

mgr inż. Michał Górski
Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej AGH
Katedra Informatyki Stosowanej i Fizyki Komputerowej

„Szybka inicjalizacja spinu elektronów uwięzionych w elektrostatycznych kropkach kwantowych zbudowanych na bazie katalitycznie hodowanych półprzewodnikowych drutów kwantowych”

Spiny elektronów i dziur uwięzionych w nanourządzeniach półprzewodnikowych są jedną z głównych rozważanych możliwości realizacji nośnika informacji kwantowej. Żeby można było wykonać obliczenia kwantowe na takich spinach, muszą one zostać początkowo ustawione w określonym kierunku. W elektrostatycznych kropkach kwantowych, w chwili obecnej, wykorzystuje się do tego relaksację spinu w silnym polu magnetycznym. Jednakże proces ten jest powolny i mało dokładny. Celem niniejszej pracy jest projekt nanourządzenia zdolnego do szybkiej i dokładnej inicjalizacji spinu elektronu bez wykorzystania pola magnetycznego lub fotonów.

Narzędziem badawczym niniejszej pracy są symulacje komputerowe polegające na jednoczesnym rozwiązywaniu zależnego od czasu równania Schrödingera oraz uogólnionego równania Poissona. Użyte metody numeryczne zostają omówione i przetestowane w pierwszym rozdziale rozprawy. Dalej, na modelowym przypadku elektronu oddziałującego z ładunkiem indukowanym na powierzchni metalowej elektrody, omówiony zostaje szczegółowo wpływ oddziaływania spin-orbita typu Rashby na ruch elektronu. Przy wykorzystaniu prostopadłego do kierunku swobody ruchu elektronu pola elektrycznego, generującego oddziaływanie Rashby, zaprezentowane zostaje wprawianie cząstki w ruch, sukcesywne rozpędzanie oraz przestrzenne rozdzielanie spinowych składowych funkcji falowej elektronu.

W dalszej części pracy zaproponowana zostaje realizacja służącego do inicjalizacji spinu nanourządzenia, opartego na katalitycznie hodowanym drucie kwantowym wykonanym z antymonku indu. Otoczenie drutu dielektrykiem pozwala na przyłożenie do lokalnych elektrod napięć rzędu pojedynczych woltów, a więc i wygenerowanie stosunkowo silnych impulsów pola elektrycznego. Do zainicjalizowania spinu zostają wykorzystane dwa takie impulsy. Pierwszy służy do podzielenia funkcji falowej elektronu na dwie części o przeciwnych spinach, które następnie zostają uwięzione w dwóch osobnych kropkach kwantowych, wytworzonych przez zmianę potencjałów na lokalnych elektrodach. Drugi impuls, połączony z wymuszonym ruchem rozdzielonych części pakietu elektronowego, obraca ich spin w taki sposób, by w obu kropkach spin zwrócony był w tym samym, żądanym kierunku. Symulacje komputerowe potwierdzają poprawność działania nanourządzenia oraz dokładność ($> 99,5\%$) i szybkość (około 60 ps) przeprowadzonej inicjalizacji spinu.

Kraków, 27 listopada 2020