

Postęp w fizyce nigdy nie jest liniowy, ale raczej przypomina funkcję schodkową z nagłymi skokami, po których następują długie okresy względnie wolnego, ale ciągłego wzrostu. Nagłe skoki (rewolucyjne zmiany) zdarzają się mniej więcej raz lub dwa razy na wiek, np. Mechanika klasyczna 1700, teoria elektromagnetyzmu 1865, mechanika kwantowa 1900, ogólna teoria względności 1917. Rewolucje w fizyce są wywoływane przez natchnione dzieła niewielkiej liczby wielkich naukowców, tacy jak Newton, Maxwell, Planck, Einstein itp. W rzeczywistości tworzą miejsca pracy dla tysięcy innych naukowców, którzy wkraczają i wykonują niezbędne porządki, wyjaśnienia, udoskonalenia, uogólnienia, znajdując wzajemne połączenia, wdrożenia w inżynierii i przeniesienie do przemysłu. Oliver Heaviside dwadzieścia lat później (po teorii Maxwella) w 1885 r. dał równaniom Maxwella solidne podstawy, zmniejszając ich liczbę z 20 do 4. Bez tego niezwykłego osiągnięcia rozwój naszych współczesnych gadżetów, takich jak telefony komórkowe lub telewizory z płaskim ekranem byłyby znacznie opóźnione.

W pierwszej dekadzie XXI wieku byliśmy świadkami pojawienia się rewolucji metamateriałowej w fizyce i inżynierii, która miała miejsce całkowicie w dziedzinie fizyki klasycznej (akustyka, optyka), elektromagnetyzm, mechanika itp.). Nawiasem mówiąc, nazwa metamateriały jest nieco myląca, ponieważ metamateriały są bardzo prawdziwymi materiałami i nie należy ich mylić z arystotelesowskimi pojęciami fizyki i metafizyki. W rzeczywistości metamateriały wykazują dużą liczbę nowych fascynujących właściwości, które były całkowicie nieoczekiwane lub nawet uważane za niemożliwe. Na przykład w metamateriałach stwierdziliśmy ujemną gęstość masy w zależności od kierunku w przestrzeni, ujemny moduł sprężystości sprężystości, ujemny współczynnik Poissona, niewidzialność (maskowanie), superogniskowanie, super-rozdzielczość, odwrotny efekt Dopplera, transmisję przez ultra wąskie kanały, doskonałe pochłaniacze fal, ujemny współczynnik rozszerzalności cieplnej, maskowanie statyczne, spowalnianie fal do całkowitego zatrzymania itp. Wszystkie te efekty zostały osiągnięte dzięki metamateriałom, działającym całkowicie w ramach istniejących praw fizyki.

Większość nowoczesnych ultradźwiękowych czujników wielkości fizycznych (np. lepkości), biosensorów i chemosensorów wykorzystuje się mechaniczne powierzchniowe fale Love'a. Maksymalna czułość masowa istniejących czujników fali Love'a ( $S_m^v \approx 500 \text{ m}^2/\text{kg}$ ) zbliżyła się obecnie do poziomu nasycenia. Ten poziom został osiągnięty głównie poprzez zwiększenie częstotliwości roboczej czujnika do ekstremalnie wysokich wartości rzędu 1 GHz. Jednak dalsze zwiększenie częstotliwości roboczej nie jest opcją, ponieważ wiąże się z bardzo dużymi trudnościami technologicznymi (tj. z szybkim wzrostem strat mechanicznych oraz wzrostem złożoności towarzyszących układów elektronicznych).

Aby rozwiązać ten problem, Autor Projektu proponuje nową metodę badawczą i urządzenie. W tym celu Autor proponuje niekonwencjonalne użycie mechanicznych fal Love'a, które będą się rozchodzić w falowodach warstwowych wykonanych z metamateriałów. Tak wytworzony czujnik fali Love'a może działać na niższych częstotliwościach (np. przy 2 MHz) a pomimo tego może mieć czułość większą 100 lub 1000 razy od czułości konwencjonalnego czujnika fali Love'a pracującego na wysokiej częstotliwości rzędu 500 MHz.

W tym projekcie zamierzamy wykorzystać pewne szczególne właściwości elastycznych metamateriałów, tj. ich ujemną gęstość masy i ujemny moduł sprężystości, aby uzyskać gigantyczne czułości ( $S_m^v \gg 500 \text{ m}^2/\text{kg}$ ), czujników fali Love'a, pracujących na w zakresie niskich częstotliwości rzędu 1-3 MHz.

W naszym projekcie wykorzystamy elastyczny metamateriał, w którym czoło fali (prędkość fazowa) fali rozchodzi się w jednym kierunku, ale energia fali rozchodzi się dokładnie w przeciwnym kierunku. Czy to jest możliwe? Oczywiście że tak, jeśli tylko wytworzymy elastyczny metamateriał o ujemnym efektywnym module objętościowym i ujemnej efektywnej gęstości masy.

W naszym projekcie połączymy dwa różne elastyczne metamateriały. Jeden o skończonej grubości (warstwa powierzchniowa) z propagacją przepływu mocy do tyłu i drugi znacznie grubszy (podłoże) z frontem fali oraz energią propagującą się do przodu. W ten sposób powstanie falowod metamateriałowy dla elastycznych fal powierzchniowych typu Love'a. Po obciążeniu na powierzchni cieczą lepkosprężystą, taki falowod metamateriałowy będzie stanowił sensor do pomiaru obciążenia masowego oraz do oszacowania właściwości lepkosprężystych cieczy. Ponieważ energia fali Love'a w warstwie powierzchniowej i w podłożu rozchodzi się w przeciwnych kierunkach, może się zdarzyć, że dla niektórych kombinacji stałych materiałowych w warstwie powierzchniowej i podłożu, a także dla wybranej częstotliwości fali Love'a, całkowity strumień mocy (energii)  $P_1$  fali Love'a może zostać anulowany,  $P_1 \rightarrow 0$ . Nasza wstępna analiza pokazuje, że w takich falowodach, w których całkowity przepływ gęstości mocy zanika  $P_1 \rightarrow 0$ , współczynnik czułości  $S_m^v$  czujników fali Love'a powinien osiągnąć wyjątkowo wysokie wartości, teoretycznie  $S_m^v \rightarrow \infty$ .

Osiągnięcie gigantycznych czułości ( $S_m^v \gg 500 \text{ m}^2/\text{kg}$ ) czujników fali Love'a, pracujących na niskich częstotliwościach rzędu 1-3 MHz, będzie miało ogromne znaczenie w systemie opieki zdrowotnej oraz w różnych dziedzinach nauki, technologii, np. w medycynie, biologii, chemii, monitorowaniu środowiska itp. W rzeczywistości wiele poważnych chorób, takich jak zapalenie wątroby typu B, (HIV) - wirus niedoboru odporności lub zakażenie bakteriami E. coli, wymaga stałego monitorowania w domu pacjenta (Point of Care Testing). Podobnie w badaniach środowiskowych kluczowe jest wczesne wykrycie niewielkich stężeń szkodliwych substancji lotnych, takich jak CO, amoniak, pestycydy, cząstki metali ciężkich itp.

Bardzo ważnym zastosowaniem sensorów fal Love'a rozchodzących się w falowodach metamateriałowych będzie też możliwość wykrywania śladowych ilości narkotyków stosując zminiaturyzowane oraz przenośne urządzenia.