na przykład [<https://dequeuniversity.com/rules/axe/3.5/color-contrast>]). Korzystnie, źródło światła jest białe, nieprzezroczysta tablica tła jest czarna, a element skupiający wzrok jest czerwony, zgodnie ze standardami ISCEV [<http://www.iscev.org>]. Jako przykład:

- współczynnik kontrastu pomiędzy bielą, tłem (jasność 100%, RGB 255,255,255) i czerwienią, pierwszy plan (jasność 50%, RGB 255,0,0) wynosi 3,99:1;
- współczynnik kontrastu pomiędzy czernią, tłem (jasność 0%, RGB 0,0,0) a czerwienią, pierwszym planem (jasność 50%, RGB 255,0,0) wynosi 5,25:1;
- współczynnik kontrastu pomiędzy bielą, tłem (jasność 100%, RGB 255,255,255) a czernią, pierwszym planem (jasność 0%, RGB 0,0,0) wynosi 21:1.

Układ sterujący źródłem światła może być funkcjonalnie podzielony na systemy, które służą określonym i wymagany celom. Układ sterujący źródłem światła w wyświetlaczu według wynalazku obejmuje system wyzwalania, system dostarczania światła i system regulacji jasności. Układ sterujący źródłem światła, tym system wyzwalania, system dostarczania światła i system regulacji natężenia światła, mogą być dowolnym rodzajem systemu, obwodu lub komputerowym układem logicznym, lub programem, który umożliwiałby sterowanie źródłami światła w pożądany sposób. Układ sterujący źródłem światła wyświetlacza według wynalazku zapewnia:

- wyzwalanie zasilania źródeł światła, korzystnie z wybraną, z góry określoną i/lub regulowaną częstotliwością, oraz regulację opóźnienia czasowego zasilania źródeł światła, obsługiwane przez system wyzwalający;
- naprzemienne zasilanie pierwszego źródła światła i drugiego źródła światła tak, że światło jest dostarczane tylko do wszystkich krawędzi pierwszej płyty lub do wszystkich krawędzi drugiej płyty kolejno, obsługiwane przez system dostarczania światła;
- regulacja natężenia poszczególnych źródeł światła, to jest pierwszego źródła światła i drugiego źródła światła, które są rozmieszczone wzdłuż i optycznie sprzężone odpowiednio z krawędziami pierwszej płyty i krawędziami drugiej płyty, obsługiwana przez system regulacji natężenia światła.

Korzystnie natężenie źródeł światła, mierzone dla pojedynczego prostokątnego pola wzoru szachownicy, które można określić jako jednostkę pierwszego wzoru lub jednostkę drugiego wzoru, mieści się w zakresie od 200 do 240 lx, bardziej korzystnie 220 lx.

Wyświetlacz jest specjalnie przeznaczony do badania wzrokowych potencjałów wywołanych z jednoczesną akwizycją obrazowania metodą rezonansu magnetycznego. Wyświetlacz według wynalazku może być również używany jako samodzielny element do wywoływania bodźców wizualnych. Dlatego system wyzwalający może być odpowiednio dostosowany i może zawierać różne elementy i podsystemy. System wyzwalający może współpracować z zewnętrznym układem uruchamiającym i/lub może zawierać wewnętrzny podukład uruchamiający. Dodatkowo system wyzwalający zawiera układ do regulacji częstotliwości zasilania źródeł światła, z wykorzystaniem systemu zewnętrznego i/lub podsystemu wewnętrznego. System wyzwalający może zawierać dowolny odpowiedni układ do zasilania źródeł światła lub dowolny odpowiedni układ do korelowania aktywności pacjenta ze źródłami światła i odpowiedzią wyświetlacza, na przykład z użyciem podsystemu rozpoznawania głosu.

Ponadto, dla zapewnienia wymaganej niezawodności i charakterystyki dynamicznej wyświetlania, a także precyzyjnej synchronizacji czasu, opóźnienie czasowe, tj. czas między sygnałem wyzwalającym a reakcją wyświetlacza (co jest równoważne z odpowiedzią tablicy wyświetlającej i ekranu wyświetlacza, a w istocie wskazuje na reakcję źródła światła wyświetlacza), powinna mieścić się w zakresie milisekund, korzystnie w zakresie od 1 do 20 milisekund, korzystnie do 10 milisekund.

Wyświetlacz według wynalazku może stanowić część systemu do zastosowania w badaniu wzrokowych potencjałów wywołanych z jednoczesnym obrazowaniem metodą rezonansu magnetycznego. System zawiera ponadto układ odbijający do przesyłania obrazu z wyświetlacza do oka pacjenta oraz układ sterujący systemem. Układ odbijający może być elementem dowolnego typu lub urządzeniem niepodatnym na pola elektromagnetyczne, korzystnie lustrem ruchomym lub sterowanym pilotem, które

może być umieszczone w otworze obrazowania metodą rezonansu magnetycznego, korzystniej blisko oka pacjenta. Układ sterujący systemu są dowolnymi środkami, które umożliwiają sterowanie systemem składającym się z wyżej wymienionych elementów, na przykład synchronizującym obrazowanie metodą rezonansu magnetycznego i działanie wyświetlacza itp.

KRÓTKI OPIS RYSUNKÓW

Przykłady wykonania wynalazku są dalej opisane w odniesieniu do załączonych rysunków, na których:

- FIG. 1A przedstawia widok w stanie rozłożonym ekranu wyświetlacza zawierającego tablicę wyświetlającą i źródło światła;
- FIG. 1B przedstawia zmontowany ekran wyświetlacza;
- FIG. 2 przedstawia system według wynalazku;
- FIG. 3A przedstawia opóźnienie czasowe między sygnałem wyzwalającym a reakcją wyświetlacza dla komercyjnego wyświetlacza CRT WPW;
- FIG. 3B przedstawia opóźnienie czasowe między sygnałem wyzwalającym a odpowiedzią wyświetlacza dla wyświetlacza według wynalazku;
- FIG. 4 A, B przedstawia zmierzone parametry WPW uzyskane za pomocą wyświetlacza według wynalazku użytego jako bodziec wzrokowy;
- FIG. 4 C, D przedstawia zmierzone parametry WPW uzyskane za pomocą komercyjnego wyświetlacza CRT WPW użytego jako bodziec wzrokowy.

