

Spektrometr GL Spectis 1.0 Touch

– precyzyjne pomiary oświetlenia z funkcją Flicker

Często o naszym samopoczuciu decydują czynniki, z których istnienia nawet nie zdajemy sobie sprawy. Ta nieświadomość kończy się nawracającymi bólami głowy, kłopotami z koncentracją itp. Powodów takiego stanu może być w dzisiejszych czasach całkiem sporo. Poszukiwania warto rozpocząć od oświetlenia.

Technika oświetleniowa to temat rzeka, nie sposób odnieść się do wszystkich zagadnień w jednym krótkim artykule. Specjaliści muszą orientować się w licznych definicjach i normach, dobrze znać wybrane prawa fizyki. My poruszymy tylko najbardziej istotne zagadnienia, a po szczególne informacje odsyłamy do bogatej literatury i oczywiście do Internetu.

Jakość oświetlenia określa m.in. norma PN-EN 12464-1:2012. Uwzględnia się w niej otoczenie, zakres czynności wykonywanych przez człowieka, efekty wpływające na samopoczucie człowieka, takie jak np. olśnienie, migotanie itp. Najbardziej istotne są normy określające warunki oświetlenia na stanowiskach pracy, gdyż narzucają one określone działania pracodawcy wobec pracownika. Należy zaznaczyć, że polska norma oświetleniowa jest pochodną normy europejskiej, do której przestrzegania jesteśmy zobowiązani jako członek Unii Europejskiej.

Charakterystyka spektrometru GL Spectis 1.0 Touch

W artykule skupimy się jednak nie na przepisach prawnych, a na aspektach technicznych związanych z pomiarami oświetlenia. Redakcja EP otrzymała do testów i do recenzji spektrometr GL Spectis 1.0 Touch. Jest to uniwersalny przyrząd przeznaczony do pomiaru parametrów kolorymetrycznych i fotometrycznych oraz jeśli klient zamówi taką wersję urządzenia – także tętnienia oświetlenia. Urządzenie współpracuje z programem GL Spectrosoft oferowanym w wersjach: Basic, PRO i LAB.

Spektrometr GL Spectis 1.0 Touch mierzy m.in.: natężenie oświetlenia, strumień świetlny, wskaźnik oddawania barw zgodny z CIE, temperaturę barwową zgodnie z CIE, współrzędne barwy zgodnie z CIE 1931 i CIE 1964, energię promieniowania oraz tętnienia światła (flicker). Urządzenie ma małe wymiary, mieści się w dłoni i może być łatwo przenoszone na dowolne stanowisko przeznaczone do badania. Metalowa obudowa zapewnia dużą wytrzymałość mechaniczną, dobrze też ekranuje wewnętrzną elektronikę (**fotografia 1**). Miernik jest wyposażony w głowicę pomiarową (standardowy dyfuzor). Producent wraz ze spektrometrem przysłał do testów urządzenia peryferyjne, które współpracują z GL Spectis 1.0 Touch. Są to:

- Kula całkująca GL OPTI SPHERE 48 wykorzystywana do pomiarów strumienia świetlnego pojedynczych diod LED (**fotografia 2**).
- Sonda GL OPTI PROBE z ciężarkiem stanowiącym przeciwwagę do mocowania na ekranie przeznaczoną do pomiaru luminancji płaskich ekranów LCD, LED, plazmowych oraz ekranów projektorów i źródeł światła OLED (**fotografia 3**).
- Laser do precyzyjnego pozycjonowania głowicy GL OPTI PROBE (**fotografia 4**).
- Zasilacz do ładowania akumulatorów spektrometru.
- Walizka do transportu całego oprzyrządowania.



Więcej informacji:

Redakcja „Elektroniki Praktycznej” dziękuje firmie GL Optic z Puszczkowskiej za wypożyczenie spektrometru GL SPECTIS 1.0 Touch do testów. Więcej informacji na temat tego i innych przyrządów jest dostępne na stronie internetowej gloptic.com.



