**Nazwa przedmiotu:**

Inżynieria mikrosystemów

**Koordynator przedmiotu:**

dr hab. inż. Ryszard Kisiel

**Status przedmiotu:**

Fakultatywny ograniczonego wyboru

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Elektronika

**Grupa przedmiotów:**

Przedmioty techniczne - zaawansowane

**Kod przedmiotu:**

MIK

**Semestr nominalny:**

3 / rok ak. 2019/2020

**Liczba punktów ECTS:**

4

**Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów uczenia się:**

Udział w wykladach 15 x 2 h = 30 h, przygotowanie do wykładu 14 x 1h= 14 h, Udział w zajęciach laboratoryjnych 5 x 3 h = 15 h, przygotowanie do zajęć laboratoryjnych 5x4 = 20 h, przygotowanie do 2 sprawdzianów 10 h, udział w konsultacjach 5 h Razem 94 h

**Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich:**

2.5

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

**Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym:**

1

**Formy zajęć i ich wymiar w semestrze:**

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład:  | 30h |
| Ćwiczenia:  | 0h |
| Laboratorium:  | 15h |
| Projekt:  | 0h |
| Lekcje komputerowe:  | 0h |

**Wymagania wstępne:**

Zalecane jest wcześniejsze zaliczenie przedmiotu Układy hybrydowe

**Limit liczby studentów:**

20

**Cel przedmiotu:**

Zapoznanie studentów z różnymi technikami stosowanymi przy projektowaniu, symulacjach i wytwarzaniu mikrosystemów. Omówione zostaną podłoża stosowane w mikrosystemach oraz głęboka mikroobróbka krzemu. Przedstawione zostaną podstawowe konstrukcje przestrzenne stosowane w czujnikach, aktuatorach i mikrosystemach. Szczególna uwaga zwrócona zostanie na stosowane najnowsze technologie wykonywania połączeń elektrycznych, mechanicznych i cieplnych stosowanych w mikrosystemach oraz formowania obudów mikrosystemów. Omówione zostaną techniki bondingu niskotemperaturowego, wysokotemperaturowego i eutektycznego oraz ich zastosowanie w konstrukcji wybranych czujników i aktuatorów, a także w obudowach mikrosystemów optoelektronicznych. Zwrócona zostanie uwaga na aspekty niezawodności pracy mikrosystemów. Zdobytą wiedzę studenci wykorzystają w trakcie laboratorium do wykonywania operacji montażowych oraz oceny ich użyteczności do wykonywania mikrosystemów.

**Treści kształcenia:**

1. Wstęp (2h)
Definicja mikrosystemu. Rynek mikrosystemów, czołowi producenci. Obudowa mikrosystemu a obudowa mikroelektroniczna. Wyzwania techniczne stojące przed projektantami mikrosystemów.
2. Techniki projektowania mikrosystemów i ich integracji (4 h)
Zasady tworzenia i projektowania funkcji elektrycznych, mechanicznych i cieplnych oraz przepływu płynów w mikrosystemie (dobór systemów chłodzenia, wpływ naprężeń i przepływów na funkcje elektryczne)
3. Symulacje w mikrosystemach (2h)
Modele mikrosystemów: algorytmiczny, wykonawczy. Modele na poziomie struktury, przyrządu i obwodu. Symulacje zjawisk fizycznych, symulacje procesów technologicznych.
4. Podłoża dla mikrosystemów (2h)
Podłoża organiczne, ceramiczne(Al2O3, AlN , BeO), Si, SiC oraz LTCC. Podłoża zaawansowane z wbudowanymi elementami optycznymi. Kompatybilność podłoży z funkcjami mikrosystemu.
5. Głęboka mikroobróbka przestrzenna krzemu (4 h)
Mechaniczne właściwości krzemu, Głębokie anizotropowe trawienie krzemu, Podstawowe konstrukcje mikromechaniczne: membrany, V-rowki, pryzmy, U-rowki, viale, otwory, konstrukcje ruchome, ostrza.
6. Techniki połączeń elektrycznych dla mikrosystemów (4 h)
Lutowanie, spawanie, montaż drutowy (ultra-, termo-, oraz ultratermokompresyjny), TAB, Flip-chip, połączenie w MCM i SiP, połączenia 3D). Połączenia w oparciu o kleje elektrycznie przewodzące oraz o nanomateriały
7. Techniki wykorzystywane w formowaniu obudów mikrosystemów (4 h)
Przygotowanie powierzchni do łączenia; bonding: fuzyjny, wysokotemperaturowy, niskotemperaturowy oraz anodowy.
8. Obudowy mikrosystemów (2 h)
Funkcje obudowy, obudowa na poziomie struktury, obudowa na poziomie podzespołu. Rozwiązania obudów metalowych, plastykowych, ceramicznych. Obudowy hermetyczne oraz próżnioszczelne. Obudowy przystosowane do produkcji masowej.
9. Obudowy podzespołów optoelektronicznych (2 h)
Panele displey’ów (COG, COF), obudowy podzespołów optoelektronicznych (laserowych, LED)
10. Obudowy na poziomie systemów (2 h)
(SOC technology, SiP technology, RF package technology)
11. Podstawy niezawodności mikrosystemów (2h)
Testy niezawodności, testy przyspieszone . Procedury i standardy w ocenie niezawodności