Figury ilustrują wynalazek i zostały wykonane bez dokładnego zachowania skali i proporcji przedstawionych na nich elementów.

PRZYKŁADY WYKONANIA WYNALAZKU

Wyświetlacz

Przykład wykonania wyświetlacza 100 według wynalazku przedstawiono poniżej. Wyświetlacz 100 zawiera ekran 101 wyświetlacza, przedstawiony na FIG. 1A i FIG. 1B, oraz układ 140 sterujący źródłem światła (nie pokazane). Ekran 101 wyświetlacza i układ 140 sterujący źródłem światła są połączone za pomocą kabla ekranowanego 170 o długości 12 m. Ekran 101 wyświetlacza zawiera dwie tablice wyświetlające, tj. pierwszą tablicę wyświetlającą 105 i drugą tablicę wyświetlającą 106 oraz nieprzezroczystą tablicę 150 tła. Ekran 101 wyświetlacza jest pokazany na FIG. 1 A i B, gdzie FIG. 1A przedstawia widok ekranu 101 wyświetlacza w stanie rozłożonym, a FIG. 1B przedstawia zmontowany ekran 101 wyświetlacza.

Tablice wyświetlające i nieprzezroczysta tablica tła

W jednym przykładzie wykonania wynalazku, jak pokazano na FIG. 1A jako widok ekranu 101 wyświetlacza w stanie rozłożonym, pierwsza tablica wyświetlająca 105 składa się z pierwszej płyty 110 i pierwszego źródła 131 światła, a druga tablica 106 wyświetlacza składa się z drugiej płyty 120 i drugiego źródła 132 światła. Pierwsza płyta 110 i druga płyta 120 są wykonane z polerowanych płyt PMMA, a nieprzezroczysta tablica 150 tła jest wykonana z czarnej, nieprzezroczystej płyty.

Wzór jest nanoszony na płyty, tj. na pierwszą płytę 110 i na drugą płytę 120. Wzór 111 na pierwszej płycie jest nanoszony na pierwszą główną powierzchnię pierwszej płyty 110, a wzór 121 na drugiej płycie jest nanoszony na pierwszą główną powierzchnię drugiej płyty 120. Zarówno wzór 111 na pierwszej płycie, jak i wzór 121 na drugiej płycie są wzorami szachownicy. Zarówno wzór 111 na pierwszej płycie, jak i wzór 121 na drugiej płycie są nanoszone metodą grawerowania za pomocą frezarki (maszyny sterowanej numerycznie ang. *CNC machine*), w wyniku czego uzyskuje się naprzemiennie zmatowione i polerowane prostokątne pola tworzące wzór szachownicy. Dla jasności, zmatowione prostokątne pola są przedstawione jako białe/szare, a przezroczyste jako czarne na FIG. 1A.

Wzór szachownicy naniesiony na pierwszą płytę 110 jest komplementarny wobec wzoru szachownicy na drugiej płycie 120. Oznacza to, że kiedy pierwsza płyta 110 jest ułożona na drugiej płycie 120, zmatowione prostokątne pola pierwszej płyty 110 nakładają się na polerowane prostokątne pola drugiej płyty 120 i polerowane prostokątne pola pierwszej płyty 110 nakładają się na zmatowione prostokątne pola drugiej płyty 120, prowadząc do zasadniczo zmatowionej płaszczyzny komplementarnego wzoru 111 pierwszej płyty i wzoru 121 drugiej płyty.

FIG. 1B przedstawia zmontowany ekran 101 wyświetlacza w stanie, w którym jedno źródło światła jest rozświetlone, pokazując jarzący na białło wzór jednej płyty i czarny, niejarzący się wzór drugiej płyty.

Wzory szachownicy zastosowane na płytach są zgodne ze normami ISCEV [<http://www.iscev.org>].

W jednym przykładzie wykonania wzór szachownicy jest nanoszony na płyty o wymiarach głównej powierzchni 40 cm na 30 cm i zawiera odpowiednio 20 na 14 prostokątnych pól.

W innym przykładzie wykonania wzór szachownicy jest nanoszony na płyty o wymiarach głównej powierzchni 39 cm na 29 cm i zawiera odpowiednio 78 na 58 pól prostokątnych.

Wymiary płyt nie są jako takie ograniczone i mogą być wybrane zgodnie z potrzebami do określonego celu lub określone przez normy w określonych dziedzinach. Na przykład wymiary płyt można dobrać tak, aby uzyskać średnicę kątową (zwaną też kątem wizualnym). Grubość płyty zależy od wybranego materiału i wielkości źródeł światła i powinna zapewniać mechaniczną sztywność i stabilność, ale z drugiej strony zbyt grube płyty mogą nie zapewniać wystarczającego dopasowania wzoru zarówno na pierwszej, jak i drugiej płycie, gdy są ułożone na sobie.

W jednym przykładzie wykonania element 160 skupiający wzrok jest nanoszony na środek zarówno pierwszej powierzchni głównej pierwszej płyty 110, jak i pierwszej powierzchni głównej drugiej płyty 120. Elementem skupiającym wzrok jest czerwona kropka o średnicy około 7 mm, nanoszona metodą nadruku.

Źródło światła

W jednym przykładzie wykonania zarówno pierwsze źródło 131 światła, jak i drugie źródło 132 światła zawierają równomiernie rozmieszczone diody LED (12V) rozmieszczone odpowiednio na wszystkich krawędziach pierwszej płyty 113 i wszystkich krawędziach drugiej płyty 123, i dostarczają one światło do płyty przez wypolerowane krawędzie płyt.

