

Nanostruktury węglowe w matrycy biopolimerowej – wpływ rodzaju grup funkcyjnych pochodnych octanu celulozy na przewodnictwo elektryczne, mikrostrukturę i właściwości mechaniczne kompozytu

W obliczu narastających wyzwań związanych z ochroną środowiska i postępującymi zmianami klimatycznymi, rośnie zapotrzebowanie na nowoczesne, a zarazem zrównoważone materiały, które mogłyby zastąpić konwencjonalne tworzywa sztuczne w różnych obszarach technologii. Szczególne znaczenie mają tu rozwiązania łączące wysoką funkcjonalność – na przykład zdolność przewodzenia prądu – z biodegradowalnością oraz bezpieczeństwem dla środowiska naturalnego. Niniejszy projekt badawczy koncentruje się na opracowaniu właśnie takich materiałów: cienkowarstwowych, przewodzących kompozytów opartych na naturalnych biopolimerach oraz nanostrukturach węglowych.

Jako matryce w opracowywanych materiałach wykorzystane zostaną wybrane pochodne celulozy – naturalnego polimeru występującego m.in. w ścianach komórkowych roślin. W projekcie badane będą trzy typy: octan celulozy (CA), jego propionian (CAP) oraz ftalan (CAPH). Choć ich struktury chemiczne różnią się jedynie obecnością innych grup funkcyjnych, wpływa to znacząco na ich właściwości fizykochemiczne – m.in. rozpuszczalność, zdolność do formowania jednorodnych powłok czy interakcje z dodatkiem przewodzącym. Te z pozoru subtelne różnice mogą mieć istotne konsekwencje dla funkcjonalności gotowych kompozytów.

Fazę przewodzącą stanowić będą zaawansowane nanostruktury węglowe: jedno- i wielościennie nanorurki węglowe (SWCNT, MWCNT), płatki grafenu oraz tlenek grafenu. Materiały te wyróżniają się unikalnym zestawem właściwości – wysoką przewodnością elektryczną (sięgającą nawet 10^6 S/m), znakomitą wytrzymałością mechaniczną, a także odpornością na czynniki chemiczne i wysokie temperatury. Dzięki ich dużemu stosunkowi długości do średnicy możliwe jest formowanie trójwymiarowej sieci przewodzącej już przy bardzo niskim stężeniu napełniacza. Pozwala to zminimalizować ilość użytego materiału przewodzącego, zachowując przy tym korzystne właściwości mechaniczne i optyczne kompozytu. Takie podejście umożliwia projektowanie cienkich, elastycznych i lekkich warstw przewodzących – bez potrzeby stosowania metali.

Głównym celem projektu jest zbadanie wpływu struktury chemicznej biopolimerów na właściwości fizykochemiczne cienkowarstwowych kompozytów zawierających nanostruktury węglowe. Szczególny nacisk zostanie położony na analizę, w jaki sposób obecność określonych grup funkcyjnych w matrycy polimerowej wpływa na tworzenie się sieci przewodzącej z udziałem nanorurek węglowych i grafenu. Oceniane będą takie parametry jak przewodnictwo elektryczne (zarówno w temperaturze pokojowej, jak i w warunkach niskotemperaturowych), właściwości mechaniczne, mikrostruktura oraz stabilność w zmiennych warunkach środowiskowych. Projekt uwzględnia również analizę powtarzalności oraz możliwości skalowania procesu – niezbędnych do oceny potencjału praktycznego opracowywanych materiałów.

Projekt wpisuje się w aktualny nurt badań nad tzw. zieloną elektroniką – dziedziną, której celem jest opracowanie urządzeń elektronicznych o możliwie najmniejszym wpływie na środowisko. Kompozyty opracowane w jego ramach mogą w przyszłości znaleźć zastosowanie m.in. jako biodegradowalne elektrody, warstwy funkcjonalne do elastycznych sensorów, ekranowanie promieniowania elektromagnetycznego czy elementy jednorazowej elektroniki medycznej.

Efektem projektu będą nie tylko nowe materiały o zaawansowanych właściwościach użytkowych, ale także pogłębiona wiedza na temat relacji pomiędzy strukturą chemiczną badanych biopolimerów a ich zachowaniem w obecności nanostruktur węglowych. Uzyskane wyniki mogą stanowić punkt wyjścia do dalszych badań aplikacyjnych oraz działań wdrożeniowych w obszarze nowoczesnych technologii materiałowych – od elektroniki i sensorów po rozwiązania biomedyczne.