

Grzegorz SZAJNA

ZALECENIA NORM MIĘDZYNARODOWYCH DOTYCZĄCE POMIARÓW PARAMETRÓW FOTOMETRYCZNYCH MATERIAŁÓW FOSFORESCENCYJNYCH

STRESZCZENIE

W referacie omówiono w jaki sposób zostały zrealizowane w Laboratorium Fotometrii i Radiometrii GUM wymagania norm w części dotyczącej pomiarów parametrów fotometrycznych materiałów fosforescencyjnych. Przedstawione zostaną wymagane przez normy: rodzaje źródeł światła wzbudzenia, wartości natężenia oświetlenia wzbudzenia oraz czasy wzbudzenia. Szczególny nacisk zostanie położony na podstawowy, z punktu widzenia klasyfikowania materiałów fosforescencyjnych, sposób wzbudzania – wzbudzenie lampą ksenonową. Zaprezentowany zostanie układ do wzbudzenia świecenia oraz stanowisko do pomiaru luminancji materiałów fosforescencyjnych. Dalsza część referatu poświęcona będzie podstawowemu parametrowi fotometrycznemu charakteryzującemu materiały fosforescencyjne jakim jest czas zaniku fosforescencji oraz zmianą w podejściu do niego norm przedmiotowych. Końcowa część referatu to podsumowanie doświadczeń z wieloletnich pomiarów i przedstawienie planów budowy nowego stanowiska pomiarowego do pomiaru niskich wartości luminancji.

Słowa kluczowe: fosforescencja, luminancja, czas wzbudzenia, czas zaniku

mgr inż. Grzegorz SZAJNA
e-mail: radiation@gum.gov.pl

Główny Urząd Miar
Zakład Promieniowania i Drgań – Laboratorium Fotometrii i Radiometrii

PRACE INSTYTUTU ELEKTROTECHNIKI, zeszyt 255, 2012

1. WSTĘP

Materiały fosforescencyjne są podstawowym materiałem służącym do wytwarzania znaków ewakuacyjnych.

Dzięki wykorzystaniu zjawiska fosforescencji (*kontynuacja emisji światła z luminoforu po wyłączeniu czynnika wzbudzającego*) w przypadku zaniku napięcia zasilającego oświetlenie pomieszczeń, w których przebywają ludzie, znaki ewakuacyjne mają zapewniać widoczne dla wszystkich oznakowanie dróg ewakuacyjnych, wyjść awaryjnych i stref niebezpiecznych. Zadaniem znaków ewakuacyjnych jest również przekazywanie pełnej wizualnej informacji w normalnych warunkach oświetlenia pomieszczeń zarówno światłem dziennym jak i sztucznym.

2. POMIARY I WYMAGANIA FOTOMETRYCZNE

Pomiary fotometryczne materiałów fosforescencyjnych są prowadzone w Laboratorium Fotometrii i Radiometrii w Zakładzie Promieniowania i Drgań Głównego Urzędu Miar od 15 lat. Podstawą do opracowania procedur pomiarowych umożliwiających przeprowadzanie badań certyfikacyjnych tych materiałów była norma PN-92/N-01256/02 bazująca na normie DIN 67510 Teil 1. Określa ona wymagania dotyczące warunków wzbudzenia oraz charakterystykę metrologiczną miernika luminancji. I tak:

warunki wzbudzenia:

- źródło wzbudzające – lampa ksenonowa o mocy 150 W (w trakcie naświetlania można dodatkowo używać płytkę rozpraszającą lub kulę fotometryczną w celu uzyskania lepszej równomierności rozkładu natężenia oświetlenia na powierzchni próbki, pod warunkiem, że nie zmienia ona rozkładu widmowego promieniowania);
- średnie natężenie oświetlenia na badanej próbce powinno wynosić 1000 lx;
- równomierność natężenia oświetlenia na powierzchni próbki $E_{\min}/E_{\max} > 1/1,1$;
- powierzchnia oświetlona okrągła o średnicy nie mniejszej niż 50 mm;
- czas wzbudzenia 5 min;

miernik luminancji:

- zakres pomiarowy $10^{-5} \text{ cd/m}^2 - 10 \text{ cd/m}^2$;
- czterocyfrowe wskazanie, wartość najmniejsza $0.001 \cdot 10^{-2} \text{ cd/m}^2$, wartość największa 10 cd/m^2 .

