



Dr inż. Bartłomiej Rzeszotarski

Rozmowa z autorem pracy:

„Transport ładunku i spinu w nanoukładach na bazie silicenu”

Silicen, ze względu na swoją budowę i niektóre właściwości, jest popularnie porównywany do grafenu. Co sprawiło, że w badaniach skupił się Pan akurat na nanoukładach na bazie silicenu? Na jakich polach jego zastosowanie może przeważać nad zastosowaniem grafenu?

Silicen posiada wbudowane oddziaływania spin-orbita, które są wystarczająco silne, by móc kontrolować spin elektronu lub uzyskać w strukturze stan topologicznego izolatora. Wynika to ze złamania symetrii w geometrii ułożenia atomów, gdzie wyróżnia się dwie podsieci – górną i dolną. Takie ułożenie atomów krzemu w silicenie jest naturalne, tzn. w takiej konfiguracji otrzymujemy minimum energii układu ze względu na wiązania (konfiguracja planarna jest niestabilna). Natomiast w prostym grafenie jednowarstwowym nie zachodzi złamanie tej symetrii i oddziaływania spin-orbita są pomijalnie słabe. By wywołać w grafenie silne oddziaływania spin-orbita, trzeba złamać symetrię ręcznie, np. poprzez domieszkowanie, zwiżanie w nanorurki, bądź układanie w stos kilku skręconych względem siebie monowarstw grafenu. Prostota układu silicenu zaważyła o jego wyborze, a ponadto technologia krzemowa jest już bardzo dobrze znana od lat, dlatego widzieliśmy ogromny potencjał tego materiału zarówno w kontekście możliwości przeprowadzenia eksperymentów, jak i ewentualnych zastosowań w spintronice jako elementów budowy komputerów kwantowych. Naszą uwagę zwrócił działający tranzystor oparty na silicenie, dla którego opis eksperymentu został opublikowany w 2015 roku w czasopiśmie Nature – zapoczątkowało to naszą chęć do dalszych badań nad tym materiałem.

Jakie, według Pana, dalsze wyzwania stoją przed naukowcami badającymi silicen?

Stabilizacja silicenu jest bardzo trudna – jest to materiał, który bardzo szybko się utlenia. Dodatkowo podłoże, na którym osadza się silicen, nie powinno wpływać na jego właściwości, czyli dwuwymiarowego gazu elektronowego (przykładowo, metaliczne podłoże sprawia, że silicen przestaje być półprzewodnikiem). Aktualnie trwają prace związane ze znalezieniem odpowiedniego materiału podłoża, który nie zmodyfikuje znacząco struktury pasmowej, a jednocześnie ustabilizuje strukturę, by mogła pracować w warunkach narzuconych przez eksperyment. Choć w obecnym trendzie przeważają prace eksperymentalne nad skręconymi dwuwarstwami grafenu, to nie wyklucza to pojawienia się nowych prac eksperymentalnych dla silicenu, ale na drodze do wdrożeń praktycznych stoi jeszcze wiele wyzwań.

Jaki aspekt pracy naukowej daje Panu największą satysfakcję?

Największą satysfakcję daje mi zrozumienie istoty badanego zjawiska do takiego poziomu, że mogę opowiedzieć o nim w sposób prosty i zrozumiały dla każdego, nawet niezwiązanego z nauką.

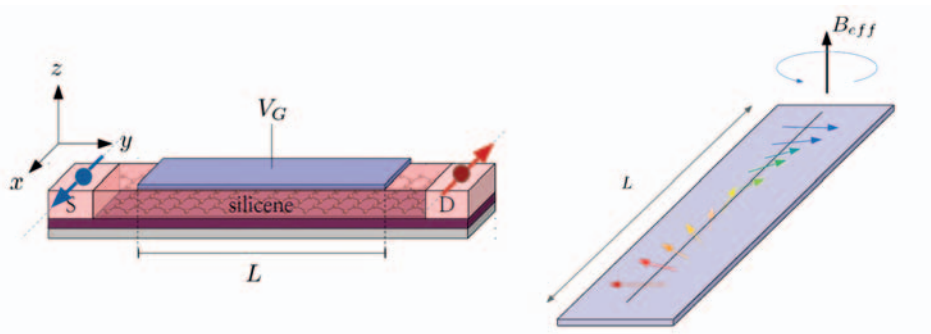
Po wielu godzinach pracy wyrabia się swego rodzaju intuicja, która podsuwa pewne obrazy dla analogii i rozumowania, które mogą przekazać innym. Wtedy jako naukowiec czuję się spełniony, ponieważ przekazuję wiedzę dalej.

W jaki sposób zasoby Cyfronetu przysłużyły się realizacji części Pana badań związanej z obliczeniami i ich analizą?

Wszystkie obliczenia były prowadzone z rozdzielczością atomową, co generuje ogromny koszt numeryczny. Gdyby nie zasoby Cyfronetu, rozwiązanie ujętych w rozprawie układów dla przestrzeni badanych parametrów w stosownym czasie (trwania doktoratu) byłoby nieosiągalne. Dlatego w części numerycznej cała zasługa leży w infrastrukturze superkomputerów Zeus i Prometheus znajdujących się w ACK Cyfronet AGH, za której udostępnienie ogromnie dziękuję.

Co mógłby Pan doradzić osobom, które dopiero rozpoczynają studia doktoranckie? Na co te osoby powinny zwrócić największą uwagę?

W pracy naukowej przez 90% czasu szukamy rozwiązań, czegoś nie rozumiemy, sprawdzamy czy nie ma błędów lub ich po prostu szukamy. Jest to okres „ból”, który trzeba wytrzymać. W końcu pokonujemy tę przeszkodę i otrzymujemy wyniki. I pozostałe 10% czasu przeznaczamy na pisanie publikacji, analizę wyników i ich obronę przed recenzentami. Praca naukowa nie jest prosta, jest często usiana frustracją i sytuacjami, w których nasza wiedza i umiejętności są podważane. Jeśli miałbym udzielić porady osobom zaczynającym studia doktoranckie, to przede wszystkim poleciłbym znaleźć radość między tymi 90. a 10. procentami powyżej opisanymi. I nie poddawać się, rozmawiać z innymi, szukać pomysłów. Nie jesteśmy sami na tej trudnej drodze.



Schemat układu inwertera spinowego wykonanego na bazie silicenu. Do obrotu spinu wykorzystano zjawisko precesji w efektywnym polu magnetycznym B_{eff} pochodzącym z wbudowanych oddziaływań spin-orbita w silicenie, którym można sterować przy pomocy potencjału bramki V_G