

KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa przedmiotu: **Spektroskopia dielektryczna (WTCNOCSI-SD)**

Nazwa w języku polskim:

Nazwa w jęz. angielskim: **Dielectric spectroscopy**

Dane dotyczące przedmiotu:

Jednostka oferująca przedmiot: Wydział Nowych Technologii i Chemii
Przedmiot dla jednostki: Wydział Nowych Technologii i Chemii
Cykl dydaktyczny: Semestr zimowy 2025/2026
Koordynator przedmiotu cyklu: dr hab. inż. Paweł Perkowski prof. WAT

Domyślny typ protokołu dla przedmiotu:

Zaliczenie na ocenę

Język wykładowy:

polski

Skrócony opis:

Przedmiot wprowadzający spektroskopię dielektryczną jako metodę eksperymentalną w inżynierii materiałowej. Przedstawia zjawiska elektryczne na poziomie atomowym, molekularnym oraz całego ośrodka. Przedstawia podstawy teoretyczne zjawisk relaksacyjnych. Uwzględnia efekty pasożytnicze w pomiarach impedancyjnych. Zapoznaje ze sprzętem badawczym, eksperymentem oraz analizą danych.

Opis:

A. Wykłady:

1. Miejsce spektroskopii dielektrycznej wśród innych spektroskopii; podstawy matematyczne – jak rozwiązywać równania różniczkowe opisujące zjawiska relaksacyjne i oscylacyjne?
2. Komórki pomiarowe, analizatory impedancji, impedancja, rezystancja, reaktancja, susceptancja, konduktancja; obwody RC, LC, RL, RLC (częstotliwości: odcięcia f_0 oraz rezonansowa f_r).
3. Oddziaływania pola elektrycznego z materią (wektory: E , P and D); przenikalność elektryczna w polach stałych (DC); energia pola elektrycznego w kondensatorze; zmiana pojemności kondensatora pod wpływem wypełnienia dielektrykiem.
4. Parametry elektryczne molekuł (moment dipolowy, polaryzowalność elektronowa); różne mechanizmy rządzące relaksacjami molekularnymi i oscylacjami wewnątrz molekularnymi; zależność temperaturowa ruchów molekularnych – termicznie aktywowane ruchy (prawo Arrheniusa).
5. Przenikalność elektryczna w polach zależne od czasu (AC); rzeczywista i urojona części przenikalności elektrycznej; model Debye'a relaksacji elektrycznej; modele relaksacji Cole'a-Cole'a, Cole'a-Davidsona i Havriliaka-Negami.
6. Efekty pasożytnicze w pomiarach (częstotliwość odcięcia, efekty rezonansowe, przewodnictwo jonowe).
7. Procedury numeryczne pozwalające obliczyć parametry modów dielektrycznych.
8. Ciekłe kryształy jako przykłady miękkiej materii, wykazujące różnego rodzaju relaksacje; ruchy molekularne i kolektywne; wpływ jonów na pomiary w ciekłych kryształach.

B. Ćwiczenia laboratoryjne:

1. (4h) Działanie analizatora impedancji; przygotowanie komórek pomiarowych i ich charakterystyka, efekty pasożytnicze w pomiarach.
2. (2h) Jak stosować MS Excel w znajdowaniu parametrów badanych modów?
3. (4h) Pomiary anizotropii elektrycznej nematicznego ciekłego kryształu. Reorientacja direktora (HG->HT) indukowana polem DC. Mody molekularne S i L w nematicach dwuczęstotliwościowych. Energia aktywacji modów molekularnych. Procedury dopasowujące.
4. (4h) Mody dielektryczne w smektycznych ciekłych kryształach. Procedury dopasowujące. Wpływ pola DC na mody w smektykach.

Literatura:

Obowiązkowa:

W. Haase, S. Wróbel (Eds.), "Relaxation Phenomena", Springer 2003
C. Böttcher, P. Borewijk, "Theory of electric polarization", Elsevier 1978
F. Kremer, A. Schonhals, W. Luck, "Broadband Dielectric Spectroscopy", Springer 2002
J. Lagerwall, tutorial "Dielectric Spectroscopy of Liquid Crystals", ILCC, Keystone USA, 2006: http://www.exicone.com/Exicone/Dielectric_Spectroscopy.html
Z. Galewski, L. Sobczyk (Eds.) Dielectric properties of liquid crystals, Transworld Research Network 2007
P. Perkowski, tutorial "Dielectric spectroscopy of liquid crystals", OLC, Sopot, POLAND, 2015
A. Buka (Ed.) Modern Topics in Liquid Crystals: From Neutron Scattering to Ferroelectricity

Uzupełniająca:

