

Kierunki rozwoju odzieży ostrzegawczej z uwzględnieniem materiałów fosforescencyjnych i aktywnych elementów świecących



<https://zips.com/parts-detail/nitebeams-hi-vis-5-point-breakaway-led-v-nb-rvg01p>

Autorzy:

mgr inż. Agnieszka Greszta

dr hab. inż. Katarzyna Majchrzycka, prof. CIOP-PIB

mgr inż. Monika Kobus

**Centralny Instytut Ochrony Pracy
- Państwowy Instytut Badawczy**

Zakład Ochron Osobistych

ul. Wierzbowa 48, Łódź

Odzież sygnalizująca wizualnie obecność użytkownika ODZIEŻ OSTRZEGAWCZA

Odzież ochronna - choć nie chroni bezpośrednio

Eliminacja zagrożenia



kontakt wzrokowy
interpretacja sygnału
reakcja

Współczesne środowisko pracy to wielozadaniowe obszary robocze, w których działają ludzie, pojazdy i maszyny. W takich warunkach, przy złej widoczności, na skutek braku lub słabego oświetlenia albo złych warunków atmosferycznych widzialność pracowników drastycznie spada. Generuje to poważne zagrożenia kolizji ludzi z maszynami, w których szanse uniknięcia urazów są raczej znikome, a często bywają tragiczne.

ZAGROŻENIA

- Potrącenia przez pojazdy, maszyny
- Urazy - aktywność sportowa

ŚOI sygnalizujące wizualnie obecność użytkownika

środki przeznaczone do przewidywalnych warunków użytkowania, w których obecność użytkownika musi być sygnalizowana w sposób widoczny i indywidualnie, muszą posiadać właściwie umieszczony element lub urządzenie, bądź ich większą liczbę, emitujące bezpośrednie lub odbite promieniowanie widzialne o odpowiednim natężeniu światła i odpowiednich właściwościach fotometrycznych i kolorymetrycznych



<https://www.kris-wroclaw.pl/odziez-odblaskowa.html>

II kategoria środków ochrony indywidualnej

Badanie typu UE



CE

ODZIEŻ OSTRZEGAWCZA

Odzież o intensywnej widzialności

PN-EN ISO 20471



<https://www.arco.co.uk/expert-advice/hi-visibility-clothing/range>

Odzież o zwiększonej widzialności

PN-EN 17353



<https://www.en17353.com/easy-to-know-medium-risk-standard-en-17353/>

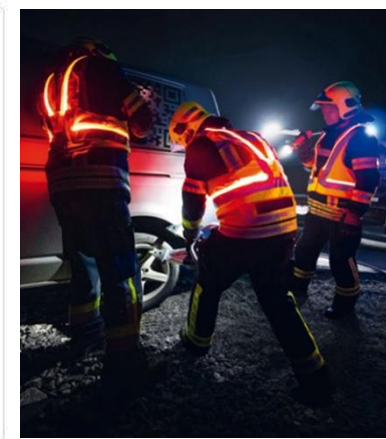
Odzież ze zintegrowanym oświetleniem

pasywnym
(np. taśmy fosforescencyjne)

aktywnym
(np. diody LED)



<https://www.benetex.pl/tasmy-fosforescencyjne-vizlite-dt.html>



<https://www.scilif.com/contact.php>

Cel zastosowania elementów świecących w odzieży

- ✓ zwiększa widzialność osób w warunkach niedostatecznej widoczności, przy oświetleniu zewnętrznymi źródłami światła (szczególnie w sytuacji, gdy właściwości ochronne materiałów zastosowanych w odzieży są osłabione, np. na skutek wielokrotnego prania)
- ✓ zapewnia widzialność użytkownika nawet przy braku innych otaczających źródeł światła (reflektorów samochodów)
- ✓ zwiększa widzialność osób w niesprzyjających warunkach pogodowych (np. deszcz, śnieg, mgła)



<https://pertesa.com/en/high-visibility-clothing-with-led-lighting/>

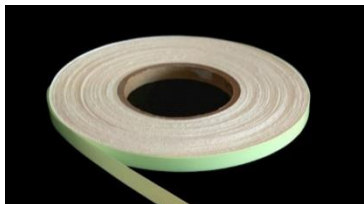


<https://www.scilif.com/contact.php>



<https://swe.grandado.com/products/led-reseridning-ryggsack-hangande-stylrjus-ryggsack-utomhus-usb-nylon-litiumbatteri-delar-rorelse-led-ridvast>

TAŚMY FOSFORESCENCYJNE

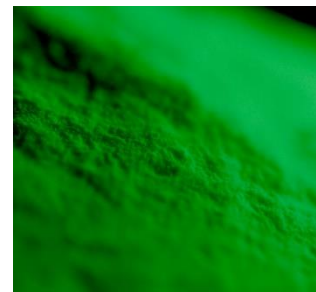


<https://www.coats.com/pl/information-hub/innovation-spotlight---signal-lucence>

Materiały fosforescencyjne dzięki zawartości pigmentów luminescencyjnych (tzw. luminoforów) wykazują zdolność świecenia światłem własnym po uprzednim naświetleniu światłem słonecznym lub sztucznym.

