

Inżynieria przerwy energetycznej w Ge z wykorzystaniem procesów nierównowagowych

W ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat nastąpił kolosalny wręcz wzrost wydajności obliczeniowej procesorów oferowanych przez przemysł mikroelektroniczny. Mamy wręcz do czynienia z pętlą sprzężenia zwrotnego między podażą wydajności urządzeń elektronicznych a zapotrzebowaniem na nią. Z jednej strony, coraz większe oczekiwania użytkowników urządzeń komputerowych wymuszają na producentach ciągły wzrost ich wydajności. Z drugiej zaś strony rosące możliwości oferowanego sprzętu zachęcają konsumentów do coraz intensywniejszego użytkowania coraz bardziej wymagającego i zarazem atrakcyjnego oprogramowania jak i wszechobecnego wykorzystywania urządzeń bazujących na mikroprocesorach, czego przykładem są choćby współcześnie produkowane telefony. W ciągu tych kilkudziesięciu lat wzrost wydajności obliczeniowej realizowany był głównie poprzez nieustanną miniaturyzację tranzystorów i coraz gęstsze ich upakowanie w obrębie pojedynczego procesora. Wzrost ten opisywany jest zazwyczaj przez tzw. prawo Moore'a, głoszące że liczba tranzystorów w produkowanych mikroprocesorach podwaja się co 18-24 miesiące. Miniaturyzacja jednak nie jest nieograniczona – napotyka m.in. na ograniczenia procesu litografii optycznej dla którego rozmiar ścieżki w procesorze rzędu 10 nm wydaje się być graniczny. Rozwiązaniem może być integracja materiałów charakteryzujących się m.in. wysoką ruchliwością nośników ładunku (elektronów i dziur) ze współczesną technologią bazującą na krzemie - co pozwoliłoby wykonywać urządzenia mikroelektroniczne o znacznie krótszym czasie reakcji, innymi słowy mikroprocesory o znacznie szybszym taktowaniu. Dobrymi kandydatami do tej roli są german i jego stopy z cyną charakteryzujące się dużą ruchliwością ładunku, a przy tym należące do półprzewodników IV grupy, co pozwalałoby stosować większość rozwiązań typowych dla stosowanej obecnie technologii krzemowej. Niezwykle istotny jest fakt, że GeSn jest materiałem z prostą przerwą energetyczną, a więc wydajnym źródłem światła, co czyni go przydatnym dla potrzeb optoelektroniki. Aby jednak możliwa była pełna integracja Ge i GeSn z technologią krzemową autorzy projektu muszą rozwiązać szereg problemów, takich jak między innymi: (a) niska rozpuszczalność Sn w Ge, (b) mało efektywne domieszkowanie Ge na typ n oraz (c) niezwykle szybka dyfuzja tego typu domieszek oraz ich deaktywowanie na skutek oddziaływań z defektami sieci krystalicznej Ge.

Autorzy projektu zamierzają pokonać wymienione trudności przez zastosowanie dwu uzupełniających się technik: implantacji jonowej i milisekundowego wygrzewania z wykorzystaniem lamp wyładowczych. Pierwsza z nich pozwala precyzyjnie wprowadzać dowolną domieszkę do dobrze określonego obszaru materiału-tarczy, druga zaś umożliwia rekrytalizację materiału tarczy uszkodzonego w czasie implantacji oraz aktywację domieszek. Ponadto ultrakrótkie wygrzewanie zapobiega wytrącaniu się domieszki w postaci klastrów, co jest bolączką konwencjonalnego wygrzewania. Pokonanie wspomnianych wyżej trudności pozwoli na wytwarzanie silnie domieszkowanych warstw typu n i p w Ge i GeSn, co otworzy drogę do opłacalnej pod względem ekonomicznym integracji ultraszybkich elementów mikro i optoelektronicznych bazujących na tych materiałach ze współczesną technologią krzemową.