**Metody oceny:**

Na podstawie dwóch 1 h sprawdzianów wykładowych
oraz oceny z laboratorium

**Egzamin:**

nie

**Literatura:**

1. Opracowane materiały do wykładu w PowerPoincie.
2. Instrukcje do ćwiczeń laboratoryjnych zawierające wprowadzenie teoretyczne oraz przewodnik do wykonania części praktycznej.
3. Jin Y. WangZ. Chrn J.: „Introduction to Microsystem Packaging Technology” CRS Press Taylor & Francis Group, 2011, ISBN: 978-1-4398-1910-4
4. Lau J.H., Lee Ch.K., Premachandran C.S., Aibin Y.: “Advanced MEMS Packaging” Mc Graw Hill, 2010, ISBN:978-0-07-162623-1
5. Dziuban J.A.: “Technologia i zastosowanie mikromechanicznych struktur krzemowych i krzemowo-szklanych w technice mikrosystemów” Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 2004, ISBN 83-7085-776-0

**Witryna www przedmiotu:**

www.ztmme.imio.pw.edu.pl

**Uwagi:**

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka K\_W04:**

ma podbudowaną teoretycznie szczegółową wiedzę związaną z wybranymi zagadnieniami jednego z trzech następujących zakresów: projektowanie złożonych układów scalonych; nanoelektronika, materiały i nanotechnologie; charakteryzacja i diagnostyka materiałów i struktur nanoelektronicznych i nanofotonicznych

Weryfikacja:

Sprawozdania z ćwiczen laboratoryjnych nr 1 i 5

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka T2A\_W03 K\_W03:**

ma uporządkowaną, podbudowaną teoretycznie wiedzę ogólną obejmującą kluczowe zagadnienia w jednym z trzech następujących zakresów: zaawansowane materiały i struktury mikroelektroniki i fotoniki

Weryfikacja:

Kolokwium wykładowe nr 1, ocena sprawozdań z ćwiczenia nr 3 i 4

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W03

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka T2A\_W05 K-W05:**

ma wiedzę o trendach rozwojowych i najistotniejszych nowych osiągnięciach z zakresu elektroniki

Weryfikacja:

Kolokwium wykładowe nr 2

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W05

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka K\_U11:**

potrafi ocenić przydatność i możliwość wykorzystania nowych technologii w zakresie elektroniki i jej zastosowań

Weryfikacja:

Kolokwium wykładowe nr 2, sprawozdania z laboratoriów nr 1,2,4 i 5

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U11

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka T2U\_08 K\_U07:**

potrafi planować i przeprowadzać eksperymenty, w tym zaawansowane pomiary i symulacje komputerowe w jednym z trzech podanych poniżej zakresów oraz opracować i interpretować uzyskane wyniki i wyciągać wnioski: modelowanie i charakteryzacja zaawansowanych materiałów i struktur mikroelektroniki i fotoniki; wytwarzanie struktur mikroelektroniki i fotoniki;

Weryfikacja:

ocena sprawozdań laboratoryjnych z ćwiczeń nr 1-5

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U07

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka K\_K01:**

potrafi myśleć i działać w sposób kreatywny i przedsiębiorczy

Weryfikacja:

Kolokwium wykładowe nr 1 i nr 2

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_K01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**