Najczęściej stosowane pigmenty luminescencyjne:

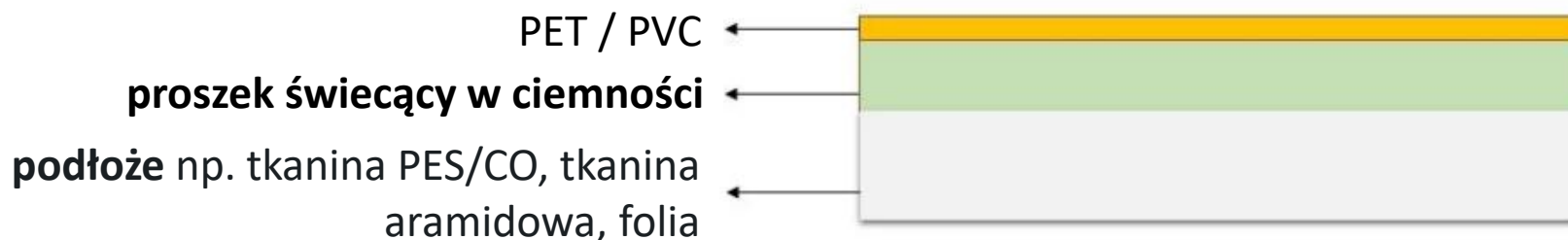
- glinian strontu,
- siarczki berylowców i cynku z domieszką aktywatorów, którymi są sole metali ciężkich (np. miedzi, manganu, bizmutu itp.),
- krzemiany z dodatkiem manganu lub lantanowców,
- wolframiany i molibdeniany berylowców,
- azotki boru i glinu.



