

Polscy naukowcy stworzyli pierwszy na świecie prototyp okularów rozszerzonej rzeczywistości wykorzystujących widzenie dwufotonowe. Technologia pozwala wyświetlać za pomocą impulsów podczerwieni treści, które mają zachować ostrość przy przenoszeniu wzroku między różnymi planami. Ma również ograniczyć przyciemnienie i zniekształcenie obrazu otoczenia. Trwają prace nad mobilną wersją urządzenia przeznaczoną m.in. dla medycyny, lotnictwa i wojska.

– *Widzenie dwufotonowe, najprościej mówiąc, polega na tym, że człowiek widzi podczerwień, przy czym długość fali 950 nanometrów wydaje się nam niebieska, 1000 nanometrów zielona, a 1100 nanometrów żółta, czyli kolory odpowiadają z grubszą takim kolorom, jakie ma dla nas światło widzialne, które ma połowę długości fali* – wyjaśnia dr hab. inż. Katarzyna Komar, prof. UMK, badaczka Międzynarodowego Centrum Badań Oka ICTER działającego w Instytucie Chemii Fizycznej PAN.

Zjawisko widzenia dwufotonowego zostało opisane w 2014 roku przez międzynarodowy zespół naukowców, w którym uczestniczyła Katarzyna Komar. Badacze wykazali, że człowiek może zobaczyć krótkie impulsy bliskiej podczerwieni, choć ten zakres promieniowania jest zwykle niewidoczny dla oka. Dzieje się tak, gdy pigment wzrokowy niemal jednocześnie pochłonie dwa fotony podczerwieni. Ich łączna energia wystarcza do pobudzenia fotoreceptorów, a mózg odbiera powstały bodziec jako światło widzialne.

W okularach rozszerzonej rzeczywistości cyfrowy obraz musi być nałożony na widok otoczenia. Stosowane obecnie układy optyczne mogą jednak powodować straty światła, przyciemnienie lub zniekształcenie obrazu świata zewnętrznego. Trudnością jest również utrzymanie ostrości dodatkowych treści, gdy użytkownik przenosi wzrok między obiektami znajdującymi się w różnych odległościach. Widzenie dwufotonowe może ograniczyć te problemy, ponieważ wykorzystuje inny zakres promieniowania niż światło docierające z otoczenia. Dzięki temu oba tory optyczne można połączyć za pomocą zwierciadła dichroicznego, które przepuszcza światło widzialne, a odbija podczerwień. W prototypie przepuszcza ono 96 proc. światła widzialnego i odbija 98 proc. bodźca podczerwonego.

– *Widzenie dwufotonowe jest procesem nieliniowym optycznie, co oznacza, że jasność bodźca kwadratowo zależy od mocy wiązki pobudzającej, w związku z czym o wiele łatwiej będzie osiągnąć sytuację, że widzimy bodziec ostro i wyraźnie zarówno w warunkach jasnego dnia, jak i w ciemniejszym oświetleniu. Dodatkowo bodziec dwufotonowy, z tego powodu, że wywołuje go proces nieliniowy, jest zawsze ostry* – mówi prof. UMK.

Większą tolerancję obrazu dwufotonowego na rozogniskowanie potwierdzają wyniki badania zespołu prof. Katarzyny Komar, opublikowanego w sierpniu 2026 roku w czasopiśmie „Optics Letters”. Naukowcy wyświetlali uczestnikom zieloną literę za pomocą światła widzialnego oraz impulsów podczerwieni, a następnie stopniowo zwiększali rozogniskowanie obrazu. U osób z większą zdolnością akomodacji średnia tolerancja wyniosła 6,6 dioptrii dla widzenia dwufotonowego i 4,3 dioptrii dla tradycyjnego obrazu. Podobną przewagę odnotowano również u osób z prezbiopią.

Ma to znaczenie w urządzeniach AR, ponieważ odległość, w której użytkownik widzi wirtualny obiekt, nie zawsze odpowiada płaszczyźnie, na której oko musi ustawić ostrość. Taka rozbieżność – konflikt akomodacji i konwergencji – może powodować dyskomfort podczas dłuższego korzystania z okularów. Autorzy badania wskazują, że większa tolerancja na rozogniskowanie może poprawić jakość obrazu w przyszłych wyświetlaczach AR. To, czy przełoży się również na mniejsze zmęczenie wzroku podczas długiego korzystania z urządzenia, wymaga dalszych badań.

