

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **230748**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **409449**

(51) Int.Cl.
G01K 11/12 (2006.01)
G02F 1/13 (2006.01)

(22) Data zgłoszenia: **10.09.2014**

(54) **Urządzenie do kontroli kalibracji termochromowych matryc ciekłokrystalicznych,
sposób kontroli kalibracji termochromowych matryc ciekłokrystalicznych
oraz zastosowanie urządzenia do kontroli kalibracji termochromowych
matryc ciekłokrystalicznych**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
14.03.2016 BUP 06/16

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
31.12.2018 WUP 12/18

(73) Uprawniony z patentu:
BRASTER SPÓŁKA AKCYJNA, Szeligi, PL
POLITECHNIKA WROCŁAWSKA, Wrocław, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:
JACEK REINER, Wrocław, PL
MARIUSZ MRZYGŁÓD, Wrocław, PL
DARIUSZ TRYBA, Tarnów, PL
MARCIN TRZYNA, Rzeszów, PL
WOJCIECH CIESZYŃSKI, Czarnków, PL
HENRYK JAREMEK, Warszawa, PL
JANUSZ ZMYWACZYK, Warszawa, PL

(74) Pełnomocnik:
rzecz. pat. Joanna Dargiewicz-Nowicka

PL 230748 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest urządzenie do kontroli kalibracji termochromowych matryc ciekłokrystalicznych, sposób kontroli kalibracji termochromowych matryc ciekłokrystalicznych oraz zastosowanie urządzenia do kontroli kalibracji termochromowych matryc ciekłokrystalicznych.

Ciekłe kryształy, których zdolność filtracji światła zależy od temperatury, co powoduje zmianę ich barwy, są znane od wielu lat (ABDULLAH i inni „Film thickness effects on calibrations of a narrowband thermochromic liquid crystal”, *Experimental thermal and fluid science*, vol. 33, nr 4, str. 561–578, 2009), znajdują one zastosowanie do obrazowania pól temperaturowych obiektów technicznych (SMITH i inni „Temperature sensing with thermochromic liquid crystals Experiments in Fluids”, vol. 30, nr 2, str. 190–201, 2001), przepływów i naprężeń (IRELAND i inni „Liquid crystal measurements of heat transfer and surface shear stress”, *Measurement Science and Technology*, vol. 11, nr 7, p. 969, 2000), jak i w diagnostyce medycznej (POCHACZEVSKY i inni „Liquid crystal contact thermography of deep venous thrombosis”, *AJR. American Journal of Roentgenology*, vol. 138, nr 4, str. 717–723, 1982).

W medycynie, poszukuje się możliwości różnicowania ujawnionych anomalii termicznych wynikających z procesów patofizjologicznych. Patologie rozrostowe (o charakterze neoplastycznym) cechuje znacząca przewaga procesów anabolicznych powiązanych z intensywną neoangiogenezą (FOLKMAN „Tumor angiogenesis: therapeutic implications”, *The New England Journal of Medicine*, vol. 285, nr 21, str. 1182–1186, 1971), co jest skojarzone z pojawieniem się zmian w termogramie o cechach ognisk hipertermicznych. W przypadku nowotworów piersi zmiany takie obserwowane były dotychczas za pomocą wysokiej rozdzielczości kamer termowizyjnych (DIAKIDES i inni „Medical infrared imaging” CRC press, 2007). Jednak obrazowanie takich zmian z użyciem ciekłokrystalicznych matryc termochromowych, charakteryzuje się korzystniejszym procesem termodynamicznym (YAHARA i inni „Relationship between microvessel density and thermographic hot areas in breast cancer”, *Surgery Today*, vol. 33, nr 4, str. 243–248, 2003). Ponadto, matryce takie byłyby dostępne od kamer termowizyjnych, odpowiadając na istotny problem diagnostyczny chorób XXI wieku, a w szczególności raka piersi u kobiet.

Matryce ciekłokrystaliczne (TLC – Thermochromic Liquid Crystals) to wielowarstwowe układy polimerowe, zawierające między innymi ciekłe kryształy, które selektywnie rozpraszają światło o długości fali zależnej od temperatury. TLC wytwarzane są metodami mikrokapsułkowania, albo na drodze równoczesnego nakładania mikrowarstw tzw. metoda CLCF – Continuous Liquid Crystals Film (EP2528994). Obie technologie podatne są na zakłócenia, których skutki dotyczą odpowiedzi termiczno-barwowej (kalibracji) i są tym większe im zakres pomiarowy matrycy jest węższy (tzw. matryce wąskotemperaturowe z zakresem poniżej 5°C). Stąd niezwykle istotny jest problem kontroli poprawności kalibracji wytworzonej matrycy, czyli wyznaczenie zależności między wejściem układu (temperatura), a wyjściem (chrominancja) rozpraszanego światła.