<https://www.coats.com/pl/information-hub/innovation-spotlight---signal-lucence>

TAŚMY FOSFORESCENCYJNE

Schemat taśmy fosforescencyjnej



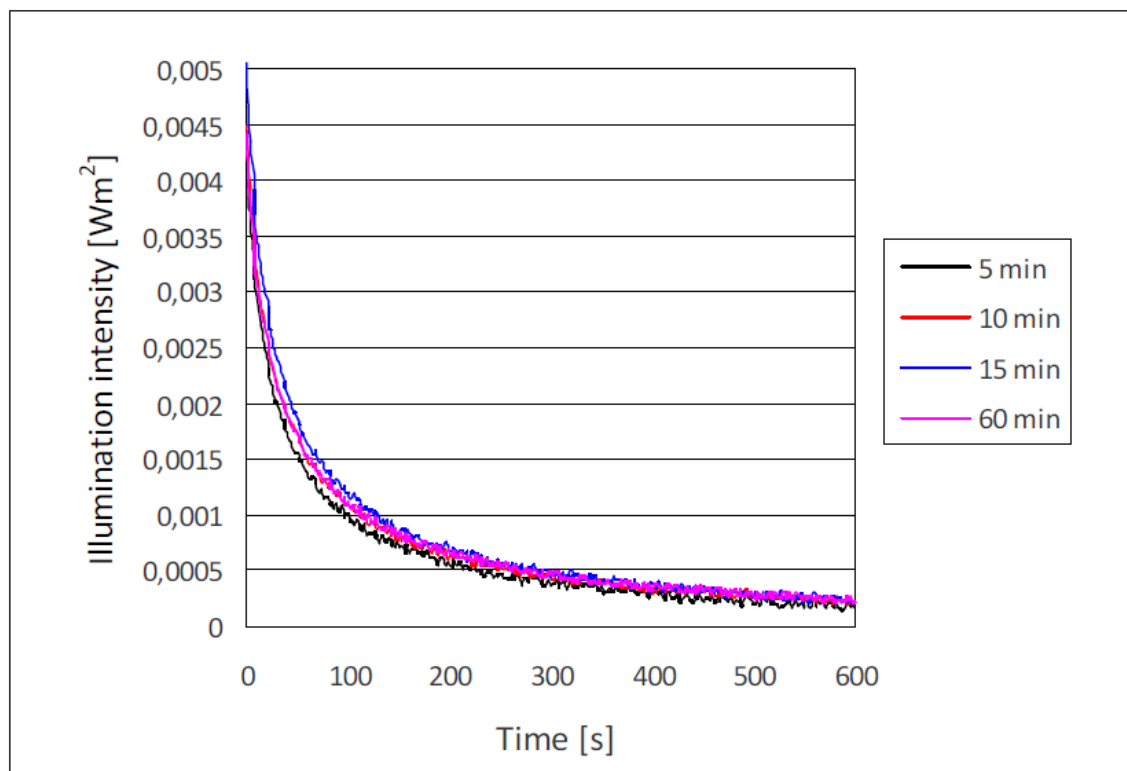
Przykłady



taśmy naszywane: zwykłe; trudnopalne; z materiałem odblaskowym

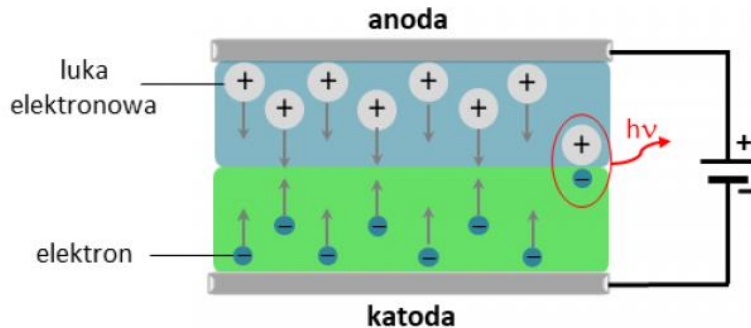
termotransfer

TAŚMY FOSFORESCENCYJNE



Rys. Natężenie oświetlenia emitowanego przez taśmę fosforescencyjną w funkcji czasu
(Kremenakova D. et al., 2019)

ELEKTROLUMINESCENCYJNE ŹRÓDŁA ŚWIATŁA



<https://epodreczniki.open.agh.edu.pl/handbook/37/module/947/reader>

Elektroluminescencja – zdolność niektórych substancji do emitowania światła pod wpływem przepływu prądu (pola elektrycznego).

Elektroluminescencyjne źródła światła, które znajdują zastosowanie w płaskich materiałach tekstylnych i wyrobach odzieżowych:

- diody LED (*ang. Light Emitting Diode*)
- diody OLED (*ang. Organic Light Emitting Diode*)
- przewody świecące z koaksjalną strukturą elektroluminescencyjną (*ang. El wire*),
- płaskie, wielkowymiarowe powierzchnie EL (*ang. EL panel, El tape*)

ELEKTROLUMINESCENCYJNE ŹRÓDŁA ŚWIATŁA

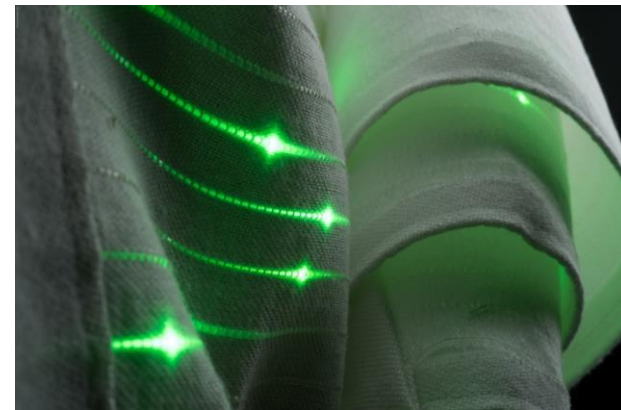
Metody integracji elementów świecących z odzieżą

aplikacja źródeł światła **na odzieży**
jako niezależnych urządzeń
elektronicznych



<https://darvillewong.com/sgqkuij-676884-and-Reflective-Fluorescent-Lime-Light-up-Vest/>

aplikacja płaskich lub włóknistych
źródeł światła **na lub w strukturę**
materiału włókienniczego

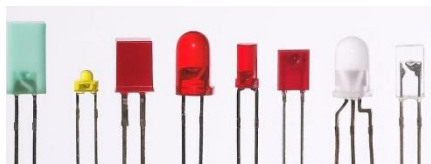


<https://www.madetomeasuremag.com/the-future-of-uniforms-smart-fabrics>

ELEKTROLUMINESCENCYJNE ŹRÓDŁA ŚWIATŁA

Diody LED

LED DIP



<https://zarowkiledowe.com/blog/poradnik/rodzaje-diod-led/>

LED SMD

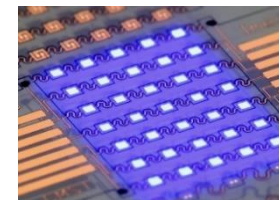


<https://www.powerled.uk.com/>



<https://www.tme.eu/pl/>

matryce LED



<http://www.eenewseurope.com/news/imcc-laminates-stretchable-led-display-garments>



