



## KARTA OPISU PRZEDMIOTU - SYLABUS

Nazwa przedmiotu

Mikro i nano układy elektromechaniczne [N1Mech2>MiNUE]

### Przedmiot

Kierunek studiów  
Mechatronika

Rok/Semestr  
4/8

Studia w zakresie (specjalność)  
–

Profil studiów  
ogólnoakademicki

Poziom studiów  
pierwszego stopnia

Język oferowanego przedmiotu  
polski

Forma studiów  
niestacjonarne

Wymagalność  
obligatoryjny

### Liczba godzin

Wykład  
8

Laboratorium  
16

Inne  
0

Ćwiczenia  
0

Projekty/seminaria  
0

### Liczba punktów ECTS

3,00

### Koordynatorzy

### Wykładowcy

### Wymagania wstępne

Studenci powinni posiadać podstawową wiedzę z zakresu mechaniki, elektrotechniki i elektroniki, zdobytą w ramach wcześniejszych semestrów studiów. Wymagana jest znajomość podstaw fizyki ciała stałego oraz umiejętność analizy układów dynamicznych. Dodatkowo podstawy programowania oraz modelowania komputerowego.

### Cel przedmiotu

Celem przedmiotu "Mikro i nano układy elektromechaniczne" jest zapoznanie studentów z zasadami działania, metodami projektowania oraz technologiami wytwarzania mikro- i nanoelektromechanicznych systemów (MEMS i NEMS). Studenci zdobędą wiedzę na temat właściwości materiałów stosowanych w tych układach, ich wpływu na funkcjonalność, konstrukcji oraz metod modelowania i symulacji. Przedmiot rozwija umiejętność analizy parametrów technicznych MEMS i NEMS, zrozumienia zasady działania przykładowych urządzeń oraz ich zastosowań w nowoczesnej inżynierii.

### Przedmiotowe efekty uczenia się

Wiedza:

- Student zna podstawowe zasady działania mikro- i nanoelektromechanicznych systemów (MEMS i NEMS).
- Rozumie procesy technologiczne stosowane w wytwarzaniu mikro- i nanoelementów

elektromechanicznych.

- Ma wiedzę na temat właściwości materiałów stosowanych w MEMS i NEMS oraz ich wpływu na funkcjonowanie układów.
- Zna metody modelowania i symulacji mikro- i nano-układów elektromechanicznych.

Umiejętności:

- Potrafi analizować i interpretować parametry techniczne oraz charakterystyki pracy MEMS i NEMS.
- Umie dobrać odpowiednie materiały i technologie do zastosowań w mikro- i nano-układach elektromechanicznych.
- Potrafi korzystać z narzędzi symulacyjnych do modelowania i analizy działania mikro- i nano-układów.
- Umie zaprojektować prosty układ MEMS/NEMS i ocenić jego funkcjonalność.

Kompetencje społeczne:

- Rozumie potrzebę uczenia się przez całe życie; potrafi inspirować i organizować proces uczenia się innych osób.
- Rozumie znaczenie innowacyjnych technologii mikro- i nanoelektromechanicznych w rozwoju nowoczesnej inżynierii.
- Potrafi pracować w zespole nad projektami z zakresu mikro- i nano-układów elektromechanicznych.
- Wykazuje gotowość do samodzielnego pogłębiania wiedzy i śledzenia najnowszych trendów w dziedzinie MEMS i NEMS.

## Metody weryfikacji efektów uczenia się i kryteria oceny

Efekty uczenia się przedstawione wyżej weryfikowane są w następujący sposób:

Wykład: Zaliczenie na podstawie egzaminu składającego się z min. 5 otwartych pytań ogólnych. Każda poprawna odpowiedź na pytanie daje 1 pkt. Najmniejsza podziałka wynosi 0,25 punktu, co oznacza, że każda poprawna odpowiedź jest dzielona na 4 ćwiartki (łącznie 1 punkt). Zakres ocen: 0 - 2,25 pkt → (2,0); 2,50 - 3,00 pkt → (3,0); 3,25 - 3,50 pkt → (3,5); 3,75 - 4,00 pkt → (4,0); 4,25 - 4,50 pkt → (4,5); 4,75 - 5,00 pkt → (5,0).

Laboratorium: Zaliczenie na podstawie poprawnego wykonania ćwiczeń oraz sprawozdania z każdego ćwiczenia laboratoryjnego wg wskazań prowadzącego ćwiczenia laboratoryjne. Przed ćwiczeniem możliwe krótkie sprawdziany wejściowe, po zakończeniu ćwiczeń pisemny sprawdzian końcowy. Aby uzyskać zaliczenie laboratoriów wszystkie ćwiczenia muszą być zaliczone (ocena pozytywna z odpowiedzi i sprawozdania).

## Treści programowe

Przedmiot wprowadza studentów w zagadnienia związane z konstrukcją, działaniem oraz zastosowaniami systemów MEMS i NEMS. Omówione zostaną podstawy fizyczne oraz materiały stosowane w mikro- i nanotechnologii, technologie wytwarzania, metody modelowania i symulacji oraz wybrane aplikacje. Studenci zapoznają się również z metodami badania parametrów MEMS/NEMS oraz ich praktycznym wykorzystaniem w różnych dziedzinach inżynierii.

## Tematyka zajęć

Wykłady (7 spotkań, 2 godziny każde):

1. Wprowadzenie do MEMS i NEMS - definicje, historia, podstawowe pojęcia, różnice między systemami mikro- i nanoelektromechanicznymi.
2. Materiały i właściwości mechaniczne MEMS/NEMS - krzem, metale, polimery i materiały kompozytowe; wpływ miniaturyzacji na właściwości mechaniczne i elektryczne.
3. Technologie wytwarzania MEMS i NEMS - litografia, trawienie, osadzanie cienkich warstw, techniki mikromontażu.
4. Modelowanie i analiza mikro- i nano-układów - metody obliczeniowe, podstawy symulacji numerycznych, modelowanie układów dynamicznych.
5. Metody pomiarowe i charakteryzacja MEMS/NEMS - techniki mikroskopowe (AFM, SEM), metody elektryczne i mechaniczne badania parametrów.
6. Zastosowania MEMS i NEMS - czujniki, akтуatory, biotechnologia, medycyna, przemysł lotniczy i motoryzacyjny.
7. Trendy i przyszłość mikro- i nanotechnologii - rozwój nowych technologii, ograniczenia i wyzwania, przyszłe kierunki badań.

## Metody dydaktyczne

Wykłady oraz prezentacje, modelowanie i symulacje układów. Ćwiczenia laboratoryjne z symulacją działania układów MEMS/NEMS, badania interakcji (m.in. mechanicznej i termicznej) ze strukturami MEMS/NEMS przy użyciu mikroskopu, pokazy wytwarzania elementów w skali mikro i nano.

## Literatura

Podstawowa:

M. J. Madou, Manufacturing Techniques for Microfabrication and Nanotechnology, CRC Press, 2011.

Uzupełniająca:

S. E. Lyshevski, Nano- and Micro-Electromechanical Systems: Fundamentals of Nano- and Microengineering, CRC Press, 2011.

## Bilans nakładu pracy przeciętnego studenta

	Godzin	ECTS
Łączny nakład pracy	75	3,00
Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem	24	1,00
Praca własna studenta (studia literaturowe, przygotowanie do zajęć laboratoryjnych/ćwiczeń, przygotowanie do kolokwium/egzaminu, wykonanie projektu)	51	2,00