

Zespół Autorski:

*prof. dr hab. inż. Michał Malinowski,
dr hab. inż. Marcin Kaczkan
dr hab. inż. Ryszard Piramidowicz, prof. uczelni
dr inż. Anna Jusza
mgr inż. Krzysztof Anders*

**TECHNIKI SPEKTROSKOPOWE (TSP)
(Spectroscopic methods)**

Poziom kształcenia: *II stopień*

Forma i tryb prowadzenia przedmiotu: *stacjonarna*

Kierunek studiów: *Elektronika*

Specjalność: *Systemy Zintegrowanej Elektroniki i Fotoniki*

Klasy programowe:

Poziom przedmiotu: *zaawansowany*

Status przedmiotu: *obieralny*

Język przedmiotu: *polski*

Semestr nominalny (tylko dla przedmiotów obowiązkowych): -

Minimalny numer semestru: -

Wymagania wstępne, zalecane przedmioty poprzedzające: *(PFOT)*

Limit liczby studentów: *30*

Powód zgłoszenia przedmiotu: *nowy program studiów II stopnia na kierunku Elektronika*

Cel przedmiotu: *Celem przedmiotu jest poznanie najważniejszych metod badania i charakteryzacji materiałów i struktury elektronicznych i fonicznych, opartych na oddziaływaniu różnego typu promieniowania z materią.*

Treść kształcenia:

Informacje ogólne:

Przedmiot składa się części wykładowej oraz laboratoryjnej. Do zaliczenia przedmiotu wymagane jest uzyskanie co najmniej 50 % maksymalnej oceny z każdej ww. części. W ramach wykładu przewidziane są dwa kolokwia zaliczeniowe, za które można uzyskać maksymalnie do 60 punktów, z laboratorium 40 punktów. Łącznie można uzyskać 100 punktów, zaś ocena końcowa z przedmiotu jest wystawiana według poniższej reguły:

91-100 punktów ocena: 5.0

81-90 punktów ocena: 4.5

71-80 punktów ocena: 4.0

61-70 punktów ocena: 3.5

51-60 punktów ocena: 3.0

do 50 punktów ocena: 2.0

Opis wykładu: *(szczegółowy opis treści omawianych na wykładach)*

1. **Promieniowanie elektromagnetyczne.** Oscylatorowy model materii. Oddziaływanie promieniowania EM z materią, absorpcja, emisja spontaniczna i wymuszona, szerokość linii

Wydziałowa Komisja Akredytacji Przedmiotów (WKAP)

widmowej. Emisja i absorpcja oscylującego dipola, moment przejścia, reguły wyboru, siła oscylatora. Przejścia oscylacyjno – rotacyjne.

2. **Definicja i rodzaje spektroskopii**, widmo spektroskopowe. Spektroskopia w zakresie ultrafioletu, widzialnym i podczerwieni. Jednostki energetyczne i fotometryczne. Źródła światła i podstawy działania laserów. Lasery do zastosowań spektroskopowych.

3. **Oprzrządowanie, metody dyspersji światła** - monochromatory i detektory, spektrometry i fluorymetry, technika heterodynowa. Aparatura do rejestracji widm absorpcyjnych w podczerwieni, spektrometry podczerwieni, spektrometry z transformacją Fouriera. Podstawowe informacje o pracy z wysoką próżnią i niskimi temperaturami.

4. **Spektroskopia transmisyjna/absorpcyjna, emisyjna i odbiciowa**. Układy optyczne i aparatura i ich charakterystyka. Widma emisji i wzbudzenia.

5. **Techniki impulsowe**, zasada, rozdzielczość czasowa. Metody pikosekundowej i femtosekundowej spektroskopii rozdzielczej w czasie. Zliczanie fotonów z korelacją czasową (TCSPC), aparatura i przykłady zastosowań, widma rozdzielcze w czasie. Pomiar czasu życia stanów wzbudzonych - detekcja fazy i modulacji; porównanie z metodą TCSPC.

6. **Spektroskopia nieliniowa**, spektroskopia dwufotonowa i nasyceniowa, konwersja wzbudzenia, efekty kooperatywne. Spektroskopia mieszania czterech fal (4WM). Techniki typu wiązka pompująca-wiązka sondująca. (pump-probe), absorpcja przejściowa, femtosekundowy optyczny efekt Kerra.