<http://www.hotronicltd.com/whats-new/>



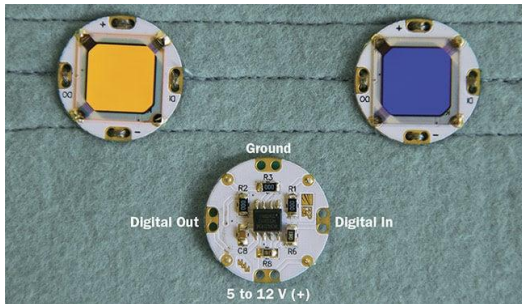
<http://www.ckl.uk.com/led-hi-vis/>



<http://www.digitalcosmopolitan.com/wearable-fashion/top-5-trends.html>

ELEKTROLUMINESCENCYJNE ŹRÓDŁA ŚWIATŁA

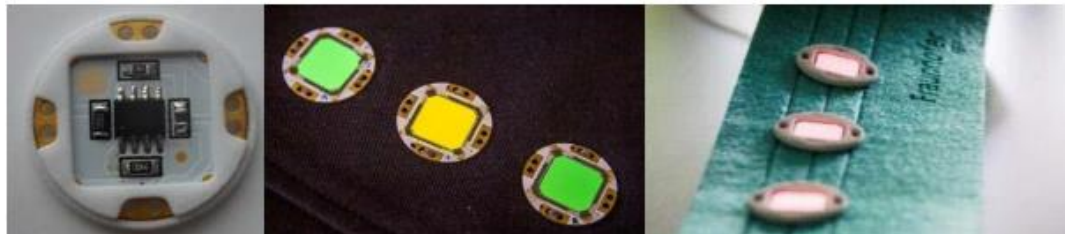
Diody OLED w wyrobach odzieżowych



https://www.photonics.com/Articles/OLED_Modules_for_Textile_Integration/a64945



https://www.photonics.com/Articles/OLED_Modules_for_Textile_Integration/a64945



https://business-saxony.com/sixcms/media.php/78/2020_12-17_FraunhoferFEP_Pitchdeck.pdf

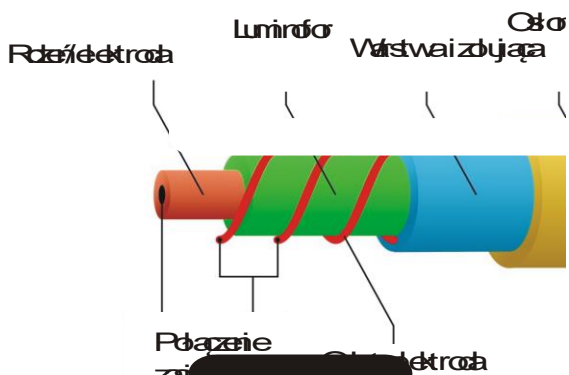
Diody OLED:

- mocowane do materiału tekstylnego za pomocą nici przewodzących,
- napięcie: 3 – 4 V,
- odporne na pranie (po uszczelnieniu żywicą)

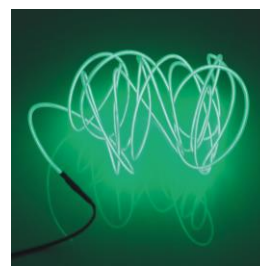
ELEKTROLUMINESCENCYJNE ŹRÓDŁA ŚWIATŁA

Świecące przewody elektroluminescencyjne

(ang. Electroluminescent Wire / EL-Wire)



<https://www.amazon.de/Elektrolumineszenz-Landscape-Weihnachten-Dekoration-Beleuchtet/dp/B00AF5EMN6/>



<http://www.surelight.com/>



<http://shsonen.en.made-in-china.com/product/eKLMYDIObPcg/China-High-Class-Reflective-Cloth-with-EL-Tape.html>

Charakterystyczna cecha EL-Wire: emisja światła na całej długości i wokół całego obwodu (360°)



<https://elwirecraft.co.uk/el-how-to-and-tips/questions-about-el-wire/>

ELEKTROLUMINESCENCYJNE ŹRÓDŁA ŚWIATŁA

Świecące taśmy i panele elektroluminescencyjne EL-Tape / EL-Panel

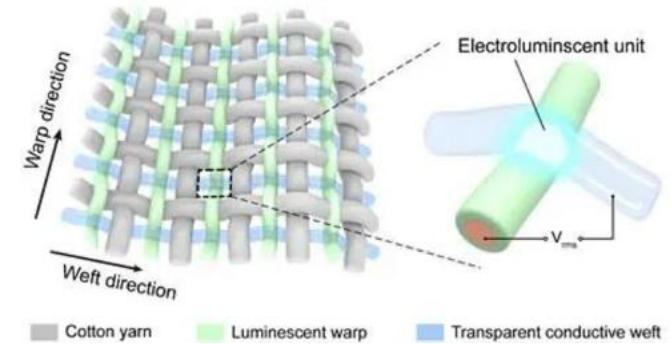


http://www.surelight.com/el_panels/el_panel_evaluation_kits/el_panel_evaluation_kits.htm



http://www.surelight.com/el_panels/el_panel_evaluation_kits/el_panel_evaluation_kits.htm