Miernik luminancji należy ustawić w takiej odległości od powierzchni próbki aby powierzchnia mierzona miała średnicę ok. 45 mm.

Norma DIN 67510 Teil 1 określiła także warunki pomiaru oraz wymagania fotometryczne jakie powinien spełniać materiał fosforescencyjny. Pomiar luminancji powinien zostać przeprowadzony po czasie 5, 10, 30, 60 i 120 minut od zakończenia wzbudzenia. Jeśli luminancja próbki po 120 minutach nie spadnie poniżej $0,3 \text{ mcd/m}^2$ to czas zaniku fosforescencji (do tej wartości luminancji) określa się poprzez ekstrapolację wyników pomiarów. Otrzymane wyniki pomiarów są podstawą do oznaczenia materiału fosforescencyjnego w sposób umożliwiający jego identyfikację.

5,0/1,0-270-K-W/DIN67510

gdzie:

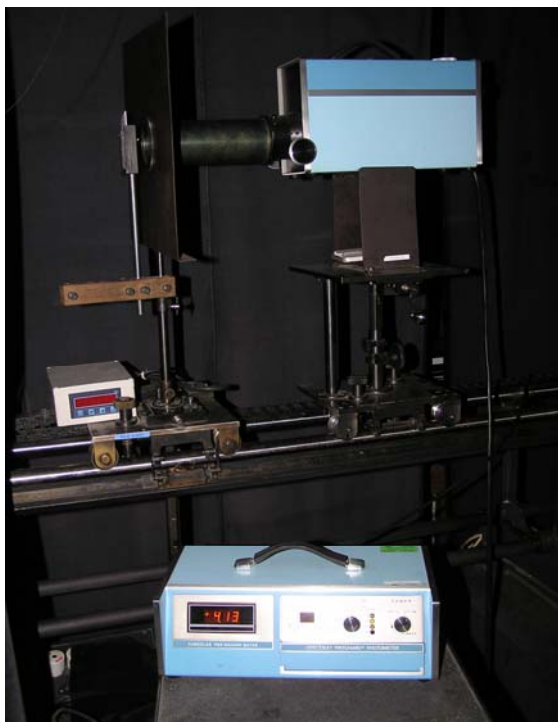
- 5,0 – luminancja po 10 min,
- 1,0 – luminancja po 60 min,
- 270 – czas zaniku fosforescencji,
- K – barwa przy wzbudzeniu,
- W – barwa poświaty.

Polska norma PN-92/N-01256/02, dodatkowo, wprowadziła wymagania dotyczące czasu zaniku i granicznej wartości luminancji materiału fosforescencyjnego, dla której określamy ten czas. Czas ten nie może być on krótszy niż 2 h, a wartość luminancji nie może być niższa niż $0,32 \text{ mcd/m}^2$.

W oparciu o wyżej wymienione wymagania zbudowano w Laboratorium Fotometrii i Radiometrii układ do wzbudzenia materiałów fosforescencyjnych (rys. 1.) w skład którego wchodzi źródło wzbudzenia, kula fotometryczna i luksomierz oraz stanowisko do pomiaru bardzo niskich wartości luminancji (rys. 2.) za pomocą fotometru Pritchard.



Rys. 1. Układ do wzbudzenia świecenia materiałów fosforescencyjnych



Rys. 2. Stanowisko do pomiaru luminancji materiałów fosforescencyjnych

3. POMIARY I WYMAGANIA FOTOMETRYCZNE – – NORMY NOWEGO PODEJŚCIA

W latach 2001-2004 Międzynarodowa Organizacja Normalizacyjna (ISO) opublikowała dwie normy dotyczące znaków bezpieczeństwa: normę ISO 17398:2004 (E) oraz normę szczegółową ISO 15370:2001(E) wprowadzającą wymagania dla zastosowań morskich (system oświetlenia fotoluminescencyjnego PL). Gdy w/w normy były jeszcze w fazie projektów, w Laboratorium Fotometrii i Radiometrii, na życzenie klientów, zaczęto wykonywać pomiary laboratoryjne zgodne z wymaganiami metrologicznymi tych norm.

