

Przemysław TABAKA

## OCENA PRZYDATNOŚCI FARBY PRZEWIDZIANEJ DO POMALOWANIA WNĘTRZA KULI ULBRICHTA

**STRESZCZENIE** *W fotometrii do pomiarów strumienia świetlnego używa się lumenomierzy przestrzennych, które zwykle mają kształt kuli pomalowanej od wewnątrz białą farbą. Farba ta musi spełniać wymagania norm i przepisów. W publikacji przedstawiono ogólne wymagania stawiane wewnętrznym pokryciom lumenomierzy kulistych, wynikające z teorii pomiaru strumienia świetlnego w lumenomierzu. Zaprezentowano także wyniki przeprowadzonych badań w odniesieniu do jednej próbki pokrytej białą farbą, pod kątem określenia jej przydatności do pomalowania kuli Ulbrichta. Zmierzono całkowity współczynnik odbicia, rozsył światłości światła odbitego, krzywe rozkładów widmowych światła padającego i odbitego. Sprawdzono także stopień zniekształcenia kolorymetrycznego lumenomierza po regeneracji jego wnętrza.*

**Słowa kluczowe:** *strumień świetlny, współczynnik odbicia, współrzędne trójkromatyczne, temperatura barwowa*

### 1. WPROWADZENIE

---

Strumień świetlny jest jedną z podstawowych wielkości fotometrycznych opisujących elektryczne źródła światła. Określa on całkowitą moc wypromieniowaną przez lampę, która wywołuje wrażenie wzrokowe.

---

**dr inż. Przemysław TABAKA**

e-mail: przemyslaw.tabaka@wp.pl

Instytut Elektroenergetyki, Politechnika Łódzka

PRACE INSTYTUTU ELEKTROTECHNIKI, zeszyt 256, 2012

W praktyce przyjmuje się, że wrażenia świetlne odbierane przez oko ludzkie, wywołuje promieniowanie elektromagnetyczne o długości fali w zakresie 380÷780 nm. Podany przedział ma oczywiście charakter umowny. W warunkach rzeczywistych jego granice mogą ulegać zmianom, w zależności od indywidualnych cech człowieka.

Im dane źródło posiada większy strumień świetlny, tym intensywniej świeci. Bardzo często jednak wzrost strumienia świetlnego utożsamiany jest ze wzrostem mocy źródła światła. To, że nie jest to regułą, może świadczyć przykład dwóch świetlówek kompaktowych, jednego z czołowych producentów, o mocach 18 W i 20 W których znamionowy strumień świetlny jest identyczny i wynosi 1200 lm.

W większości przypadków kształty brył fotometrycznych elektrycznych źródeł światła (które wynikają z rozkładu luminancji na ich powierzchni) nie spełniają założonych wymagań dotyczących rozsyłu światła. Strumień świetlny wypromieniowany jest zarówno w górną, jak i dolną półprzestrzeń, zachodzi więc potrzeba sztucznego ukształtowania bryły fotometrycznej. Zadanie to realizują m.in. odbłyśniki, w które wyposażone są oprawy oświetleniowe. Niestety, każdemu takiemu procesowi będą towarzyszyły straty (część strumienia świetlnego wysyłanego przez źródło światła zostanie pochłonięta). Taką miarą poniesionych strat dla uzyskania właściwego (pożądanego) rozkładu przestrzennego strumienia świetlnego jest sprawność oprawy oświetleniowej. A zatem pojęcie strumienia świetlnego ma zastosowanie nie tylko w odniesieniu do źródeł światła, ale i także do opraw oświetleniowych.

Całkowity strumień świetlny wypromieniowany – czy przez źródło światła, czy przez oprawę oświetleniową – można wyznaczyć w dwojaki sposób:

- na podstawie przestrzennego rozsyłu światła;
- przez pomiar w lumenomierzu przestrzennym.

Wyznaczenie strumienia świetlnego pierwszą metodą jest długotrwałe. Dla odwzorowania bryły fotometrycznej zachodzi potrzeba przeprowadzenia wielu pomiarów, w celu wyznaczenia zbioru krzywych światłości, odpowiadających przecięciom półprzestrzeni szeregiem płaszczyzn przechodzących przez oś optyczną (oprawy, czy też źródła światła) i nachylonych względem siebie o zadany kąt. Następnie należy scałkować cząstkowe strumienie będące iloczynami średnich światłości odpowiadających im małym kątom bryłowych. Z przedstawionych powodów w fotometrii zwykle korzysta się z drugiej metody (przez pomiar w lumenomierzu przestrzennym), która w stosunkowo prosty i szybki sposób pozwala wyznaczyć całkowity strumień świetlny.

