O świetle, które zmienia materię

21 listopada 2016

Nanomateriały o nietypowych właściwościach optycznych, w których pod wpływem światła zachodzą niezwykłe zjawiska, będzie można zastosować m.in. w medycynie do diagnostyki nowotworów, a być może i choroby Alzheimera oraz w energetyce do produkcji ogniw trzeciej generacji. Za prace w dziedzinie nanofotoniki prof. dr hab. inż. Marek Samoć otrzymał Nagrodę Fundacji na rzecz Nauki Polskiej 2016.

– Jak światło oddziałuje z materią?

– Spotykamy się z tym na co dzień. Przykładem takiego oddziaływania, które każdy z nas może zaobserwować, są okulary fotochromowe. Przy niskim natężeniu światła słonecznego są one doskonale przejrzyste i bezbarwne, natomiast przy wyższym natężeniu światła ciemnieją, zabezpieczając w ten sposób nasze oczy. Efekty, które my badamy w laboratorium na Politechnice Wrocławskiej, są podobne, ale mogą zachodzić niesłychanie wręcz szybko w porównaniu do ciemnienia okularów słonecznych. Moja grupa zajmuje się zastosowaniem bardzo specyficznych układów laserowych, które są w stanie generować bardzo krótkie impulsy światła, trwające około 100 femtosekund. To jest naprawdę bardzo krótki czas. Skoro światło w ciągu 1 sekundy przebiega 300 tys. km, to w ciągu 1 nanosekundy przebywa 30 cm, natomiast w ciągu 100 femtosekund zaledwie 30 mikronów.

– Jakie niecodzienne zjawiska i efekty można zaobserwować dzięki urządzeniom, które wysyłają tak krótkie impulsy świetlne?

– Materia, która normalnie nie absorbuje światła o pewnej długości fali, zaczyna nagle to światło pochłaniać w sposób niecodzienny. Zazwyczaj pochłania jeden foton naraz, w nowych warunkach pochłania dwa lub więcej fotonów naraz, co nazywamy

absorpcją wielofotonową. Jest to efekt, który ma bardzo wiele zastosowań. Przykładem może być trójwymiarowe drukowanie w skali mikro. Procesy jak absorpcja wielofotonowa wymagają wysokiej intensywności światła. Taka intensywność jest osiągana tylko w ognisku wiązki lasera o krótkim impulsie. Taką wiązką laserową możemy pisać coś w przestrzeni, czyli drukować trójwymiarowo. W ten sposób można wytwarzać przedmioty zminiaturyzowane, o wielkościach rzędu mikronów.

– A czym jest mikroskopia wielofotonowa stosowana w medycynie do walki z nowotworami?

– To kolejne zastosowanie, gdzie możemy skanować wiązką laserową jakiś obiekt. To może być na przykład żywa komórka, którą chcemy w jakiś sposób zobrazować trójwymiarowo. Potrafimy odczytywać, w jaki sposób poszczególne punkty w przestrzeni w tym obiekcie odpowiadają na wiązki laserowe. Jeśli wcześniej wprowadziliśmy do obiektu jakieś znaczniki, sprawdzamy czy one odpowiadają charakterystycznym świeceniem. Procesy, które badamy, czyli oddziaływanie światła laserowego z materią, mogą służyć do obrazowania, czyli detekcji nowotworów. Można je też wykorzystać w tzw. terapii fotodynamicznej. Wiązka lasera tym razem wzbudza specjalną cząsteczkę nazywaną przez nas fotouczulaczem, ta cząsteczka przekazuje swoja energię cząsteczce tlenu, która wtedy zmienia swoją postać. Tak powstaje tzw. tlen singletowy, a ten z kolei jest czynnikiem zabijającym komórki rakowe.

– Duże nadzieje budzi zastosowanie absorpcji wielofotonowej do wczesnego wykrywania zmian neurodegeneracyjnych w mózgu…

– Procesy nieliniowe, czyli np. absorpcja więcej niż jednego fotonu naraz, mogą znaleźć zastosowanie w wykrywaniu niepoprawnych białkowych struktur przestrzennych. Białka powinny zwinąć się w pewną strukturę przestrzenną po to, aby mogły pełnić swoją funkcję biologiczną. Natomiast w pewnych warunkach mogą powstawać pewne struktury, tzw. struktury amyloidowe, gdzie te białka układają się inaczej. I to wiąże

się z występowaniem chorób neurodegeneracyjnych, jak choroba Alzheimera. Jeden z moich doktorantów stwierdził, że oddziaływanie światła z tymi strukturami jest nadspodziewanie silne. Zaproponował, żeby użyć tych efektów nieliniowych, które badamy, do odróżnienia białka o normalnej, poprawnej postaci, od struktur typu amyloidowego. Na obecnym etapie jest to dopiero obserwacja zjawiska fizycznego, daleko nam jeszcze do zastosowań. Jednak warto tego typu struktury badać i ich oddziaływania zoptymalizować tak, aby rzeczywiście w przyszłości znaleźć praktyczną taktykę wykrywania złogów amyloidowych w bardzo wczesnym stadium choroby.

