

Ostatnio różne firmy, takie jak np. Google, Microsoft i IBM, zaczęły dążyć do opracowania urządzeń, np. komputera kwantowego, wykorzystujących zasady mechaniki kwantowej. W klasycznym komputerze informacje są przechowywane i przetwarzane z wykorzystaniem tranzystorów jako „bity”, które mogą mieć jedną z dwóch możliwych wartości: „0” lub „1”. Komputer kwantowy wykorzystuje specyficzne dla mechaniki kwantowej efekty splątania i zasadę superpozycji do rozwiązywania problemów niemożliwych do rozwiązania przez klasyczne komputery. Bity kwantowe tzw. „kubity” są różne od klasycznych: oprócz stanu „0” i „1” kubit może również istnieć w pełnym zakresie stanów pośrednich. Jeśli klasyczny komputer ma znaleźć wyjście ze złożonego labiryntu, będzie próbował po kolei każdą ścieżkę, wykluczając każdą z nich indywidualnie, aż znajdzie właściwą. W przeciwieństwie, komputer kwantowy może przejść przez każdą gałąź labiryntu jednocześnie. Dlatego komputer kwantowy skraca czas obliczeń miliony razy i potrzebuje mniej energii niż komputer klasyczny. Informacje w komputerze kwantowym mogą być rejestrowane i przechowywane w różnych układach mikroskopowych, takich jak: atomy, jony, fotony, elektrony i spiny jądrowe albo w specjalnie wytworzonych układach, jak np. kubity nadprzewodzące. Kubity nadprzewodzące są obiecującymi elementami umożliwiającymi zbudowanie komputera kwantowego gdyż bardzo silnie sprzęgają się z polami mikrofalowymi, mają jednak istotne ograniczenia związane z krótkim czasem dekoherencji rzędu dziesiątek mikrosekund (czasem, po którym stan kwantowy przestaje być trwały). Pozwala to tylko na krótkie okno czasowe dla wykonania obliczeń. To ograniczenie zmotywowało naukowców do poszukiwania hybrydowych systemów kwantowych, które wydłużają czas koherencji kubitów nadprzewodzących, łącząc je z innymi układami kwantowymi lepiej chronionymi przed dekoherencją. Naukowcy próbują sprzęgać kubity nadprzewodzące za pośrednictwem rezonatora nadprzewodzącego z jonami, atomami lub układem spinowym.

Niedawno uznano, że magnony mogą być dobrym kandydatem do spójnego kwantowego przetwarzania informacji. Magnony to kolektywne wzbudzenie spinów w materiałach magnetycznych, w zakresie częstotliwości od GHz do THz. W porównaniu z paramagnetycznymi układami spinowymi, magnony mogą wymieniać informacje z dużo większą prędkością i w ciągu większej liczby cykli, zanim utracą spójność. Możliwe jest przy tym zachowanie małych wymiarów urządzenia. Aby wykorzystać materiały magnetyczne o wysokiej gęstości spinów w urządzeniach kwantowych, wymagana jest integracja na chipie i miniaturyzacja w nanoskali. Aby osiągnąć ten cel, należy najpierw wyjaśnić następujące kwestie fizyczne i technologiczne: 1) Czy sprzężenie magnon-foton skaluje się, gdy zmniejszamy wymiary elementu magnetycznego do nanoskali? 2) Jakie są krytyczne wymiary elementów magnetycznych, przy których sprzężenie magnon-foton wzmacnia się lub zmniejsza się nieliniowo? 3) Czy można dostroić sprzężenie magnon-foton poprzez układ nanomagnesów? Czy macierze nanomagnesów na określonych sieciach lub wybrane materiały magnetyczne pozwalają na lepsze sprzężenie magnon-foton? 4) Jaki jest wpływ na oddziaływanie magnon-foton, gdy zmieniamy podstawowe oddziaływania dipolowe i wymienne w układzie? 5) Czy możemy sztucznie dostroić sprzężenie magnon-foton, przeprogramowując tablice macierze nanomagnesów przy użyciu protokołu dwuwymiarowego pola magnetycznego?

Celem projektu jest odpowiedź na powyższe pytania dzięki wykorzystaniu najnowocześniejszych technik eksperymentalnych i symulacyjnych. Planowane jest zminiaturyzowanie cienkich folii magnetycznych o dużej gęstości spinów. Elementy te zostaną połączone z nadprzewodzącymi rezonatorami mikrofalowymi w celu utworzenia urządzenia na chipie. Skonstruowany zostanie nowatorski układ, który umożliwi badanie sprzężenia magnon-foton w układach nanomagnesów (o strukturze periodycznej lub kwazikrystalicznej) w funkcji pola magnetycznego, częstotliwości i temperatury. Wykorzystany będzie dwuwymiarowy protokół zmian pola magnetycznego do zaprogramowania stanu magnetycznego nanomagnesów w celu optymalizacji sprzężenia magnon-foton. Stosując technikę rozpraszania światła Brillouina z mikroogniskowaniem, zobrazowany zostanie przestrzenny profil magnonów. Zapewni to unikalną możliwość określenia przestrzennego profilu magnetycznego układu zminiaturyzowanego do 100 nanometrów.