Fotografia 1. Spektrometr GL Spectis 1.0 Touch z funkcją pomiaru tętnienia światła (Flicker)



Fotografia 2. Miniaturowa kula całkująca do pomiaru strumienia świetlnego diod LED

Standardowy dyfuzor dostarczany ze spektrometrem zapewnia poprawny pomiar natężenia oświetlenia z całej półkuli nad sensorem (180°). Aby to było możliwe, konstruktorzy musieli poddać go odpowiedniej korekcji kątowej. Związaną z tym teorię opisuje prawo Lamberta.

Obsługa spektrometru odbywa się za pośrednictwem ekranu dotykowego i jednego przycisku mechanicznego. Zastosowano znany ze smartfonów i tabletów system operacyjny Android, w którym po włączeniu urządzenia uruchamiana jest główna aplikacja. Obsługa spektrometru jest więc łatwa i intuicyjna. Jedynym mankamentem są niewielkie wymiary wyświetlacza powodujące, że przyciski ekranowe nie zawsze są prawidłowo wybierane. Szczególnie kłopotliwe jest naciskanie przycisków położonych w lewej części klawiatury alfanumerycznej ukazującej się wtedy, gdy zachodzi konieczność wprowadzania informacji tekstowych, np. nazw plików, dat, parametrów konfiguracyjnych itp. Każdy pomiar jest zachowywany na karcie pamięciowej micro SD. Użytkownik może okresowo lub np. po zakończeniu serii pomiarów zgrzywać je do komputera, a korzystając z interfejsu USB.

Uniwersalna śruba fotograficzna dostępna na dolnej ścianie spektrometru GL Spectis 1.0 Touch umożliwia mocowanie go do statywów lub optycznych ław laboratoryjnych. W zastosowaniach zaawansowanych zachodzi czasami potrzeba wykonywania pomiarów synchronicznych. Z myślą o tym spektrometr wyposażono w wejście/wyjście wyzwalające typu otwarty kolektor. Taki rodzaj wyjścia ułatwia dostosowanie połączeń wielu urządzeń pracujących z różnymi

napięciami zasilającymi i różnymi standardami napięciowymi wejść cyfrowych.

Funkcje pomiarowe

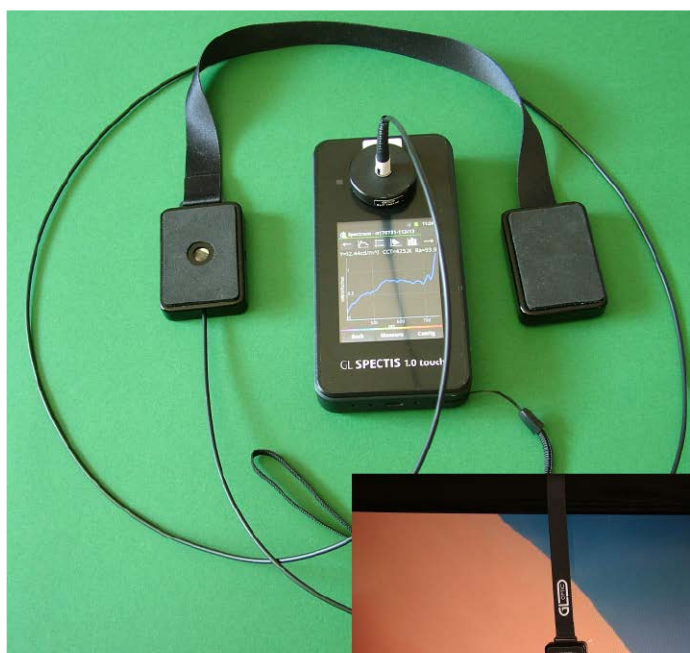
Funkcje pomiarowe spektrometru GL Spectis 1.0 Touch są uruchamiane naciśnięciem odpowiednich przycisków rozmieszczonych na dwóch ekranach.