Teoria pomiaru strumienia świetlnego opracowana w latach dwudziestych ubiegłego wieku przez Friedricha Richarda Ulbrichta – profesora Politechniki Drezdeńskiej, okazała się najlepszą i pomimo że od tego czasu minęło już ponad sto lat, jej idea nie uległa zmianie. Do pomiarów strumienia

światlnego używa się kuli (której wnętrze pokryte jest specjalną białą farbą) oraz źródła odniesienia (wzorca strumienia świetlnego). Zasadę pomiaru strumienia świetlnego opisano w [1, 2, 3].

W wyniku eksploatacji farba, którą pokryte jest wnętrze lumenomierza, ulega stopniowemu starzeniu, dodatkowo na jej powierzchni (zwłaszcza tej dolnej) osadza się kurz. A zatem zachodzi potrzeba cyklicznego odnawiania wewnętrznego pokrycia kuli Ulbrichta. Częstość tych zabiegów jest uzależniona od stopnia używania lumenomierza oraz zapylenia (zakurzenia) pomieszczenia, w którym się on znajduje. Wg literatury [1], regeneracja lumenomierza powinna występować raz na rok.

## 2. WYMAGANIA JAKOŚCIOWE DLA FARBY DO POKRYCIA WNĘTRZA POWIERZCHNI LUMENOMIERZA

---

U podstaw teorii pomiaru strumienia świetlnego metodą obiektywną leży założenie, że natężenie oświetlenia na okienku pomiarowym kuli Ulbrichta jest proporcjonalne do strumienia świetlnego badanego źródła światła czy oprawy oświetleniowej. Założenie to będzie słuszne, jeśli m.in. farba, którą zostanie pokryte wnętrze lumenomierza, będzie spełniała kilka wymagań jakościowych określonych przez normę [6].

Wymagania sformułowane w punkcie 3.9 normy [6] są następujące:

1. Wewnętrzna powierzchnia kuli powinna być matowa, odbijać w sposób rozproszony, zgodny z prawem Lamberta lub zbliżony do tego rodzaju odbicia i nie wykazywać zjawiska fluorescencji;
2. Współczynnik odbicia wewnętrznej powierzchni kuli powinien wynosić  $0,80_{+0,05}^{-0,02}$ ;
3. Odbicie od wewnętrznej powierzchni powinno być praktycznie nieselektywne widmowo;
4. Przy zaświeconej w lumenomierzu żarówce o temperaturze barwowej 2856 K zmierzona temperatura barwowa światła wychodzącego przez okienko pomiarowe nie różni się więcej niż o 100 K.

Z eksploatacyjnego punktu widzenia, poza przedstawionymi w normie [6] wymaganiami, wskazane jest aby farba przewidziana do pokrycia wnętrza kuli Ulbrichta:

- tworzyła powierzchnię zmywalną;
- była wytrzymała mechanicznie (nie pękała i nie odpryskiwała);
- zbyt szybko nie żółkła z upływem czasu.

## 2.1. Warunek 1. Rozproszony charakter odbicia, brak zjawiska fluorescencji

Warunek pierwszy wymaga aby powierzchnia, którą pokryte jest wnętrze lumenomierza kulistego, było bliskie odbiciu doskonale rozproszonemu, czyli z pewnym przybliżeniem spełniało prawo Lamberta opisane zależnością (1).

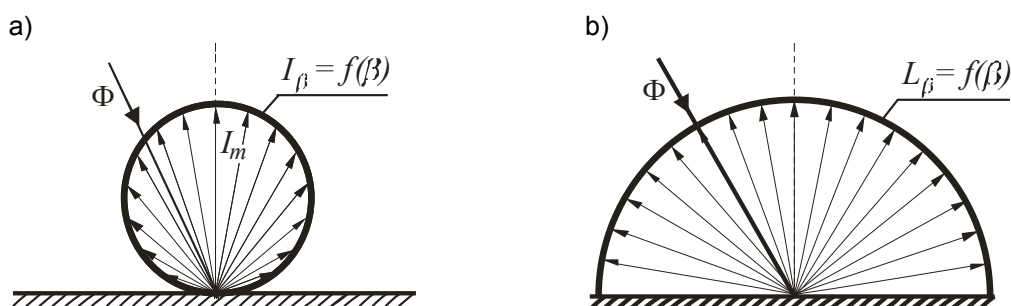
$$I_{\beta} = I_m \cos \beta \quad (1)$$

gdzie:

$I_m$  – światłość w kierunku prostopadłym do powierzchni promieniującej;

$I_{\beta}$  – światłość pod kątem  $\beta$  mierzonym od normalnej próbki.

Spełnienie tego warunku zapewni stałą wartość luminancji powierzchni, bez względu na kąt obserwacji. Graficzną ilustrację krzywych rozpraszania, w układzie biegunowym, dla idealnego rozpraszacza przedstawiono na rysunku 1.



