

Superparaelektryczność w miękkiej materii do zastosowań w fotonice i wysokopojemnościowych kondensatorach

Wyobraźmy sobie materiał, który reaguje błyskawicznie na przyłożone pole elektryczne, pozwala gromadzić ogromne ilości ładunku i jednocześnie nie jest materiałem ferroelektrycznym. W ferroelektryku występują spontanicznie spolaryzowane obszary zwane domenami, które istnieją pomimo wyłączenia zewnętrznego pola elektrycznego. Taki materiał cechuje się bardzo dużą przenikalnością elektryczną, czyli jest bardzo podatny na oddziaływanie pola elektrycznego. W odróżnieniu od materiału ferroelektrycznego, paraelektryk jest materiałem, który nie jest trwale spolaryzowany. Może on zostać spolaryzowany pod wpływem zewnętrznego pola elektrycznego, ale po jego usunięciu wraca do stanu wyjściowego. Taki materiał charakteryzuje się niską wartością przenikalności elektrycznej.

W ramach projektu chcemy stworzyć materiał superparaelektryczny (SPE), który będzie stanem pośrednim pomiędzy ferroelektrykiem, a paraelektrykiem. W superparaelektryku będzie występowało krótko zasięgowe uporządkowanie domenowe, w przeciwieństwie do dalekozasięgowego uporządkowania, które występuje w stanie ferroelektrycznym. W odróżnieniu od dobrze poznanej superparamagnetyczności, czyli analogicznego zjawiska w magnetyzmie, zjawisko superparaelektryczności rzadko występuje w materii i jest słabo poznane. Chociaż przeprowadzono liczne badania na kryształach stałych, materiałów wykazujących taki stan pośredni jest stosunkowo mało. Celem projektu jest opracowanie ciekłokrystalicznych materiałów superparaelektrycznych. Uważamy, że stan SPE będzie znacznie łatwiejszy do wywołania w ciekłych kryształach niż w strukturach kryształów stałych ze względu na większą ruchliwość cząsteczkową, niższe bariery energetyczne dla reorganizacji, możliwość przestrajania za pomocą pól zewnętrznych i większe możliwości projektowania cząsteczek. Inspiracją do badań są najnowsze odkrycia dotyczące ferroelektrycznej fazy nematycznej. Skala ferroelektryczności w tych ciekłych materiałach jest bardzo podobna do tej obserwowanej w stałych ferroelektrykach.

Podstawowym założeniem naszego podejścia do superparaelektryczności jest zrozumienie i kontrolowanie delikatnej równowagi pomiędzy stanami ferroelektrycznymi i paraelektrycznymi w samoorganizujących się materiałach materii miękkiej. Aby osiągnąć wyznaczony cel w projekcie zaproponowaliśmy nowe silnie polarne molekuly ciekłokrystaliczne. Wykorzystując obliczenia kwantowo-chemiczne jesteśmy w stanie przewidzieć ich właściwości elektryczne analizując rozkład potencjału elektrostatycznego wzdłuż długiej osi cząsteczki. W ramach współpracy międzynarodowej zaprojektowane przez nas związki oraz mieszaniny zostaną przebadane w zawansowanym efekcie nanosekundowego przełączania optycznego.

Uzyskane nowe materiały mogą być wykorzystane jako ośrodek aktywny w superkondensatorach. Strojone superkondensatory ciekłokrystaliczne będą mogły osiągać pojemności znacznie wyższe niż tradycyjne kondensatory dielektryczne, rzędu pojedynczych faradów. W takim kondensatorze będzie możliwe zwiększenie pojemności bez zwiększania powierzchni elektrod lub zmniejszania odległości między nimi. Dzięki tej właściwości takie kondensatory będzie można zastosować dla potrzeb mikro lub nanoelektroniki. Wszystkie powszechnie stosowane wyświetlacze ciekłokrystaliczne (LCD) działają w paraelektrycznej fazie nematycznej, dlatego uważamy, że idea superparaelektrycznych ciekłych kryształów zrewolucjonizuje technologię fotoniczną. Stan SPE będzie idealnym medium do ultraszybkiego przełączania w nanosekundowych skalach czasu, dzięki czemu będzie możliwy postęp w projektowaniu technologii do zobrazowania wirtualnej rzeczywistości.

Ten projekt, to krok ku przyszłości, w której inteligentne materiały miękkie zrewolucjonizują nasze podejście do przechowywania energii i przetwarzania informacji.