

Popularyzatorski opis rezultatów projektu

Złącze Josephsona jest swego rodzaju kanapką utworzoną z dwóch elektrod nadprzewodzących oddzielonych niezwykle cienką warstwą izolatora lub zwykłego metalu. Przykładowo grubość warstwy w przypadku izolatora wynosi kilkanaście Angströmów. Taki rozmiar uzyskalibyśmy umieszczając cztery cząsteczki wody jedna obok drugiej.

To stosunkowo proste urządzenie znalazło wiele zastosowań technicznych. Złącza Josephsona są używane do konstrukcji SQUIDs (Superconducting Quantum Interference Devices), które są bardzo wrażliwymi magnetometrami. Przykładowo, magnetyczna aktywność tkanek zwierzęcych jest bardzo mała i odpowiada polom o indukcji magnetycznej o wartości między 10^{-9} T a 10^{-6} T. Z drugiej strony, SQUIDs jest wystarczająco czuły, aby zmierzyć pole magnetyczne o indukcji 10^{-18} T. Ta niezwykła czułość sprawia, że SQUIDs jest przydatny w medycynie, ale również przy poszukiwaniu minerałów, diagnostyce trzęsień Ziemi i w wielu innych gałęziach przemysłu i nauki.

Złącza Josephsona wykorzystywane są również w technologii tranzystorów jednoelektronowych SET (Single Electron Transistor), na które można popatrzeć jako na przełączniki wymagające użycia pojedynczych elektronów do zmiany ich stanu z „on” na „off”.

Zapewne w przyszłości złącza Josephsona będą również używane do konstrukcji komputerów kwantowych. Już w chwili obecnej skonstruowano różne typy podstawowych elementów składowych tych komputerów jakimi są kubity (kilka realizacji kubitów opartych jest o działanie złącza Josephsona).

Innym polem zastosowań złącza Josephsona jest elektronika RSFQ (Rapid Single Flux Quantum) oparta na kwantowych zjawiskach zachodzących w złączach. Informacja w tych urządzeniach jest przenoszona przez kwanty strumienia magnetycznego w złączu Josephsona, zamiast ładunki elektryczne w tranzystorach. Niezwykle użyteczną cechą tych układów jest fakt, iż kwanty strumienia magnetycznego są przenoszone przez pikosekundowe skoki napięcia wzdłuż nadprzewodzących linii przesyłowych. Uważa się, że procesory wyprodukowane w technologii RSFQ będą, co najmniej stukrotnie szybsze od procesorów dostępnych obecnie. Przykładowo, jeśli komputer wyprodukowany w standardowej technologii potrzebowałby dwóch godzin na wykonanie pewnych obliczeń, to komputer oparty na technologii RSFQ potrzebowałby tylko jednej minuty.

W trakcie realizacji grantu badano wpływ zakrzywienia złącza Josephsona na ruch fluxionu, który jest kwantem strumienia magnetycznego. Na początek wyznaczono równanie pozwalające związać kształt złącza ze sposobami jego ewolucji. Następnie określono kształty złączy, które powodują spowolnienie lub przyspieszenie fluxionu. Uzyskano również kształt, który pozwala odseparować fluxiony zbyt wolne od odpowiednio szybkich. Oznacza to, że element o takim kształcie działa w układzie RSFQ jako element dyskryminujący. Udało się również zidentyfikować postać złącza, która pozwala na przechowywanie danych binarnych w postaci fluxionów. Elementy powyższe, zapewne w niezbyt odległej przyszłości, mogą być wykorzystane do konstrukcji układów elektronicznych typu RSFQ, które będą stanowić części składowe komputerów nowej generacji.