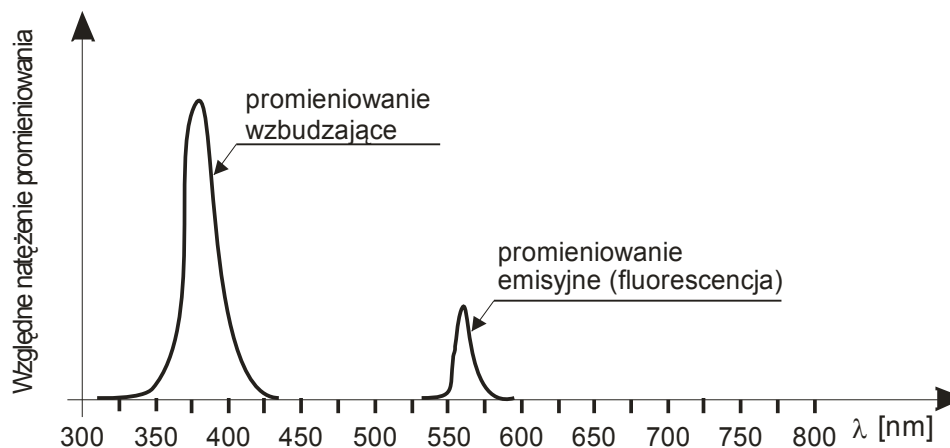
**Rys. 1. Kształty krzywych rozpraszania powierzchni dyfuzyjnej:**

a) rozkład światłości; b) rozkład luminancji

W wyniku tego, natężenie oświetlenia pochodzące od światła rozproszonego będzie na powierzchni kuli w każdym punkcie takie samo i proporcjonalne do strumienia świetlnego źródła umieszczonego wewnątrz lumenomierza. A zatem natężenie oświetlenia na okienku pomiarowym, osłoniętym przesłoną od bezpośredniego promieniowania źródła, będzie proporcjonalne do strumienia źródła.

W warunku pierwszym mowa jest także o fluorescencji. Wewnętrzna powierzchnia lumenomierza nie powinna wykazywać tego zjawiska. Fluorescencja związana jest z emisją promieniowania o większej długości fali, niż długość fali promieniowania wzbudzającego (rys. 2). Innymi słowy, powoduje ona świecenie ciał wzbudzonych promieniowaniem krótkofalowym. Jest to istotne zagadnienie, jeśli wziąć pod uwagę promieniowanie krótkofalowe,

występujące głównie w widmach lamp wyładowczych. Przy porównywaniu strumieni świetlnych dwóch różnych lamp, np. żarówki i świetlówki, zjawisko fluorescencji wprowadzałoby błąd do pomiarów w lumenomierzu kulistym.



Rys. 2. Ilustracja zjawiska fluorescencji

## 2.2. Warunek 2. Współczynnik odbicia pokrycia wnętrza kuli na poziomie 0,8

Wymagania określone w [7] stawiane farbom stosowanym do pokrycia wnętrza lumenomierza kulistego zalecają współczynnik odbicia na poziomie 0,8. Polska Norma [6] podaje natomiast, że powinien on zawierać się w granicach  $0,78 \div 0,85$ .

Wyższe wartości współczynnika odbicia byłyby źródłem błędów od pochłaniania światła przez ciała obce (oprawkę, źródło światła, elementy mocujące oprawkę); to po pierwsze, a po drugie; w miarę upływu czasu, w wyniku eksploatacji lumenomierza, jego dolna część ulega zabrudzeniu. Powodowałoby to duże różnice przy współczynnikach odbicia dolnej i górnej części kuli, co pozostaje w opozycji do jednego z teoretycznych założeń pomiaru strumienia świetlnego. Istnieje jeszcze trzeci powód. Według [9], dużym wartościom współczynnika odbicia (powyżej 0,85) będzie odpowiadała duża selektywność lumenomierza.

## 2.3. Warunek 3. Odbicie aselectywne

Zgodnie z trzecim warunkiem, powierzchnia wewnętrzna lumenomierza powinna odbijać w sposób nieselektywny. Oznacza to, że rozkład widmowy źródła oświetlającego wewnętrzną powierzchnię kuli Ulbrichta, po odbiciu od

niej, nie powinien ulec zmianie. Wymaganie to nie miałoby żadnego znaczenia, przy założeniu, że oba źródła badane, jak i wzorcowe, charakteryzują się identycznym rozkładem widmowym promieniowania. W praktyce jednak taka sytuacja występuje bardzo rzadko. Zazwyczaj porównywane są źródła o różniących się (czasem nawet znacznie) widmach, np. świetlówki z wzorcami żarowymi. A zatem, w celu uniknięcia błędów podczas pomiarów strumienia świetlnego, należy dążyć do tego, aby farby, którymi pokrywa się wnętrze lumenomierza, wykazywały możliwie jak najmniejszy stopień zniekształcenia kolorymetrycznego.