Z literatury znane są metody kalibracji stanu ustalonego matryc TLC za pomocą płaskiego stolika grzewczego o ustalonej temperaturze lub płaskiego stolika gradientowego. W przypadku stolików płaskich zachodzi problem zapewnienia „dobrego kontaktu” między powierzchnią grzejną, a matrycą TLC. Kontakt ten można zagwarantować przez wprowadzenie cieczy (np. gliceryny) między powierzchnią matrycy, a stolikiem grzejnym. Jednakże takie podejście nie gwarantuje powtarzalnych grubości filmu cieczy zarówno przestrzennie, jak i czasowo, co przy wąskich zakresach roboczych matryc TLC wprowadza dodatkowe błędy pomiarowe. W warunkach przemysłowych, zastosowanie cieczy do zwiększenia kontaktu termicznego wprowadza dodatkową operację nakładania cieczy przed procesem testowania oraz operację oczyszczania z jej pozostałości po zakończonym teście.

Zaletą niniejszego wynalazku jest możliwość badania kalibracji matryc ciekłokrystalicznych oraz inspekcji ich jakości względem wzorca, z podwyższoną dokładnością dzięki:

- minimalizacji oporu kontaktowego matryca – stolik grzejny,
- oświetleniu minimalizującym odbicia zwierciadlane,
- korekcji charakterystyki odpowiedzi kątowej matrycy oraz
- metodzie wzorcowania układu bazującej na stabilnych wzorcach.

Celem niniejszego wynalazku było dostarczenie nowego, bardziej efektywnego urządzenia do kontroli kalibracji termochromowych matryc ciekłokrystalicznych oraz sposobu jego działania, które może mieć zastosowanie w procesie wytwarzania matryc ciekłokrystalicznych wykorzystywanych przy wykrywaniu anomalii temperaturowych związanych z procesami patologicznymi, takimi jak nowotwory złośliwe, zwłaszcza rak piersi.

Cel ten został zrealizowany przez urządzenie do kontroli kalibracji termochromowych matryc ciekłokrystalicznych według niniejszego wynalazku.

A zatem, przedmiotem niniejszego wynalazku jest urządzenie do kontroli kalibracji termochromowych matryc ciekłokrystalicznych charakteryzujące się tym, że zawiera stolik grzewczy z umieszczonymi na końcach stabilizowanymi elementami aktywnymi termicznie, oraz czujnikami temperatury, elementy naciągająco-dociskające, oświetlenie, detektor oraz ekran.

Korzystnie, wyżej wymienione urządzenie jest połączone z komputerem z odpowiednimi interfejsami i oprogramowaniem.

Korzystnie, stolik ma kształt wypukły i jest wykonany z materiału o wysokiej przewodności cieplnej, wybranego na przykład spośród takich jak aluminium, miedź.

Korzystnie, elementy aktywne termicznie stanowią ogniwa Peltiera albo grzałki rezystancyjne, i można na nich niezależnie nastawić temperaturę.

Korzystnie, oświetlenie umieszczone jest tak, aby nie było refleksów świetlnych na skutek odbicia od powierzchni folii w kierunku obserwacji przez detektor.

Korzystnie, oświetlenie jest umieszczone wzdłuż przeciwległych krawędzi stolika albo dookoła.

Korzystnie, detektor jest umieszczony nad stolikiem.

Korzystnie, ekran zapobiega powstawaniu refleksów od otoczenia.

Przedmiotem wynalazku jest także sposób kontroli matrycy TLC przy zastosowaniu wyżej wymienionego urządzenia zdefiniowanego, charakteryzujący się tym, że obejmuje etapy, w których umieszcza się matrycę TLC na stoliku grzewczym i przy pomocy elementów naciskająco-dociskających dokładnie dociska do powierzchni stolika; włącza się układ oświetleniowy; włącza się układ rejestrujący, przy czym kolejność wyżej wymienionych etapów jest dowolna, po czym wyznacza się zależność między wejściem układu (temperaturą), a wyjściem (chrominancją); a dzięki czujnikom temperatury wyznacza się temperaturę w wybranych punktach stolika i ekstrapoluje się wartości temperatury wzdłuż powstałego gradientu temperaturowego.

Korzystnie, wykorzystując wypukły kształt stolika naciąga się folię za pomocą elementów naciągająco-dociskających, zapewniając pełen kontakt między stolikiem a matrycą.

Korzystnie, wykorzystując detektor rejestruje się obraz barwny matrycy umieszczonej na stoliku.

Korzystnie, stosuje się oświetlenie, które jest umieszczone poniżej powierzchni wyznaczającej bezpośrednie odbicie światła od matrycy TLC w kierunku kamery obrazującej barwę matrycy.

Korzystnie, dane chrominancji testowanej matrycy porównuje się z danymi wzorcowymi zebranymi z wzorca w analogicznym układzie przy zmiennych warunkach termicznych.

