

Neuromorficzne zbinaryzowane sieci optyczne

2021-03-17



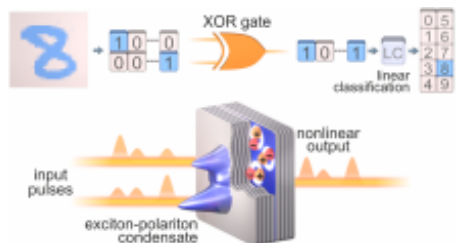
Naukowcy z Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego współpracując z grupami teoretycznymi z Instytutu Fizyki PAN, Włoch i Singapuru zaproponowali wykorzystanie oddziaływań nieliniowych polarytonów w strukturach półprzewodnikowych do stworzenia optycznej sieci neuromorficznej wykonującej operacje z dużą szybkością i wydajnością energetyczną.

Żyjemy w czasach, w których generowane są ogromne ilości informacji. W ciągu ostatniego dziesięciolecia zostało wytworzonych ponad 90% współcześnie przechowywanych danych. Wraz ze wzrostem ilości dostarczanych informacji rośnie zapotrzebowanie na ich wydajne przetwarzanie. Z drugiej strony, moc obliczeniowa układów elektronicznych stale rośnie, jednak w związku z fundamentalnymi ograniczeniami fizycznymi, wykładniczy wzrost wydajności (często utożsamiany z prawem Moore'a) został zahamowany. Moc obliczeniowa jest ograniczona przepustowością i wysokim zużyciem energii.

Obiecującym rozwiązaniem pozwalającym przełamać wszystkie wyżej wymieniane ograniczenia są tzw. układy neuromorficzne, czyli systemy obliczeniowe naśladujące działanie biologicznych sieci neuronowych obserwowanych w przyrodzie. Szczególnie ciekawe są układy neuromorficzne oparte na układach fotonicznych, które oferują przesył informacji z prędkością światła oraz niskie zużycie energii. Jednak głównym problemem w takich strukturach jest brak oddziaływania pomiędzy fotonami, uniemożliwiający wykonywanie złożonych operacji obliczeniowych.

Naukowcy w Wydziale Fizyki UW i Instytucie Fizyki PAN, w ramach międzynarodowej współpracy z naukowcami z Włoch i Singapuru, zaproponowali neuromorficzny system fotoniczny oparty na polarytonach ekscytonowych. Polarytony są to kwazicząstki posiadające zarówno fotonowe jak i

eksytonowe własności – w szczególności mają niską masę efektywną, pozwalającą na przesyłanie informacji z dużą prędkością oraz cechują się silnymi oddziaływaniami nieliniowymi. W ramach pracy wykorzystane zostały nieliniowości obecne w układzie polarytonów ekscytonowych do stworzenia w pełni optycznego „fotonicznego neuronu” wykonującego operacje nieliniowej bramki logicznej XOR. Przeprowadzone operacje logiczne wykonywane były w czasie poniżej 200 ps oraz z dużą wydajnością energetyczną (16 pJ na operację synaptyczną).



Schemat ideowy zastosowania kondensatów polarytonów ekscytonowych jako elementu nieliniowej bramki optycznej XOR. Binarna sieć neuromorficzna została zrealizowana z bramek XOR i zastosowana do rozpoznawania odręcznie pisanych cyfr ze zbioru danych MNIST. (Rys. Mateusz Król, FUW)

Bramki logiczne XOR są podstawowym budulcem sieci neuromorficznej zaproponowanej przez naukowców. Jednym ze sposobów przetestowania skuteczności danej sieci neuronowej jest przeprowadzenie klasyfikacji ręcznie zapisanych cyfr z ustandaryzowanego zbioru danych MNIST (z ang. *Modified National Institute of Standards and Technology*). Stworzona optoelektroniczna sieć oparta na polarytonowych bramkach logicznych zrealizowała klasyfikację z najwyższą obecnie skutecznością sprawdzoną dla neuromorficznych realizacji.

Zaproponowany układ wychodzi poza tradycyjną architekturę komputera i jest dużym krokiem do stworzenia zaawansowanych układów pozwalających wykonywać skomplikowane operacje z dużą szybkością i wydajnością oraz przy małym poborze mocy.

PUBLIKACJA NAUKOWA

Rafał Mirek, Andrzej Opala, Paolo Comaron, Magdalena Furman, Mateusz Król, Krzysztof Tyszka, Bartłomiej Seredyński, Dario Ballarini, Daniele Sanvitto, Timothy C. H. Liew, Wojciech Pacuski, Jan Suffczyński, Jacek Szczytko, Michał Matuszewski, Barbara Piętka, Neuromorphic binarized polariton networks, *Nano Letters* 2021

<https://dx.doi.org/10.1021/acs.nanolett.0c04696>