#### 2.4. Warunek 4. Selektyność lumenomierza nie powoduje zmiany temperatury barwowej o więcej niż 100 K

---

Warunek czwarty jest niejako kontynuacją wymogu przedstawionego w warunku trzecim. Bierze się tutaj pod uwagę fakt, że natężenie oświetlenia na okienku pomiarowym lumenomierza jest efektem wielokrotnych odbić światła od poszczególnych elementów wewnętrznej powierzchni kuli.

Jeśli źródło światła umieszczone we wnętrzu kuli promieniuje o rozkładzie widmowym

$$E_{\lambda} = f(\lambda), \quad (2)$$

to rozkład promieniowania odbitego od elementarnej powierzchni lumenomierza, o widmowym współczynniku  $\rho_{\lambda}$ , można opisać

$$E_{\lambda}' = E_{\lambda} \cdot \rho_{\lambda} \quad (3)$$

Po odbiciu dwukrotnym rozkład widmowy przyjmie postać

$$E_{\lambda}'' = E_{\lambda}' \cdot \rho_{\lambda} = E_{\lambda} \cdot \rho_{\lambda}^2 \quad (4)$$

a zatem dla  $n$ -tego dobiecia światła będzie można zapisać

$$E_{\lambda}^n = E_{\lambda} \cdot \rho_{\lambda}^n \quad (5)$$

Zniekształcenie kolorymetryczne w lumenomierzu jest wynikiem nakładania się na siebie kolejnych wielokrotnych selektywnych odbić. W praktyce oznacza to, że nieznaczej selektywności farby, którą pokryte jest wnętrze kuli, będzie odpowiadała większa selektywność lumenomierza. A zatem, jeśli pomiarom poddać dwa źródła światła o identycznych strumieniach świetlnych  $\Phi_1 = \Phi_2 = \Phi$ , ale o różniących się widmach, to natężenia oświetlenia wys-

tępujące na okienku pomiarowym nie będą jednakowe ( $E_1 \neq E_2$ ). Otrzymamy zatem paradoksalnie różnicę wyników pomiaru strumieni  $\Phi_1, \Phi_2$ .

Selektywność lumenomierza, będąca funkcją selektywności farby, którą zostało pokryte jego wnętrze, norma [6] wyraża poprzez zmianę temperatury barwowej źródła światła umieszczonego w kuli. Zmiana ta, w wyniku wielokrotnych odbić, nie powinna przekraczać 100 K.

### 3. WYNIKI BADAŃ FARBY PRZEWIDZIANEJ DO POKRYCIA WNĘTRZA LUMENOMIERZA

---

Sporządzono próbkę płaską o wymiarach 6 x 6 cm z nieprzeświecalnego tworzywa sztucznego, której powierzchnię dwukrotnie pokryto białą, matową farbą, przewidzianą do pokrycia wnętrza lumenomierza kulistego. W celu uniknięcia posądzenia o reklamę, celowo nie podano nazwy ani producenta wykorzystanej farby. Dla oceny spełnienia warunków wymaganych przez normę [6], próbkę poddano pomiarom. Zmierzono:

- rozsył światłości światła odbitego od próbki, przy oświetleniu jej wiązką kierunkową;
- całkowity współczynnik odbicia;
- krzywe rozkładów widmowych źródła oraz światła odbitego od próbki;

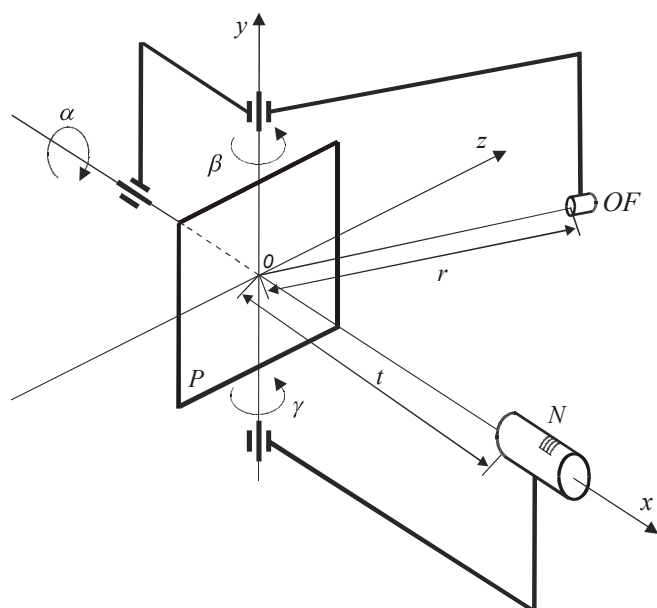
oraz oceniono stopień zniekształcenia kolorymetrycznego wprowadzanego przez lumenomierz kulisty.

