

<b>WYDZIAŁ PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI</b>	
<b>KARTA PRZEDMIOTU</b>	
<b>Nazwa w języku polskim .....</b>	<b>FIZYKA CIENKICH WARSTW .....</b>
<b>Nazwa w języku angielskim .....</b>	<b>PHYSICS OF THIN FILMS .....</b>
<b>Kierunek studiów: .....</b>	<b>FIZYKA TECHNICZNA.....</b>
<b>Specjalność:.....</b>	<b>...Fotonika</b>
<b>Stopień studiów i forma:</b>	<b>I stopień, stacjonarna</b>
<b>Rodzaj przedmiotu:</b>	<b>wybieralny</b>
<b>Kod przedmiotu</b>	<b>FTP002075WI</b>
<b>Grupa kursów</b>	<b>TAK</b>

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	15		15		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	30		30		
Forma zaliczenia	zaliczenie na ocenę		zaliczenie na ocenę		
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	1		1		
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)			1		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK)			1		

**WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI**

1. Wiedza z zakresu fizyki ogólnej.
2. Kompetencje organizacyjne związane z przekazem informacji.
3. Kompetencje w zakresie docierania do uzupełniających obszarów wiedzy i umiejętności.

**CELE PRZEDMIOTU**

- C1 Nabycie podstawowej wiedzy, z zakresu fizyki cienkich warstw oraz układów wielowarstwowych, uwzględniającej jej aspekty aplikacyjne.
- C2 Poznanie podstawowych metod otrzymywania cienkich warstw. Nabycie wiedzy na temat zastosowań cienkich warstw i układów wielowarstwowych, w szczególności w optyce i fotonice.
- C3 Nabycie umiejętności eksperymentowania w zakresie cienkich warstw. Poznanie podstawowych technik i metod pomiarowych z zakresu optyki cienkich warstw oraz opracowania wyników pomiarowych.

C4 Nabywanie i utrwalanie kompetencji społecznych dotyczących umiejętności współpracy w zespole, przestrzegania obyczajów obowiązujących w społeczeństwie, kreatywności myślenia, rozumienia konieczności samokształcenia oraz krytycznej analizy uzyskanych informacji, a także przekazywanie społeczeństwu informacji na temat cienkich warstw.

### **PRZEDMIOTOWE EFEKTY KSZTAŁCENIA**

#### **Z zakresu wiedzy:**

##### **PEK\_W01**

Ma podstawową wiedzę dotyczącą technik wytwarzania pokryć cienkowarstwowych, oraz układów wielowarstwowych. Posiada uporządkowaną wiedzę na temat fizycznych metod osadzania cienkich warstw metodą naporowania próżniowego z wykorzystaniem wiązki laserowej, wiązki elektronów i jonów.

##### **PEK\_W02**

Ma podstawową wiedzę w zakresie opisu właściwości optycznych cienkich warstw oraz układów wielowarstwowych, takich jak: pokrycia antyrefleksyjne, filtry interferencyjne, zwierciadła metalowe i dielektryczne, dzielniki światła. Ma elementarną wiedzę potrzebną do zaprojektowania podstawowych elementów optycznych na bazie cienkich warstw.

##### **PEK\_W03**

Posiada podstawową wiedzę dotyczącą optycznych metod eksperymentalnych z zakresu fizyki cienkich warstw. Zna zasady działania przyrządów optycznych służących do charakteryzacji cienkich warstw i układów wielowarstwowych (spektrofotometry, mikroskopy, elipsometry). Posiada podstawową wiedzę dotyczącą opracowania wyników pomiarów, sposobu ich analizy i oszacowania niepewności wyznaczanych wielkości. Zna zasady opracowania raportów (sprawozdań) z przeprowadzonych pomiarów.

#### **Z zakresu umiejętności:**

##### **PEK\_U01**

Potrafi zastosować nabytą wiedzę do wytwarzania pokryć warstwowych. Wykazuje umiejętność podstawowej inżynierskiej charakteryzacji i projektowania układów cienkowarstwowych. Posiada kompetencje w zakresie możliwości zastosowania układów cienkowarstwowych w optyce i fotonice.

##### **PEK\_U02**

Potrafi wykonać pomiary wybranych właściwości fizycznych cienkich warstw i optycznych układów wielowarstwowych oraz przeprowadzić ich analizę.

##### **PEK\_U03**

Potrafi opracować prezentację wyników badań w postaci raportu-sprawozdania.

#### **Z zakresu kompetencji społecznych:**

PEK\_K01 Potrafi pracować i realizować zadania zarówno indywidualnie, jak i zespołowo.