7. **Spektroskopia laserowa** wysokiej rozdzielczości, technika zawężania linii widmowej (FLN) i wypalania dziur (hole burning).

8. **Zastosowanie spektroskopii optycznej do charakteryzacji ośrodków** laserów na ciele stałym i materiałów półprzewodnikowych. Zastosowanie spektroskopii w podczerwieni do charakteryzacji i określenia struktury molekuł.

9. **Metoda osłabionego całkowitego wewnętrznego odbicia ATR** (Attenuated Total Reflection) Reflekcyjno-absorpcyjna spektroskopia w podczerwieni RAIRS (IRRAS) Reflection-Absorption InfraRed Spectroscopy

10. **Nieelastyczne rozpraszanie światła**: podstawy fizyczne zjawiska nieelastycznego rozpraszania światła; spektroskopia Ramana jako narzędzie badań strukturalnych i metoda analizy chemicznej w nanoskali. Spektroskopia ramanowska w badaniach powierzchni, powierzchniowo wzmocniona spektroskopia Ramana (SERS)

11. **Spektroskopia promieni X**: techniki eksperymentalne, promieniowanie synchrotronowe i jego właściwości; lasery na swobodnych elektronach.

12. **Struktura subtelna widm** absorpcji jako źródło informacji o lokalnej strukturze atomowej i elektronowej materiałów (XANES, EXAFS), zastosowania w fizyce, chemii i inżynierii materiałowej.

13. **Fluorescencja rentgenowska** i jej zastosowania do analizy chemicznej.

14. **Spektrometria magnetycznego rezonansu jądrowego** (NMR): podstawy teoretyczne, aparatura; wykorzystanie widm NMR do ustalania budowy cząsteczek od małych cząsteczek do makromolekuł; spektrometria NMR w medycynie i innych dziedzinach wiedzy.

15. **Spektrometria paramagnetycznego rezonansu elektronowego** (EPR): podstawy teoretyczne, aparatura; wykorzystanie widm EPR

16. **Spektrometria mas**: podstawowe pojęcia spektrometrii mas; budowa spektrometru mas; wybrane metody analizy jonów i metody jonizacji; podstawy interpretacji widm masowych.

17. **Sensoryka luminescencyjna** bezkontaktowy pomiar temperatury, ciśnienia, składu substancji z wykorzystaniem jonów ziem rzadkich

Laboratorium:

Wydziałowa Komisja Akredytacji Przedmiotów (WKAP)

W ramach ćwiczeń laboratoryjnych studenci zapoznają się praktycznie ze sposobami przygotowania próbek, wykonaniem pomiaru oraz analizą wyników pomiarowych dla wybranych metod badań spektroskopowych:

1. Spektroskopia THz w dziedzinie czasu (TDS)
2. Elipsometria
3. Spektroskopia absorpcyjna/emisyjna UV-VIS-NIR.
4. Spektroskopia FTIR i Ramana

Projekt: (sposób prowadzenia, opis zajęć projektowych)

Egzamin: *nie*

Literatura: (wpisać zestaw literatury do przedmiotu, to pole jest obowiązkowe)

1. Z. Kęcki, „Podstawy spektroskopii molekularnej”, PWN, W-wa, 2020.
2. W. Gawlik „Spektroskopia optyczna UV/VIS” w Fizyczne metody badań w biologii, medycynie i ochronie środowiska (red. A.Z. Hrynkiewicz, E. Rokita) PWN W-wa 1999, str. 188-221
3. J. Garcia Sole, L.E. Bausa, D. Jaque, „Introduction to the Optical Spectroscopy of Inorganic Solids”, John Wiley & Sons
4. R. Naskręcki „Femtosekundowa spektroskopia absorpcji przejściowej” Wyd. Uniw. Adama Mickiewicza w Poznaniu 2000
5. H. Bubert and H. Jenett “Surface and thin film analysis: principles, instrumentation, application”Wiley-VCH Verlag, 2002
6. H. Günther, „Spektroskopia magnetycznego rezonansu jądrowego” PWN 1983
7. J. A. Well, J. R. Bolton, J. E. Wertz, "Electron Paramagnetic Resonance, Elementary theory and Practical Applications", Wiley, 1994
8. R.A.W. Johnstone, M.E. Rose „Spektrometria mas” PWN 2001.
9. W. Zieliński, „Metody spektroskopowe i ich zastosowanie do identyfikacji związków organicznych”, WNT 2000