#### 3.1. Pomiar rozsyłu światłości światła odbitego i ocena braku fluorescencji

---

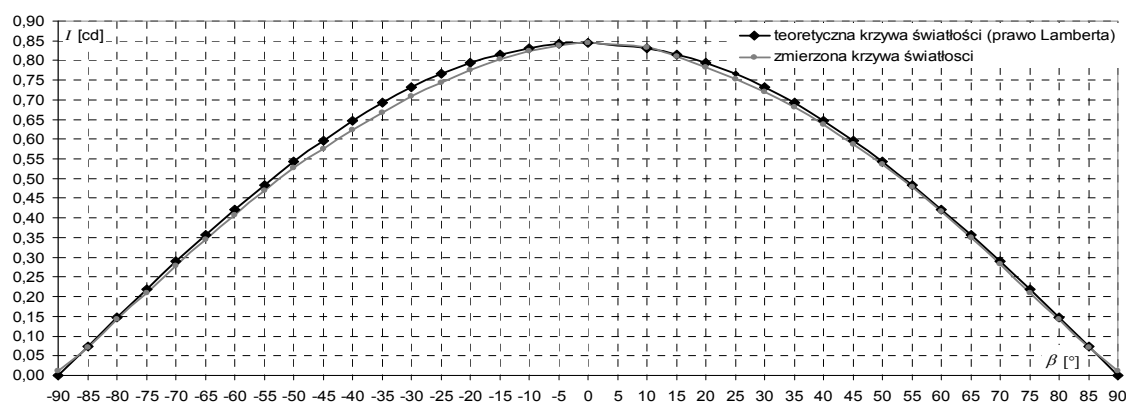
Pomiary rozsyłu światłości światła odbitego wykonano na stanowisku, którego schemat kinematyczny przedstawiono na rysunku 2. Krzywą światłości analizowanej próbki wyznaczono przy  $\alpha = 0^\circ$ ,  $\gamma = 5^\circ$ .

Zmierzoną krzywą światłości przedstawiono na rysunku 3. W celu dokonania wizualnej oceny stopnia rozpraszania badanej powierzchni, dodatkowo naniesiono teoretyczną krzywą światłości, spełniającą prawo Lamberta. Procentowe różnice światłości pomiędzy teoretyczną krzywą światłości a krzywą zmierzoną, zamieszczono w tabeli 1. Największą rozbieżność zaobserwowano dla  $\beta = -35^\circ$ .



Rys. 3. Schemat kinematyczny stanowiska pomiarowego do wyznaczenia rozsyłu światła światła odbitego [8]:

$P$  – powierzchnia badanej próbki;  
 $\gamma$  – kąt określający położenie oświetlacza  $N$  (kąt padania światła);  
 $\beta$  – kąt określający położenie ogniwa fotoelektrycznego  $OF$  (kąt obserwacji);  
 $\alpha$  – kąt określający płaszczyznę pomiarową;  
 $r$  – odległość fotometrowania (0,73 m);  
 $t$  – odległość części czynnej obiektywu oświetlacza od powierzchni próbki (1,06 m)



Rys. 4. Kształty krzywych rozpraszania idealnej powierzchni dyfuzyjnej oraz pomalowanej białą, matową farbą

TABELA 1

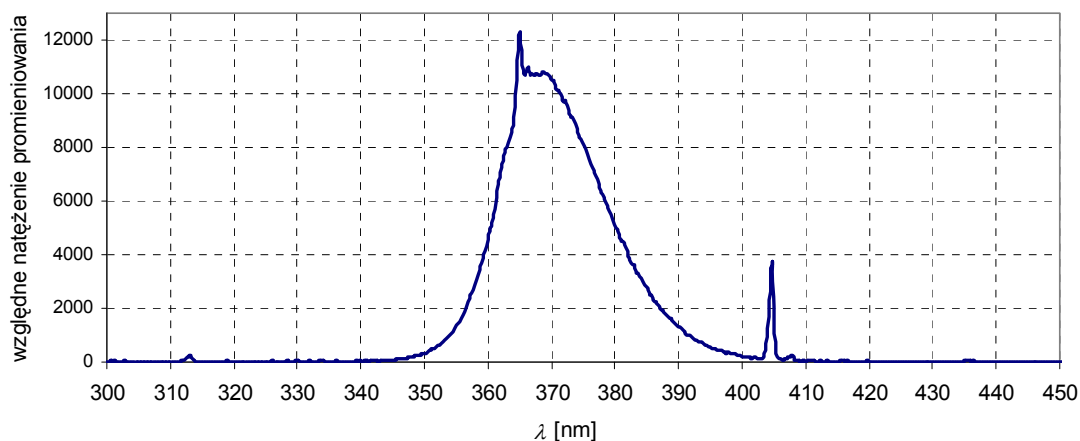
Względne różnice światłości wyznaczone pomiędzy wartościami uzyskanymi dla idealnego rozpraszacza a próbką badaną przy różnych kątach obserwacji