Wymagania normy ISO 15370:2001(E) w części dotyczącej systemu oświetlenia fotoluminescencyjnego PL są następujące:

warunki wzbudzenia:

- źródło wzbudzające – świetlówka o temperaturze barwowej 3000 K;
- średnie natężenie oświetlenia na badanej próbce powinno wynosić 25 lx;
- wzbudzenie materiału fosforescencyjnego przez 24 h;
- próbka przed pomiarem powinna być przechowywana w ciemności przez 24 h;
- temperatura otoczenia podczas pomiaru luminancji powinna wynosić (23 ± 2) C;
- powierzchnia oświetlona – okrągła o średnicy $(25 \div 50)$ mm, nie zmieniająca się w czasie badań;

miernik luminancji:

- zakres pomiarowy 10^{-4} cd/m² – 10 cd/m², (w przypadku gdy luminancja próbki różni się o nie więcej niż 10% od wartości wymaganej należy pomiary powtórzyć używając miernika o zakresie pomiarowym 10^{-5} cd/m² – 10 cd/m²).

Materiał fosforescencyjny spełnia wymagania normy ISO 15370 jeżeli wartość luminancji wynosi co najmniej:

- 15 mcd/m² po 10 min. od zakończenia czasu wzbudzenia,
- 2 mcd/m² po 60 min. od zakończenia czasu wzbudzenia.

Wyżej wymienione wartości luminancji zmierzone w warunkach laboratoryjnych powinny być potwierdzone pomiarami w miejscu zainstalowania znaków ewakuacyjnych po 24-godzinnym wzbudzeniu oświetleniem sztucznym.

Wymagania dotyczące przygotowania próbki materiału fosforescencyjnego do badań, warunków i źródeł wzbudzenia oraz charakterystyk metrologicznych luksomierza i miernika luminancji określone przez normę ISO 17398.

Charakterystyki metrologiczne przyrządów pomiarowych:

1) luksomierz

- dopasowanie do krzywej $V(\lambda)$: $f_1 \leq 5\%^*$,
- czułość w zakresie UV: $u \leq 0,5\%^*$,
- rozdzielczość: 1,0 lx,
- błąd liniowości: $f_3 \leq 0,5\%^*$,
- zakres pomiarowy: $\geq 10^{-1}$ lx ÷ 10 klx,
- średnica odbiornika: ≤ 1 cm,

2) miernik luminancji

- dopasowanie do krzywej $V(\lambda)$: $f_1 \leq 0,5\%^*$,
- czułość w zakresie UV: $u \leq 0,5\%$
- rozdzielczość: nie mniejsza niż 0,01 mcd/m²,
- błąd liniowości: $f_3 \leq 0,5\%$
- stosunek sygnału mierzonego do zakłóceń: nie mniejszy niż 10:1 dla wszystkich przeprowadzanych pomiarów,
- zakres pomiarowy: $\geq 10^{-5}$ cd/m² ÷ 10 cd/m²
- wskazanie wyświetlacza: $\geq 3,5$ cyfry, wartość min. $\geq 0,001 \cdot 10^{-2}$ cd/m², wartość max. $\leq 1,999 \cdot 10$ cd/m².

Uwaga: oznaczenie () przywołuje publikację CIE nr 69.*

Warunki wzbudzenia (rodzaj źródła, czas wzbudzenia i wartość natężenia oświetlenia) zostały sformułowane w sposób umożliwiający osiągnięcie dwóch celów:

- klasyfikacyjnego – wyniki pomiarów luminancji badanej próbki umożliwiają porównanie parametrów fotometrycznych różnych materiałów fosforescencyjnych,
- opisowo – handlowego – wyniki pomiarów luminancji umożliwiają użytkownikowi dobrać materiał na znak do warunków oświetleniowych w jakich ten znak będzie umieszczony.

