

<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>OPTYKA.....</b>
<b>Specjalność:.....</b>	<b>...Inżynieria Optyczna, Optyka Okularowa</b>
<b>Stopień studiów i forma:</b>	<b>I stopień, stacjonarna</b>
<b>Rodzaj przedmiotu:</b>	<b>wybieralny</b>
<b>Kod przedmiotu</b>	<b>FZP 006651</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)					
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. Posiada uporządkowaną wiedzę na temat fizycznych metod osadzania cienkich warstw metodą naporowania próżniowego oraz z wykorzystaniem wiązki elektronów i jonów.

PEK\_W02 Ma podstawową wiedzę w zakresie opisu właściwości optycznych cienkich warstw oraz układów wielowarstwowych. Ma elementarną wiedzę potrzebną do zaprojektowania podstawowych elementów optycznych na bazie cienkich warstw.

PEK\_W03 Ma wiedzę dot. wytwarzania i charakteryzacji podstawowych elementów na bazie cienkich warstw, takich jak pokrycia antyrefleksyjne, filtry interferencyjne, zwierciadła metalowe i dielektryczne, dzielniki światła.

PEK\_W04 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).

PEK\_W05 Posiada podstawową wiedzę dotyczącą opracowania wyników pomiarów oraz sposobu ich analizy. Potrafi oszacować 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.

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.

PEK\_U04 Posiada kompetencje w zakresie możliwości zastosowania układów cienkowarstwowych w optyce i fotonice.

#### **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 doksztalcania 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 projektowania układów wielowarstwowych.	2
Wy8	Cienkie warstwy dla oftalmiki. Twarde pokrycia, pokrycia antykorozyjne oraz powłoki zabezpieczające (warstwy: DLC, Me-C, BN, CN, TiN,...).	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 metodą elipsometryczną (metodą Szklarewskiego-Miłosławskiego).	3
La6	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: <http://if.pwr.edu.pl/kadra/tadeuszwiktorczyk>  
Laboratorium - opisy do ćwiczeń na stronie internetowej: <http://www.if.pwr.edu.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 PEK_W03	kolokwium
F2	PEK_W02; PEK_W03; PEK_W04	odpowiedzi ustne i pisemne
F3	PEK_W05; PEK_U01; PEK_K02; PEK_U02	opracowanie raportów z wykonanych ćwiczeń
Wykład: P=F1; Laboratorium: $P = 0,5 \cdot F2 + 0,5 \cdot F3$		

### 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:  
<http://www.if.pwr.edu.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 (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)**

**dr inż. Tadeusz Wiktorczyk, [Tadeusz.Wiktorczyk@pwr.edu.pl](mailto:Tadeusz.Wiktorczyk@pwr.edu.pl)**

**MACIERZ POWIĄZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA DLA PRZEDMIOTU  
FIZYKA CIENKICH WARSTW  
Z EFEKTAMI KSZTAŁCENIA NA KIERUNKU .....OPTYKA  
I SPECJALNOŚCI ..... Inżynieria Optyczna, Optyka Okularowa**

<b>Przedmiotowy efekt kształcenia</b>	<b>Odniesienie przedmiotowego efektu do efektów kształcenia zdefiniowanych dla kierunku studiów i specjalności (o ile dotyczy)**</b>	<b>Cele przedmiotu***</b>	<b>Treści programowe***</b>	<b>Numer narzędzia dydaktycznego***</b>
<b>PEK_W01 (wiedza)</b>	K1OPT_W01, K1OPT_W06, K1OPT_W11	C1, C2, C4	Wy1-Wy4, La1	N1, N2, N3, N5
<b>PEK_W02</b>	K1OPT_W08, K1OPT_W16, K1OPT_W17, K1OPT_W21_INO, K1OPT_W21_OPO	C1, C2, C4	Wy5-Wy8, La2-La7	N1, N2, N3, N5
<b>PEK_W03</b>	K1OPT_W13, K1OPT_W21_INO	C1,C2, C3,C4	Wy5-Wy8, La1-La7	N1, N2, N3, N5
<b>PEK_W04</b>	K1OPT_W09, K1OPT_W12, K1OPT_W13, K1OPT_W14,	C2, C3,C4	Wy5,Wy6, La1-La7	N1-N5
<b>PEK_W05</b>	K1OPT_W09	C3,C4	La1-La7	N2, N4, N5
<b>PEK_U01 (umiejętności)</b>	K1OPT_U01; K1OPT_U02 K1OPT_U05; K1OPT_U09	C1, C2	Wy1-Wy8, La1	N1-N5
<b>PEK_U02</b>	K1OPT_U02; K1OPT_U07 K1OPT_U08	C2, C3	La1-La7	N1,N2, N4,N5
<b>PEK_U03</b>	K1OPT_U02; K1OPT_U03 K1OPT_U05; K1OPT_U06	C1, C4	La1-La7	N2, N4,N5
<b>PEK_U04</b>	K1OPT_U02; K1OPT_U05 K1OPT_U09	C2	Wy1-Wy8	N1-N5
<b>PEK_K01 (kompetencje)</b>	K1OPT_K03; K1OPT_K09	C1-C4	Wy1-Wy8 La1-La7	N1-N5
<b>PEK_K02</b>	K1OPT_K01	C1, C2, C4	Wy1-Wy8 La1-La7	N1-N5
<b>PEK_K03</b>	K1OPT_K01	C4	Wy1-Wy8 La1-La7	N2, N3, N5
<b>PEK_K04</b>	K1OPT_K06	C4	Wy1-Wy8 La1-La7	N1, N2, N5

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

\*\*\* - z tabeli powyżej