Przedmiotem wynalazku jest również zastosowanie urządzenia według niniejszego wynalazku do badania kalibracji termiczno-chromatycznej ciekłokrystalicznych matryc termochromowych.

Określenia stosowane powyżej oraz w opisie i zastrzeżeniach patentowych, mają następujące znaczenia:

Chrominancja – składowa analogowego lub cyfrowego sygnału obrazu kolorowego odpowiadająca za odcień oraz nasycenie koloru;

Funkcja metrologiczna – oznacza funkcję pomiarową wyznaczającą wartość wielkości mierzonej;

Funkcja inspekcyjna – wyznacza wynik porównania wartości wielkości mierzonej z wzorcem w zakresie tolerancji;

Zakres konwersji matrycy – oznacza przedział temperaturowy, w którym występuje odpowiedź barwna w zakresie optycznym widzialnym (ok. 380 nm – 780 nm);

Responsywność matrycy – oznacza inaczej zakres konwersji matrycy.

Wynalazek przedstawiono na figurach rysunku oraz w poniższym przykładzie wykonania, który nie stanowi jego ograniczenia, gdzie:

Na **Fig. 1** przedstawiono schemat urządzenia do kontroli kalibracji termochromowych matryc ciekłokrystalicznych według wynalazku;

Na **Fig. 2** przedstawiono wyniki symulacji stolika grzewczego przy ogrzewaniu gradientowym i symetrycznym wraz z funkcją regresji;

Na **Fig. 3** przedstawiono algorytm kompensacji i wyznaczania profilu temperaturowego chrominancji;

Na **Fig. 4** przedstawiono stanowisko do badania odpowiedzi termochromowej matrycy TLC.

Stosowane oznaczenia:

- 1 – matryca TLC
- 2 – stolik grzewczy
- 3 – elementy aktywne termicznie

- 4 – elementy aktywne termicznie
- 5 – czujnik temperatury
- 6 – oświetlacz światła białego
- 7 – kamera kolorowa
- 8 – komputer z odpowiednimi interfejsami i oprogramowaniem
- 9 – elementy naciągająco-dociskające
- 10 – ekran

Przykład:

a) Urządzenie i jego budowa

Urządzenie według wynalazku zilustrowane na Fig. 1 obejmuje gradientowy stolik grzewczy 2 z wbudowanymi czujnikami temperatury 5, na który nakładana jest testowana matryca TLC 1, oświetlacz światła białego 6, detektor obrazujący w postaci kamery kolorowej 7 i jest połączone z komputerem 8 wyposażonym w odpowiednie interfejsy oraz oprogramowanie.

W rozwiązaniu gradientowym stolik grzewczy 2 zawiera płytę z materiału o wysokiej przewodności cieplnej (np. aluminium, miedź) z umieszczonymi na końcach stabilizowanymi elementami aktywnymi termicznie 3 i 4 (np. ogniwami Peltiera, grzałkami rezystancyjnymi), na których niezależnie można nastawiać wymaganą temperaturę. Ustawiając temperaturę na jednym końcu płyty w dolnym zakresie konwersji matrycy TLC, a na drugim końcu w górnym zakresie konwersji, wzdłuż płyty uzyskuje się pełny gradient temperaturowy na powierzchni stolika. Umieszczone w płycie grzewczej czujniki temperatury 5 pozwalają na wyznaczenie wartości temperatury w wybranych punktach płyty i ekstrapolację wartości temperatury wzdłuż powstałego gradientu temperaturowego. Powierzchnia płyty ma kształt wypukły, co pozwala, poprzez naciągnięcie folii za pomocą elementów naciągająco-dociskających 9, na zapewnienie pełnego kontaktu między stolikiem a matrycą, bez konieczności stosowania dodatkowych elementów poprawiających kontakt termiczny. Zastosowane oświetlenie 6 umieszczone jest w taki sposób, który gwarantuje brak refleksów świetlnych na skutek bezpośredniego odbicia od powierzchni folii w kierunku obserwacji przez detektor 7. Może to być zrealizowane zarówno przez umieszczenie oświetlenia wzdłuż przeciwległych końców płyty, jak i dookólnie. Ekran 10 zapobiega powstaniu refleksów od otoczenia. Detektor 7 zainstalowany jest nad płytą grzewczą i umożliwia rejestrację obrazu barwnego matrycy umieszczonej na stoliku grzewczym.

