

Metamateriał znaleziony w łazience

Metamateriały wykazują cechy, które zależą od ich struktury w skali większej niż cząsteczkowa. Najczęściej chodzi o zaskakujące możliwości ich interakcji z falami elektromagnetycznymi, ale równie dobrze może chodzić o wpływanie na fale akustyczne.

I tu właśnie dowiedziano się [1] zaskakującej rzeczy o materiale, którego znacząca część brzydszej połowy cywilizowanej ludzkości używa niemal co dzień rano. Tak, chodzi o piankę do golenia.

Żeby uniezależnić się od receptur poszczególnych firm specjalizujących się w wytwarzaniu tejże, badano pianę utworzoną z wodnego roztworu zawierającego 10 g/dm^3 dodecylosiarczanu sodu ($\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{SO}_4\text{Na}$, tzw. substancji powierzchniowo czynnej, mówiąc po prostu – mydła) oraz $0,5 \text{ g/dm}^3$ gumy ksantenowej (polisacharydu, stosowanego również jako dodatek do żywności o symbolu E415; tu dodawanego w celu ograniczenia odwadniania się piany) oraz powietrza nasyconego perfluorowęglowodorem C_6F_{14} , nierozpuszczalnym gazem spowalniającym starzenie się piany polegające na powiększaniu się pęcherzyków kosztem ich liczby (ciśnienie w pęcherzykach jest odwrotnie skorelowane z ich wielkością, więc wypełniający je gaz dyfunduje z zanikających mniejszych do rosnących większych).

Pianę tworzą za pomocą tzw. metody dwustrzykawkowej, polegającej na umieszczeniu odpowiedniej ilości roztworu w jednej strzykawce (od 3% do 22% objętościowo), natomiast w połączonej z nią drugiej, odpowiedniej ilości gazu, a następnie wielokrotnego przetłaczania powstającej piany z jednej strzykawki do drugiej.

Wielkość pęcherzyków (oraz jej zmianę w wyniku starzenia) oceniano, badając utworzoną z małej ich próbki tratwę, umieszczaną na powierzchni takiego samego roztworu. Promień pęcherzyków zmieniał się powoli (w ciągu kilkadziesiąt minut) od około $15 \mu\text{m}$ do około $50 \mu\text{m}$, wykazując bardzo małe zróżnicowanie wielkości (w danym momencie).

Badanie polegało na sprawdzeniu, jak przez pianę transmitują się fale ultradźwiękowe w celu zaproponowania metody badania jakości piany, której różne rodzaje używane są w wielu zastosowaniach praktycznych.

Okazuje się, że wyniki podobnych badań są zaskakująco fragmentaryczne i niespójne.

Mierzono zarówno transmisję (prędkość fazową), jak i tłumienie. W tym celu umieszczano pianę między dwiema cienkimi plastikowymi błonami oddalonymi o 500 mikrometrów .

Dla częstości do kilkadziesiąt kHz zmierzono prędkość fazową lekko powyżej 32 m/s , natomiast dla częstości powyżej dwustu kHz prędkość około 220 m/s . Dla częstości pośrednich zaobserwowano bardzo dużą dyspersję i atenuację, z maksymalnym tłumieniem dla (zależnej od gęstości) wartości około 150 kHz .

W pracy [1] zaproponowano również prosty model dobrze opisujący własności badanej piany. W pierwszym przybliżeniu pianę można sprowadzić do jednowymiarowej struktury, składającej się z błon o promieniu odpowiadającym rozmiarowi pęcherzyków rozpiętych na obręczach, w których znajduje się większość płynu.

Dla małych częstości zarówno obręcze, jak i rozpięte na nich błony oscylują w sposób zgodny w fazie z oscylacjami fali ciśnienia. Dla dużych częstości amplituda oscylacji obręczy jest bardzo mała. Tylko błony oscylują zgodnie w fazie. Natomiast dla częstości pośrednich zgodna w fazie oscylacja obręczy jest więcej niż kompensowana przez niezgodną w fazie oscylację błon, generowaną przede wszystkim przez reakcję napięcia powierzchniowego na siłę wymuszającą. W efekcie średnia gęstość rezonansowo oscyluje w fazie przeciwnej do fali ciśnienia (ujemna gęstość efektywna), co daje możliwość całkowitego wytłumienia dźwięku w dość szerokim zakresie częstości.

Ujemna efektywna gęstość jest cechą tytułowych metamateriałów (akustycznych).

Ta własność piany została zaobserwowana (i wyjaśniona) po raz pierwszy.

W dodatku pojawia się ona naturalnie (bez potrzeby sztucznej modyfikacji struktury) oraz pomimo jej regularności. Może to dać zupełnie nowe spojrzenie na projektowanie akustycznych metastruktur.

Piotr ZALEWSKI

Interesują Cię nauki ścisłe?

Chcesz odkryć tajniki nauki, które nauczyciele ukrywają przed Tobą w szkole i poznać innych pasjonatów?

WWW to coś dla Ciebie!

Wakacyjne Warsztaty Wielodyscyplinarne to coroczna impreza organizowana przez studentów Uniwersytetu Warszawskiego. Składa się z 10 dni zajęć dla licealistów zainteresowanych matematyką, fizyką i informatyką. W tym roku Warsztaty odbędą się

w Głogowie

w dniach 18–29 sierpnia.

Do wyboru jest wiele kilkudniowych bloków zajęć, na których słuchacze samodzielnie piszą programy, czy robią doświadczenia.

Natomiast wieczorami możesz liczyć na dobrą zabawę przy grach planszowych, go i innych, na inspirujące rozmowy i luźne wykłady. Szczegóły na temat programu i zasad kwalifikacji znajdziesz na naszej stronie

<http://warsztatywww.wikidot.com>

[1] J. Pierre, B. Dollet, V. Leroy, *Resonant acoustic propagation and negative density in liquid foams*, Phys. Rev. Lett. **112**, 148307 (2014), DOI: 10.1103/PhysRevLett.112.148307.