Tkaniny elektroluminescencyjne

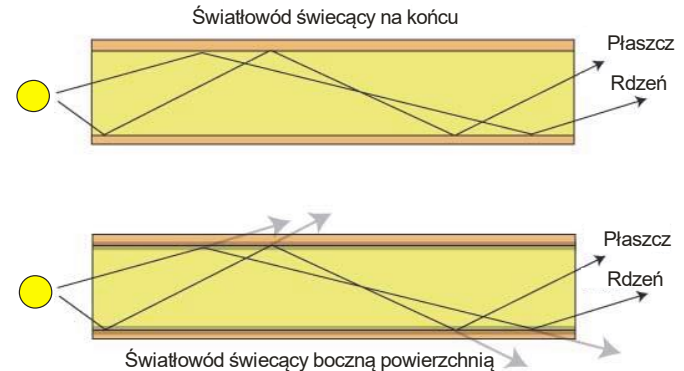


<https://www.fudan.edu.cn/en/2021/0311/c344a108129/page.htm>

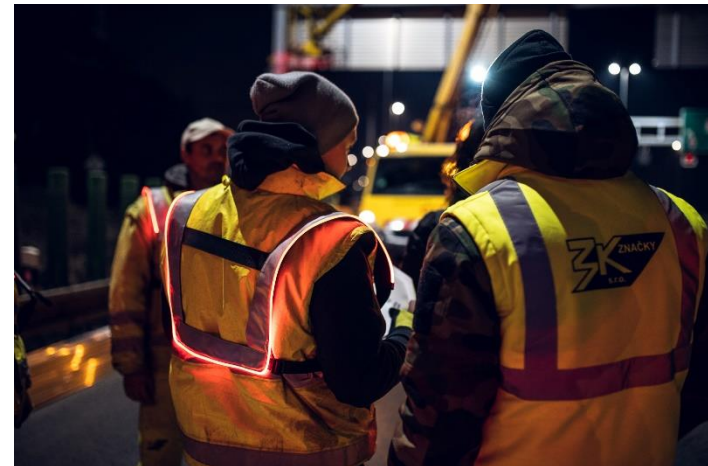
Hybrydowe układy świecące wykorzystujące światłowody optyczne i diody LED

Podział światłowodów optycznych w zależności od kierunku emisji propagowanego światła:

- światłowody świecące na końcach (ang. end – emitting optical fiber)
- światłowody świecące boczną powierzchnią (ang. side – emitting optical fiber).



*Przykład światłowodów typu SEPOF
(producent: SCILIF, Czechy)*

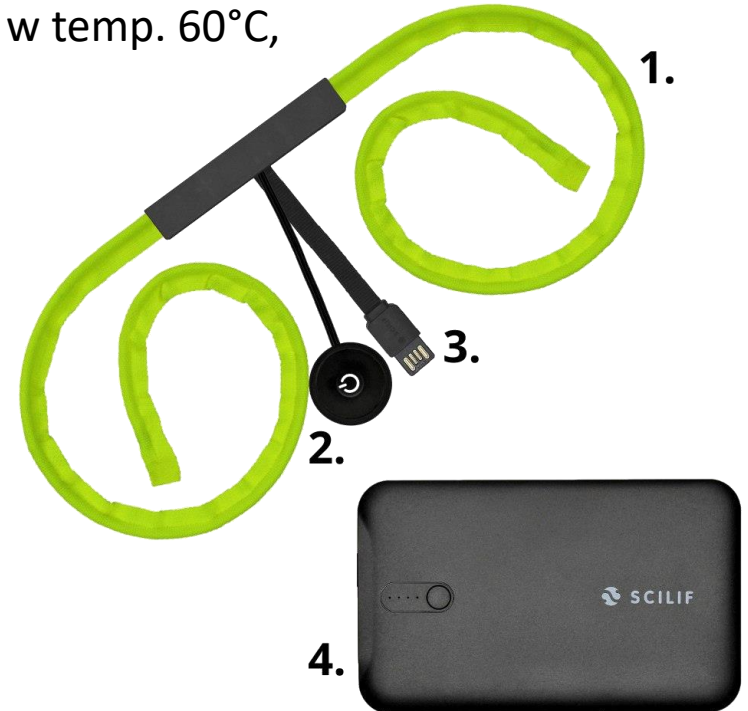


<https://www.facebook.com/sunfibre>

Hybrydowe układy świecące wykorzystujące światłowody optyczne i diody LED

Kluczowe cechy (deklarowane przez producenta):