$\beta$	$\Delta I_{\beta\%}$	$\beta$	$\Delta I_{\beta\%}$	$\beta$	$\Delta I_{\beta\%}$	$\beta$	$\Delta I_{\beta\%}$
-90°	1,23%	-45°	2,12%	0°	0,00%	50°	0,63%
-85°	0,33%	-40°	2,30%	10°	0,16%	55°	0,49%
-80°	0,49%	-35°	<b>2,36%</b>	15°	0,59%	60°	0,56%
-75°	0,97%	-30°	2,33%	20°	1,03%	65°	0,68%
-70°	1,02%	-25°	2,16%	25°	1,25%	70°	0,59%
-65°	1,06%	-20°	1,89%	30°	1,21%	75°	0,86%
-60°	1,41%	-15°	1,33%	35°	1,08%	80°	0,49%
-55°	1,50%	-10°	0,69%	40°	1,02%	85°	0,33%
-50°	1,54%	-5°	0,26%	45°	0,95%	90°	1,07%



Otrzymane wyniki potwierdzają właściwy charakter odbicia (praktycznie zgodny z prawem Lamberta).

W celu stwierdzenia wystąpienia zjawiska fluorescencji w odniesieniu do powierzchni pokrytej badaną farbą, oświetlono ją świetłówką z rurą z tzw. czarnego szkła. Widmo promieniowania tego promiennika UV zawiera się w granicach 340÷410 nm, przy maksimum promieniowania dla  $\lambda = 365$  nm (rys. 5.). Wzrokowo nie dostrzeżono fluorescencji. Przeprowadzone dodatkowo pomiary spektralne promieniowania odbitego od badanej próbki nie wykazały występowania promieniowania przesuniętego (względem promieniowania wzbudzającego) w kierunku fal dłuższych – zerowe wartości dla  $\lambda > 410$  nm.



Rys. 5. Widmo promieniowania lampy wykorzystanej do stwierdzenia zjawiska fluorescencji

### 3.2. Pomiar całkowitego współczynnika odbicia

Pomiaru całkowitego współczynnika odbicia dokonano reflektometrem obiektywnym, przy użyciu próbki wzorcowej o współczynniku  $\rho_w = 0,95$ . Na podstawie zmierzonych wartości prądów fotoelektrycznych, uzyskanych przy przyłożeniu do otworu reflektometru odpowiednio próbki badanej oraz próbki wzorcowej, obliczono (z zależności 7) całkowity współczynnik odbicia.

$$\rho_x = \rho_w \frac{i_{f,x}}{i_{f,w}} \quad (7)$$

Pomiary w odniesieniu do obu powierzchni (badanej i wzorcowej) przeprowadzono trzykrotnie. Wyniki pomiarów oraz obliczeń zamieszczono w tabeli 2. Temperatura barwowa światła wychodzącego z dolnego otworu reflektometru wynosiła 2877 K.

**TABELA 2**

Wyniki pomiarów współczynnika odbicia badanej próbki farby, przy wykorzystaniu reflektometru

	Powierzchnia badana $i_{f,x}$ [ $\mu\text{A}$ ]	Wzorzec bieli $i_{f,w}$ [ $\mu\text{A}$ ]	Współczynnik odbicia $\rho_x$ [-]
Pomiar 1	1,87	2,17	0,82
Pomiar 2	1,86	2,17	0,81
Pomiar 3	1,87	2,16	0,82
Wartość średnia			0,82

Uzyskana wartość całkowitego współczynnika odbicia badanej próbki mieści się w wymaganym przedziale określonym przez normę.

### 3.3. Ocena stopnia zniekształcenia kolorymetrycznego badanej próbki

Dla określenia stopnia zniekształcenia kolorymetrycznego wprowadzającego przez powierzchnię pokrytą białą, matową farbą, przeprowadzono następujący eksperyment. Lampą żarową o temperaturze barwowej 2857 K oświetlono powierzchnię badanej próbki. Zastosowano geometrię pomiarową 0/45 [4, 5]. Zarejestrowano rozkłady widmowe promieniowania lampy oraz promieniowania odbitego od próbki badanej.

