

Modelowanie szumu ładunkowego w podwójnej półprzewodnikowej kropce kwantowej

Obecność szumu i dyssypacji energii we współczesnych prototypach komputerów kwantowych, nie pozwala nam korzystać jeszcze z kwantowej przewagi, która znacznie ułatwi rozwiązywanie problemów związanych z faktoryzacją liczb, przeszukiwania baz danych czy też symulacji innych układów kwantowych. W tym projekcie skupiam się na szczególnej realizacji komputera kwantowego w strukturze półprzewodnikowej. W porównaniu do innych układów, umożliwi ona dalsze powiększenie rejestrów z uwagi na długi czas koherencji oraz integrację z technologią krzemową. Najmniejszym elementem takiego komputera jest pojedynczy kubit spinowy, który może być zrealizowany poprzez uwięzienie pojedynczego elektronu w kropce kwantowej, zdefiniowanej jako przyciągający potencjał uzyskany dzięki bramkach z napięciem.

W naszym projekcie modelujemy realistyczną podwójną kropki kwantową. W szczególności analizujemy do jakiego stopnia działanie protokołów potrzebnych do działania krzemowego komputera kwantowego ulega osłabieniu pod wpływem niechcianych fluktuacji pola elektrycznego. W szczególności analizujemy: bramki dwukubitowe, dwuelektronowy sposób realizacji kubitów (kubit singletowo-tripletowy) oraz dwa sposoby na koherentną komunikację: sprzężenie spin-foton oraz adiabatyczny transport pojedynczego elektronu pomiędzy kropkami, z których wszystkie realizowane są w podwójnej kropce kwantowej.

Koncentrujemy się na popularnym modelu szumów ładunkowych w których powolne fluktuacje parametrów kropki pochodzą z przeskakiwania elektronów pomiędzy kilkoma stanami, zlokalizowanymi pomiędzy półprzewodnikiem i tlenkiem, których obecność wymagana jest do otrzymania kropki. Naszym celem jest uzyskanie korelacji pomiędzy efektywnymi parametrami kropki, odstrojeniem ich energii oraz sprzężeniem tunelowym. Pod wpływem literatury, planujemy użyć pułapek ładunkowych na interfejsie, pochodzących na przykład od złamanych wiązań, do symulacji procesu ładowania/rozładowywania poprzez przeskoki pojedynczych elektronów. Mamy nadzieję, że symulacja ruchu elektronu przełoży się na przebiegi czasowe odstrojenia energetycznego i tunelowania kropek.

Wierzmy, że ten projekt będzie testem hipotezy łączącej szum typu $1/f$ z defektami na interfejsie, i niezależnie od wyniku powinien być widziany jako pierwszy krok ku realistycznemu modelowaniu szumu $1/f$