- zapewniają widzialność ze wszystkich stron (360°) z odległości do 3 km,
- odporne na pranie: 40 cykli prania przemysłowego w temp. 60°C,
- czas działania do 60 h,
- przycisk sterujący zapewniający 3 tryby świecenia:
 - intensywne światło migające (do 180 mA, 3 Hz),
 - intensywne światło ciągłe (145 mA),
 - tryb świecenia eco (60 mA),
- zasilane powerbankiem (5 V), 2500 mAh
- Zakres temp. stosowania: od -20°C do +60°C
- Certyfikaty: CE, RoHS, IP68, Oeko-Tex



<https://www.facebook.com/photo/?fbid=380277137571919&set=pcb.380277164238583>

Przykłady demonstratorów odzieży ostrzegawczej z aktywnymi źródłami światła
(wyniki badań własnych CIOP-PIB z 2019 r. – zadanie nr 3.G.13)



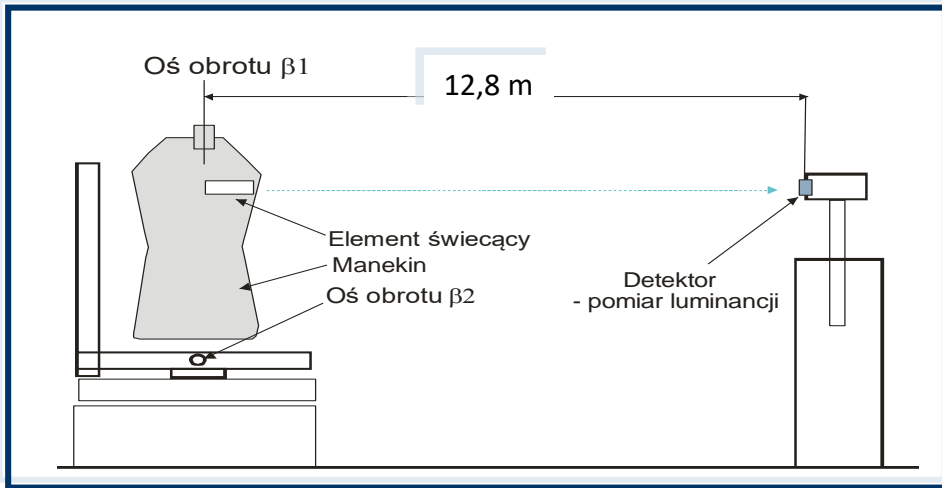
EL-wire

EL-tape

taśmy LED SMD

światłowody
SEPOF

Metodyka badania luminancji L [cd/m^2] odzieży ostrzegawczej z aktywnymi źródłami światła (wyniki badań własnych CIOP-PIB z 2019 r. – zadanie nr 3.G.13)



Fotometr stanowiska umożliwia pomiar luminancji źródła światła w zakresie od $0,1 \text{ cd}/\text{m}^2$ do $1000 \text{ cd}/\text{m}^2$

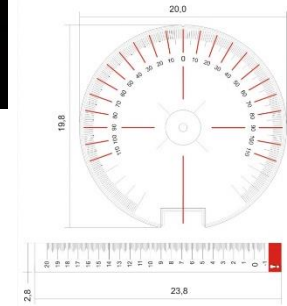
Widok urządzenia do regulacji ustawienia detektora do pomiaru luminancji



Budowa goniometru w oparciu o specyfikację BS PAS 10412:2015

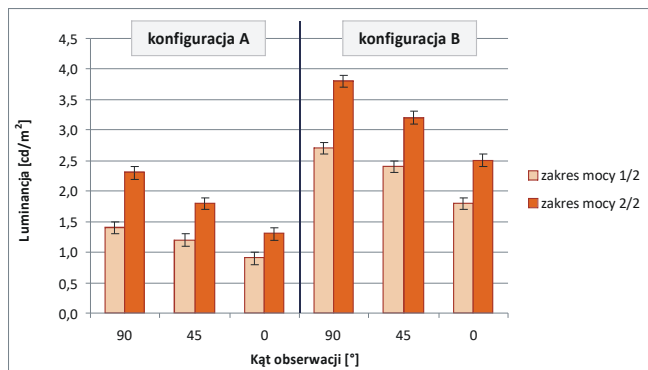
Goniometr z manekinem torsu człowieka:

- β_1 : od -90° do $+90^\circ$ z dokładnością $\pm 1^\circ$ – obrót wokół osi pionowej
- β_2 : $\pm 10^\circ$ – obrót wokół osi poziomej.

