

Tytuł projektu:

Zależące od skali mechaniczne zachowanie się mikrobelki i nanobelki z pęknięciami: nieklasyczne modelowanie i walidacja doświadczalna

W ciągu ostatnich kilku dekad układy mikroelektromechaniczne i nanoelektromechaniczne (MEMS i NEMS) stały się nieodłączną częścią naszego codziennego życia. MEMS i NEMS odgrywają ważną rolę w wielu różnych dziedzinach nauki, technologii i przemysłu, np. w komunikacji, produkcji, monitorowaniu środowiska, ochronie zdrowia, energetyce i przemyśle lotniczym. Belki o wymiarach mikrometrycznych i nanometrycznych mają szerokie zastosowanie, na przykład jako zasadnicze elementy czujników i siłowników, które są podstawowymi urządzeniami dla MEMS i NEMS. Czujniki mechaniczne oparte na mikrobelkach i nanobelkach są kompaktowe i ekonomiczne, oferują wysoką czułość i możliwość detekcji w czasie rzeczywistym.

Mikrobelki i nanobelki muszą być niezawodne i funkcjonalne przez cały okres ich użytkowania. Mogą one jednak pękać z powodu wad produkcyjnych lub uszkodzeń spowodowanych przez obciążenia eksploatacyjne i wpływ środowiska. Dlatego też, zdobycie dokładnej wiedzy na temat odpowiedzi mechanicznej pękniętych mikrobelki i nanobelki ma ogromne znaczenie dla rozwoju MEMS i NEMS. Ponadto, wiedza ta może być istotna dla monitorowania stanu i konserwacji mikrouządzeń i nanourządzeń poprzez wczesne wykrywanie obecności, wielkości i lokalizacji szczelin, lub dla innowacyjnych projektów poprzez celowe wprowadzanie wielu szczelin w takich urządzeniach, aby manipulować ich odpowiedziami mechanicznymi i osiągnąć pożądane częstotliwości.

Ogólnym celem naukowym projektu jest zbadanie mechanicznego zachowania się mikrobelki i nanobelki ze szczelinami przy realistycznych założeniach, poprzez powiązane ze sobą podejścia eksperymentalne, analityczne i numeryczne. Inspirowane zastosowaniami w MEMS i NEMS, proponowane badania podstawowe będą skupione na problemach zginania, drgań poprzecznych i wyboczenia mikrobelki i nanobelki. Proponowany projekt ma charakter interdyscyplinarny, a jego cele szczegółowe obejmują znalezienie odpowiedzi na następujące pytania badawcze: (i) jakie są warunki ciągłości kinematycznej w pękniętych przekrojach poprzecznych zminiaturyzowanych belek? (ii) jak obecność szczelin krawędziowych wpływa na zginanie, drgania poprzeczne i zachowanie wyboczeniowe mikrobelki i nanobelki?

Nielokalna teoria sprężystości w powiązaniu z teorią belek będzie zastosowana do sformułowania zależących od skali modeli nielokalnych dla problemów zginania, drgań poprzecznych i wyboczenia mikrobelki i nanobelki ze szczelinami. Nielocalne parametry modeli zostaną skalibrowane doświadczalnie poprzez przeprowadzenie testów zginania zminiaturyzowanych niespękanych wsporników wykonanych z monokryształu krzemu, który jest najpowszechniej stosowanym obecnie materiałem w układach MEMS i NEMS. Wynikające z fizyki tych problemów kinematyczne warunki ciągłości w przekrojach, w których znajdują się szczeliny zostaną określone na podstawie serii eksperymentów obejmujących zginanie in-situ z wykorzystaniem skaningowego mikroskopu elektronowego (SEM) i mikroskopu sił atomowych (AFM), drgania poprzeczne oraz wyboczenie mikropróbek i nanopróbek ze szczelinami krawędziowymi, wytworzonych z monokryształu krzemu za pomocą zogniskowanej wiązki jonów (FIB). Równoległe będą prowadzone symulacje powyższych eksperymentów z wykorzystaniem metody dynamiki molekularnej (MD), a wyniki obliczeń MD będą porównane z wynikami eksperymentów. Z kolei wyniki uzyskane za pomocą modeli analitycznych zostaną porównane z wynikami przeprowadzonych eksperymentów i symulacji MD.