

KUBITY SPINOWE W SZTUCZNYCH MOLEKUŁACH

STRESZCZENIE POPULARNONAUKOWE

Półprzewodnikowe kropki kwantowe to bardzo małe (wielkości nanometrów) sztuczne struktury, takie jak piramidy czy kopuły, uformowane z jednego związku półprzewodnikowego w otoczeniu innego związku. W półprzewodnikach mamy do czynienia z dwoma rodzajami „cząstek” (nośników ładunku): ujemnie naładowanymi elektronami i dodatnio naładowanymi dziurami (te ostatnie są po prostu pustymi miejscami po usunięciu elektronu). Przy odpowiednim doborze materiałów, kropka kwantowa może stanowić pułapkę zarówno dla elektronu, jak i dla dziury. Każdy z tych nośników oprócz ładunku ma wewnętrzny moment pędu zwany „spinem”, który jest całkowicie kwantowym stopniem swobody. Choć ze względu na skwantowane poziomy energii kropki kwantowe podobne są do atomów, mają one tę przewagę, że ich właściwości mogą być modyfikowane zarówno w procesie wytwarzania, jak i poprzez zastosowanie pola elektrycznego lub magnetycznego.

Spiny nośników spulpkowanych w kropkach kwantowych można wykorzystać do przechowywania informacji, co może poprawić funkcjonalność nano-urządzeń w porównaniu do obecnego standardu technologicznego, w którym wykorzystuje się tylko ładunek. Koncepcja ta, znana jako *spintronika*, jest ekscytująca, ale wciąż jeszcze odległa od ostatecznego przełomu, który nastąpiłby, gdyby wykorzystać kwantowy charakter spinu. Realizacja tego rewolucyjnego pomysłu *informatyki kwantowej* wymaga bardzo wysokiego poziomu kontroli nad spulpkowanymi spinami i ich otoczeniem w celu wykonania żądanych manipulacji (obliczeń) i uniknięcia naruszenia bardzo delikatnej koherencji kwantowej przez pochodzący z otoczenia szum (co określa się jako *dekoherencję*).

Naukowcy z Instytutu Schottky'ego na Politechnice w Monachium potrafią wytwarzać struktury kropek kwantowych, w których kwantowe stany spinu mogą być chronione w długich okresach czasu. Są także w stanie kontrolować doświadczalnie spiny poszczególnych elektronów i dziur w kropkach i określać ich stan przez badanie właściwości światła emitowanego przez te struktury. Jednak stopień kontroli i ochrony przed szumem otoczenia nadal jest daleki od zadowalającego. Aby zrozumieć te ograniczenia, naukowcy z Politechniki Wrocławskiej oraz z Instytutu Fizyki Polskiej Akademii Nauk w Warszawie, opracowali teoretyczne modele stanów nośników i ich dynamiki pod wpływem pól zewnętrznych oraz niekontrolowanych czynników środowiskowych.

W niniejszym projekcie te grupy badawcze połączą wysiłki w poszukiwaniu obiektów, które umożliwią znacznie bardziej sterowalne i stabilne wykonawnie obliczeń kwantowych z wykorzystaniem spinów półprzewodnikowych. Wykonawcy projektu zdecydowali się wytworzyć i badać sztuczne molekuly czyli podwójne kropki kwantowe – układy składające się z dwóch sprzężonych kropek kwantowych, podobne do cząsteczek dwuatomowych. Opiszą oni dynamikę stanów spinowych w takich układach, zidentyfikują i scharakteryzują istotne procesy dekoherencji oraz opracują metody kontroli spinów, a także ich otoczenia w celu zmniejszenia jego destrukcyjnego wpływu. Osiągnięcie tego celu wymaga ścisłej współpracy eksperymentalno-teoretycznej w celu projektowania i produkcji odpowiednich sztucznych molekuł, wybrania odpowiednich metod inicjacji, kontroli i odczytu stanów spinowych i zrozumienia wzajemnych oddziaływań między nośnikami ładunku w sprzężonych kropkach a momentami magnetycznymi jąder (które są jednym z głównych powodów dekoherencji). Naukowcy uważają, że dokładne modelowanie teoretyczne w połączeniu z zaawansowanymi procedurami wytwarzania i wysokiej klasy technikami eksperymentalnymi pozwoli im na zmniejszenie wpływu otoczenia oraz opracowanie nowych procedur sterowania, które mogą utorować drogę do komputerów kwantowych na bazie urządzeń półprzewodnikowych.