Podstawową funkcją spektrometru jest pomiar **widma światła** padającego na detektor. Przyrząd musi mieć przykręconą jedną z trzech przystawek znajdujących się w zestawie. Są one automatycznie rozpoznawane przez oprogramowanie, więc użytkownik jest zwolniony z uciążliwego zmieniania konfiguracji programowej po każdej wymianie końcówki. Operacja taka jest konieczna ze względu na dobór odpowiedniego pliku kalibrującego. Należy zaznaczyć, że każdy element zestawu jest fabrycznie kalibrowany z wykorzystaniem wysokiej klasy wzorców, co jest potwierdzone certyfikatem wydawanym dla każdego urządzenia. Kwestia kalibracji jest bardzo istotna dla zachowania wiarygodności i dokładności wyników, i to do tego stopnia, że klient kupujący poszczególne końcówki osobno (nie w zestawie), jest zobowiązany dostarczyć urządzenie do producenta w celu przeprowadzenia kalibracji fabrycznej. Jest to jednak usługa płatna.

Indywidualne parametry pomiaru są zmieniane po wybraniu komendy „Config”. Jest w niej ustawiany czas całkowania (pomiaru światła), liczba powtórzeń umożliwiająca uśrednianie wyników i częstotliwość tętnienia. Najczęściej jednak optymalne parametry są używane po zaznaczeniu opcji „Auto”.

Przed rozpoczęciem pomiarów użytkownik może przeprowadzić kalibrację prądu ciemnego. Jest to nieskomplikowana procedura, w przejrzysty sposób opisana w instrukcji obsługi.

W wyniku przeprowadzenia pomiaru widma na ekranie spektrometru jest wyświetlony wykres widmowy wraz z kilkoma parametrami opisującymi badane źródło światła (**rysunek 5**). Parametry te są zależne od zastosowanej końcówki pomiarowej. Na przykład dla standardowego



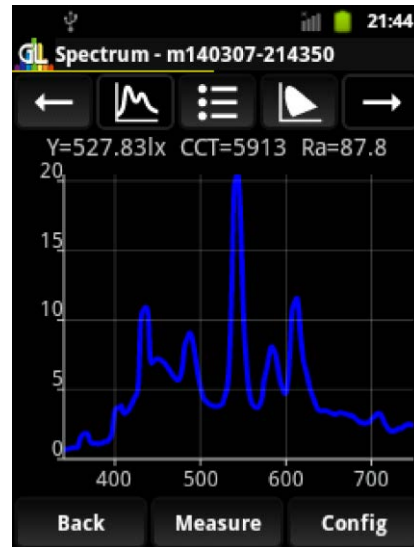
Fotografia 3. Sonda GL OPTI PROBE z ciężarkiem stanowiącym przeciwwagę do mocowania na ekranie przeznaczona do pomiaru luminancji m.in. płaskich ekranów LCD



Fotografia 4. Laser do precyzyjnego wycelowywania głowicy GL OPTI PROBE

dyfuzora jest to natężenie oświetlenia (w luksach), temperatura barwowa (CCT) i współczynnik oddawania barw Ra. Po założeniu kuli całkującej natężenie oświetlenia jest zastąpione strumieniem świetlnym (w lumenach), natomiast założenie głowicy do pomiaru luminancji spowoduje wyświetlenie wyniku podawanego w kandelach na metr kwadratowy (cd/m^2). Przykładowe pomiary widmowe luminancji dla obszarów o różnych kolorach przedstawiono na **fotografii 6**.

Kolejnym parametrem, który jak już wiemy ma duży wpływ na nasze samopoczucie, jest tzw. **flicker**, czyli **tętnienie** światła. Odpowiedni pomiar jest inicjowany naciśnięciem przycisku „Flicker”. W ramach tego pomiaru określany jest współczynnik tętnienia Fi



Rysunek 5. Ekran spektrometru z wynikami pomiaru oświetlenia

(indeks tętnienia), który można interpretować jako zmieniającą się w czasie luminancję lub widmo światła, przy czym często zmiany te są na tyle szybkie, że nie są postrzegane świadomie przez człowieka. Współczynnik tętnienia Fi jest wielkością niemianowaną (**rysunek 7**).



