

Luminescencyjne mikro- i nano-włókna polimerowe wytwarzane metodą elektroprzędzenia oraz ich fotoniczne zastosowania.

Technika elektroprzędzenia pomimo, że znana już od ponad 120 lat jest jedną z niewielu metod produkcji nano-materiałów, która może być łatwo stosowana na skalę przemysłową. Podstawą jej działania jest wyrzut strumienia polarnego roztworu polimeru z dyszy pod wpływem działania zewnętrznego pola elektrycznego. W sytuacji, gdy lepkość roztwór polimeru jest dopasowana do szybkości jego podawania na dyszę i szybkości wyrzutu pod wpływem pola elektrycznego, możliwe staje się wytworzenie włókien o różnych rozmiarach i kształtach. Technika ta w okresie ostatnich kilkunastu lat staje się narzędziem do produkcji, coraz to nowszych mikro- i nanomateriałów o zastosowaniach z zakresu optyki, fotoniki, nanofotoniki i nanobiofotoniki.

Podstawowym atutem elektroprzędzenia jest łatwość w jego przeprowadzeniu, i możliwość sterowania parametrami wytwarzania wpływającymi na morfologię otrzymywanych mikro i nano struktur. Typowo przy użyciu tej techniki otrzymuje się materiały w postaci włókien o bardzo dużych długościach i średnicach, których rozmiar może wahać się w granicach od kilkunastu mikrometrów aż do pojedynczych nanometrów. Technika ta w zależności od czasu trwania procesu pozwala na wytwarzanie zarówno pojedynczych włókien jak i całych tkanin o różnych grubościach, różnej ilości warstw i różnym stopniu uporządkowania. Ponadto włókna takie mogą być z łatwością sfunkcjonalizowane poprzez domieszkę luminoforu dzięki czemu mogą zyskiwać zdolność do emisji światła a nawet generacji akcji laserowej.

Niniejszy projekt badawczy ma na celu wykorzystanie techniki elektroprzędzenia do wytwarzania organicznych materiałów luminescencyjnych o szerokim zakresie spektralnym emisji światła widzialnego dla celów oświetleniowych, sensorowych i generacji światła laserowego. Materiały w postaci tkanin z włókien polimerowych mogą zachowywać się jak grupa światłowodów ale również jak i materiał silnie rozpraszający światło zwłaszcza, gdy włókna tworzą silnie nieuporządkowaną strukturę. Ta druga cecha powoduje, że materiały tego typu mogą tworzyć różnego rodzaju funkcjonalne powłoki. Np. silne rozpraszanie światła jest pożądane w systemach oświetleniowych, gdzie rozproszenie zapewnia jednorodny rozkład oświetlenia danego obiektu. Powłoki z nanomateriałów wytworzonych metodą elektroprzędzenia mogą być ciekawą alternatywą dla obecnie stosowanych powłok ceramicznych w białych diodach elektroluminescencyjnych. Zwłaszcza, że obecnie stosowane powłoki zawierają związki fosforyzujące o długim czasie zaniku emisji przez co nie nadają się do transmisji danych metodami optycznymi na bazie Li-Fi (optyczny odpowiednik Wi-Fi). Zastosowanie fluorescencyjnych nanowłókien może pozwolić na rozwiązanie tego problemu.

Rozpraszanie światła pełni kluczową rolę w szczególnym typie akcji laserowej, tzw. laserowaniu randomicznym. Jest to nietypowy rodzaj akcji laserowej, który w przeciwieństwie do klasycznego laserowania może zachodzić w różnych kierunkach. Lasery tego typu mogą generować wielobarwne wiązki światła, które pozbawione są szumu typowego dla laserów czyli spekli. W ramach niniejszego projektu badania będą obejmowały sprawdzenie możliwości wykorzystania techniki elektroprzędzenia do konstrukcji wielobarwnych a nawet białych laserów randomicznych. Stworzenie tego typu urządzeń może zrewolucjonizować systemy oświetleniowe i sposoby obrazowania obiektów, pozwalając na uzyskanie lepszej jakości obrazów, o wyższym kontraście i intensywności. Mogą stać się również alternatywnymi źródłami światła dla obecnie stosowanych w laboratoriach generatorów super-kontinuum. Dodatkowym atutem jest fakt, że akcja laserowa, zachodzi bardzo szybko, nawet tysiące razy szybciej niż spontaniczny zanik fluorescencji. Powoduje to, że szybkość transferu danych przy użyciu technologii Li-Fi może być tysiące razy większa dla systemów laserowych niż dla diod bazujących na emisji spontanicznej.

Mikro i nano-włókna charakteryzuje bardzo duży stosunek powierzchni do objętości. Oznacza to, że domieszki fluorescencyjne, pomimo swojego uwięzienia w objętości włókna, mogą oddziaływać ze środowiskiem zewnętrznym. Daje to fantastyczne wręcz możliwości sensorowe. Obecnie w chemii znanych jest wiele barwników fluorescencyjnych, których właściwości fotofizyczne, np. zdolność do emisji światła, ulegają zmianom pod wpływem zmian środowiskowych. Takie związki często zwie się również indykatorami. Bardzo często pomiar wymaga umieszczenia molekuł indykatora w środowisku, które jest badane. Prowadzi to do skażenia tego środowiska przez molekuły barwnika, oraz ich bezpowrotną utratę. Jednakże, uwięzienie indykatora we włóknie pozwoli na obejście tego problemu. Badane roztwory nie ulegną skażeniu a sonda wytworzona z nano-włókien będzie mogła być wykorzystana wielokrotnie. W szczególności bardzo interesujące wydaje się zastosowanie materiałów zdolnych do generacji światła laserowego ponieważ jest ono ekstremalnie czułe na wszelkie zmiany tzw. warunków brzegowych. Szacuje się, że na bazie materiałów powstałych w wyniku elektroprzędzenia możliwe będzie wytworzenie ultraczułych laserowych detektorów polarności, pH, skażenia jonami itp., dla których detekcja będzie możliwa do przeprowadzenia w sposób zdalny.