Termochromowa matryca ciekłokrystaliczna TLC 1 umieszczana jest na stoliku grzewczym 2 i przy pomocy elementów naciągająco-dociskających 9 dokładnie dociskana do wyprofilowanej powierzchni stolika. Po włączeniu układu grzewczo-chłodzącego, oświetleniowego oraz rejestrującego można przystąpić do kontroli kalibracji, która w tym przypadku polega na wyznaczeniu zależności między wejściem układu (temperaturą), a wyjściem (chrominancją). Z uzyskanych w ten sposób danych można określić wiele charakterystycznych dla folii parametrów, w tym zakresy responsywności termicznej folii termochromowych. Z kolei procedura inspekcji kalibracji matryc TLC bazuje na porównaniu krzywych kalibracyjnych z mapą kalibracji referencyjnej.

b) Metoda kalibracji układu pobudzenia termicznego

Zapewnienie pełnej zgodności warunków pobudzenia i obserwacji (metodą in-situ) nie jest możliwe ze względu na medyczny charakter sensora. Stąd układ pobudzenia termicznego zastępowany jest stabilizowanym stolikiem grzewczym 2, zaś obserwacja wizualna, poprzez obrazowanie z użyciem kamery 7. Prawidłowe wyznaczenie parametrów kolorymetrycznych wymaga w takim przypadku uwzględnienia charakterystyk spektralnych detektora 7 i oświetlacza 6 oraz charakterystyk kierunkowych rozpraszania światła na badanej powierzchni matrycy termochromowej. Znane są dwie metody kalibracyjne: stanu ustalonego i metoda dynamiczna. W przypadku metody stanu ustalonego wyróżnia się ponadto, metodę równomiernej temperatury oraz metodę gradientu temperaturowego (CUKUREL i inni „Color theory perception of steady wide band liquid crystal thermometry”, *Experimental thermal and fluid science*, vol. 39, str. 112–122, 2012).

c) Pobudzenie termiczne

Postawiono następujące wymagania względem projektowanego stolika grzewczego 2:

- pole robocze umożliwiające badanie matryc o szerokości 120 mm i długości minimalnej 200 mm (typu wstęga),
- możliwość zadawania gradientowych rozkładów temperatury,
- stabilizacja temperatury $\Delta T < 0,01^\circ\text{C}$,
- szybkość stabilizacji temperatury $T_{\text{stab}} < 100 \text{ sec.}$,
- równomierny termiczny opór kontaktowy powierzchni.

Dla realizacji powyższych wymagań zaproponowano blok z materiału dobrze przewodzącego ciepło (aluminium $\lambda(T = 25^\circ\text{C}) = 237 \text{ (W/m/K)}$), ogrzewany z dwóch przeciwległych stron za pomocą ogniw Peltiera 3 i 4. Dla stabilizacji temperaturowej zastosowano dwa regulatory TEC PID sterujące elementy wykonawcze sygnałem PWM, ze sprzężeniem zwrotnym od czujników termo-rezystancyjnych. Dla osiągnięcia wysokiej dynamiki układu użyto dwóch zestawów ogniw Peltiera o mocy $7 \times 17 \text{ W}$, jednocześnie odprowadzając nadwyżki energii cieplnej za pomocą wodnego układu chłodzącego.

Analizując transfer ciepła od stolika grzewczego do izolatora (matryca) zwrócono uwagę na opór warstwy kontaktowej, który zależy od siły docisku międzywarstwami, chropowatości powierzchni oraz materiału pośredniczącego. Dla minimalizacji jego wpływu oraz zapewnienia jednorodności, powierzchnię stolika grzewczego 2 ukształtowano jako wypukłą, co ułatwia napinanie na niej matrycy. Ponadto, poprzez polerowanie powierzchni zmniejszono jej chropowatość osiągając $Sa < 20 \mu\text{m}$.

Zauważono również, że przyłożona matryca TLC 1 wprowadza znacznie większy udział radiacji powierzchni, bowiem powierzchnia szlifowanego aluminium charakteryzuje się małym współczynnikiem emisyjności ($\varepsilon \sim 0,06$), w przeciwieństwie do czarnej warstwy absorpcyjnej matrycy TLC.

Jak przedstawiono na profilach temperaturowych stolika grzewczego 2 w modelu symulacyjnym (Fig. 2), rozkład temperatury między elementami grzejnymi nie jest liniowy, co jest wynikiem odprowadzania ciepła do otoczenia. Wartość spadku temperaturowego jest zależna od temperatury zadanej i temperatury otoczenia. Dla jego wyznaczenia wprowadzono wielopunktowy pomiar temperatury, na podstawie którego wyznaczono model regresyjny nieliniowy (funkcja kwadratowa) uzyskując dopasowanie $r^2 > 0,999$.

Przeprowadzono również badania dynamiczne układu, wyznaczając czas osiągnięcia stanu ustalonego. Powierzchnia stolika osiąga zadaną temperaturę, z uchybem poniżej 1% po czasie 100 sek.

d) Akwizycja obrazów i pomiar temperaturowy

Dla modułu akwizycji obrazów postawiono następujące wymagania:

- obrazowanie RGB powierzchni matrycy TLC,
- pole widzenia (FOV): długość min. 120 mm, szerokość min. 10 mm w części środkowej stolika,
- rozdzielczość przestrzenna min. 0,1 mm/pix., rozdzielczość dynamiczna min. 14 bitów,
- minimalizacja dystorsji i aberracji,
- minimalizacja wpływu prądu ciemnego przetwornika kamery, oraz
- oświetlenie światłem polichromatycznym (białym) o CRI > 80.

