

Pierwsze kwantowe procesory na atomach

29 kwietnia 2022

Dwie amerykańskie grupy badawcze stworzyły – niezależnie od siebie – pierwsze kwantowe procesory, w których rolę kubitów odgrywają atomy. To potencjalnie przełomowe wydarzenie, gdyż oparte na atomach komputery kwantowe mogą być łatwiej skalowalne niż dominujące obecnie urządzenia, w których kubitami są uwięzione jony lub nadprzewodzące obwody.

W 2020 roku firma Honeywell pochwaliła się, że jej komputer na uwięzionych jonach osiągnął największą wartość „kwantowej objętości”. Tego typu maszyny, mają tę zaletę, że jony w próżni jest dość łatwo odizolować od zakłóceń termicznych, a poszczególne jony w chmurze są nieodróżnialne od siebie. Problemem jest jednak fakt, że jony wchodzą w silne interakcje, a do manipulowania nimi trzeba używać pól elektrycznych, co nie jest łatwym zadaniem.

Z drugiej zaś strony mamy kwantowe maszyny wykorzystujące obwody nadprzewodzące. Za najpotężniejszy obecnie procesor kwantowy z takimi obwodami uznaje się 127-kubitowy Eagle IBM-a. Jednak wraz ze zwiększaniem liczby kubitów, urządzenia tego typu napotykają coraz więcej problemów. Każdy z kubitów musi być w nich wytwarzany indywidualnie, co praktycznie uniemożliwia wytwarzanie identycznych kopii, a to z kolei – wraz z każdym dodanym kubitą – zmniejsza prawdopodobieństwo, że wynik obliczeń prowadzonych za pomocą takiego procesora będzie prawidłowy. Jakby jeszcze tego było mało, każdy z obwodów musi być schłodzony do niezwykle niskiej temperatury.

Już przed sześcioma laty zespoły z USA i Francji wykazały, że możliwe jest przechowywanie kwantowej informacji w atomach, którymi manipulowano za pomocą szczypiec optycznych. Od tamtego czasu Amerykanie rozwinęli swój pomysł i stworzyli

256-bitowy komputer kwantowy bazujący na tej platformie. Jednak nikt dotychczas nie zbudował pełnego obwodu kwantowego na atomach.

Teraz dwa niezależne zespoły zaprezentowały procesory bazujące na takich atomach. Na czele grupy z Uniwersytetu Harvarda i MIT stoi Mikhail Lukin, który w 2016 roku opracował ten oryginalny pomysł. Zespołem z University of Wisconsin-Madison, w pracach którego biorą też udział specjaliści z firm ColdQuant i Riverlane, kieruje zaś Mark Saffman. Zespół Lukina wykorzystał atomy rubidu, zespół Saffmana użył zaś cezu.

„Jeśli mamy obok siebie dwa atomy w stanie nadsubtelnym, to nie wchodzi one w interakcje. Jeśli więc chcemy je splątać, jednocześnie wzbudzamy je do stanu Rydberga. W stanie Rydberga wchodzi one w silne interakcje, a to pozwala nam je szybko splątać. Później możemy z powrotem wprowadzić je w stan nadsubtelny, gdzie można nimi manipulować za pomocą szczypiec optycznych” – wyjaśnia Dolev Bluvstein z Uniwersytetu Harvarda.

Grupa z Harvarda i MIT wykorzystała stan nadsubtelny do fizycznego oddzielenia splątanych atomów bez spowodowania dekoherencji, czyli utraty kwantowej informacji. Gdy każdy z atomów został przemieszczony na miejsce docelowe został za pomocą lasera splątany z pobliskim atomem. W ten sposób naukowcy byli w stanie przeprowadzać nielokalne operacje bez potrzeby ustanawiania specjalnego fotonicznego lub atomowego łącza do przemieszczania splątania w obwodzie.

W ten sposób uruchomiono różne programy. Przygotowano m.in. kubit logiczny, składający się z siedmiu kubitów fizycznych, w którym można było zakodować informacje w sposób odporny na pojawienie się błędów. Naukowcy zauważają, że splątanie wielu takich logicznych kubitów może być znacznie prostsze niż podobne operacje na innych platformach. „Istnieje wiele różnych sztuczek, które są stosowane by splątać kubity logiczne. Jednak gdy można swobodnie przesuwąć atomy, to jest

to bardzo proste. Jedyne, co trzeba zrobić to stworzyć dwa niezależne kubity logiczne, przesunąć je i przemieszać z innymi grupami, wprowadzić za pomocą lasera w stan Rydberga i utworzyć pomiędzy nimi bramkę” – stwierdza Dluvstein. Ta technika, jak zapewnia uczony, pozwala na przeprowadzenie korekcji błędów i splątania pomiędzy kubitami logicznymi w sposób niemożliwy do uzyskania w obwodach nadprzewodzących czy z uwięzionymi jonami.

Grupa z Wisconsin wykorzystała inne podejście. Naukowcy nie przemieszczali fizycznie atomów, ale za pomocą lasera manipulowali stanem Rydberga i przemieszczali splątanie po macierzy atomów. Mark Saffman podaje przykład trzech kubitów ustawionych w jednej linii. Za pomocą laserów oświetlamy kubit po lewej i kubit centralny. Zostają one wzbudzone do stanu Rydberga i splątane. Następnie oświetlamy atom centralny oraz ten po prawej. W ten sposób „promienie laserów kontrolują operacje na bramkach, ale tym, co łączy kubity są interakcje zachodzące w stanach Rydberga”.

Grupa Saffmana wykorzystała opracowaną przez siebie technikę do stworzenia składających się z sześciu atomów stanów Greenbergera-Horne’a-Zeilingera. Wykazali też, że ich system może działać jak kwantowy symulator służący np. do szacowania energii molekuly wodoru. Dzięki temu, że nie trzeba było przesuwać atomów, zespół z Wisconsin osiągnął kilkaset razy większe tempo pracy niż zespół z Harvarda i MIT, jednak ceną była pewna utrata elastyczności. Saffman uważa, że w przyszłości można będzie połączyć oba pomysły w jeden lepszy system.

Na razie oba systemy korzystają z niewielkiej liczby kubitów, konieczne jest też wykazanie wiarygodności obliczeń oraz możliwości ich skalowania. Chris Monroe, współtwórca pierwszego kwantowego kubit – który oparty był na uwięzionych jonach – uważa, że obie grupy idą w dobrym kierunku, a kubity na atomach mogą osiągnąć wiarygodność 99,9% i to bez korekcji błędów. „Obecnie osiągamy taki wynik na uwięzionych jonach i –

mimo że technologia wykorzystania atomów jest daleko z tyłu – nie mam wątpliwości, że w końcu osiągną ten sam poziom” – stwierdza.

Autorstwo: Mariusz Błoński

Na podstawie: PhysicsWorld.com

Źródło: KopalniaWiedzy.pl