

Silicen - dwuwymiarowa forma krzemu – materiał podobny w strukturze krystalicznej oraz pasmowej do grafenu - jest od stosunkowo niedawna traktowany jako jego atrakcyjna alternatywa do zastosowań spintronicznych, możliwych do integracji w ramach dobrze opanowanej elektroniki krzemowej. W przeciwieństwie do grafenu w silicenie oddziaływanie spin orbita jest silnie i poddaje się zewnętrznej kontroli przez prostopadłe pole elektryczne. Oddziaływanie spin-orbita pozwala na manipulację uwięzionym spinem elektronu w przestrzeni rzeczywistej przez zmienne pola elektryczne, co czyni materiał atrakcyjnym dla kwantowego przetwarzania informacji na układach uwięzionych spinów. Pole elektryczne prostopadłe do warstwy otwiera przerwę energetyczną w silicenie, która umożliwia elektrostatyczne uwięzienie nośników. Materiał spełnia wszelkie kryteria, które grafen zawiódł w kontekście manipulacji spinem.

Silicen w formie swobodnej jest niestabilny w powietrzu. Doświadczalnie badano silicen wytwarzany epitaksjalnie na srebrze, gdzie jednak własności silicenu są silnie modyfikowane przez podłoże metaliczne. Dopiero w 2015 doniesiono o opracowaniu technologii przeniesienia silicenu na warstwę SiO₂, dla której własności silicenu są zbliżone do przewidzianych dla wolnostojącej monowarstwy. Technologia otwiera szerokie możliwości praktycznych zastosowań nowego materiału, począwszy od tranzystora polowego pracującego w temperaturze pokojowej. Należy spodziewać się pojawienia się w krótkim czasie wyników badań doświadczalnych na temat wstęg, kropek kwantowych, kontaktów punktowych, interferometrów etc. wykorzystujących nową technikę wzrostu.

Celem badań jest przygotowanie projektów układów pozwalających na pułapkowanie nośników ładunku (elektronu i / lub dziur) i transformacje ich stanu spinowego z wykorzystaniem zmiennego pola elektrycznego. W ramach proponowanego grantu mamy zbadać możliwość wykorzystania sterowanych polowo własności silicenu do uwięzienia nosników, ustawienia, manipulacji i odczytu spinowych stopni swobody uwięzionych nośników. Wyniki grantu mają wyjść naprzeciw pracom doświadczalnym dotyczącym nanoukładów silicenowych.

Ze względu na ścisły związek potencjału uwięzienia indukowanego polem elektrycznym ze sprzężeniem spin-orbita, parametry hamiltonianu są współzależne i studium wymaga kompleksowego modelowania elektrostatyki, wg podejścia Schroedingera-Poissona. Część dotycząca równania Schroedingera zostanie rozwiązana w atomistycznym podejściu ciasnego wiązania. Rachunki wieloelektronowe wykorzystają metodę dokładnej diagonalizacji (oddziaływania konfiguracji) problemu kilku uwięzionych nosników, z pełnym uwzględnieniem oddziaływań oraz korelacji elektron-elektron. Układ ze zmiennym wymuszeniem opisany zostanie w autorskiej wersji metody oddziaływania konfiguracji zależnej od czasu. Opis dynamiki w ramach proponowanej metodologii uwzględni zjawiska nieliniowe, przejścia wielofotonowe, w których uczestniczy więcej niż dwa poziomy energetyczne, z redystrybucją ładunku i przejściami spinowymi. Rachunki będą prowadzone w kontekście znoszenia blokady Pauliego przepływu prądu przez układy kropek wielokrotnych w zjawisku rezonansu spinowego (electric-dipole spin resonance), oraz w przejściach wielofotonowych (photon-assisted tunneling).