Pierwsze źródło 131 światła umieszczone na krawędziach 113 pierwszej płyty i drugie źródło 132 światła umieszczone na krawędziach 123 drugiej płyty są połączone niezależnie za pomocą ekranowanego kabla 170 z układami 140 sterującymi źródłem światła. Ekranowany kabel 170 ma długość 12 m, umożliwiając umieszczenie układu 140 sterującego źródłem światła wyświetlacza 100 poza zakresem pól elektromagnetycznych.

Układ sterujący źródłem światła:

Układ sterujący źródłem światła został wykonany w oparciu o platformę programistyczną dla systemów wbudowanych Arduino, przeznaczoną dla mikrokontrolerów montowanych na pojedynczym obwodzie drukowanym, z wbudowaną obsługą obwodów wejścia/wyjścia oraz znormalizowanym językiem programowania. Użyty mikrokontroler jest Arduino Uno Rev3 z mikrokontrolerem AVR ATmega328.

Układ sterujący źródłem światła może być tutaj zdefiniowany jako zawierający system wyzwalający, system dostarczania światła i system regulacji jasności.

1. System wyzwalający

W jednym przykładzie wykonania co pół sekundy do Arduino dociera zewnętrzny sygnał TTL (wyzwalacz) w postaci pojedynczego piksu 5V trwającego ułamki milisekundy. Po odebraniu sygnału wyzwalającego TTL należy jednocześnie zmienić stan na wyjściu Arduino D12 na wysoki, a na wyjściu Arduino D13 na niski ze ściśle zdefiniowanym opóźnieniem, np. 10 milisekund. Opóźnienie czasowe jest przedziałem czasowym, który jest stosowany między sygnałem wyzwalającym a reakcją wyświetlacza. Po odebraniu kolejnego sygnału należy odwrócić stan wyjść D12 i D13 tj. na niski na wyjściu D12 i wysoki na wyjściu D13, ponieważ po każdym sygnale TTL od wyzwalacza powinna nastąpić zmiana z uruchomienia pierwszego źródła światła na uruchomienie drugiego źródła światła. Po kolejnym wyzwoleniu ponownie powinna nastąpić zamiana uruchomionego źródła światła, i tak dalej.

W jednym przykładzie wykonania system wyzwalający dostarcza sygnał prostokątny o częstotliwości 2 Hz.

Napięcie pracy Arduino wynosi 5V. Oznacza to, że zasilanie układów scalonych i ich stany logiczne odpowiadają teraz temu napięciu. Oznacza to, że dla wyjść D12 i D13 niezależnie od napięcia wyzwalania TTL (które tutaj też wynosi 5V), naprzemiennie uzyskuje się 5V.

Opóźnienie czasowe można ustawić np. na 10 milisekund i jest ono programowalne. Wartość parametru opóźnienia czasowego jest niezwykle ważna, ponieważ pozwala dostosować wyświetlacz 100 według wynalazku do systemów komercyjnych, które są już używane do pomiarów WPW.

2. System dostarczania światła

Ponieważ napięcie na wyjściach D12 i D13 wynosi 5V, jest niewystarczające do zasilania diod LED oświetlających tablice 105, 106, które wymagają napięcia 12V. Aby zwiększyć napięcie, zastosowano klucz tranzystorowy, który w tym przypadku jest tranzystorem bipolarnym.

W jednym przykładzie wykonania klucz tranzystorowy jest tranzystorem PNP.

W innym przykładzie wykonania klucz tranzystorowy jest tranzystorem NPN.

Klucz tranzystorowy działa tutaj jako wzmacniacz napięcia i jako przełącznik „WŁĄCZONE/WYŁĄCZONE” dla źródeł światła. W jednym przykładzie wykonania tablica wyświetlacza jest połączona tranzystorem NPN z dwoma obwodami, które są podłączone do wyjść D12 i D13. W innym przykładzie wykonania tablica wyświetlacza jest połączona tranzystorem PNP z dwoma obwodami, które są podłączone do wyjść D12 i D13.

3. System regulacji natężenia światła

Ponieważ ekran 101 wyświetlacza zawiera dwie matowe płyty ułożone jedna za drugą, konieczne jest wyregulowanie natężenia światła obu z nich, aby zapewnić wrażenie tego samego natężenia, gdy szachownica miga. W tym celu układ sterujący źródłem światła zawiera system regulacji natężenia światła.

Według jednego przykładu wykonania układ regulacji natężenia światła jest oddzielnym układem ściemniającym przez napięcie, który jest używany po każdym kluczu tranzystorowym systemu wyzwalającego. System regulacji natężenia światła zawiera potencjometr, który może zmieniać i regulować napięcie 12 V, które jest dostarczane do diod LED źródeł 131, 132 światła przez układ sterujący źródłem światła, a dokładniej przez system dostarczania światła.

System

W innym przykładzie wykonania przedstawiono system 200 do zastosowania w badaniu wzrokowych potencjałów wywołanych z jednoczesną akwizycją obrazowania metodą rezonansu magnetycznego, jak zilustrowano na FIG. 2. System zawiera wyświetlacz 100 i elementy odbijające 210 do przesyłania obrazu z wyświetlacza 100 do oka pacjenta. Elementy odbijające 210 są umieszczone wewnątrz otworu obrazowania metodą rezonansu magnetycznego w pobliżu oka pacjenta i w tym przykładzie wykonania jest to lustro, którego położenie można regulować dla dostarczenia wizualnego bodźca z ekranu 101 do oka pacjenta. Chociaż układ sterujący źródłem światła 140 jest pokazany na FIG. 2, należy zaznaczyć, że znajduje się on poza zasięgiem pól elektromagnetycznych i jest połączony z ekranem wyświetlacza za pomocą kabla 170, który jest niepodatny na pola elektromagnetyczne, to jest kabla ekranowanego.