Oprogramowanie: *Origin for Windows, MS Office*

Wymiar godzinowy zajęć:	W	C	L	P	
	30	-	16		(46)

Wymiar w jednostkach ECTS: 3

Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów kształcenia (opis):

1. liczba godzin kontaktowych – 50 godz., w tym
 - obecność na wykładach 30 godz.,
 - udział w zajęciach laboratoryjnych 16 godz.
 - udział w konsultacjach 4 godz.

2. praca własna studenta – 30 godz., w tym
 - przygotowanie do kolokwiów 10 godz.,
 - przygotowanie do laboratorium 10 godz.,
 - przygotowanie sprawozdań z laboratorium 10 godz.

Wydziałowa Komisja Akredytacji Przedmiotów (WKAP)

Łączny nakład pracy studenta wynosi 80 godz., co odpowiada 3 pkt ECTS.

Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich: 2 pkt ECTS, co odpowiada 50 godz. kontaktowym.

Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym: 1 pkt ECTS, co odpowiada 16 godz. ćwiczeń laboratoryjnych, 10 godz. przygotowanie sprawozdań z laboratorium

Efekty kształcenia/uczenia się:

(tabelę wypełniamy wyszukując najbliższe efekty wykazane w pliku

<https://www.bip.pw.edu.pl/var/pw/storage/original/application/bd44a5022df461a12fbc406ce776042f.pdf>

Efekty kształcenia/uczenia się student, który zaliczył przedmiot:	forma zajęć/ technika kształcenia	sposób weryfikacji (oceny)	odniesienie do efektów uczenia się dla programu
WIEDZA			
Ma uporządkowaną, podbudowaną teoretycznie wiedzę ogólną obejmującą kluczowe zagadnienia w zakresie zaawansowanych materiałów i struktur mikroelektroniki i fotoniki	wykład	kolokwium	P7U_W03
Zna podstawowe metody, techniki, narzędzia i materiały stosowane przy rozwiązywaniu złożonych zadań inżynierskich w zakresie analizy i charakteryzacji materiałów mikroelektroniki i fotoniki	wykład, laboratorium	kolokwium. raport	P7U_W06
Ma podbudowaną teoretycznie szczegółową wiedzę związaną z charakteryzacją i diagnostyką materiałów i struktur nanoelektronicznych i nanofotonicznych	wykład, laboratorium	kolokwium. raport	P7U_W04
UMIĘJĘTNOŚCI			
Potrafi planować i przeprowadzać eksperymenty, w tym zaawansowane pomiary i symulacje komputerowe w zakresie modelowania i charakteryzacji zaawansowanych materiałów i struktur mikroelektroniki i fotoniki oraz opracować i interpretować uzyskane wyniki i wyciągać wnioski	Laboratorium	Raport	P7U_U07
Potrafi wykorzystać metody analityczne, symulacyjne oraz eksperymentalne do formułowania i rozwiązywania zadań	laboratorium	Raport	P7U_U08

Wydziałowa Komisja Akredytacji Przedmiotów (WKAP)

inżynierskich i prostych problemów badawczych w zakresie analizy i charakteryzacji materiałów mikroelektroniki i fotoniki			
Potrafi przy formułowaniu i rozwiązywaniu zadań inżynierskich – integrować wiedzę z jednego z obszarów mikroelektroniki, fotoniki i nanotechnologii	laboratorium	Raport	P7U_U09
Potrafi formułować i testować hipotezy związane z problemami inżynierskimi i prostymi problemami badawczymi w zakresie analizy i charakteryzacji materiałów mikroelektroniki i fotoniki	laboratorium	Raport	P7U_U10
Potrafi ocenić przydatność metod i narzędzi służących do rozwiązania zadania inżynierskiego, charakterystycznego dla studiowanej specjalności, w tym dostrzec ograniczenia tych metod i narzędzi.	wykład	kolokwium	P7U_U15
KOMPETENCJE SPOŁECZNE			
Potrafi myśleć i działać w sposób kreatywny i przedsiębiorczy	Wykład, laboratorium	Kolokwium, raport	P7U_K01