Dla celów klasyfikacyjnych:

- wzbudzenie lampą ksenonową o mocy nie większej niż 500 W (w trakcie naświetlania nie można używać filtra ciepłego),
- średnie natężenie oświetlenia na badanej próbce powinno wynosić 1000 lx,
- czas wzbudzenia 5 min.

Dla celów opisowo – handlowych:

- wzbudzenie iluminatami D65 przez 20 min., natężenie oświetlenia na próbce 200 lx,
- wzbudzenie świetlówką zimno-białą (temperatura barwowa 4300 K) przez 15 min., natężenie oświetlenia na próbce 50 lx,
- wzbudzenie świetlówką ciepło-białą (temperatura barwowa 3000 K) przez 15 min., natężenie oświetlenia na próbce 25 lx.

Warunki pomiarowe dotyczące badanej próbki, przyrządów pomiarowych oraz zapisu wyników pomiaru są jednakowe dla obydwu wyżej wymienionych celów:

- pomiar luminancji powinien być przeprowadzany w pomieszczeniu, w którym poziom luminancji jest mniejszy niż najniższa mierzona wartość luminancji próbki,
- miernik luminancji powinien być zerowany przed pomiarem, jeżeli po zakończeniu pomiaru wartość „zera przyrządu”, w wyniku „płynięcia” jest większa niż 5% wartości mierzonej, pomiar powinien być powtórzony,
- badanie należy przeprowadzić dla trzech próbek testowych tego samego materiału,
- próbki przed pomiarem powinny być przechowywane w ciemności przez 48 h,
- powierzchnia próbki materiału fosforescencyjnego okrągła o średnicy nie mniejszej niż 35 mm,
- powierzchnia oświetlona okrągła o średnicy nie mniejszej niż 30 mm,
- temperatura otoczenia podczas przechowywania próbki materiału przed pomiarem, podczas wzbudzenia i podczas pomiaru luminancji powinna wynosić $(23 \pm 2)^{\circ}\text{C}$, a wilgotność względna powinna wynosić $(50 \pm 10)\%$

temperatura próbki, 1min. przed wzbudzeniem, nie powinna przekraczać 25°C,

- wzbudzenie materiału powinno odbywać się w ciemni bez udziału światła rozproszonego,
- próbka materiału fosforescencyjnego, w czasie wzbudzenia, powinna być umieszczona centralnie względem wiązki oświetleniowej, tak żeby średnia wartość natężenia oświetlenia zmierzona w centrum oraz w czterech punktach znajdujących się na zewnętrznym brzegu oświetlonej powierzchni, przesuniętych względem siebie o 90° wynosiła 1000 lx,
- równomierność natężenia oświetlenia na powierzchni próbki określa stosunek $E_{min}/E_{max} > 1/1,1$,
- pomiar luminancji powinien zostać przeprowadzony w odstępach czasu 2, 10, 30, 60 minut od zakończenia wzbudzania, mierzonych z dokładnością ± 10 s,
- w przypadku szczególnym – wymagania normy ISO 16069:2000 – mierzony jest czas zaniku fosforescencji do wartości 3 mcd/m² (dla celów klasyfikacyjnych) lub do wartości 2 mcd/m² (dla celów opisowych).

Norma ISO 17398 pozwala określić wartości luminancji za pomocą pomiaru bezpośredniego, miernikiem luminancji, lub metodą obliczeniową w oparciu o wyniki pomiarów natężenia oświetlenia. W laboratorium Fotometrii i Radiometrii luminancja materiałów fosforescencyjnych mierzona jest w sposób bezpośredni.

Minimalne wartości luminancji klasyfikujące materiał fosforescencyjny podaje tabela 1.