Przykład porównawczy

Należy sprawdzić wyświetlacz do pomiarów WPW pod kątem prawidłowej synchronizacji czasu. FIG. 3A i 3B pokazują, że opóźnienie czasowe wyświetlacza według wynalazku zostało elektronicznie ustawione na te same wartości, jak w komercyjnym wyświetlaczu CRT WPW, zgodnym z normami ISCEV. Opóźnienie czasowe jest pokazane na ekranie oscyloskopu strzałkami na Fig. 3A (monitor CRT) i 3B (wyświetlacz według wynalazku).

Grupę pacjentów zbadano na komercyjnym aparacie WPW i na wyświetlaczu 100 według wynalazku, jak opisano w przykładowej postaci wykonania. Mierzono opóźnienia i amplitudy pików N75, P100 i N135. Następnie porównano dwa zestawy danych, jeden uzyskany na komercyjnym wyświetlaczu CRT WPW, a drugi uzyskany na wyświetlaczu według wynalazku. Problem z porównaniem polega na tym, że w typowej technice pomiaru WPW każdy wynik pomiaru ma stosunkowo dużą niepewność.

Dla uproszczenia każdy z wymienionych parametrów jest tutaj przedstawiony przez v (za-tem v oznacza albo latencję, albo amplitudę). Parametr v wykazuje rozrzut statystyczny wartości przypisanych do mierzonej wielkości. Można bezpiecznie przyjąć, że dla pacjenta w stabilnym stanie zdrowia rozrzut parametru v (tj. jego niepewność eksperymentalna lub odchylenie standardowe σ) jest wynikiem wpływu stosunkowo dużego szumu statystycznego na potencjały wywołane o małej amplitudzie pojawiające się na elektrodach. Ponieważ pomiary wszystkich pacjentów zostały wykonane w tych samych warunkach (np. sala badań, lokalizacja, aparatura), odchylenie standardowe σ powinno być takie samo dla wszystkich pacjentów. Załóżmy, że dla każdego pacjenta wykonywane są dwa niezależne pomiary parametru v , które dają w wyniku wartości v_1 , v_2 , i wartości są pokazane jako współrzędne punktu na układzie kartezjańskim. Uzyskana w ten sposób reprezentacja danych odpowiada dobrze znanej regresji Deminga, w której zakłada się, że niepewności dla dwóch zmiennych są niezależne, a ich odchylenia standardowe są takie same. Wielką zaletą formalizmu regresji Deminga jest możliwość wyznaczenia σ po zmierzeniu v_1 , v_2 dla odpowiednio dużej grupy pacjentów. Regresja Deminga była szeroko stosowana w chemii [Lin98], fizjologii [Bra77] i medycynie [Haw02].

Wyniki analizy korelacji Deminga wyników uzyskanych na komercyjnym wyświetlaczu CRT WPW oraz na wyświetlaczu według wynalazku przedstawiono na Fig. 4 (A–D). Widoczne jest, że wyniki uzyskane na komercyjnym wyświetlaczu CRT WPW (Fig. 4 C, D) i na wyświetlaczu 100 według wynalazku (Fig. 4 A, B), w granicach niepewności statystycznych, są identyczne. Taki sam zakres parametrów

korelacji uzyskano dla grupy pacjentów badanych dwukrotnie na monitorze CRT (Fig. 4 C, D). Ponadto niepewności statystyczne σ są wskazane na każdym panelu z Fig. 4. Wartości te mogą służyć jako niepewność każdego parametru v mierzonego w praktyce klinicznej.

Jak wykazano powyżej, wyświetlacz według wynalazku, ze względu na swoje cechy konstrukcyjne i techniczne, może być używany w sąsiedztwie pól elektromagnetycznych. Wykazano, że działanie wyświetlacza jest doskonałe i wyświetlacz według wynalazku może zapewnić dokładnie taką samą jakość bodźców wzrokowych. Co więcej, wyświetlacz jest mniej skomplikowany konstrukcyjnie, a przez to łatwy w utrzymaniu, użyciu i produkcji, lecz jednocześnie wykazuje wymaganą niezawodność wyświetlania i charakterystykę dynamiczną, a także precyzyjną synchronizację czasową.

Uwagi końcowe:

Gdziekolwiek stosuje się tu np. płytę/płyty, wzór/wzory, źródło/źródła światła, główną płaszczyzną/główne płaszczyzny, krawędź/krawędzie, należy rozumieć je jako odniesienie do wszystkich elementów wskazanych i zawierających takie wyrażenia, to znaczy: płyta/płyty obejmuje pierwszą płytę, drugą płytę itd. z dowolnym dodanym przymiotnikiem.

Chociaż powyższy opis niniejszego wynalazku został przedstawiony w odniesieniu do poszczególnych przykładów wykonania i ich zastosowań, jest on dostarczany w celach poglądowych i nie ma być wyczerpujący ani ograniczać wynalazku do określonych przykładów wykonania i zastosowań. Dla znawcy w tej dziedzinie będzie oczywiste, że można dokonać wielu zmian, modyfikacji lub odmian wynalazku, jak tu opisano, z których żadna nie odbiega od idei lub zakresu niniejszego wynalazku. Poszczególne przykłady wykonania i zastosowania zostały wybrane i opisane dla zapewnienia najlepszej ilustracji zasad wynalazku i jego praktycznego zastosowania, umożliwiając w ten sposób znawcy w tej dziedzinie zastosowanie wynalazku w różnych przykładach wykonania i z różnymi jego modyfikacjami. Wszystkie takie zmiany, odmiany i modyfikacje należy zatem uważać za mieszczące się w zakresie niniejszego wynalazku, jak określono w załączonych zastrzeżeniach, przy ich interpretacji zgodnie z opisem.