Fotografia 6. Przykładowe pomiary widmowe luminancji dla obszarów o różnych kolorach

SPRZĘT

Jego wartość jest obliczona z uwzględnieniem charakteru tętnienia światła. Ze względu na konieczność całkowania pomiarów wymagana jest odpowiednio duża moc obliczeniowa przyrządu.

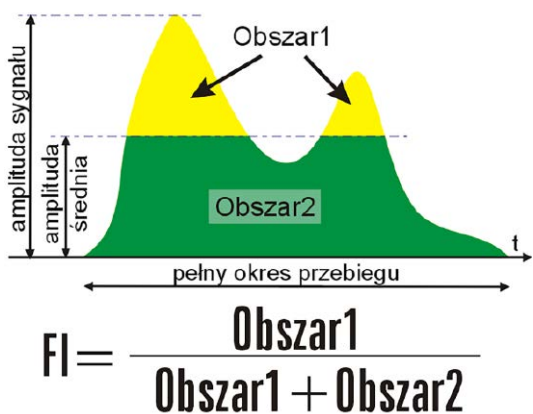
Dużo łatwiejszy w obliczeniach jest procentowy stosunek wartości maksymalnej natężenia światła do minimalnej w pojedynczym cyklu. Parametr ten jest oznaczany F_p . Nie uwzględnia on kształtu zmian oświetlenia, tylko wartości maksymalne i minimalne. Z tego względu jest wielkością względnie łatwą do wyznaczenia.

Pozostaje kwestią otwartą – po co stosować tyle parametrów do określania w zasadzie jednego zjawiska? Trwają dyskusje na ten temat wśród specjalistów. Panuje opinia, że tętnienie wyznaczone za pomocą obu parametrów jest odczuwalne zależnie od częstotliwości.

Flicker jest efektem nierozzerwalnie związanym z zasilaniem źródeł światła napięciami zmiennymi. Przykładowo, jasność świecenia żarówki zasilanej napięciem o częstotliwości 50 Hz zmienia się dwukrotnie w czasie jednego cyklu zasilania, stąd częstotliwość tętnienia jest równa 100 Hz. Niestety coraz częściej stosowane oświetlenie ledowe charakteryzuje się większym flickerem niż oświetlenie żarówkami tradycyjnymi, a nawet energooszczędnymi. Przykładowy pomiar tętnienia przedstawiono na **fotografii 8**. Porównano w nim flicker lampy z żarówkami energooszczędnymi i latarki tzw. czółówki. Jak widać, procentowy współczynnik tętnienia lampy jest równy 12,4%, parametr ten dla latarki osiąga wartość aż 99%, co wynika z impulsowego zasilania żarówki. Taki rodzaj zasilania zastosowano w celu regulacji jasności metodą zmiany współczynnika wypełnienia fali prostokątnej. Widać też, że częstotliwość napięcia zasilającego żarówkę latarki jest dużo wyższa niż w sieci energetycznej i wynosi 491 Hz. Dla porównania analogiczny pomiar pokojowego oświetlenia ledowego dał wynik $F_p=44\%$ (sic!).

Z tętnieniem oświetlenia wiąże się jeszcze jedna uciążliwość dająca o sobie znać w pewnych okolicznościach. Jest to **efekt stroboskopowy**. Flicker odnosił się do pomiarów statycznych, w którym zarówno obiekt mierzony, jak i źródło światła pozostawały bez ruchu. Oświetlany migotającym światłem obiekt poruszający się względem obserwatora może być przez niego postrzegany inaczej niż w sytuacji statycznej. Bywalcy dyskotek dobrze ten efekt znają, gdyż jest nierzadko wykorzystywany przez didżejów. Impulsowe oświetlenie ostrym światłem w zaciemnionym pomieszczeniu wywołuje efekt jakby spowolnionych ruchów. Spektrometr GL Spectis 1.0 Touch w pomiarze „Flicker” wyznacza związany z tym zjawiskiem specjalny współczynnik – **SVM (Stroboscopic Visibility Measure)**. Przyjmuje się, że efekt stroboskopowy staje się widoczny, począwszy od SVM=1. Dla wartości tego parametru poniżej jedności można uznać, że efekt jest nieistotny.

