

Kolory bodźców dwufotonowych w wyświetlaczu siatkówkowym dla potrzeb rozszerzonej rzeczywistości

M. Grochalski^{1,2,3}, O. Kaczko^{1,2,4}, D. Rumiński¹, K. Komar^{1,2,3†}

¹Międzynarodowe Centrum Badań Oka, Skierniewicka 10A, 01-230 Warszawa, Polska

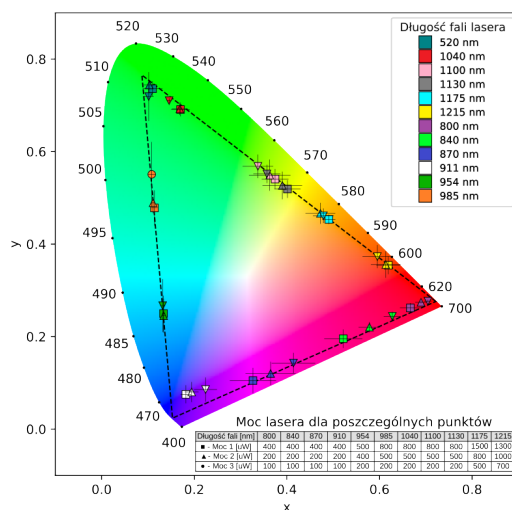
²Instytut Chemii Fizycznej PAN, Kasprzaka 44/52, 01-224 Warszawa,

³Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Grudziądzka 5, 87-100 Toruń

⁴Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski, Pasteura 5, 02-093, Warszawa

†email: kkomar@fizyka.umk.pl

Dzięki zastosowaniu lasera impulsowego możliwe jest postrzeganie bodźców z zakresu podczerwieni za sprawą absorpcji dwufotonowej zachodzącej w pigmentach fotoreceptorów siatkówki. Zjawisko to nazywane jest widzeniem dwufotonowym. Kolory postrzegane w tym procesie odpowiadają mniej więcej połowie długości fali bodźca podczerwonego, ale obserwuje się pewne odstępstwa, które scharakteryzowano w ramach tego badania. Aby wyznaczyć barwę bodźca dwufotonowego, porównuje się go z bodźcem w zakresie światła widzialnego. Układ optyczny używany w tym eksperymencie umożliwia jednocześnie wyświetlanie obu bodźców (widzialnego i podczerwonego) obok siebie. Bodźce generowane są za pomocą skanerów galwanometrycznych, a każdy z nich ma kształt kwadratu o rozmiarze kątowym $1,6^\circ$. Bodziec widzialny tworzony jest przy użyciu trzech typów diod LED: czerwonej (655 nm), zielonej (520 nm) i niebieskiej (450 nm). Zadaniem uczestników było dopasowanie natężenia oświetlenia siatkówki poprzez zmianę prądu dla każdej diody, aby wypadkowy kolor bodźca odpowiadał barwie bodźca dwufotonowego. Dopasowanie kolorów przeprowadzono dla 11 długości fali z zakresu 800 – 1215 nm, przy trzech poziomach mocy oraz z udziałem 5 ochotników. Dopasowywano również bodźce 520 nm w celu sprawdzenia, w jakim stopniu intensywność wyświetlanego bodźca wpływa na zmianę odcienia dla wiązki podczerwonej w porównaniu z wiązką widzialną. Korzystając z funkcji dopasowywania koloru [1], widma dobranych kolorów umieszczono na standardowej palecie kolorów CIE 1931. Uśrednione wyniki przedstawiono na Rys. 1. Widoczna jest zmiana postrzeganej barwy wraz ze zmianą mocy, szczególnie wyraźna dla bodźców 840 oraz 870 nm. W tym zakresie zmienia się udział absorpcji jedno- i dwufotonowej, które mogą występować jednocześnie przy granicy widzialnego spektrum. Dodatkowo, zauważyć można przesunięcie w stronę dłuższych fal względem spodziewanej połowy długości fali dla bodźców 954 nm, 985 nm, 1040 nm i 1100 nm. Na szczególną uwagę zasługują wyniki dla bodźca 911 nm – każda z badanych osób dopasowała niewielką domieszkę światła zielonego, co może wskazywać na obecność żółtego komponentu wynikającego z fluorescencji lipofuscyny. Lepsze zrozumienie percepcji barw w widzeniu dwufotonowym może pogłębić wiedzę o tym zjawisku i znaleźć zastosowanie w rozwoju technologii rozszerzonej rzeczywistości (AR).



Rysunek 1: Uśrednione dopasowania barw na diagramie CIE 1931.

Podziękowania i źródła finansowania

Badania finansowano w ramach projektów: FENG.02.07-IP.05-0233/23 realizowanego w ramach działania Proof of Concept oraz FENG.02.01-IP.05-T005/23 realizowanego w ramach działania Międzynarodowe Agendy Badawcze (MAB FENG), Fundacji na rzecz Nauki Polskiej współfinansowanych przez Unię Europejską ze środków 2. Priorytetu Programu Fundusze Europejskie dla Nowoczesnej Gospodarki 2021-2027 (FENG).

Literatura

[1] Institute of Ophthalmology (University College London), "CIE 1931 2-deg, XYZ CMFs, CVRL Database," <http://www.cvrl.org/>