ZASTOSOWANIE WYNALAZKU

Wynalazek może być wykorzystany w wielu zastosowaniach, ale jest on specjalnie zaprojektowany jako narzędzie do badań medycznych, w szczególności badania wzrokowych potencjałów wywołanych. Jednakże wynalazek może być również wykorzystany w dowolnym zastosowaniu, które wymaga wyświetlania dobrze zdefiniowanych sekwencji wzorów. Główną zaletą wynalazku są cechy konstrukcyjne, które sprawiają, że wyświetlacz jest zasadniczo niepodatny na działanie pól elektromagnetycznych. Dlatego wynalazek może być skutecznie wykorzystany do badania wzrokowych potencjałów wywołanych z jednoczesnym obrazowaniem metodą rezonansu magnetycznego.

LISTA OZNACZEŃ – ODNIESIENIA

100	wyświetlacz
101	ekran wyświetlacza
105	tablica wyświetlająca
106	tablica wyświetlająca
110	pierwsza płyta
111	wzór pierwszej płyty
113	krawędzie pierwszej płyty
120	druga płyta
121	wzór drugiej płyty
123	krawędzie drugiej płyty
131	pierwsze źródło światła
132	drugie źródło światła
140	układ sterowania źródłami światła
150	nieprzezroczysta tablica tła
160	element skupiający wzrok
170	kabel
200	system
210	układ odbijający

Odnosiniki literaturowe:

- [Arr13] J. Arrubla, I. Neuner, D. Hahn, F. Boers, N. J. Shah, Recording Visual Evoked Potentials and Auditory Evoked P300 at 9.4T Static Magnetic Field. PLoS ONE 8 (2013) e62915
- [Bec05] R. Becker, P. Ritter, M. Moosmann and A. Villringer, Visual Evoked Potentials Recovered From fMRI Scan Periods, Human Brain Mapping 26:221–230(2005)
- [Bon01] G. Bonmassar, D. P. Schwartz, A. K. Liu, K. K. Kwong, A. M. Dale, and J. W. Belliveau, Spatiotemporal Brain Imaging of Visual-Evoked Activity Using Interleaved EEG and fMRI Recordings, NeuroImage 13 (2001) 1035
- [Bon01] G. Bonmassar, D. P. Schwartz, A. K. Liu, K. K. Kwong, A. M. Dale, and J. W. Belliveau, Spatiotemporal Brain Imaging of Visual-Evoked Activity Using Interleaved EEG and fMRI Recordings, NeuroImage 13 (2001) 1035
- [Bra77] R. A. Brace, „Fitting Straight Lines to Experimental Data”, The American Journal of Physiology, 233 (1977) 94
- [Haw02] D. M. Hawkins, Diagnostics for conformity of paired quantitative measurements, Statist. Med. 21 (2002) 1913
- [Hen05] S. Henning, K.-D. Merboldt and J. Frahm, Simultaneous recordings of visual evoked potentials and BOLD MRI activations in response to visual motion processing, NMR Biomed. 2005; 18: 543–552
- [Huk02] A. C. Huk, R. F. Dougherty, and D. J. Heeger, Retinotopy and Functional Subdivision of Human Areas MT and MST, The Journal of Neuroscience, 22 (2002) 7195
- [Kas01] K. Kashikura, J. Kershaw, S. Yamamoto, X. Zhang, T. Matsuura, I. Kanno, Temporal characteristics of event-related BOLD response and visual-evoked potentials from checkerboard stimulation of human V1: a comparison between different control features, Magn. Reson. Med. 45 (2001) 212
- [Ko18] Y. Ko, S. D. Yun, S. Hong, Y. Ha, C. Choi, N. J. Shah, J. Felder, MR-compatible, 3.8 inch dual organic lightemitting diode (OLED) in-bore display for functional MRI, PLoS ONE 13 (2018) e0205325
- [Lin98] K. Linnet, Performance of Deming regression analysis in case of misspecified analytical error ratio in method comparison studies, Clinical Chemistry 44 (1998) 1024
- [Luo19] J. J. Luo, F. Bumanlag, N. Dun, Low-contrast visual evoked potential and early detection of optic demyelination, Journal of the Neurological Sciences 399 (2019) 108
- [Mar20] F. A. Marie, I. Sînziana, I. Raluca, T. Ruxandra, C. Radu, V. Liliana, Visual evoked potential in the early diagnosis of glaucoma, Romanian Journal of Ophthalmology, 64 (2020)15
- [Nor15] A. M. Norcia, L. G. Appelbaum, J. M. Ales, B. R. Cottareau, & B. Rossion, The steady-state visual evoked potential in vision research: A review, Journal of Vision 15, (2015) 1
- [Odo16] J. V. Odom, M. Bach, M. Brigell, G. E. Holder, D. L. McCulloch, A. Mizota, A. P. Tormene, ISCEV standard for clinical visual evoked potentials: (2016 update), Doc Ophthalmol. 133 (2016) 1
- [Too14] A. T. Toosy, D. F. Mason, D. H. Miller, Optic neuritis, Lancet Neurol 13 (2014) 83