Parametry fluktuacji światła przedstawiane w dziedzinie częstotliwości są dostępne po uruchomieniu pomiaru „FFT”. Na ekranie jest wówczas wyświetlane widmo tętnienia światła obliczone szybką



Rysunek 7. Graficzna interpretacja definicji współczynnika tętnienia FI



Fotografia 8. Pomiar tętnienia: a) lampy oświetleniowej LED, b) latarki tzw. czółówki

transformatą Fouriera (FFT). Należy tu zwrócić uwagę na to, że pomiar ten nie ma żadnego związku z widmem światła, a więc ocena poszczególnych składników barwowych światła.

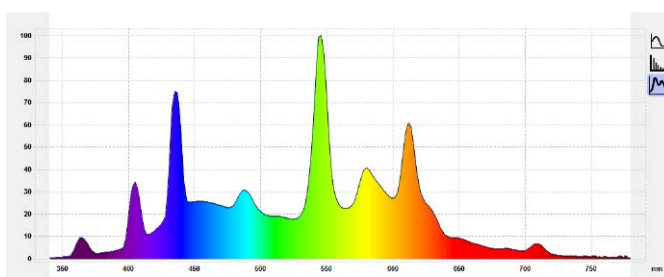
Firmware spektrometru zawiera ponadto kilka funkcji wykorzystywanych do pomiarów wskaźników oddawania barw – CRI, nowe TM-30, Ra. Im wyższą wartość mają te parametry, tym dane źródło światła będzie lepiej oddawało naturalne barwy przedmiotów. Maksymalna wartość parametru Ra jest równa 100. Należy zwrócić uwagę na fakt, że powszechnie stosowane, względnie tanie (chińskie) lampy fotograficzne (luminescencyjne, nie żarowe) nie mają równomiernej charakterystyki widmowej (**rysunek 9**). Dziury w tej charakterystyce powodują, że lampy te nie mogą mieć Ra=100, a nawet niespecjalnie się do tego ideału zbliżają. Przykładowo, zmierzona w ramach testu lampa sprzedawana jako fotograficzna charakteryzowała się współczynnikiem Ra równym zaledwie 77. Już teraz wiadomo, dlaczego wartości tej nie podano na opakowaniu. Trochę lepiej prezentuje się oświetlenie LED, ale nadal osiągnięcie Ra większego od 90 jest dość problematyczne w tej technologii.

Kolejną formą charakteryzującą mierzone źródło światła są wykresy chromatyczności – funkcja „CIE Chart” (**rysunek 10**). W praktyce stosuje się kilka modeli, na podstawie których tworzone są wykresy CIE. Modele te są wybierane przez użytkownika po naciśnięciu odpowiedniej zakładki: 1931 (xy), 1960 (uv) oraz 1931 (u’v’).

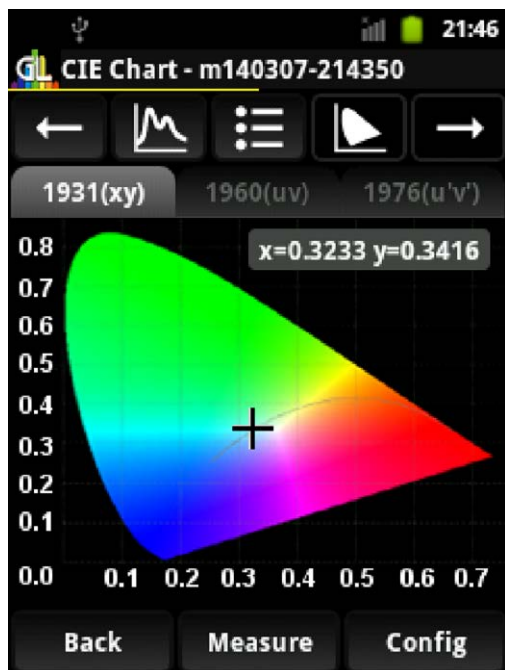
Zbiorcze wyniki pomiarów uwzględniające wiele innych parametrów, o których nie sposób odnieść się w artykule, są wyświetlane po naciśnięciu przycisku „Results”.

