

Popularnonaukowe streszczenie projektu

Współczesne skanery i spektrometry działające w oparciu magnetyczny rezonans jądrowy (MRJ) wykorzystują pola magnetyczne setki tysięcy razy silniejsze od ziemskiego pola magnetycznego. Samo użycie silnego pola nie wystarcza jednak, aby spojrzeć w głąb ludzkiego ciała czy przeprowadzić analityczne pomiary układów chemicznych. Pole to musi być dodatkowo niezmiernie jednorodne. Tylko połączenie tych dwóch czynników daje możliwość wykorzystania MRJ w olbrzymiej gamie zastosowań rozciągających się od badań podstawowych (fizyka, chemia, biologii, geologia, itd.), poprzez badania aplikacyjne (medycyna, farmakologia), aż do pomiarów strictly użytkowych (poszukiwaniu złóż surowców mineralnych, obrazowanie magnetyczne, przemysł żywnościowy, itd.).

Zapewnienie bardzo silnego, ale jednorodnego pola magnetycznego jest poważnym wyzwaniem technicznym. Na potrzeby jego realizacji współczesne urządzenia MRJ wykorzystują nadprzewodzące magnesy (schładzane do temperatury kilku kelwinów), których pole „ujednorodniane” jest do poziomów jednej milionowej (a nawet jednej miliardowej) części poprzez układ skomplikowanych cewek. Czyni to urządzenia MRJ skomplikowanymi, niemobilnymi, a dodatkowo bardzo drogimi. Użycie silnego pola ogranicza również stosowalność techniki tylko do pomiarów obiektów niemagnetycznych (np. technika ta nie może być wykorzystywana podczas biopsji). To właśnie te problemy były przez długi czas jednymi z głównych źródeł zainteresowania możliwością pomiarów sygnałów MRJ w słabym polu magnetycznym. Możliwość prowadzenia takich pomiarów wymaga jednak konieczności rozwiązania problemu małej amplitudy sygnałów MRJ w słabych polach.

W naszych badaniach proponujemy zupełnie nowe podejście do MRJ. Proponowane przez nas pomiary prowadzone będą w bardzo słabych polach magnetycznych albo wprost bez tego pola. Aby pomiary takie były możliwe planujemy zrekompensować utratę czułości przez wykorzystanie tzw. zdalnej polaryzacji próbki, tzn. rozdzielenie obszarów przygotowania i pomiaru próbki oraz użycie najczulszych znanych obecnie magnetometrów (magnetometrów optycznych). Połączenie tych dwóch podejść pozwoli na pomiar sygnały MRJ nawet przy braku jakiegokolwiek zewnętrznego pola. W takim przypadku sygnały MRJ pojawiają się na skutek oddziaływania pomiędzy jądrami w molekuły, w którym pośredniczy elektron. Dzięki temu **zeropolowy MRJ dostarcza informacje o strukturze molekule, sile i orientacji wiązań chemicznych**. Co więcej, prowadzenie pomiarów w takich warunkach usuwa jeden z najpoważniejszych problemów tradycyjnego MRJ związany z niejednorodności pola magnetycznego. W konsekwencji, **obserwowane rezonanse MRJ są bardzo wąskie**, przez co technika ta staje się **niezmiernie precyzyjnym czujnikiem zmian w strukturze molekule czy oddziaływaniach wywołanych zewnętrznymi czynnikami** (np. zmianami środowiska).

Ponieważ sygnał MRJ od każdej molekule jest unikalny, w ramach projektu planujemy stworzyć bazę zeropolowych widm, która w dalszej perspektywie pozwoli na **rozpoznawanie określonych substancji chemicznych**. W szczególności chcemy przeprowadzić badania, które pozwolą nam na wykrywanie ciekłych materiałów wybuchowych, co nie jest możliwe przy pomocy tradycyjnego MRJ.

Innym kierunkiem badań, w których będziemy chcieli wykorzystać opracowaną przez nas metodę będą badania podstawowe. Przykładowo chcemy ją wykorzystać do **poszukiwań oddziaływań, których istnienie przewidywane jest w ramach modeli teoretycznych**, ale nigdy nie **zostało zaobserwowane doświadczalnie**. Nasze przewidywania pokazują, że użycie metody zeropolowego MRJ pozwoli na badanie możliwości istnienia takich sprzężeń na poziomie nieosiągalnym dla innych technik.

Proponowana metoda pozwoli w przyszłości na kolejne zastosowania zeropolowego MRJ w tym zastosowania w medycynie i przemyśle. Technika ta ma potencjał, żeby z czasem stać się dla tradycyjnego MRJ metodą komplementarną.