Zastrzeżenia patentowe

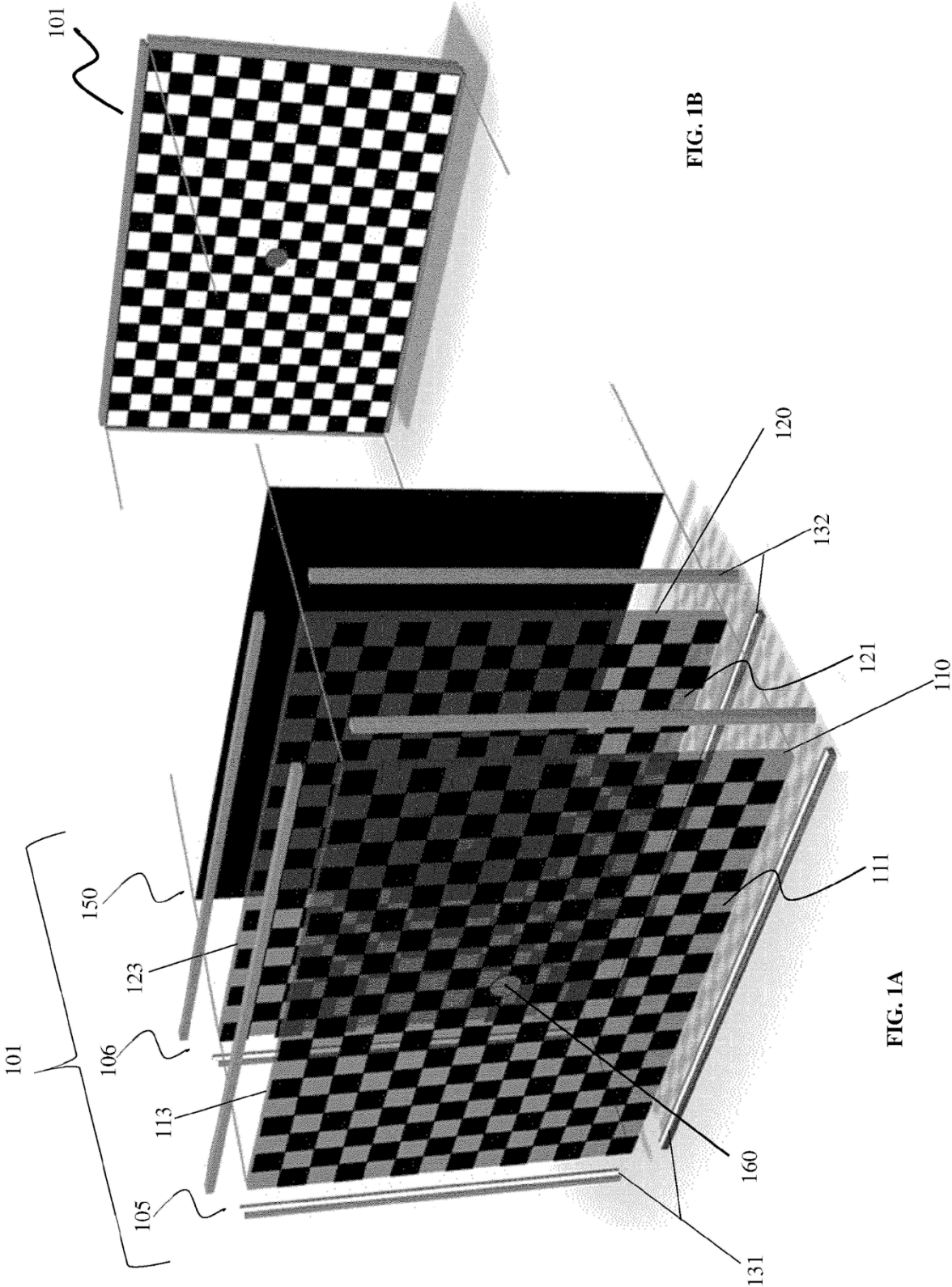
1. Wyświetlacz (100) ze wzorem z podświetleniem krawędziowym do zastosowania w badaniu wzrokowych potencjałów wywołanych z jednoczesną akwizycją obrazowania metodą rezonansu magnetycznego, zawierający:
 - co najmniej dwie płyty, pierwszą płytę (110) i drugą płytę (120), gdzie pierwsza płyta (110) i druga płyta (120) są przezroczystymi, wewnątrz odbijającymi płytami przepuszczającymi światło, przy czym każda spośród pierwszej płyty (110) i drugiej płyty (120) ma dwie płaskie główne powierzchnie równoległe do siebie oraz krawędzie;
 - pierwsze źródło światła (131) i drugie źródło światła (132) rozmieszczone wzdłuż i optycznie sprzężone odpowiednio z krawędziami (113) pierwszej płyty i krawędziami (123) drugiej płyty;
 - układ sterujący źródłem światła (140);
 - wzór (111) na pierwszej płycie naniesiony na co najmniej jedną główną powierzchnię pierwszej płyty (110) i wzór (121) na drugiej płycie naniesiony na co najmniej jedną główną powierzchnię drugiej płyty (120), które są skonfigurowane tak, że wydobywają światło odpowiednio z pierwszej płyty (110) i drugiej płyty (120);

znamienny tym, że

wyświetlacz zawiera ponadto nieprzezroczystą tablicę (150) tła;
przy czym pierwsza płyta (110) i druga płyta (120) są ułożone w stos na nieprzezroczystej tablicy (150) tła, wszystkie z krawędziami umieszczonymi obok odpowiednich wzajemnych swoich krawędzi, tworząc tablicę wyświetlającą (105);
wzór (111) na pierwszej płycie jest komplementarny wobec wzoru (121) na drugiej płycie;
oraz
pierwsze źródło światła (131) jest rozmieszczone wzdłuż wszystkich krawędzi (113) pierwszej płyty, a drugie źródło światła (132) jest rozmieszczone wzdłuż wszystkich krawędzi (123) drugiej płyty, i układ (140) sterujący źródłem światła naprzemiennie zasila pierwsze źródło (131) światła i drugie źródło (132) światła tak, że światło jest dostarczane kolejno tylko do wszystkich krawędzi (113) pierwszej płyty lub do wszystkich krawędzi (123) drugiej płyty.

