

# ***Relaksacja spinowa w modyfikowanych materiałach grafenowych***

**Miejsce realizacji:** Instytut Fizyki Molekularnej PAN,  
Zakład Nadprzewodnictwa i Przemian Fazowych

## **Kontakt:**

*Opiekun:* dr hab. Maria Augustyniak-Jabłokow  
*Opiekun pomocniczy:* dr Krzysztof Tadyszak

## **Wprowadzenie:**

Odkryciu grafenu towarzyszyły oczekiwania, że materiał ten wykaże szereg niezwykłych właściwości umożliwiających zastosowanie w najróżniejszych dziedzinach techniki i technologii. Jednym z nich było oczekiwanie bardzo długich czasów relaksacji spinowej. Niestety, grafen, pod tym względem rozczarował badaczy. Najdłuższy, zarejestrowany dotąd, czas relaksacji w temperaturze pokojowej wynosi 12 ns, znacznie mniej niż jest potrzebne, by rozważyć zastosowanie w technologiach informatyki kwantowej i spintronice. Przyczyny takiego stanu rzeczy są intensywnie badane i dyskutowane w pracach teoretycznych.

Tymczasem, dla funkcjonalizowanego grafenu jakim jest tlenek grafenu, zauważyliśmy w widmach elektronowego rezonansu paramagnetycznego (EPR), rejestrowanych w temperaturze pokojowej, efekty związane z szybkim, nieadiabaticznym przejściem przez rezonans. Na tej podstawie, w oparciu o teorię opisującą tak zwany transfer nasycenia można określić, że czas relaksacji spinowej centrów odpowiedzialnych za ten sygnał jest rzędu mikrosekund, lub dłuższy. Sygnał EPR tlenku grafenu pochodzi od elektronów przewodnictwa obecnych w obszarach, które można traktować jak grafen nieznacznie zdefektowany przyłączeniem nielicznych grup funkcyjnych. Dla takiego grafenu czas relaksacji spinowej rzędu mikrosekund w temperaturze pokojowej jest zaskoczeniem i pozwala na rozmaite zastosowania. Jednak tak długi czas relaksacji w zdefektowanym grafenie jest sprzeczny z teoretycznymi rozważaniami, które przewidują, że rozpraszanie na defektach w nieuchronny sposób prowadzi do skrócenia czasu relaksacji.

## **Cel naukowy pracy i proponowane metody badawcze:**

Celem pracy wyjaśnienie mechanizmów odpowiedzialnych za długie czasy relaksacji. Powinno to umożliwić celową modyfikację grafenu powodującą wydłużenie czasu relaksacji spinowej.

Główne metody badawcze proponowane dla realizacji tego tematu to elektronowy rezonans paramagnetyczny fali ciągłej (CW-EPR) i spektroskopia impulsowa EPR (pulse-EPR).

Pierwsza z metod pozwoli na charakterystykę centrum paramagnetycznego i selekcję materiałów wykazujących długie czasy relaksacji, niezależnie od obserwowanej szerokości sygnału EPR. Posłuży do tego rejestracja sygnału przy fazie detektora fazowego  $90^\circ$ , przy której sygnały centrów o krótkich czasach relaksacji ulegają wygaszeniu. Konieczna jednak będzie weryfikacja oszacowanych czasów relaksacji za pomocą impulsowych metod EPR. Pomiary czasów relaksacji w przewodzących materiałach to problem nietrywialny, bo sygnały EPR takich materiałów są jednorodnie poszerzone i generacja echa spinowego jest dla nich niemożliwa. Pomiary mogą być wykonane jedynie w oparciu o zanik sygnału swobodnej indukcji FID, który musi być dłuższy niż czas martwy spektrometru. Na podstawie naszych wcześniejszych badań możemy ocenić, że warunek ten jest spełniony dla czasów rzędu mikrosekund i dłuższych, co oznacza możliwość wykonania takich badań dla tlenku grafenu nawet w temperaturze pokojowej.