

Nr umowy: UMO-2018/31/D/ST8/02118

Tytuł: Obrotowy i ciśnieniowy efekt magnetokaloryczny w magnetykach molekularnych

Cel projektu

Raport ONZ dotyczący zmian klimatycznych (The United Nations Emissions Gap Report 2018) nie pozostawia złudzeń - emisja gazów cieplarnianych musi być ograniczona, aby spowolnić zjawisko ocieplanie się klimatu. W 2017 roku na świecie wyemitowano 53,5 gigaton tych gazów, ustanawiając nowy niechlubny rekord. Redukcja emisji może nie tylko być osiągnięta przez ograniczenie zanieczyszczenia powietrza z elektrowni, ale też przez zmniejszenie konsumpcji energii. Rozwój energooszczędnych technologii jest powszechny, od procesów produkcyjnych, przez motoryzację po elektronikę komercyjną. W tym kontekście ostatnio coraz większą uwagę poświęca się chłodnictwu (klimatyzacje, lodówki, zamrażarki, chłodnie), które odpowiada za znaczną konsumpcję energii elektrycznej. Według Amerykańskiej agencji informacji energetycznej (U.S. Energy Information Administration), "chłodzenie" zużywa 26,3% całkowitej elektryczności w gospodarstwach domowych. Nie można też zapomnieć, że gazy używane w chłodnictwie nie są obojętne dla środowiska. Co prawda, nowe czynniki chłodnicze nie niszczą już dziury ozonowej, ale ich negatywny wpływ na efekt cieplarniany jest znaczący (w przypadku 1,1,1,2-Tetrafluoroetanu ponad 1000 razy gorszy niż CO₂) lub porównywalny do dwutlenku węgla (2,3,3,3-Tetrafluoropropen). Z tego powodu dużo nadziei wiąże się z efektem magnetokalorycznym, który polega na zmianie temperatury materiału magnetycznego w wyniku zmiany pola magnetycznego. Korzystając z tego efektu, można zbudować chłodziarkę, klimatyzację lub inne urządzenie chłodnicze, które nie tylko nie będą potrzebowały gazów cieplarnianych, ale będą też bardziej wydajne od technologii bazującej na sprężarkach. W 2015 roku konsorcjum Haier, Astronautic Corporation of America i BASF zaprezentowało prototyp chłodziarki magnetycznej, której wydajność była 35% większa od technologii kompresorowej. Pomimo, że badania nad praktycznym wykorzystaniem efektu magnetokalorycznego są zaawansowane, to wciąż istnieją fundamentalne problemy badawcze do rozwiązania. Na przykład, w ostatnich latach przedstawiono nowe typy efektu magnetokalorycznego: rotacyjny efekt magnetokaloryczny oraz magnetyczny efekt barokalorymetryczny. W pierwszym zmiana temperatury występuje pod wpływem obracania materiału z anizotropią magnetyczną w stałym polu magnetycznym. Drugi efekt polega na zmianie temperatury materiału magnetycznego pod wpływem ciśnienia.

Głównym celem projektu są badania nowych efektów magnetokalorycznych (obrotowego oraz ciśnieniowego) w molekularnych magnetykach. Materiały te to organiczne lub organiczno-nieorganiczne związki koordynacyjne. Molekularne magnetyki cieszą się dużym zainteresowaniem zarówno chemików, inżynierów materiałowych jak i fizyków, ponieważ ich właściwości można zaprojektować już na etapie syntezy. Wykazują właściwości

nie spotykane w innych rodzajach magnetyków: fotomagnetyzm, zmiana właściwości pod wpływem substancji chemicznej czy zachowanie gąbki magnetycznej. Pomimo tego, że magnetyki molekularne posiadają unikalne cechy, które mogą w znaczący sposób poprawić efektywność obrotowego i ciśnieniowego efektu magnetokalorycznego, materiały te były jak dotąd bardzo skromnie badane pod tym kątem.

Projekt skupia się na zarówno na obrotowym jak i na ciśnieniowym efekcie magnetokalorycznym w magnetykach molekularnych. W pierwszym przypadku zostaną zbadane układy dwu- i zero- wymiarowe magnetycznie, które charakteryzują się znaczącą anizotropią magnetyczną (główny warunek obrotowego efektu magnetokalorycznego). Nasze poprzednie badania wykazały, że jest możliwe wzmocnienie obrotowego efektu magnetokalorycznego o 51% w stosunku do konwencjonalnego efektu magnetokalorycznego. W projekcie chcemy rozszerzyć te badania i szukać reguł, które pozwolą uzyskać jeszcze większy efekt wzmocnienia. W kontekście badań nad ciśnieniowym efektem magnetokalorycznym wybrano układy trójwymiarowe magnetycznie oraz układy z przejściem spinowym: wysoki spin \leftrightarrow niski spin.

Kompleksowe badania będą obejmować:

pomiary strukturalne w warunkach normalnych oraz pod ciśnieniem;
pomiary magnetyczne w warunkach normalnych oraz pod ciśnieniem, w szczególności pomiary w funkcji kąta, które umożliwiają dokładne zbadanie anizotropii magnetycznej oraz obrotowego efektu magnetokalorycznego;

pomiary ciepła właściwego w zewnętrznym polu magnetycznym oraz pod ciśnieniem.

Badania będą prowadzone przez 3-osobowy zespół projektowy wraz z partnerami z Francji, Japonii oraz Słowacji.

Nadrzędnym celem projektu jest wyjaśnienie, jak struktura, skład chemiczny, wymiarowość oraz właściwości magnetyczne (w tym anizotropia magnetyczna) wpływają na właściwości magnetokaloryczne w rodzinie magnetycznych związków molekularnych. Informacje te pozwolą na zracjonalizowanie syntezy nowych magnetycznych związków molekularnych, w celu otrzymania konkretnych właściwości. To z kolei jest istotne z punktu widzenia zastosowania tej rodziny związków w chłodnictwie magnetycznym.