2. Wyświetlacz (100) według zastrzeżenia 1, **znamienny tym**, że wzór (111) na pierwszej płycie i wzór (121) na drugiej płycie są tworzone przez zmatowione, grawerowane, trawienie, szlifowania części pierwszej głównej powierzchni pierwszej płyty (110) i pierwszej głównej powierzchni drugiej płyty (120).
3. Wyświetlacz (100) według zastrzeżenia 1 albo 2, **znamienny tym**, że wzór (111) na pierwszej płycie i wzór (121) na drugiej płycie są wzorami szachownicy.
4. Wyświetlacz (100) według któregośkolwiek z poprzednich zastrzeżeń, **znamienny tym**, że element (160) skupiający wzrok jest umieszczony pośrodku pierwszej płyty (110) i drugiej płyty (120).
5. Wyświetlacz (100) według któregośkolwiek z poprzednich zastrzeżeń, **znamienny tym**, że pierwsza płyta (110) i druga płyta (120) są wykonane z bezbarwnego materiału.
6. Wyświetlacz (100) według któregośkolwiek z poprzednich zastrzeżeń, **znamienny tym**, że pierwsze i drugie źródło (131, 132) światła, nieprzezroczysta tablica (150) tła i element (160) skupiający wzrok wykazują kontrast kolorystyczny między sobą.
7. Wyświetlacz (100) według któregośkolwiek z poprzednich zastrzeżeń, **znamienny tym**, że pierwsza płyta (110), druga płyta (120) i tablica (150) tła są prostokątne o współczynniku kształtu 4:3.
8. Wyświetlacz (100) według któregośkolwiek z poprzednich zastrzeżeń, **znamienny tym**, że układ (140) sterujący źródłem światła zawiera system wyzwajający, który uruchamia działanie pierwszego źródła (131) światła i/lub drugiego źródła (132) światła i zapewnia regulację opóźnienia pierwszego źródła (131) światła i/lub drugiego źródła (132) światła.
9. Wyświetlacz (100) według któregośkolwiek z poprzednich zastrzeżeń, **znamienny tym**, że układ (140) sterujący źródłem światła naprzemiennie zasila pierwsze źródło (131) światła i drugie źródło (132) światła przy użyciu sygnału prostokątnego o częstotliwości 2 Hz.
10. Wyświetlacz (100) według któregośkolwiek z poprzednich zastrzeżeń, **znamienny tym**, że układ (140) sterujący źródłem światła zawiera system regulacji natężenia światła, który oddzielnie reguluje natężenie pierwszego źródła (131) światła umieszczonego wzdłuż i optycznie sprzężonego z krawędziami (113) pierwszej płyty i drugiego źródła (132) światła umieszczonego wzdłuż i optycznie sprzężonego z krawędziami (113) drugiej płyty.
11. Wyświetlacz (100) według któregośkolwiek z poprzednich zastrzeżeń, **znamienny tym**, że wzór (111) na pierwszej płycie i wzór (121) na drugiej płycie są wzorami szachownicy o wymiarach 40 cm na 30 cm podzielonej na 20 na 14 prostokątnych pól lub o wymiarach 39 cm na 29 cm podzielonej na 78 na 58 prostokątnych pól.
12. Wyświetlacz (100) według któregośkolwiek z poprzednich zastrzeżeń, **znamienny tym**, że element (160) skupiający wzrok jest kropką o średnicy 7 mm, umieszczoną w narożach czterech prostokątnych pól wzoru szachownicy, które znajdują się pośrodku pierwszej płyty (110) i drugiej płyty (120).
13. System (200) do zastosowania w badaniu wzrokowych potencjałów wywołanych z jednoczesną akwizycją obrazowania metodą rezonansu magnetycznego, **znamienny tym**, że zawiera:
 - wyświetlacz (100) ze wzorem z podświetleniem krawędziowym według zastrzeżeń 1 do 12;
 - elementy odbijające (210) do dostarczania obrazu z ekranu wyświetlacza (101) do oka pacjenta;
 - układ sterujący systemu.