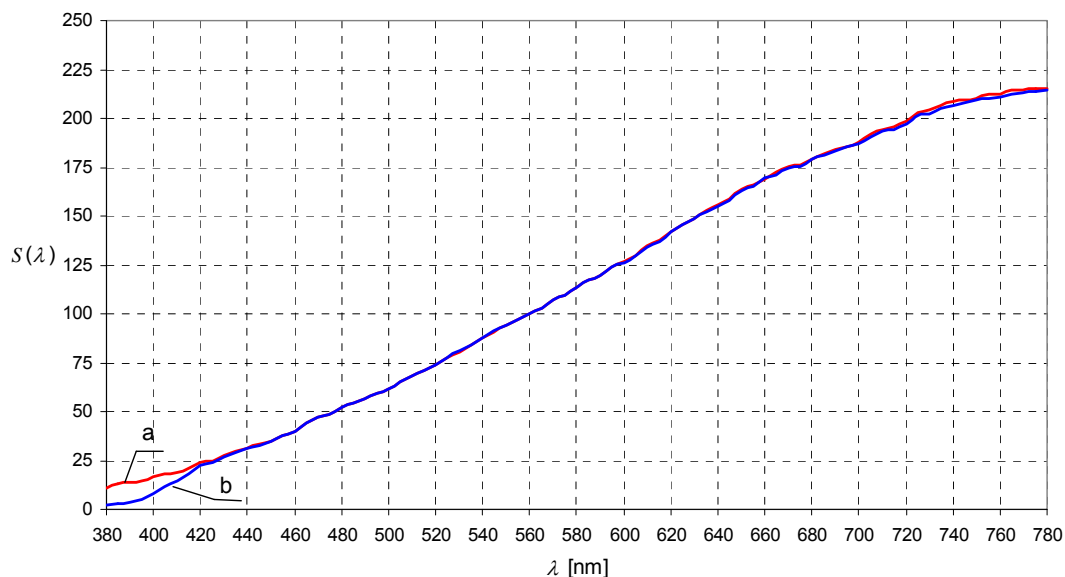
Korzystając z zależności (8), wyznaczono względne wartości rozkładów widmowych, które graficznie przedstawiono na rysunku 6.

$$S(\lambda) = \frac{100E(\lambda)}{E(560)} \quad (8)$$

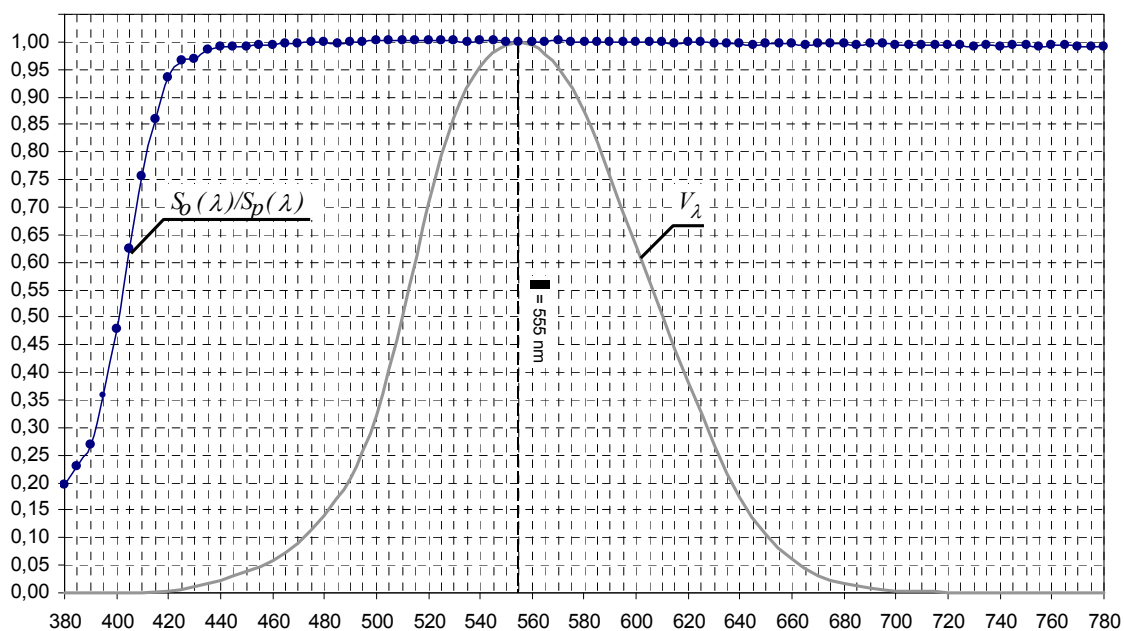
gdzie:

- $E(\lambda)$  – rozkład widmowy egzytancji promienistej;
- $S(\lambda)$  – względny (unormowany) rozkład egzytancji promienistej;
- $E(560)$  – wartość egzytancji dla długości fali  $\lambda = 560$  nm.

W celu oceny selektywności badanej powierzchni wygodnie było by posłużyć się widmowym współczynnikiem odbicia. Można go wyznaczyć, dysponując względnymi rozkładami egzytancji promienistej w odniesieniu do źródła światła, którym oświetlono badaną powierzchnię  $S_p(\lambda)$  i światła odbitego od tej powierzchni  $S_o(\lambda)$ . Przebieg względnego widmowego współczynnika odbicia dla powierzchni pokrytej badaną farbą przedstawiono na rysunku 7. Dużą selektywność obserwuje się w pobliżu dolnej granicy promieniowania widzialnego, a więc dla długości fali, przy których krzywa czułości widmowej oka  $V_\lambda$  (do której powinny być dopasowane czułości odbiorników fotoelektrycznych) osiąga wartości minimalne (bliskie zeru).