Zwrócono uwagę na ograniczenia projektowe wynikające z silnej połyskliwości powierzchni matrycy oraz wypukłości stolika, która powoduje zmienność kątów obserwacji i oświetlenia, czego skutkiem jest zmiana odpowiedzi barwnej. Ponadto, ponieważ użyty oświetlacz nie może rozgrzewać powierzchni matrycy, czas badania powinien być minimalizowany do kilku minut, aby nie następowało fałszowanie wyników pomiaru.

Do weryfikacji i optymalizacji układu oświetleniowego wraz z akwizycją obrazów opracowano model symulacyjny propagacji światła, bazujący na dwóch szeregach diod LED (REINER „Identyfikacja i modelowanie optyczne systemów wizyjnej kontroli jakości wytwarzania”, Wrocław: Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 2013).

Dla osiągnięcia wysokiej czułości oraz minimalizacji szumów wybrano kamerę CMOS o wielkości matrycy 1" i wielkości piksela $5,5 \mu\text{m}$. Dla kamery wyznaczono zależność prądu ciemnego od temperatury, która została użyta w procesie kompensacji. Wyznaczono również dystorsje oraz aberracje dobrego obiektywu, stwierdzając, że ich udział w budżecie błędów jest zaniedbywalny.

Współbieżnie z akwizycją obrazów realizowany jest wielokanałowy pomiar temperatury stolika grzewczego oraz odczyt temperatury sensora kamery i temperatury otoczenia, które również podlegają przetwarzaniu, co pokazano na Fig. 3.

Obraz z kamery zostaje zredukowany poprzez pozostawienie części środkowej o wysokości 100 pikseli, a następnie przekształcony do profili RGB poprzez uśrednienie intensywności w poszczególnych kolumnach i kanałach. Następnie, korygowany jest wpływ temperatury na wartość prądu ciemnego przetwornika, na podstawie eksperymentalnie wyznaczonej zależności. Dalej, korygowany jest wpływ wypukłości stolika grzewczego oraz nierównomierności oświetlenia. Jest on prowadzony na podstawie profilu referencyjnego kierunkowości rozpraszania folii i niejednorodności oświetlenia, zarejestrowanego dla pobudzenia poza zakresem responsywności matrycy. Ostatnim krokiem jest normalizacja, której potrzeba wynika ze zmiennego natężenia źródła światła.

Współbieżnie z przetwarzaniem obrazów prowadzona jest korekcja profilu temperaturowego dla 12 pkt pomiarowych. Na podstawie zarejestrowanych wartości temperatur wyznaczane są współczynniki aproksymacji funkcją kwadratową i oceniana jest jakość jej dopasowania. W ostatnim etapie przetwarzania oba profile są synchronizowane, co pozwala uzyskać zależność chrominancji od pobudzenia temperaturowego – tj. krzywą kalibracji. Krzywa ta jest następnie transformowana do innych przestrzeni barw np. HSV.

e) Kalibracja matrycy

Kontrola poprawności kalibracji polega na wyznaczeniu parametrów charakterystycznych danych chromatycznych i jasności rejestrowanych przez kamerę obrazu testowanej matrycy na poszczególnych punktach stolika grzewczego i w danej temperaturze po skorygowaniu ich zgodnie z informacjami zebranymi z matrycy wzorcowej. Dane do wzorca, zbierane są w analogicznych warunkach pomiarowych (temperatura otoczenia, czas od przyłożenia do stolika grzewczego), przy czym dokonuje się kilku rejestracji danych obrazowych przy różnych nastawach dla układów aktywnych termicznie stolika grzewczego. Wartości nastaw zmieniają się krokowo w otoczeniu docelowego zakresu konwersji matrycy. W ten sposób buduje się mapę zmian danych chrominancji i jasności w zależności od kąta obserwacji kamery/oświetlenia i temperatury matrycy. Na podstawie przesunięcia środkowej wartości chrominancji testowanej matrycy względem danych z wzorca określa się przesunięcie termiczne kontrolowanej matrycy, a na podstawie kąta nachylenia funkcji zmiany wartości chrominancji względem temperatury określa się czułość matrycy.

Proponowany układ pozwala na szybką ocenę poprawności kalibracji matryc TLC w pełnym zakresie konwersji.

Procedura inspekcji kalibracji matryc TLC bazuje na porównaniu krzywych kalibracyjnych z mapą kalibracji referencyjnej. Zależnie od parametru opisującego kalibrację, stosowane są charakterystyki różnych komponentów chrominancji (np. *Hue* dla temperatury środkowej i jej zakresu, oraz składowa *Green* dla intensywności oraz nasycenia).