Oprogramowanie komputerowe dla spektrometru

Wraz z urządzeniem oferowane jest specjalistyczne oprogramowanie GL Spectrosoft ułatwiające zbieranie danych, analizę wyników oraz prowadzenie samych pomiarów. Najbardziej zaawansowana wersja – LAB – zapewnia pełną obsługę przyrządu i kompletną analizę wyników. Program jest zabezpieczony kluczem HASP, więc należy liczyć się z tym, że w trakcie pracy będzie zajmował jedno gniazdo USB.



Rysunek 9. Charakterystyka widmowa taniej lampy fotograficznej


Rysunek 10. Przykładowy wykres chromatywności (CIE Chart)

Najważniejszą część okna programu zajmuje wykres widmowy (rysunek 11), który jest łatwo skalowany m.in. za pomocą kółka myszki komputerowej. Jeżeli w trakcie pracy z programem do komputera jest dołączony spektrometr, to pomiary mogą być inicjowane albo z przyrządu, albo z komputera. Wyniki pomiarów są zapisywane na dysku komputera, mogą być też eksportowane do innych programów w formacie tekstowym lub bezpośrednio przez clipboard. Trzeba jednak przyznać, że system plików nie jest zbyt intuicyjny i konieczny jest pewien czas na zdobycie doświadczenia i zrozumienie całej filozofii.

Pomiary spektrometrem dają bardzo dużą ilość informacji. Na szczęście wyniki są dla specjalisty prezentowane dość przejrzysto. Dobrym pomysłem ze strony autorów programu było zawarcie okna „Wybrane wyniki”, którego zawartość ustala użytkownik według własnych potrzeb. Dzięki temu ma zbiorcze wyniki tylko tych parametrów, które go interesują i nie musi przeszukiwać całej kolekcji. Jeśli wykonywane

są pomiary porównawcze kilku źródeł światła, to bardzo przydatna jest tabela, w której znajduje się zestawienie wszystkich pomiarów. Taka forma ułatwia porównywanie poszczególnych przypadków.

Do specjalistycznych narzędzi należy zaliczyć edytory grup binningowych i grup jasności umożliwiające dowolne klasyfikowanie poszczególnych pomiarów wykonywanych spektrometrem. Specjalistycznym narzędziem jest też test Pass/Fail umożliwiający bardzo szybką selekcję mierzonych źródeł światła pod kątem spełniania założonych parametrów.

Dysponując kompletem niezbędnych parametrów, możliwe jest wykonywanie obliczeń światłości (Luminous intensity), skuteczności świetlnej (Luminous efficacy), a nawet PPFD prezentującego wykres fotosyntetycznej gęstości strumienia elektronów.

Program generuje raporty z pomiarów, umożliwia zautomatyzowaną pracę z wieloma przyrządami, do czego są wykorzystywane skrypty automatyzacji. Ciekawym rozwiązaniem jest zastosowanie graficznego edytora tych skryptów.