**Rys. 6. Kształty względnych rozkładów widmowych:**  
a) źródła światła oświetlającego próbkę; b) światła odbitego od powierzchni próbki



**Rys. 7. Względne przebiegi:**  
 $V_{\lambda}$  – skuteczności świetlnej promieniowania monochromatycznego,  
 $S_o(\lambda)/S_p(\lambda)$  – widmowego współczynnika odbicia

### 3.4. Ocena selektywności lumenomierza

Ocenę zniekształcenia widma lumenomierza przeprowadzono po pokryciu jego wnętrza badaną farbą. W tym celu wykorzystano lampę żarową o temperaturze barwowej 2857 K. Posługując się tym samym spektrometrem,

co w podrozdziale 3.3, zarejestrowano rozkład widmowy światła w okienku pomiarowym kuli Ulbrichta, na podstawie którego wyznaczono współrzędne tróchromatyczne oraz temperaturę barwową. Wyniki zamieszczono w tabeli 4.

**TABELA 3**

Wyniki z pomiarów selektywności lumenomierza

promieniowanie	$x_k$	$y_k$	$u_k$	$v_k$	$T_{cn}$
lampy żarowej	0,4466	0,4057	0,2561	0,3490	2857 K
w okienku pomiarowym	0,4497	0,4132	0,2548	0,3512	2868 K
Różnica					11 K

Wartości temperatur barwowych żarowego źródła światła i światła wychodzącego z kuli (przez okienko pomiarowe) różnią się między sobą zaledwie o 11 K.

## 4. WNIOSKI

Biorąc pod uwagę wyniki z przeprowadzonych badań można stwierdzić, że analizowana farba wykazuje dużą zdolność rozpraszającą, posiada współczynnik odbicia na wymaganym poziomie, nie wykazuje zjawiska fluorescencji i posiada niewielką selektywność powyżej 420 nm. A zatem można polecić ją do pokrywania wnętrza lumenomierzy kulistych. Duża selektywność w pobliżu promieniowania krótkofalowego może jedynie mieć znaczenie przy pomiarach strumienia świetlnego, np. diod elektroluminescencyjnych, emitujących światło o barwie niebieskiej, a więc źródeł używanych głównie do celów poza-oświetleniowych (dekoracyjnych), w stosunku do których strumień świetlny ma znaczenie drugoplanowe.

## LITERATURA

1. Dybczyński W.: Miernictwo promieniowania optycznego, Wydawnictwo P. Biał., Białystok, 1996.
2. Oleszyński K.: Miernictwo techniki świetlnej, PWN, 1957.
3. Helbig E.: Podstawy fotometrii, WNT, Warszawa, 1975.

4. Pietrzykowski J.: Geometrie pomiaru stosowane w kolorymetrii i spektrofotometrii odbitego promieniowania optycznego i ich notacje, Prace Instytutu Elektrotechniki, zeszyt nr 237, str.125-136, 2008.
5. Pietrzykowski J.: Warunki geometryczne w spektrofotometrii i kolorymetrii materiałów odbijających, II Krajowe Sympozjum Kolorymetryczne, Łódź 17-19 września 1997, str. 61-70.
6. PN-91/E-04040/01: Pomiary promieniowania optycznego. Pomiary fotometryczne. Pomiar i wyznaczanie strumienia świetlnego.
7. Raport CIE 84-1989 The Measurement of Luminous Flux.
8. Tabaka P.: Analiza rozkładu przestrzennego światła odbitego od wybranych materiałów, Rozprawa doktorska, Łódź, 2007.
9. Zelicho A.: Badania powłok powierzchni wewnętrznych lumenomierzy kulistych, praca magisterska wykonana w Zakładzie Techniki Świetlnej Politechniki Warszawskiej, pod kierunkiem prof. T. Oleszyńskiego, Warszawa, 1967.

Rękopis dostarczono dnia 16.04.2012 r.

## EVALUATION OF PAINT SUITABILITY PROVIDED FOR PAINTING THE INSIDE OF ULBRICHT'S SPHERE

Przemysław TABAKA

**ABSTRACT** *In photometry, in order to measure luminous stream, photometric integrators are used. They are usually spherical in shape and their interior is covered with white paint. The paint must meet requirements of norms and standards. This paper deals with general requirements which must be met in case of covering the inside of photometric integrators. The requirements are related to the theory of luminous stream measurement in a photometric integrator. This paper additionally presents results of research in terms of one sample which was covered with white paint and its suitability for covering the inside of Ulbricht's sphere. Total reflection coefficient as well as luminous propagation of reflected light and spectral distribution curve have been measured. The degree of integrator's colorimetric distortion after recovery of its inside has been checked.*

**Keywords:** *luminous flux, reflectance, chromaticity coordinates, colour temperature*