PEK\_K02 Potrafi korzystać z literatury naukowej. Potrafi wyszukiwać informacje oraz krytycznie je analizować.

PEK\_K03 Rozumie potrzebę ciągłego doksztalcenia się w aspekcie rozwoju technologicznego społeczeństwa – w tym w zakresie fizyki cienkich warstw.

PEK\_K04 Rozumie potrzebę przekazywania społeczeństwu informacji o istotnym znaczeniu cienkich warstw w wielu dziedzinach życia.

<b>TREŚCI PROGRAMOWE</b>		
<b>Forma zajęć - wykład</b>		<b>Liczba godzin</b>
Wy1	Wstęp. Program wykładu. Literatura. Wstęp do technologii cienkich warstw. Klasyfikacja metod otrzymywania cienkich warstw (metody fizyczne, chemiczne i cieplno-mechaniczne).	1
Wy2	Fizyczne osadzanie próżniowe cienkich warstw. Wybrane zagadnienia technologii wysokiej próżni, źródła parowania, metody monitorowania grubości cienkich warstw.	2
Wy3	Metody jonowe otrzymywania cienkich warstw. Rozpylanie katodowe, platerowanie jonowe oraz metoda „IBAD” jako przykłady otrzymywania pokryć o ekstremalnie dużej twardości.	2
Wy4	Metoda MBE. (epitaksja z wiązek molekularnych). Wybrane metody chemiczne otrzymywania cienkich warstw (elektroliza, anodyzowanie, platerowanie i elektroplaterowanie, metoda „CVD”, metoda „ALD”), osadzanie z roztworów - metoda Langmuira-Blodgett, metoda zanurzeniowa i wirowania.	2
Wy5	Podstawy optyki cienkich warstw: wzory Fresnela, stałe optyczne cienkich warstw dielektrycznych i absorbujących. Spektrofotometryczne oraz elipsometryczne metody badań cienkich warstw.	2
Wy6	Zwierciadła metalowe. Wielowarstwowe zwierciadła dielektryczne, zwierciadła laserowe. Zimne lustra. Filtry interferencyjne. Dzielniki światła.	2
Wy7	Pokrycia przeciwoodblaskowe (pojedyncze oraz układy wielowarstwowe). Metody analizy i projektowania układów wielowarstwowych.	2
Wy8	Twarde pokrycia, pokrycia antykorozyjne oraz powłoki zabezpieczające (warstwy: DLC, Me-C, BN, CN, TiN,...). Cienkie warstwy dla fotoniki oraz mikro- i nano- elektroniki. Wybrane właściwości elektryczne cienkich warstw.	2
Suma godzin		<b>15</b>

<b>Forma zajęć - laboratorium</b>		<b>Liczba godzin</b>
La1	Otrzymywanie cienkich warstw metali i dielektryków metodą naporowania próżniowego.	3
La2	Filtry interferencyjne wąskopasmowe.	3
La3	Pomiary spektrofotometryczne cienkich warstw dielektrycznych. Wyznaczanie współczynnika załamania.	3
La4	Pomiary grubości cienkich warstw. (Interferencja dwupromieniowa i wielopromieniowa. Mikroskop interferencyjny)	3
La5	Wyznaczanie stałych optycznych cienkich warstw metali elipsometryczną metodą Szklarewskiego-Miłosławskiego	3
La6	Optyczne pomiary elipsometryczne cienkich warstw metodą Archera.	3
La7	Charakterystyki optyczne cienkowarstwowych pokryć antyrefleksyjnych na krzemie oraz na szklach okularowych.	3
Suma godzin		<b>15*</b>

\*) Studenci wykonują wybrane ćwiczenia z powyższego zestawu.

## STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

- N1. Wykład tradycyjny z wykorzystaniem prezentacji multimedialnych.
- N2. Udostępnione słuchaczom materiały dydaktyczne: Wykład-zapis elektroniczny; Laboratorium - opisy do ćwiczeń na stronie internetowej [www.if.pwr.wroc.pl/fcw](http://www.if.pwr.wroc.pl/fcw).
- N3 Wykład: Praca własna – samodzielne studia i przygotowanie do zaliczenia wykładu.
- N4. Laboratorium: Praca własna – przygotowanie do ćwiczeń. Opracowanie raportów (sprawozdań) z wykonanych ćwiczeń.
- N5. Konsultacje

## OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW KSZTAŁCENIA

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEK_W01; PEK_W02	kolokwium
F2	PEK_W01; PEK_W02; PEK_W03; PEK_U03	odpowiedzi ustne i pisemne
F3	PEK_W03; PEK_U03; PEK_K02	opracowanie raportów z wykonanych ćwiczeń
Wykład: $P_w=F1$ ; Laboratorium: $P_L= 0,5 \cdot F2 + 0,5 \cdot F3$ ; $P_{\text{grupy kursów}}=0,5 \cdot P_w + 0,5 \cdot P_L$		

## LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

### LITERATURA PODSTAWOWA:

- [1] H. Bach and D. Krause, Thin Films on Glass, Springer-Verlag, Berlin 1997.
- [2] H.A. Macleod, Thin Film Optical Filters, Series in Optics and Optoelectronics, Taylor and Francis 2010 (lub starsze wydania).
- [3] T. Burakowski, T. Wierzchoń, Inżynieria Powierzchni metali, WNT 1995.
- [4] H.G. Tompkins and W.A. McGahan, Spectroscopic Ellipsometry and Reflectometry, J. Willey and Sons, Ltd., 1999.
- [5] J. Singh, Optical Properties of Condensed Matter and Applications, Chpt.13 (V.V. Truong and S. Tanemura, Optical Properties of Thin Films), J. Willey and Sons, Ltd., 2006.
- [6] J.L. Vossen and W.Kern, Thin Film Processes II, Acad.Press,Inc. 1991
- [7] Opisy do ćwiczeń z przedmiotu Laboratorium z Fizyki Cienkich Warstw: [www.if.pwr.wroc.pl/fcw](http://www.if.pwr.wroc.pl/fcw)
- [8] H.Fujiwara, Spectroscopic Ellipsometry. Principles and Applications, John Wiley & Sons, Ltd, 2007.

### LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- [1] M. Kupczyk, Inżynieria powierzchni, Wyd. Politechniki Poznańskiej 2004,
- [2] M. Boss, Handbook of Optics, vol.4: Optical Properties of Materials, Chpt.7 (J.A. Dobrowolski, Optical Properties of Thin Films) Mc-Graw Hill Co., 2010.
- [3] A. Szwedowski, R. Romaniuk, Szkło Optyczne i Fotoniczne, WNT, 2009
- [4] B. Ziętek, Optoelektronika, Wyd. Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń 2005.

### **OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIĘ, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)**

**dr inż. Tadeusz Wiktorczyk, Tadeusz.Wiktorczyk@pwr.wroc.pl**

MACIERZ POWIĄZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA DLA PRZEDMIOTU

**FIZYKA CIENKICH WARSTW**  
**Z EFEKTAMI KSZTAŁCENIA NA KIERUNKU FIZYKA TECHNICZNA**  
**I SPECJALNOŚCI .....FOTONIKA**

Przedmiotowy efekt kształcenia	Odniesienie przedmiotowego efektu do efektów kształcenia zdefiniowanych dla kierunku studiów i specjalności (o ile dotyczy)**	Cele przedmiotu***	Treści programowe***	Numer narzędzia dydaktycznego***
PEK_W01 (wiedza)	K1FTE_W05, K1FTE_W09 K1FTE_W10, K1FTE_W15_S2FOT	C1,C2,C4	W1-W4, La1	N1, N2, N3, N5
PEK_W02	K1FTE_W05, K1FTE_W08, K1FTE_W09, K1FTE_W13_S2FOT, K1FTE_W15_S2FOT, K1FTE_W16_S2FOT	C1,C2,C4	W5-W8, La2-La7	N1-N5
PEK_W03	K1FTE_W08, K1FTE_W09 K1FTE_W13_S2FOT, K1FTE_W14_S2FOT, K1FTE_W15_S2FOT, K1FTE_W16_S2FOT	C1,C2,C4	W5-W8, La1-La7	N1-N5
PEK_U01 (umiejętności)	K1FTE_U01, K1FTE_U05, K1FTE_U07, K1FTE_U10	C1,C2,C4	La1-La7, W1-W8	N1-N5
PEK_U02	K1FTE_U02, K1FTE_U07, K1FTE_U10	C3,C4	La2-La7	N2, N4, N5
PEK_U03	K1FTE_U01, K1FTE_U02, K1FTE_U03, K1FTE_U12	C3,C4	La1-La7	N2, N4, N5
PEK_K01 (kompetencje)	K1FTE_K03, K1FTE_K05	C1-C4	L1-L7	N3, N4
PEK_K02	K1FTE_K01	C1,C2,C4	L1-L7	N2, N3
PEK_K03	K1FTE_K01	C4	W1-W8	N2, N3, N4
PEK_K04	K1FTE_K06	C4	W1-W8	N1-N4

\*\* - wpisać symbole kierunkowych/specjalnościowych efektów kształcenia

\*\*\* - z tabeli powyżej