– Idea stworzenia okularów opartych na widzeniu dwufotonowym zakłada, że na głowie użytkownika umieścimy układ optyczny, który normalnie zajmuje sporą część stołu optycznego. Ludzie mają różną anatomię i musimy tak dostosować sposób zakładania tego układu optycznego, żeby pasowało do osób o różnej anatomii. Pomógł nam pomysł, żeby użyć optometrycznej ramy, na której umocowaliśmy elementy, które służą do wyświetlania bodźców dwufotonowych. Dodatkowo musimy szukać jak najmniejszych i jak najlżejszych wersji urządzeń, żeby wyświetlać dwufotonowe bodźce – mówi prof. Katarzyna Komar.

W ciągu roku naukowcy zbudowali prototyp łączący skaner MEMS, regulowane elementy optyczne, światłowodowy tor laserowy i oprogramowanie, które synchronizuje pracę całego układu w czasie rzeczywistym. Elementy umieszczono na lekkiej oprawie optometrycznej, która utrzymuje je w odpowiedniej odległości i pozycji względem oka. Urządzenie wykorzystuje femtosekundowy laser światłowodowy domieszkowany erbem, opracowany przez dr inż. Dorotę Stachowiak i jej współpracowników z Politechniki Wrocławskiej. Laser można przestrajać w zakresie od 872 do 1075 nm, co odpowiada potrzebom badań nad widzeniem dwufotonowym.

– Przy wsparciu projektu Proof of Concept powstał prototyp, który jest w pełni możliwy do użycia i który już założyliśmy kilkudziesięciu osobom i pokazaliśmy im widzenie dwufotonowe jako element rozszerzonej rzeczywistości. Natomiast wymaga on nadal udoskonalień, obecnie założenie go trwa kilka minut i wymaga pomocy operatora. Prototyp jest przypięty do lasera, który zajmuje trochę miejsca w laboratorium optycznym – wskazuje ekspertka.

Prototyp powstał w ramach projektu „Wyświetlacz siatkówkowy oparty na widzeniu dwufotonowym dla potrzeb rozszerzonej rzeczywistości”, który otrzymał dofinansowanie w programie Proof of Concept Fundacji na rzecz Nauki Polskiej ze środków Funduszy Europejskich dla Nowoczesnej Gospodarki 2021–2027.

Kolejnym etapem prac będzie zmniejszenie źródła laserowego i zastąpienie pozostałych elementów układu rozwiązaniami światłowodowymi, aby z okularów można było korzystać poza laboratorium.

– Chcielibyśmy użyć mniejszego lasera i zastąpić wszystkie elementy elementami światłowodowymi, żeby całość można było założyć na siebie i żeby można było wyjść w tych okularach poza laboratorium. Chcemy to zrealizować już w ramach spółki spin-off, która teraz powstaje w Instytucie Chemii Fizycznej PAN. Mamy nadzieję, że jak stworzymy mobilną wersję prototypu, to będziemy mogli zainteresować nim użytkowników końcowych – zapowiada badaczka.

W pierwszej kolejności naukowcy chcą rozwijać technologię z myślą o zastosowaniach specjalistycznych. Okulary mogłyby wyświetlać dodatkowe informacje pilotom i żołnierzom, wspierać realizację programów kosmicznych, a w medycynie dostarczać dane chirurgom bezpośrednio podczas operacji. Samo zjawisko widzenia dwufotonowego jest również badane pod kątem diagnostyki okulistycznej, m.in. w mikroperymetrii służącej do oceny czułości siatkówki.

– Na razie przede wszystkim celujemy w zastosowania ściśle specjalistyczne, jak na przykład lotnictwo, wojskowość, być może programy kosmiczne, ale również chirurgia i wyposażenie sal operacyjnych. Aby takie okulary mogły być szerzej dostępne dla zwykłych użytkowników, musimy jednak poczekać, aż te krótkoimpulsowe lasery się jeszcze bardziej zmminiaturyzują – tłumaczy dr hab. inż. Katarzyna Komar.

Miniaturyzację może przyspieszyć rozwój femtosekundowych laserów na chipach. Zdaniem ekspertki w

Przełomowy wynalazek Polaków. Pierwszy taki na świecie

Kategoria: Polityka Zdrowotna

Opublikowano: wtorek, 01, wrzesień 2026 13:32

Alicja Cisowska

Odsłony: 72

ciągu kilku lat takie źródła światła mogą trafić do produkcji, co otworzyłoby drogę do powstania okularów przeznaczonych także dla zwykłych użytkowników.

Źródło: Newseria