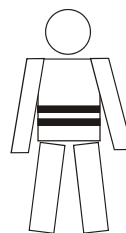


Celownik optyczny

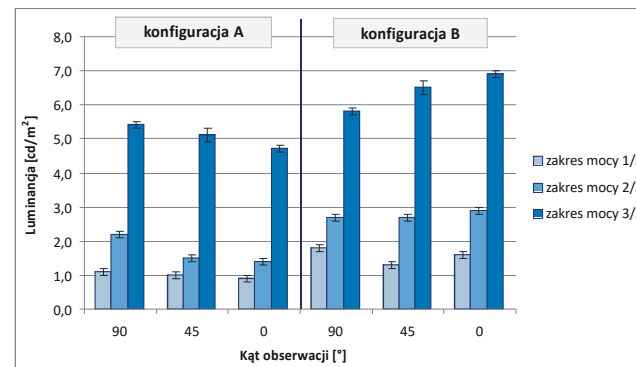
Porównanie luminancji demonstratorów wyposażonych w aktywne elementy świecące (wyniki badań własnych CIOP-PIB z 2019 r. – zadanie nr 3.G.13)



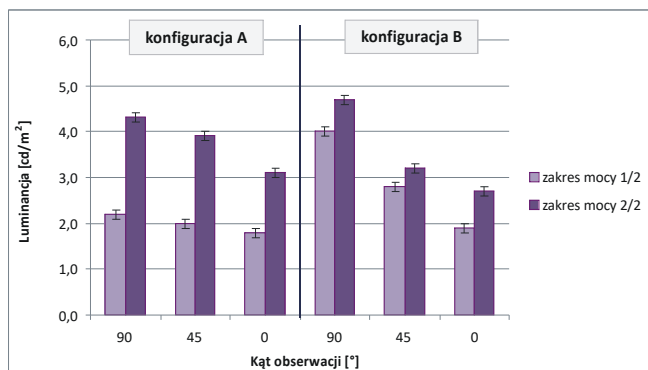
EL-wire (barwa biała)



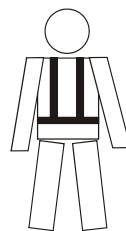
A



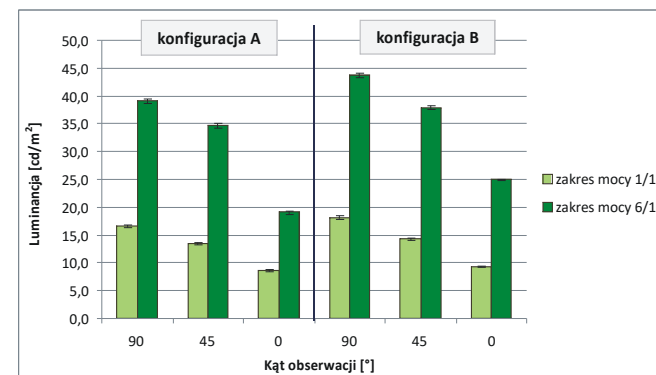
światłowody SEPOF (barwa biała)



EL-tape (barwa biała)



B



taśmy LED SMD (barwa biała)

Aktualne dokumenty normatywne dotyczące metod oceny odzieży wyposażonej w aktywne elementy świecące

EN? – norma europejska – BRAK

DIN TS 91418 „*High and enhanced visibility clothing with active lighting in addition to DIN EN ISO 20471 and DIN EN 17353 — Equipping of high and enhanced visibility clothing with active lighting — Requirements and test methods*” – nowa norma niemiecka

- max. luminancja: 1000 cd/m^2 - w celu uniknięcia olśnienia
- współrzędne chromatyczności i tryb pracy:
 - współrzędne chromatyczności (rekomendacje – tabela A.1)
 - dozwolone są trzy tryby pracy aktywnego urządzenia świecącego: światło ciągłe, pulsacyjne lub migające,
 - światło migające lub pulsacyjne – aktywne urządzenie świecące powinno pracować z częstotliwością $1,5 \text{ Hz} < f \leq 4 \text{ Hz}$

Aktualne dokumenty normatywne dotyczące metod oceny odzieży wyposażonej w aktywne elementy świecące

DIN TS 91418 „*High and enhanced visibility clothing with active lighting in addition to DIN EN ISO 20471 and DIN EN 17353 — Equipping of high and enhanced visibility clothing with active lighting — Requirements and test methods*” – nowa norma niemiecka