Kluczowym zadaniem przygotowania systemu do inspekcji jest wyznaczenie mapy kalibracji referencyjnej. Polega ona na skanowaniu zakresu temperaturowego przy pobudzeniu gradientowym o nachyleniu odpowiadającym zakresowi matrycy. Zakres temperaturowy mapy kalibracji referencyjnej wynika z wartości nominalnej matrycy TLC, przyjętego dla niej pola tolerancji (np. $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$) oraz rozdzielczości (np. $0,1^{\circ}\text{C}$).

Badania poszczególnych matryc jest realizowane gradientowo dla kalibracji nominalnej. Ponadto, dla zachowania warunków termodynamicznych, czas badania odpowiada czasowi rejestracji referencyjnej krzywej kalibracyjnej.

f) Stanowisko badawcze

Zgodnie z wyżej omówionymi wynikami badań i prac rozwojowych, opracowano projekt szczegółowy stanowiska, które zostało przedstawione na Fig. 4.

Funkcje sterowania, akwizycji i przetwarzania obrazów oraz pomiarów temperatury zaimplementowano na komputerze PC połączonym z poszczególnymi komponentami poprzez interfejs komunikacyjny Ethernet. Algorytmy zaimplementowano w środowisku LabView. Dla prawidłowej pracy stanowiska opracowano również układ napinania badanych matryc oraz osłony minimalizujące zakłócenia zewnętrzne od oświetlenia i temperatury.

Zgodnie z modelem symulacyjnym, po przyłożeniu matrycy do powierzchni stolika pojawia się stan przejściowy. Warunki równowagi dla błędu temperaturowego $\Delta T = 0,01^{\circ}\text{C}$ wymagają czasu stabilizacji $t_{\text{min}} = 200$ s. Stąd badania kalibracyjne są prowadzone w warunkach dynamicznych (stanu nieustalonego).

g) Zastosowanie

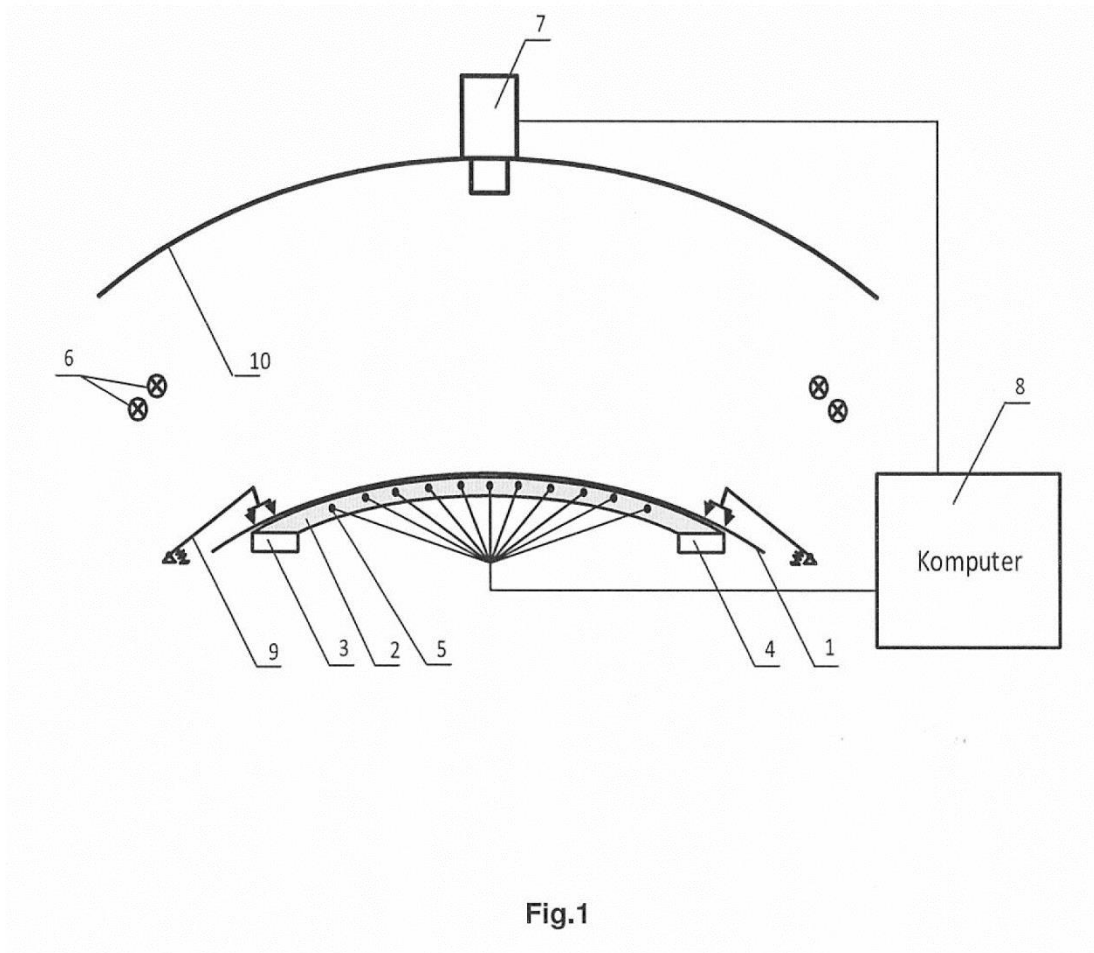
Urządzenie znajduje zastosowanie do badania kalibracji termiczno-chromatycznej ciekłokrystalicznych matryc termochromowych. Dzięki niemu możliwa jest inspekcja nieprawidłowości odpowiedzi barwowej wynikająca z błędnego przygotowania emulsji ciekłokrystalicznej, a także nanoszenia lub sieciowania emulsji, etc. Na podstawie wyników pomiarów podejmowana jest decyzja jakościowa o prawidłowości zakresu termicznego badanej matrycy.