TABELA 1

Minimalne wartości luminancji klasyfikujące materiał fosforescencyjny

Klasyfikacja	Minimalna wartość luminancji [mcd/m ²]			
	po czasie 2 min.	po czasie 10 min.	po czasie 30 min.	po czasie 60 min.
A	108	23	7	3
B	210	50	15	7
C	690	140	45	20
D	1100	260	85	35

Otrzymane wyniki pomiarów są podstawą do oznaczenia materiału fosforescencyjnego.

Przykład takiego oznaczenia:

Safety-sign – 17398 –I-MR-PB-E-M-I

gdzie:

- zastosowanie „wewnątrz pomieszczeń”,
- MR – materiał z którego wykonany jest znak „sztywny metal”,
- PB – materiał pokrywający znak „fosforescent klasy B”,
- E – metoda wzbudzenia świecenia „zewnątrzna”,
- M – metoda mocowania „mechaniczna”,
- I – połysk powierzchni znaku „średni”.

Opublikowanie przez ISO nowych norm „wymusiło” rozbudowę stanowiska do wzbudzenia świecenia materiałów fosforescencyjnych przedstawionego na zdjęciu nr 1. Dołączono do niego lampy fluorescencyjne o różnych temperaturach barwowych oraz układ zasilający lamp. Nowe źródła światła nie miały wpływu na formowanie wiązki świetlnej w układzie wzbudzenia. Realizowane jest ono, w dalszym ciągu, przy użyciu przesłony irysowej oraz kuli fotometrycznej zapewniającej równomierność oświetlenia powierzchni badanej próbki na poziomie daleko wyższym od wymagań, przywoływanych w referacie, norm.

4. CZAS ZANIKU FOSFORESCENCJI

Parametrem charakteryzującym materiał fosforescencyjny jest czas zaniku jego fosforescencji. Norma PN-92/N-01256/02 definiuje ten czas jako czas pomiędzy wyłączeniem źródła wzbudzenia i osiągnięciem przez luminancję wartości $0,32 \text{ mcd/m}^2$ (w normie DIN 67510 wartość ta wynosi $0,3 \text{ mcd/m}^2$). Czas zaniku fosforescencji powinien wynosić minimum 2 h. Tak zdefiniowany czas zaniku był jedynym fotometrycznym kryterium klasyfikacyjnym dopuszczającym materiał fosforescencyjny do stosowania w produkcji znaków ewakuacyjnych.

„Normy nowego podejścia” zaostrzyły wymagania dotyczące parametrów fotometrycznych materiałów. Postawiły większy nacisk na wartości luminancji świecenia znaków w pierwszej godzinie po wyłączeniu oświetlenia (tab. 1), przyjmując, że ten okres czasu jest krytycznym w przypadku ewakuacji ludzi z zagrożonych pomieszczeń. Czas zaniku fosforescencji do wartości $0,32 \text{ mcd/m}^2$ stał się, w wyniku postępu technologicznego w produkcji materiałów fosforescencyjnych, tylko „*parametrem dodatkowym*”. Określa się go obecnie, wyłącznie metodą obliczeniową, na podstawie pośrednich pomiarów luminancji w okresie pierwszych dwóch godzin świecenia próbki materiału. Podany w świadectwie wzorcowania czas zaniku fosforescencji, traktowany jest w związku z tym, jako dodatkowa informacja służąca często celą reklamowym.

5. NOWE STANOWISKO POMIAROWE – ZAŁOŻENIA

Postęp w technologii produkcji materiałów fosforescencyjnych, będący wynikiem zastosowania nowych luminoforów, spowodował potrzebę zbudowania nowego stanowiska pomiarowego. Materiały produkowane obecnie charakteryzują się bardzo długim czasem zaniku fosforescencji co wymusza, zgodnie z wymaganiami normy PN – 92/N – 01256/02, pomiar luminancji w długim horyzoncie czasowym kilkudziesięciu godzin. W związku z długotrwałym pomiarem luminancji miernik powinien być niezależny od zasilania sieciowego, samodzielnie rejestrować wyniki pomiarów oraz mieć możliwość współpracy z komputerem (sterowanie i wymiana danych). Obowiązkowo spełnione muszą być wymagania normy ISO 17398:2004(E) dotyczące pomiarów luminancji. W oparciu o przedstawione założenia została zaprojektowana przystawka luminancyjna do pomiarów niskich wartości luminancji LM–100.