Zalecenia dotyczące współrzędnych chromatyczności i trybu pracy zgodnie z obszarami zastosowań

Obszary zastosowań	Współrzędne chromatyczności	Tryb pracy
Bierny udział w ruchu drogowym (np. robotnicy drogowi i budowlani, osoby ds. utylizacji odpadów, siły reagowania kryzysowego, pomoc w razie awarii lub wypadków samochodowych itp.)	żółte (opasanie) lub czerwone (opasanie)	Światło ciągłe lub Światło pulsujące lub Światło migające

Aktualne dokumenty normatywne dotyczące metod oceny odzieży wyposażonej w aktywne elementy świecące

DIN TS 91418 „*High and enhanced visibility clothing with active lighting in addition to DIN EN ISO 20471 and DIN EN 17353 — Equipping of high and enhanced visibility clothing with active lighting — Requirements and test methods*” – nowa norma niemiecka

Minimalna wartość luminancji (Zał. B)

- Różne źródła światła o różnych kształtach oceniano pod względem ich luminancji z różnej odległości (50 m, 100 m i 150 m). W tym celu przeprowadzono testy na 15 osobach w wieku od 19 do 53 lat w ciemności, które oceniały widoczność światła widzialnego.
- Przeprowadzono również pomiary luminancji za pomocą kamery i miernika natężenia oświetlenia z dodatkową nasadką do luminancji.
- Uzyskano ponad 70% zgodność wyników:
 - brak widoczności: brak wykrywalnego światła
 - słaba widoczność: wykrywanie tylko po dłuższym obserwowaniu
 - dobra widoczność: natychmiastowe wykrycie.
- W instrukcji należy podać zakres odległości, przy których wyrób jest widoczny (na podstawie wytycznych z zał. B)



<https://gossen-photo.de/en/mavo-spot-2-usb/>

Aktualne dokumenty normatywne dotyczące metod oceny odzieży wyposażonej w aktywne elementy świecące

DIN TS 91418 „*High and enhanced visibility clothing with active lighting in addition to DIN EN ISO 20471 and DIN EN 17353 — Equipping of high and enhanced visibility clothing with active lighting — Requirements and test methods*” – nowa norma niemiecka

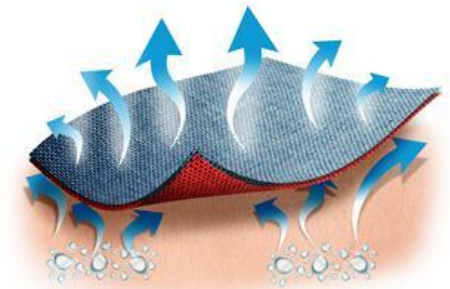
- **Wymagania dot. bezpieczeństwa, w tym m.in.:**
 - w przypadku odzieży przeznaczonej do stosowania w deszczu zalecany jest stopień ochrony min. IP 44,
 - max. 50 °C – temperatura powierzchni aktywnego urządzenia świecącego (w warunkach działania) w odzieży przy temperaturze otoczenia 20 °C,
 - max. 43 °C – temperatura na wewnętrznej powierzchni odzieży wyposażonej w aktywne oświetlenie, która ma kontakt ze skórą w normalnych warunkach użytkowania lub max. 48 °C w nienormalnych warunkach użytkowania (tj. usterka lub awaria),
 - bezpieczeństwo w odniesieniu do pól elektromagnetycznych – urządzenia zasilane bateryjnie nie posiadające nadajników HF nie podlegają badaniu.
 - kompatybilność elektromagnetyczna EMC.

Wstępne założenia dla odzieży ostrzegawczej wyposażonej w aktywne elementy świecące

- spełniająca wymagania normy PN-EN ISO 20471,
- lekka i ergonomiczna, zapewniająca wysoki komfort termofizjologiczny i swobodę ruchów,
- dostosowana do warunków pracy na danym stanowisku,
- o wysokich walorach estetycznych,
- brak negatywnego wpływu na percepcję i skupienie uwagi współpracowników/ osoby z bezpośredniego otoczenia użytkowników tego typu odzieży,
- wyposażona w elastyczne, trwałe i wydajne układy świecące, odporne na pranie,
- zapewniająca bezpieczeństwo elektryczne.



<https://www.vectorstock.com/royalty-free-vector/garments-fabric-technology-and-properties-vector-10942763>



<http://www.thermic-devan.net/en/quick-dry/>

Dziękuję za uwagę!



Kontakt:

e-mail: aggre@ciop.lodz.pl

tel. 42 648 02 37

Opracowano na podstawie wyników VI etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w latach 2023-2025 w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej.

Koordynator Programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy