

Kompozyty polimerowe składają się z matrycy polimerowej (zwanej też osnową), w której jest zdyspergowany (tj. rozproszony) odpowiedni modyfikator poprawiający właściwości tworzywa w stosunku do wyjściowego polimeru lub nadający mu zupełnie nowe cechy. Są to więc układy dwu- lub wieloskładnikowe, które można modyfikować przez dobór rodzaju i ilości komponentów, a także ich różny stopień uporządkowania.

Materiały te charakteryzują się unikalnymi właściwościami takimi jak: dobre właściwości mechaniczne, mała gęstość (w konsekwencji mały ciężar wyrobów), możliwość formowania dowolnych kształtów, odporność na działanie czynników destrukcyjnych (m.in. na korozję), łatwość przetwarzania i modyfikacji. Dzięki temu stanowią cenne materiały stosowane w wielu dziedzinach współczesnej gospodarki np. jako materiały konstrukcyjne w budownictwie, części maszyn, elementy samochodów, statków, samolotów, akcesoria medyczne, sportowe i artykuły domowego użytku.

Wisko polimerów i ich kompozytów ma właściwości izolacyjne, czyli są dobrymi dielektrykami i znajdują zastosowanie w elektrotechnice i elektronice. Po spolaryzowaniu ich w polu elektrycznym o dużej natężeniu (powyżej 40 V/μm), wykazują zdolność do gromadzenia uporządkowanego ładunku elektrycznego w swojej strukturze. Pochodzi on z ładunku, który już znajdował się w strukturze polimeru (np. dipole, defekty punktowe) i został tylko uporządkowany, lub ładunku, który został wprowadzony do struktury polimeru w procesie polaryzacji. Trwale spolaryzowane dielektryki nazywamy elektretami.

Elektrety wykazują właściwości piezoelektryczne, czyli pod wpływem odkształceń mechanicznych pomiędzy elektrodami naniesionymi na folie polimerowe (lub elektrodami stykowymi) przepływa prąd elektryczny. W efekcie odwrotnym, pole elektryczne przyłożone do elektrod powoduje odchylenie folii. Znaczenie praktyczne mają tylko te z nich, których okres depolaryzacji wynosi powyżej kilkunastu lat. Można z nich budować mikrofony i głośniki, a także siłowniki. Znajdują zastosowanie w różnego typu czujnikach o powierzchniach czynnych od ułamka cm² do metra² i więcej. Ze względu na swoją elastyczność, grubość od kilkunastu do kilkudziesięciu mikronów i możliwość formowania powierzchni mogą być umieszczane np. pomiędzy różnymi częściami urządzenia informacyjnego. Mogą także być przetwornikami energii mechanicznej np. z ruchu człowieka w energię elektryczną, co wraz z rozwojem układów scalonych małej mocy może mieć duże znaczenie przy zastosowaniu ich na czujniki alarmujące o zagrożeniu życia. Bardzo istotnym cechem tych czujników jest to, że nie wymagają dodatkowych źródeł zasilania elementu czynnego.

Najlepiej poznanym polimerem o właściwościach piezoelektrycznych jest poli(fluorek winylidenu), PVDF. Jednak ze względu na jego skomplikowaną i droży koszt wytwarzania poszukuje się innych polimerów, tańszych i łatwiejszych w produkcji, co pozwoliłoby na szersze zastosowanie piezopolimerów.

Do takich tworzyw należą poliolefiny (polimeryczne w glowodory) np. powszechnie znany polietylen i polipropylen. Jednak podstawową wadą tych materiałów jest ich niska temperatura topnienia. Wprowadzając napełniacze mineralne w postaci krzemianów jak np. kaolin lub montmorylonit wywołujemy wzrost temperatury topnienia kompozytów. Na zwiększenie wytrzymałości termicznej wpływa też zawartość fazy krystalicznej w materiale. Im jest jej więcej, tym tworzywo jest odporniejsze. Orientacja folii czyli jedno- lub dwuosiowe rozciąganie wpływa na wzrost udziału fazy krystalitów w materiale.

Podstawowym cechem piezopolimerów jest wartość stałej piezoelektrycznej. Dzięki temu, aby wartość współczynnika piezoelektrycznego d_{33} (kiedy kierunek działania siły jest prostopadły do powierzchni piezo-folii) była zbliżona do wartości dla materiałów piezoceramicznych. Utworzenie struktury komórkowej (jamy powietrza wewnątrz materiału) sprawia, że jest to możliwe. Obecność jam powietrza powoduje większe odkształcenie materiału komórkowego w porównaniu z materiałem litym przy działaniu tej samej siły, a także wpływa na spowolnienie czasu przepływu ładunku elektrycznego w materiale. Oba te procesy mają wpływ na wzrost wartości współczynnika d_{33} . Wzrasta również odporność termiczna kompozytu o strukturze komórkowej, gdy przewodnictwo cieplne powietrza jest mniejsze niż polimeru. Wprowadzając krystaliczny krzemionek SiO₂ (lub inny modyfikator nieorganiczny) do kompozytu tworzymy strukturę komórkową ponieważ ziarna SiO₂ wykazują słabą adhezję do polimeru. Wokół ziaren powstają jamy powietrza, które w procesie rozciągania folii zwiększają swoją objętość.