Opracowane stanowisko pozwala wykrywać wadliwe matryce TLC, z nieprawidłową temperaturą środkową i zawężonym zakresem temperaturowym oraz matryce z zaniżoną jasnością lub nasyceniem odpowiedzi barwowej.

Zastrzeżenia patentowe

1. Urządzenie do kontroli kalibracji termochromowych matryc ciekłokrystalicznych, **znamiennie tym**, że zawiera:
 - stolik grzewczy (2) wykonany z materiału o wysokiej przewodności cieplnej, z umieszczonymi na końcach stabilizowanymi elementami aktywnymi termicznie (3) i (4), które stanowią ogniwa Peltiera i/lub grzałki rezystancyjne, oraz czujnikami temperatury (5),
 - elementy naciągająco dociskające (9),
 - oświetlenie (6), detektor (7), który umieszczony jest nad stolikiem (2) oraz ekran (10), przy czym oświetlenie (6) jest umieszczone wzdłuż przeciwległych krawędzi stolika (2) lub oświetlenie (6) jest umieszczone dookólnie.
2. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że jest połączone z komputerem (8) z odpowiednimi interfejsami i oprogramowaniem.
3. Urządzenie według zastrz. 1 albo 2, **znamiennie tym**, że stolik (2) ma kształt wypukły.
4. Urządzenie według zastrz. 1 albo 2 albo 3, **znamiennie tym**, że materiał o wysokiej przewodności cieplnej, wybrany jest spośród takich jak aluminium, miedź.
5. Urządzenie według któregoś z zastrz. 1–4, **znamiennie tym**, że na elementach (3) i (4) można niezależnie nastawić temperaturę.
6. Urządzenie według któregoś z zastrz. 1–5, **znamiennie tym**, że oświetlenie (6) umieszczone jest tak, aby nie było refleksów świetlnych na skutek odbicia od powierzchni folii w kierunku obserwacji przez detektor (7).
7. Urządzenie według któregoś z zastrz. 1–6, **znamiennie tym**, że ekran (10) zapobiega powstawaniu refleksów od otoczenia.
8. Sposób kontroli matrycy TLC przy zastosowaniu urządzenia zdefiniowanego w zastrz. 1–7, **znamienny tym**, że obejmuje etapy, w których:
 - umieszcza się matrycę TLC (1) na stoliku grzewczym (2) wykorzystując jego wypukły kształt, naciąga się folię za pomocą elementów naciągająco dociskających (9), zapewniając pełen kontakt między stolikiem (2) a matrycą (1);
 - włącza się układ oświetleniowy, który jest umieszczony poniżej powierzchni wyznaczającej bezpośrednie odbicie światła od matrycy TLC (1) w kierunku kamery obrazującej barwę matrycy;
 - włącza się układ rejestrujący, wykorzystujący detektor (7), który rejestruje obraz barwny matrycy (1) umieszczonej na stoliku (2);
przy czym kolejność wyżej wymienionych etapów jest dowolna, po czym
 - wyznacza się zależność między wejściem układu (temperaturą) a wyjściem (chrominancją);
a dzięki czujnikom (5) wyznacza się temperaturę w wybranych punktach stolika (2) i ekstrapoluje się wartości temperatury wzdłuż powstałego gradientu temperaturowego.
9. Sposób według zastrz. 8, **znamienny tym**, że dane chrominancji testowanej matrycy porównuje się z danymi wzorcowymi zebranymi z wzorca w analogicznym układzie przy zmiennych warunkach termicznych.
10. Zastosowanie urządzenia według zastrz. 1–7 do badania kalibracji termiczno-chromatycznej ciekłokrystalicznych matryc termochromowych.

