

Celem projektu jest poznanie mechanizmów, które decydują o możliwości użycia materiałów dwuwymiarowych do budowy nowego typu układów pamięciowych oraz systemów neuromorficznych, czyli takich które naśladują pracę ludzkiego mózgu. W centrum projektu znajduje się pojęcie przełączania rezystywnego. O tym zjawisku mówimy, gdy podczas przepływu prądu przez dany materiał zmienia się jego opór elektryczny. Ważne jest, że wartość tego zmienionego oporu zostaje zachowana nawet gdy prąd przestanie płynąć i można ją zmieniać wiele razy, gdy znów wywoła się przepływ prądu. Dzięki temu przełączanie rezystywne pozwala przechowywać dane jako różne wartości oporu odpowiadające różnym bitom. Dodatkowo przełączanie rezystywne działa podobnie do sposobu pracy synaps łączących neurony w ludzkim mózgu. Informacja wielokrotnie przepływająca między neuronami potrafi wzmocnić łączące je synapsy i ułatwić kojarzenie, podobnie jak prąd przepływający przez element przełączania rezystywnego potrafi zwiększyć jego przewodnictwo.

W ostatnich latach pokazano, że przełączanie rezystywne może zachodzić szybciej i wydajniej niż inne procesy fizyczne, które wykorzystywane są obecnie do zapisu informacji i może wywołać rewolucję na rynku nośników danych. Jednocześnie zastosowanie przełączania rezystywnego do budowy układów neuromorficznych oznaczałoby całkowitą zmianę podejścia do budowy komputerów, w których, podobnie jak w ludzkim mózgu, informacja byłaby przetwarzana bezpośrednio w pamięci, zamiast być nieustannie przenoszona pomiędzy pamięcią i procesorem. Niezwykle korzystne wydaje się zastosowanie na potrzeby przełączania rezystywnego materiałów dwuwymiarowych, czyli takich które potrafią tworzyć atomowo cienkie i jednocześnie wytrzymałe arkusze. Materiałem dwuwymiarowym jest grafen, jednak ta rodzina, co pokazują odkrycia z ostatniej dekady, jest znacznie szersza. Dzięki takim materiałom można zbudować układy pamięciowe i obliczeniowe, które są niezwykle cienkie (niemal przezroczyste) lub niezwykle gęsto upakowane i jednocześnie bardzo wydajnie odprowadzają ciepło. Pierwsze próby budowy układów przełączania rezystywnego opartych o materiały dwuwymiarowe dały bardzo obiecujące rezultaty. Jednak, aby w pełni wykorzystać ich możliwości, trzeba poznać podstawowe mechanizmy fizyczne i chemiczne, które decydują o procesach przełączania rezystywnego. Procesy takie w materiałach dwuwymiarowych zachodzą w skali atomowej i w tym projekcie w tej właśnie skali będą analizowane.

W tym projekcie zamiast standardowo wykorzystywanej stałej elektrody, do przełączania rezystywnego zostanie wykorzystana ruchoma nano-sonda mikroskopu sił atomowych. Takie podejście pozwoli na precyzyjne przeprowadzenie samego procesu przełączania, a następnie na zbadanie skutków, które wywołał w strukturze atomowej i elektrycznej materiału. Dzięki temu, będzie można powiedzieć jakiego rodzaju lokalne transformacje materiału związane są z przełączaniem rezystywnym układów dwuwymiarowych i czy np. możliwe jest odtworzenie wszystkich funkcji synaps, jeżeli użyjemy wyłącznie pojedynczego arkusza materiału dwuwymiarowego. Projekt odpowie też na pytanie jak blisko siebie mogą być dwa obszary przełączania rezystywnego, czyli jaki jest fizyczny limit gęstości upakowania układów pamięciowych, co jest podstawowym zagadnieniem miniaturyzacji i w decydujący sposób wpływa na wydajność urządzeń elektronicznych.