Przedstawiony powyżej sposób otrzymywania kompozytów o dobrej wytrzymałości termicznej i dużej wartości stałej piezoelektrycznej jest oparty na wynikach naszych wstępnych badań.

Aby zoptymalizować uzyskane wyniki należy ustalić skład chemiczny kompozytów, opracować sposób otrzymywania i orientacji folii, a także dobre warunki ich polaryzacji. Odpowiednie przeprowadzenie tych procesów ma duży wpływ na jakość uzyskanych elektretów, dlatego temat ten jest szczególnie aktualny, a wprowadzenie krystalicznego napełniacza w celu uzyskania struktury komórkowej jest sposobem nowatorskim.

Zjawiska zachodzące w elektretach, zależą od struktury materiału, pułapkowaniem i transportem ładunku elektrycznego, właściwościami mechanicznymi a właściwościami elektrycznymi są jeszcze niewystarczająco zbadane. Przeprowadzone w niniejszym projekcie kompleksowe badania przyczyniły się do poznania tych zależności i wyjaśnienia obserwowanych procesów.

Metodyka pracy obejmuje zaawansowane techniki instrumentalne oraz przetwórcze. Kompozyty piezoelektryczne w postaci folii zostaną otrzymane metodą wytłaczania, a następnie poddane polaryzacji lub wyładowaniom koronowym w celu otrzymania elektretów. Opracowana zostanie szczegółowa procedura otrzymywania trwałych elektretów w zależności od składu i morfologii kompozytów, warunków przetwórstwa i modyfikacji.

Kluczowy etap badań obejmuje badanie właściwości i trwałości elektretów oraz wyjaśnienie mechanizmu pułapkowania ładunku elektrycznego w kompozytach poliolefinowych zawierających kaolin, montmorylonit lub krzemionkę. W tym celu wyznaczone zostaną parametry charakteryzujące właściwości piezoelektryczne materiałów takie jak stała piezoelektryczna, czas depolaryzacji i współczynnik sprężenia mechanicznego oraz kąt przesunięcia fazowego pomiędzy stałą rzeczywistą a stałą urojoną.

Oprócz tego określone zostaną podstawowe właściwości fizykochemiczne kompozytów, w tym morfologia próbek, stopień krystaliczności, właściwości spektroskopowe, stabilność termiczna i fotochemiczna.

W badaniach tych będą wykorzystane techniki takie jak dyfrakcja promieniowania rentgenowskiego (XRD), skaningowa mikroskopia elektronowa (SEM), mikroskopia sił atomowych (AFM), spektroskopia absorpcyjna w podczerwieni (FTIR), testy wytrzymałości mechanicznej (na rozciąganie i ściskanie), termogravimetria (TGA), badania prądów termostymulowanych (TSDC), spektroskopia impedancyjna, spektroskopia ultradźwiękowa.

Znajomość zależności właściwości kompozytów od ich budowy chemicznej i struktury wewnętrznej jest ważna nie tylko z

poznawczego punktu widzenia ale może się również przyczyni do projektowania nowych materiałów o poszukiwanych, zaplanowanych cechach użytkowych. Przewidywane zastosowania kompozytów polimerowych wykazujących trwały efekt piezoelektryczny obejmują czujniki do konstrukcji systemów elektro-akustycznych lub elektro mechanicznych.

W celu realizacji niniejszego projektu zostało zawiązane konsorcjum, w skład którego wchodzi trzy jednostki naukowe: Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Instytut Inżynierii Materiałów Polimerowych i Barwników (oddział toruński) oraz Instytut Technologii Elektronowej (oddział krakowski). Wykonawcami projektu jest wysokokwalifikowana kadra, która będzie wykonywała zadania związane ze swoją specjalnością i wieloletnim doświadczeniem naukowym. Zaplecze techniczne stanowi dobrze wyposażone laboratoria w ww. instytucjach.

W ramach grantu zostanie zakupiony nowoczesny aparat do metody spektroskopii ultradźwiękowej (NCUS, non-contact ultrasonic spectroscopy) oraz skonstruowane profesjonalne urządzenie do orientacji folii polimerowych.

Zostanie też utworzone jednopełnoetatowe stanowisko pracy dla młodego naukowca na okres dwóch lat.