Rysunki



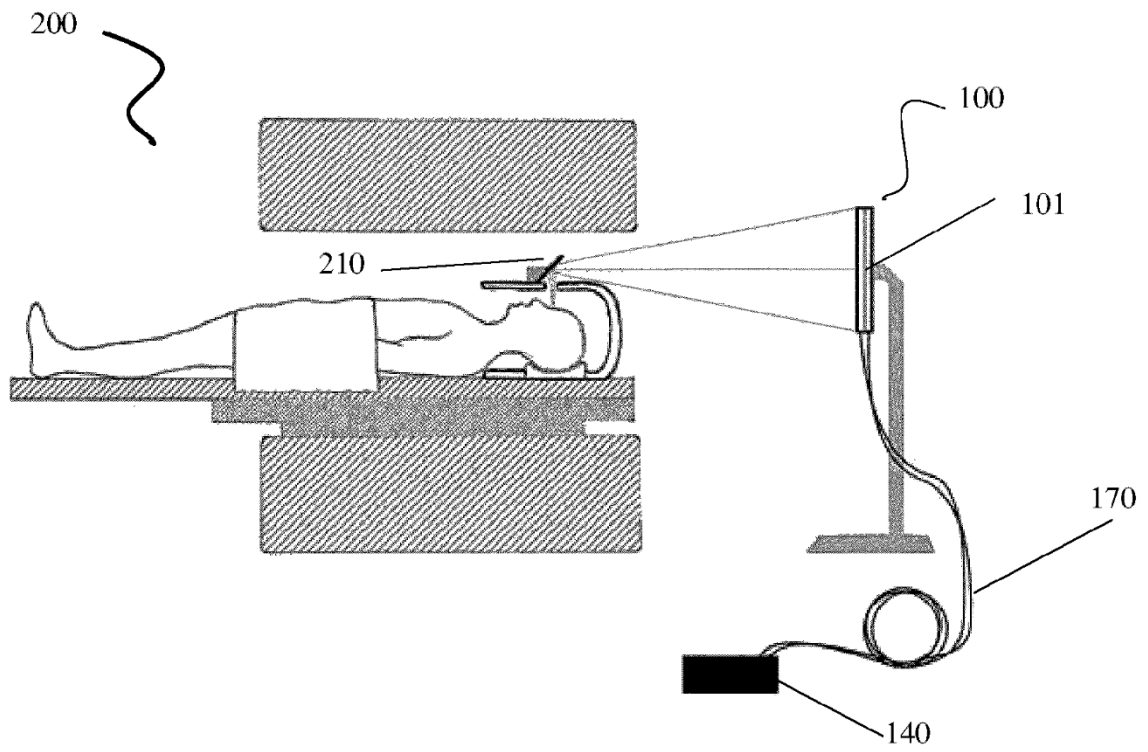


FIG. 2

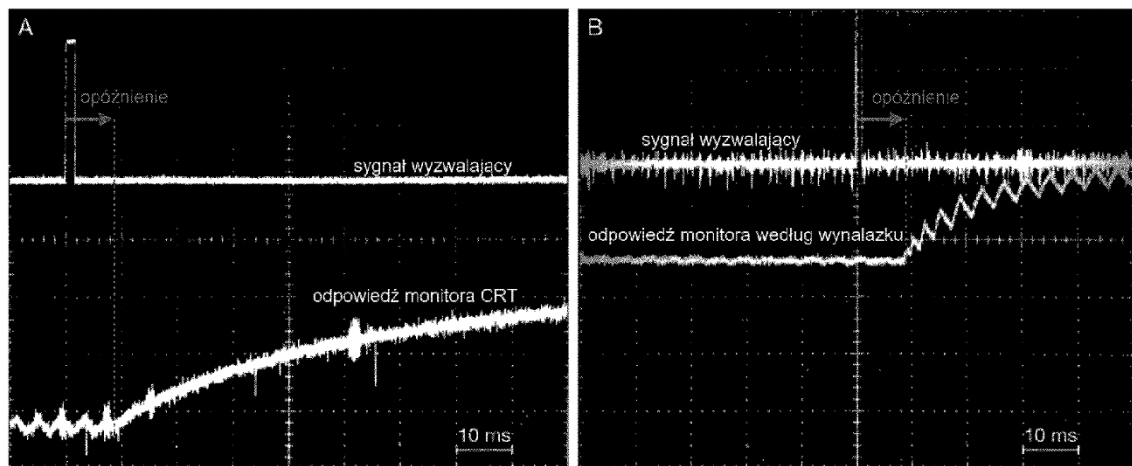


FIG. 3 A-B

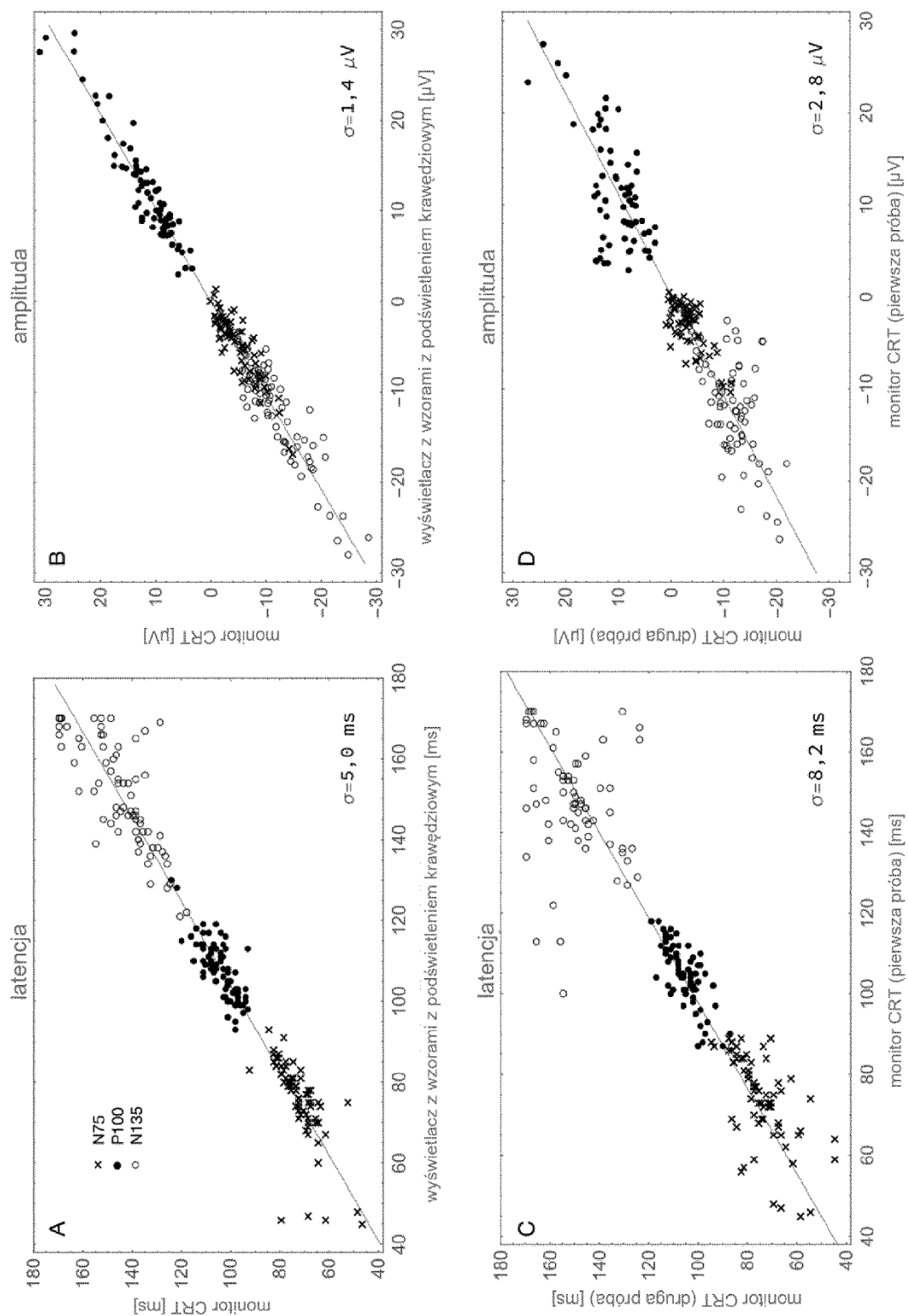


FIG. 4 A - D