Rysunki



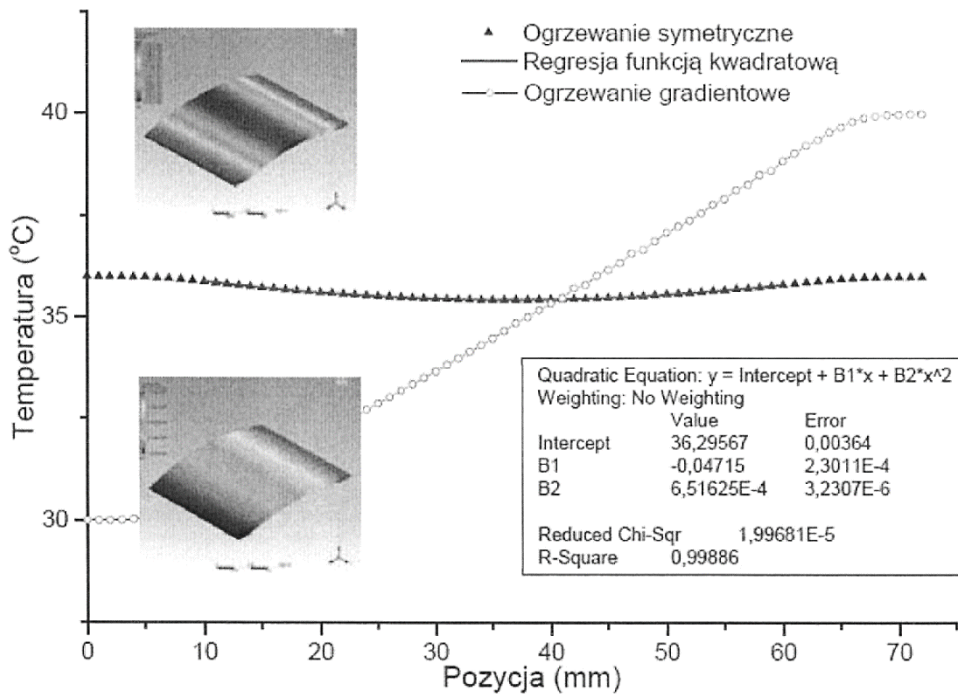


Fig. 2

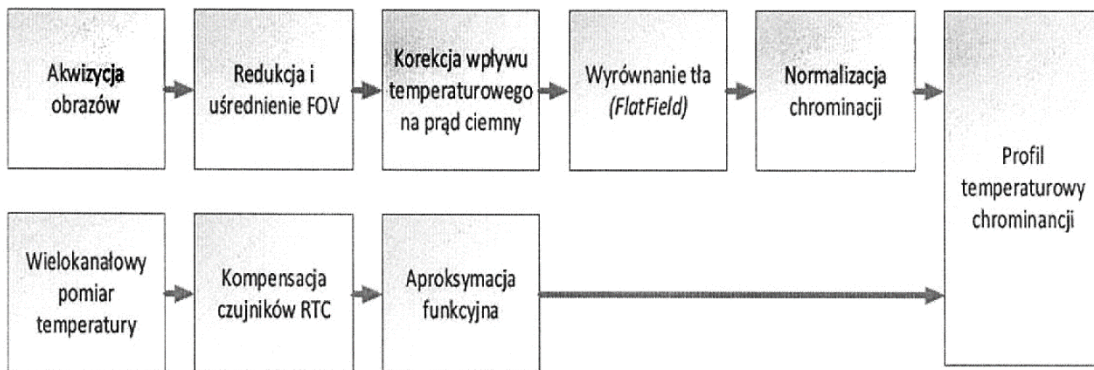


Fig.3

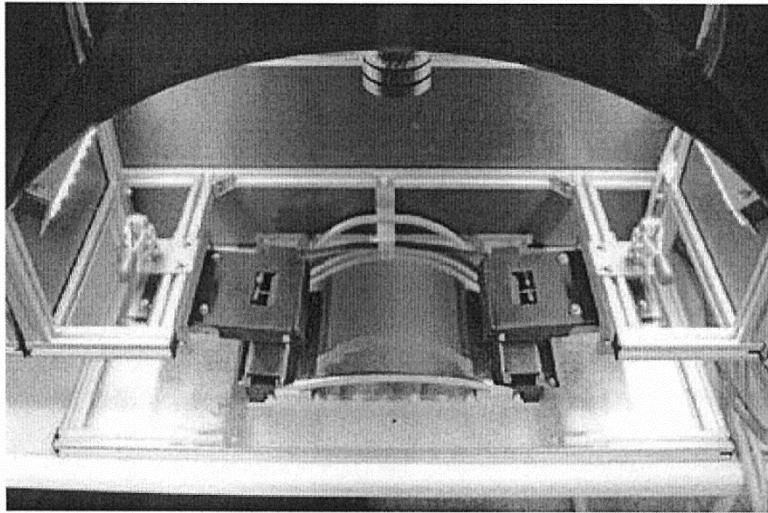


Fig.4