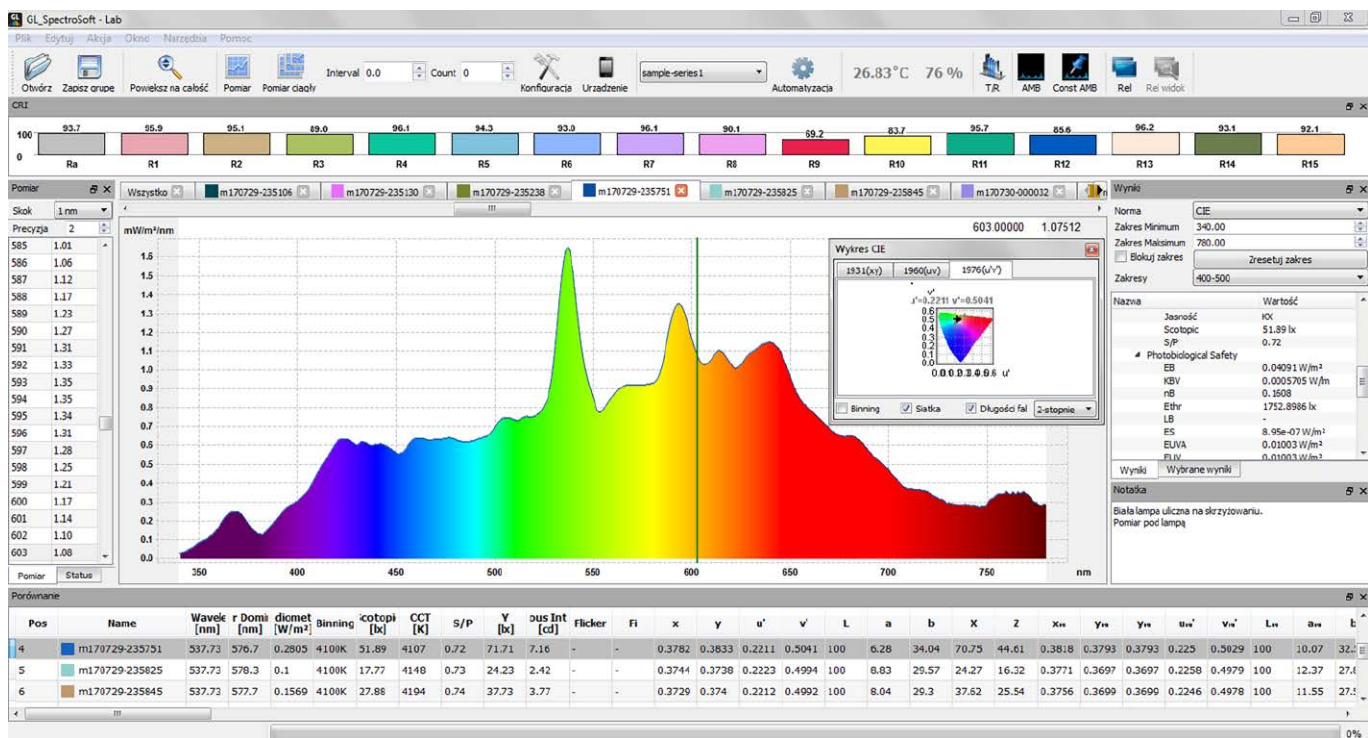
Uwagi końcowe

Redakcyjne testy spektrometru GL Spectis 1.0 Touch wykazały, że jest to przyrząd charakteryzujący się bardzo dużą precyzją i powtarzalnością pomiarów. Producenci przywiązują do tego bardzo dużą wagę, o czym świadczą certyfikaty potwierdzające precyzyjną kalibrację elementów zestawu pomiarowego, wydawane klientowi w chwili zakupu przyrządu. Klasę przyrządu podwyższono, implementując funkcję „Flicker”. Ciekawym rozwiązaniem jest automatyczne rozpoznawanie czujników dołączanych do spektrometru.

Nie uniknięto jednak drobnych niedociągnięć, do których trzeba zaliczyć dość niepewną obsługę przycisków ekranowych i niezbyt intuicyjny system plików w programie GL Spectrosoft. Mylący może być również wynik pomiaru flickera dla niemigających źródeł światła. Zdarza się, że jako wynik takiego pomiaru wyświetlane są podejrzanie duże częstotliwości, np. 6732 Hz. Można mieć też wątpliwość, czy podawany w instrukcji czas pracy na akumulatorze nie został zawyżony. Pomiary raczej nie potwierdzały tego parametru.

Wszystkie te uwagi w najmniejszym nawet stopniu nie wpływają na ogólną bardzo wysoką ocenę spektrometru, co może tym bardziej cieszyć, że jest to całkowicie polska konstrukcja.

Jarosław Doliński, EP


Rysunek 11. Główne okno programu „GL Spectrosoft”