

# Kontrolowane defazowanie spinu tunelującego elektronu

Michał Gawęłczyk<sup>1,2</sup>, Mateusz Krzykowski<sup>2</sup>, Krzysztof Gawarecki<sup>2</sup>,  
Paweł Machnikowski<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Katedra Fizyki Doświadczalnej, Wydział Podstawowych Problemów Techniki, Politechnika Wrocławska, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław*

<sup>2</sup>*Katedra Fizyki Teoretycznej, Wydział Podstawowych Problemów Techniki, Politechnika Wrocławska, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław*

Prezentujemy teoretyczne przewidywanie kanału defazowania spinu w procesie zachowującego spin tunelowania elektronu w polu magnetycznym [1]. Defazowanie to zachodzi mimo braku oddziaływania spinu z otoczeniem, a wynika z rozróżnialności fononów emitowanych w trakcie tunelowania elektronów o różnych orientacjach spinu. Rozpoznając analogię do eksperymentów z podwójną szczeliną – rezerwuar fononowy „sprawdza” jaki spin tuneluje – wnosimy, że stopień defazowania zależy od przekrycia paczek falowych emitowanych fononów i proponujemy metody jego kontroli w zakresie wielu rzędów wielkości.

Układy kwantowe, mogące znajdować się w superpozycji stanów, mają szansę posłużyć do realizacji niedostępnych klasycznie protokołów obliczeniowych. Koherencja, stanowiąca właściwość czysto kwantową, jest istotnym obiektem badań podstawowych, a jej utrata w procesie czystego defazowania, tj. utraty informacji kwantowej wskutek wyprowadzenia jej do otoczenia bez naruszenia klasycznych cech stanu, jest zjawiskiem kluczowym dla zrozumienia pomiaru i granicy klasycznej w mechanice kwantowej.

Procesy defazowania są też istotne praktycznie w informatyce kwantowej czy spintronice, gdzie dąży się do koherentnej kontroli stanu układu. Zarówno utrzymanie koherencji jak i kontrola stanu są obecnie osiągalne, np. w przypadku spinów nośników w kropkach kwantowych [2]. Działania te muszą być jednak poprzedzone przygotowaniem układu w żądanym stanie, co wciąż jest obiektem badań. Jedną z propozycji jest optyczne wytwarzanie par elektron-dziura w jednej nanostrukturze, w warunkach sprzyjających tunelowaniu jednego z nośników do drugiej (dysocjacja ekscytynu), po czym otrzymuje się rozdzielone i długo żyjące nośniki o dobrze określonych spinach [3]. Proces ten powinien być wysoce koherentny dzięki tunelowaniu zwykle o rzędy wielkości szybszemu od niewydajnych procesów obrotu spinu w kropkach kwantowych. Jeśli jednak tunelowanie zależy w jakiś sposób od stanu spinowego, może dojść do defazowania spinu mimo braku jego oddziaływania z otoczeniem [4]. Możliwość występowania tego typu zjawiska w tunelowaniu między kropkami kwantowymi w polu magnetycznym wykryliśmy niedawno [5], używając prostego modelu.

W tej pracy przedstawiamy szczegółową i realistyczną symulację defazowania spinu tunelującego elektronu w typowym układzie sprzężonych kropek kwantowych, przeprowadzoną z użyciem wielopasmowej metody  $\mathbf{k} \cdot \mathbf{p}$  i równania głównego w postaci Redfielda. Łącząc obliczenia numeryczne z analitycznym wyprowadzeniem stopnia defazowania z teorii emisji spontanicznej Wignera-Weisskopfa, dowodzimy, że omawiany kanał defazowania dominuje w badanym układzie i podajemy metody jego kontroli za pomocą odpowiednich parametrów nanostruktur, jak również poprzez przyłożenie zewnętrznych pól.

- [1] M. Gawęłczyk, M. Krzykowski, K. Gawarecki, and P. Machnikowski, arXiv:1707.06155 (2017).
- [2] M. Kugler, K. Korzekwa, P. Machnikowski, C. Gradl, S. Furthmeier, M. Griesbeck, M. Hirmer, D. Schuh, W. Wegscheider, T. Kuhn, C. Schüller, and T. Korn, Phys. Rev. B **84**, 085327 (2011).
- [3] A. J. Ramsay, S. J. Boyle, R. S. Kolodka, J. B. B. Oliveira, J. Skiba-Szymanska, H. Y. Liu, M. Hopkinson, A. M. Fox, and M. S. Skolnick, Phys. Rev. Lett. **100**, 197401 (2008).
- [4] K. Roszak, A. Grodecka, P. Machnikowski, and T. Kuhn, Phys. Rev. B **71**, 195333 (2005).
- [5] M. Krzykowski, M. Gawęłczyk, and P. Machnikowski, Acta Phys. Pol. A **130**, 1165 (2016).