

Rozwój technologiczny w XXI wieku jest związany między innymi z rozwojem elektroniki i dziedzin jej pokrewnych. Ponieważ transport ładunków elektrycznych w obwodach elektronicznych odbywa się w objętości realnych materiałów, rozwój elektroniki jest nierozzerwalnie związany z postępem inżynierii materiałowej. Wiek XX zrewolucjonizowały nieorganiczne przewodniki i półprzewodniki takie, jak krzem czy german. Umożliwiły one kontrolowany transport nośników ładunku elektrycznego (np. w tworzących procesory tranzystorach) lub konwersję energii (np. w diodach świecących lub ogniwach słonecznych). Być może wkrótce nastąpi kolejna „rewolucja materiałowa” polegająca na częściowym zastąpieniu półprzewodników nieorganicznych materiałami organicznymi, które będzie można nadrukowywać na elastyczne podłoża takie, jak tkaniny, folie, etc., co zaowocuje rozwojem i rozpowszechnieniem kolejnej generacji urządzeń elektronicznych. Wraz z rozwojem urządzeń stricte elektronicznych rośnie zapotrzebowanie na materiały do budowy sensorów oraz autonomiczne źródła zasilania. Do zasilania oczywiście można wykorzystać ogniwa słoneczne, ale ciekawą alternatywą wydaje się zastosowanie materiałów piezoelektrycznych. Piezoelektryki to materiały elektroaktywne, które po przyłożeniu do nich bodźców mechanicznych są źródłem ładunku elektrycznego, który można następnie odprowadzać w formie prądu. Dlatego właśnie, w zależności od budowy urządzeń, piezoelektryki mogą spełniać zarówno rolę źródeł energii, jak i sensorów mechanicznych bodźców (nacisk, drgania itp.). Znany jest również odwrotny efekt piezoelektryczny polegający na mechanicznym odkształceniu materiałów piezoelektrycznych w polu elektrycznym, co umożliwia konstruowanie tzw. aktuatorów. Podobnie jak w przypadku półprzewodników, pierwsze poznane piezoelektryki to kruche kryształy związków nieorganicznych. Nowe perspektywy otworzyło w 1969 r. odkrycie efektu piezoelektrycznego w poli(fluorku winylidenu) (PVDF) – częściowo krystalicznym polimerze, budową zbliżonym do polietylenu, lecz zawierającym w co drugim atomie węgla łańcucha głównego dwa silnie elektroujemne atomy fluoru. To sprawia, że mery łańcucha PVDF odznaczają się znacznym momentem dipolowym (wyższym niż wartość momentu dipolowego cząsteczek wody!), który można orientować w pewnych odmianach krystalicznych polimeru tworzących się podczas kontrolowanej krystalizacji. Z uwagi na swoją wyraźnie biegunową budowę w obrębie podstawowej komórki krystalicznej, takie kryształy nazywamy polarnymi (od ang. *pole* – biegun). „Utrwalenie” momentu dipolowego w polarnych kryształach, a następnie jednokierunkowa orientacja możliwie największej ich liczby są konieczne aby uzyskać materiał o makroskopowych właściwościach piezoelektrycznych. Polimery świetnie nadają się do otrzymywania zorientowanych przestrzennie struktur – ich długie makrocząsteczki łatwo orientują się podczas np. przepływu (gdy polimer jest stopiony), rozciągania lub innej kierunkowej deformacji mechanicznej. Co więcej, rozciągnięte (rozprostowane) makrocząsteczki krystalizują łatwiej, a w przypadku makrocząsteczek polimerów takich jak PVDF, jeżeli tylko zapewnić odpowiednie warunki termiczne krystalizacji, tworzą również polarne kryształy. Obserwacje takie już dziś umożliwiają wytwarzanie folii i włókien z PVDF (jak również z innych polimerów fluorowych), które znajdują zastosowanie w czujnikach drgań, hydrofonach, czujnikach nacisku czy wręcz systemach odzysku energii elektrycznej powstającej w efekcie... odkształcenia podeszew butów podczas chodzenia. Obecnie znane technologie wytwarzania polimerowych materiałów piezoelektrycznych mają jednak zasadniczą wadę – umożliwiają wytwarzanie wyłącznie prostych form materiałów (folii i włókien), co stanowi jedno z najważniejszych ograniczeń zastosowania polimerowych piezoelektryków. W naszym projekcie badawczym proponujemy rozwiązanie tego problemu. Zamiast rozciągać czy w inny sposób deformować PVDF bądź inne fluoropolimery, postanowiliśmy w czasie krystalizacji posłużyć się wiązką lasera, aby punktowo ogrzać roztwór polimeru i podłoże w celu lokalnego odparowania rozpuszczalnika i wytworzenia stałego, krystalicznego filmu polimerowego na podłożu. W taki sposób wytworzymy w materiale strefy wzrostu kryształów, do których będą przepływały makrocząsteczki fluorowanych polimerów. Ich termicznie indukowany przepływ spowoduje niezbędną orientację, która dodatkowo będzie wspomagana obecnością płaskich cząstek krzemianów (takich jak mika czy fluoromika) tworzących w filmach swoiste wąskie kanały (galerie), przez które będą dyfundować (przepływać) i w których będą krystalizować makrocząsteczki badanych przez nas fluorowanych polimerów (PVDF i jego pochodnych). Obecność cząstek krzemianów w polimerze sprawia, że nasze filmy nazywamy kompozytowymi. Stabilność dyspersji krzemianów i jednocześnie wzrost wydajności powstawania polarnych faz krystalicznych będzie zapewniony przez odpowiednią chemiczną modyfikację powierzchni ich cząstek. Aby wszystkie dipole elektryczne materiału były jednakowo zorientowane w objętości filmów, oprócz naświetlania laserem, krystalizacja prowadzona będzie w warunkach stałego pola elektrycznego. Filmy będą nanoszone nie tylko na płaskich podłożach, ale również na wypukłych powierzchniach soczewek optycznych, czy na specjalnie strukturyzowanych podłożach innych materiałów. Posługując się mikroskopią, spektroskopią, rentgenografią i szeregiem innych metod badawczych zamierzamy dogłębnie zbadać strukturę filmów o różnych składach, nanoszonych na podłożach różniących się topografią. Zrozumienie zależności pomiędzy warunkami krystalizacji a strukturą materiału ma szansę otworzyć nowe perspektywy w inżynierii polimerów, umożliwiające np. otrzymywanie materiałów stanowiących sensoryczno-ochronne powłoki (‘skórę’) robotów i manipulatorów, czy mikrogeneratory do zastosowań w odzieży umożliwiającej odzysk energii ruchu.