6. PODSUMOWANIE

Zmiany jakie nastąpiły w wymaganiach norm w dużym stopniu uwzględniły potrzeby producentów materiałów fosforescencyjnych i znaków ewakuacyjnych. W oparciu o wyniki pomiarów do celów klasyfikacyjnych można w jednoznaczny sposób porównać charakterystykę metrologiczną tych materiałów. Ocena oparta na wynikach pomiarów do celów opisowo-handlowych pozwala użytkownikom dopasować materiał znaku ewakuacyjnego do warunków w jakich ten znak będzie „pracował” co jest bardzo istotne z punktu widzenia wymagań bezpieczeństwa. Precyzyjne określenie warunków pomiarów oraz wymagań dotyczących przyrządów pomiarowych w normach, umożliwi jednolite opracowanie metod wzbudzenia świecenia i metod pomiaru.

Analiza wymagań norm dotyczących pomiarów fotometrycznych materiałów fosforescencyjnych przeznaczonych na znaki ewakuacyjne, prowadzi do następującego wniosku:

1. Pomiary luminancji i czasu zaniku fosforescencji powinny być, z powodu specyfiki pomiarowej, prowadzone na specjalnie dostosowanych do tego celu, stanowiskach pomiarowych.
2. Wymagania norm powinny być jednolite ponieważ dotyczą tego samego przedmiotu badań np. czas „kondycjonowania” próbek przed pomiarem, punkty czasowe pomiaru luminancji świecenia.
3. Określanie czasu odczytów dla których mierzymy luminancję powinno mieć większą dokładność; z punktu widzenia technicznego nie stanowi to żadnego problemu, a znacznie poprawiłoby dokładność wyznaczenia czasu zaniku.
4. Norma PN – 92/N–01256/02 powinna zostać znowelizowana pod kątem wymagań normy ISO 17398:2004(E).

LITERATURA

1. CIE 69 – Methods of characterizing illuminance meters and luminance meters.
2. DIN 67510 Teil 1 Langnachleuchtende Pigmente und Produkte.
3. ISO 17398:2004(E) Safety colours and safety signs — Classification, performance and durability of safety signs.
4. ISO 16069:2004 Graphical symbols –Safety signs –Safety way. Guidance systems.
5. ISO 15370:2010(E) Ships and marine technology—Low-location lighting on passenger ships—Arrangement.
6. PN – 92/N – 01256/02 Znaki bezpieczeństwa. Ewakuacja.

Rękopis dostarczono dnia 03.04.2012 r.

REQUIREMENTS OF STANDARDS IN PART RELATED TO MEASUREMENTS OF THE PHOSPHORESCENT MATERIALS

Grzegorz SZAJNA

ABSTRACT *In this paper we present the way we have realized requirements of standards in part related to measurements of the phosphorescent materials. The kinds of light sources used for excitation, the values of excitation illuminance and times of excitation are discussed. Special attention is paid to excitation with xenon lamp which is admitted to be basic way in classification of the phosphorescent materials. We present the system used for the excitation of lighting and facility for luminance measurements. Basic photometric parameter which characterizes phosphorescent materials i.e. period of light decay, and change in approach to this parameter shown in relevant standards are discussed. The final part of the paper is recapitulation of experience gathered during many years of work and presentation new facility for measuring of low luminance values to be built in the near future in Photometry and Radiometry Lab of Central Office of Measure.*

Keywords: *phosphorescence, luminance, excitation time, decay time*



Mgr inż. Grzegorz SZAJNA, absolwent Wydziału Elektrycznego Politechniki Warszawskiej, specjalizacja – Technika Świetlna. Od 1983 roku zatrudniony w Głównym Urzędzie Miar, w Laboratorium Fotometrii i Radiometrii