– Kolejne możliwe zastosowania to tańsze, bardziej wydajne i bardziej ekologiczne przetwarzanie energii słonecznej na elektryczną.

– Optymalizowanie konstrukcji ogniw słonecznych jest dość dalekie od moich bezpośrednich badań – jestem fizykochemikiem, moim zadaniem jest badanie samych materiałów, które mogą tu znaleźć zastosowanie i w ten sposób dołożyć swój przyczynek do wiedzy, którą będzie można zastosować w konwersji energii. Energia słoneczna może być przetwarzana na prąd elektryczny w ogniwach fotowoltaicznych i istnieje zaawansowana wiedza, jak te ogniwa budować. Nam chodzi o stronę materiałową. Struktura materiałów używanych do konwersji energii słonecznej jest bardzo podobna do struktur, jakie są nam potrzebne do uzyskiwania lepszych materiałów dla absorpcji nieliniowej. Badaliśmy na przykład pewne struktury polimerowe do zastosowania w tzw. ogniwach trzeciej generacji.

– Czy takie badania materiałowe mają charakter poznawczy, czy już przekładają się na receptury i patenty?

– Dotyczą zarówno wiedzy podstawowej, gdzie staramy się znaleźć pewne ogólne prawa dotyczące właściwości materiałów, ale również patentujemy pewne z naszych rozwiązań. Opublikowaliśmy pracę we współpracy z grupą prof. dr hab. inż. Kazimiery Wilk z naszego wydziału, która próbuje pewne

nanostruktury zoptymalizować dla medycyny jako leki. Nanocząstki, tzw. kropki kwantowe, umieszczono w nośnikach leków, które są strukturami nanometrycznymi w kształcie kulek. Ich zewnętrzna powierzchnia została wykonana z biokompatybilnego polimeru, a wewnątrz nośnika znalazł się też lek, fotouczulacz, służący do terapii fotodynamicznej. W opisanych przez nas doświadczeniach energia, którą kropki kwantowe uzyskiwały od światła laserowego wskutek nieliniowej absorpcji, była potem przekazywana wewnątrz tego nośnika leku do fotouczulacza, który wytwarzał tlen singletowy, który z kolei może zabijać komórki rakowe.

– Skoro nanocząstki mają tak niewielkie rozmiary, jak można prowadzić na nich doświadczenia?

– Nanostruktury w większości nie są widoczne pod mikroskopem optycznym. Dopiero pod mikroskopem elektronowym sprawdzić można, czy to, co wytworzyliśmy w laboratorium, jest tym, co rzeczywiście chcieliśmy otrzymać. Z drugiej strony właściwości tych materiałów badamy rozmaitymi technikami – nie tylko optycznymi, ale też rentgenowskimi, czy też przy użyciu chemii analitycznej. Staramy się, żeby materiały, których oddziaływania ze światłem laserowym badamy, były dobrze scharakteryzowane. Istotne jest, jak zostały wytworzone i jakie są szczegóły ich budowy – kształt czy struktura. I w jaki sposób optyczne właściwości nieliniowe zależą od tego, co zostało wytworzone. To paradygmat inżynierii materiałowej, że należy szukać zależności między metodą wytworzenia materiału, jego strukturą i jego właściwościami. Eksperymenty, które prowadzimy, wymagają często od nas zbudowania specyficznych układów pomiarowych. Czasem wnosimy do takich urządzeń zupełnie nowe elementy i modyfikujemy metody badawcze dzięki instrumentarium, jakie tworzymy w naszym laboratorium.

– Z czym wiąże się dla Pana Nagroda Fundacji na rzecz Nauki Polskiej?

– Jest to podsumowanie pewnego etapu w moim życiu jako

naukowca, gdyż nagroda została przyznana głównie za ostatnie osiem lat mojego życia naukowego, czyli od momentu, kiedy po 20 latach pracy poza Polską, głównie na Australijskim Uniwersytecie Narodowym w Canberze, wróciłem do Polski na Politechnikę Wrocławską. Stworzyłem tu zespół składający się ze wspaniałych ludzi i w dużej mierze ta nagroda jest ich zasługą – doceniono pracę nas wszystkich. Dla mnie wyróżnienie stanowi bodziec do tego, żeby dalej rozwijać badania z zakresu nanofotoniki i międzynarodową współpracę mojego zespołu z licznymi ośrodkami.

– Dziękuję za rozmowę.

Z prof. Markiem Samociem rozmawiała Karolina Duszczyk
Źródło: NaukawPolsce.PAP.pl