

Pierwsza wzmianka o sprawczej sile dźwięku pojawia się już w trzecim wersecie Księgi Rodzaju. Propagacja fal akustycznych (mechanicznych) w materii jest ogólnym zagadnieniem, które, poza potocznie rozumianym dźwiękiem, ma ogromne znaczenie w telekomunikacji, materiałoznawstwie i naukach przyrodniczych. Transport fononów w strukturach kompozytowych zależy od wielu parametrów (co najmniej trzech), których liczba rośnie wraz z redukcją symetrii (anizotropią), ograniczeniem przestrzennym, ilością materiałów tworzących kompozyt a także możliwymi efektami międzyfazowymi.

Obecnie, istnieje bogaty, niezbadany i trudno przewidywalny zbiór zagadnień z zakresu badań podstawowych dotyczący fononiki wysokich częstotliwości (GHz) umożliwiającej równoczesne manipulowanie fononami hipersonicznymi i światłem widzialnym w syntetycznych i naturalnych materiałach periodycznych. W materiałach fononicznych kluczowa jest organizacja w skali sub-mikrometrowej. Co istotne, zdolność do takiej samoorganizacji jest wszechobecną właściwością materii miękkiej pozwalającą na wytwarzanie materiałów o rozmaitych funkcjonalnościach akustycznych, mechanicznych, cieplnych i optycznych. Kontrola propagacji fononów (dyspersja, czas życia) jest nierozdzielnie związana z przepływem fal mechanicznych, wytrzymałością mechaniczną oraz transportem ciepła w materiałach kompozytowych. Obecnie, w tej krzepnącej dziedzinie fononiki GHz podnoszonych jest wiele istotnych pytań wymagających nowego podejścia koncepcyjnego i technologicznego. Jednoskładnikowe materiały hybrydowe, których przykładem są nanocząstki wykonane z nieorganicznego rdzenia otoczonego szczotką polimerową (GNP), stanowią potężną platformę do wytwarzania samoorganizujących się materiałów dwu- oraz trójwymiarowych. Łatwe wytwarzanie przestrajalnych struktur GNP z kontrolowanymi interfejsami (rdzeń-polimer i polimer-polimer) umożliwia inżynierię fononową przy długich i krótkich długościach fal akustycznych.

W tym projekcie zamierzamy zbadać, w jaki sposób można dostroić elastyczność, efekty fototermiczne i hipersoniczne pasma wzbronione za pomocą nanocząstek typu rdzeń-szczotka polimerowa (GNP). Ambicją projektu jest odkrycie nowych właściwości metamateriałów wykonanych z GNP przy zastosowaniu wysokiego ciśnienia gazów w fazie superkrytycznej.

Aby urzeczywistnić tę wizję, w ścisłej międzynarodowej i interdyscyplinarnej współpracy pięciu grup badawczych z Polski, Niemiec, Grecji, Hiszpanii i Stanów Zjednoczonych, zastosujemy najnowocześniejszą syntezę nanocząstek typu GNP z wykorzystaniem unikalnych narzędzi eksperymentalnych. Zweryfikujemy następujące hipotezy badawcze: (i) Mechanika wysokich częstotliwości powinna odbiegać od zachowania na poziomie makroskopowym w zależności od konformacji szczotki polimerowej oraz jej upakowania w GNP. (ii) Hiperdźwiękowe pasmo wzbronione powinno wykazywać złożoną zależność od gęstości szczotki polimerowej oraz wielkości cząstek typu GNP. (iii) GNP pozwalają na wzmocnienie wąskopasmowej absorpcji światła widzialnego oraz modulację przewodności cieplnej dalece różnych od tych, które są znane dla materiałów makroskopowych będących składnikami GNP.

Wyniki badań wpłyną na wytworzenie nowej wiedzy z zakresu fizyki i inżynierii materiałowej stawiając czoła wyzwaniom potencjalnym możliwościom zastosowania metamateriałów zbudowanych z GNP. W szczególności spodziewanym efektem będą: (1) Wytrzymałe materiały nanostrukturalne o niskiej gęstości mające ogromne znaczenie dla szerokiego zakresu zastosowań obejmujących mikroelektronikę, fotonikę, nano- i mikro-systemy elektromechaniczne, obrazowanie biomedyczne, przetwarzanie sygnału GHz w technologiach 5G i 6G. (2) Szczegółowe zrozumienie propagacji fononów w miękkich nanostrukturach jako warunek wstępny do zrozumienia zarządzania ciepłem i oddziaływania foton-fonon. (3) Transfer *know-how* pomiędzy grupami badawczymi, ze szczególną rolą młodych naukowców.