P. Perkowski, D. Łada, K. Ogrodnik, J. Rutkowska, W. Piecek, Z. Raszewski, "Technical aspects of liquid crystal dielectric spectroscopy measurements", Opto-Electronics Rev., 16(3), 271-276, 2008
P. Perkowski, "Dielectric spectroscopy of liquid crystals. Theoretical model of ITO electrodes influence on dielectric measurements", Opto-Electronics Rev., 17(2), 180-186, 2009
P. Perkowski, "Numerical elimination methods of ITO cell contribution to dielectric spectra of ferroelectric liquid crystals", Opto-electronics Rev., 19(2), 1-7, 2011
P. Perkowski, "How to determine parameters of soft mode from dielectric spectroscopy performed in ITO cells?", Opto-electronics Rev., 19(1), 76-82, 2011
P. Perkowski, "How to determine the limits of using Afm function for extracting of ITO cell contribution to dielectric spectra?", Phase Transitions, 83(10-11), 836-843, 2010
P. Perkowski, "Dielectric spectroscopy of liquid crystals. Electrodes resistivity and connecting wires inductance influence on dielectric measurements", Opto-electronic Rev., 20(1), 1-8, 2012
P. Perkowski, M. Mrukiewicz, K. Garbat, M. Laska, U. Chodorow, W. Piecek, R. Dąbrowski, J. Parka, "Precise dielectric spectroscopy of a dual-frequency nematic mixture over a broad temperature range", Liquid Crystals, 39(10), 1237-1242, 2012
P. Perkowski, M. Mrukiewicz, M. Laska, K. Garbat, W. Piecek, R. Dąbrowski, "Dielectric behavior of dual-frequency nematic at extra low temperatures", Phase Transitions, 86(2-3), 113-122, 2013
M. Mrukiewicz, P. Perkowski, K. Garbat, "Dielectric behaviour of binary dual-frequency nematics with low crossover frequencies", Liquid Crystals, 2015
P. Perkowski, M. Mrukiewicz, J. Herman, P. Kula, L. Jaroszewicz, "Dielectric investigation of the liquid crystal compound with the direct

SmA*–SmCA* phase transition", Liquid Crystals, 2016 P. Perkowski, The parasitic effects in high-frequency dielectric spectroscopy of liquid crystals – the review. Liquid Crystals 48. 767-793. 2021
Efekty uczenia się:
Symbol / Efekty uczenia się / Odniesienie do efektów kierunku W_1 / Zna mechanizmy oddziaływania pól elektrycznych z materią. / K_W03, W_2 / Zna metody rozwiązywania równań różniczkowych zwyczajnych. / K_W02, W_3 / Zna metody pomiarowe spektroskopii dielektrycznej. / K_W03, K_W09, U_1 / Potrafi wykorzystywać źródła i wykłady anglojęzyczne do nauki. Potrafi komunikować się w języku angielskim w pracy laboratoryjnej. / K_U03, U_2 / Potrafi zorganizować pracę przy stanowisku w laboratorium. / K_U07, K_1 / Samodzielnie poszukuje informacji rozumie znaczenie samokształcenia w pracy inżyniera. / K_K01, K_2 / Zdaje sobie sprawę z ograniczeń metod badawczych i ich wpływem na środowisko. / K_K02, K_3 / Umie współpracować w zespole laboratoryjnym. / K_K03.
Metody i kryteria oceniania:
Przedmiot zaliczany jest na podstawie zaliczenia ćwiczeń laboratoryjnych oraz zaliczenia kolokwium końcowego. Warunkiem koniecznym zaliczenia przedmiotu jest zaliczenie wszystkich ćwiczeń laboratoryjnych oraz zaliczenie kolokwium końcowego. Zrealizowanie ćwiczeń laboratoryjnych polega na zaliczeniu wejściówki z teorii, przygotowaniu eksperymentu i komórek pomiarowych, wykonaniu pomiarów, zebraniu danych eksperymentalnych, opracowaniu wyników eksperymentu i przygotowaniu sprawozdania z analizą otrzymanych rezultatów. Ocena końcowa z laboratorium jest wypadkową oceny za wymienione wyżej aktywności. Efekty uczenia się weryfikowane na laboratorium: W_1, W_2, W_3, U_1, U_2, K_1 K_2, K_3. Efekty W_1, W_2 i W_3 sprawdzane są na zajęciach laboratoryjnych i wejściówce oraz analizy danych eksperymentalnych. Efekty U_1, U_2, są sprawdzane realizacją ćwiczeń laboratoryjnych. Efekty K_1, K_2 i sprawdzane są w trakcie zajęć laboratoryjnych oraz przygotowania sprawozdań z laboratorium. Na ocenę DST należy wykonać (zgodnie z instrukcją) laboratorium. Sprawdzian z wiedzy (wejściówka) powinien wypaść na ocenę co najmniej DST. Można korzystać z konsultacji prowadzącego w szerokim zakresie w trakcie realizacji laboratorium., Sprawozdanie może być cofnięte do uzupełnienia lub korekcji błędów maksymalnie 2x. Na ocenę DB należy wykonać (zgodnie z instrukcją) laboratorium. Sprawdzian z wiedzy (wejściówka) powinien wypaść na ocenę co najmniej DB. Można korzystać z konsultacji prowadzącego w ograniczonym zakresie. Sprawozdanie może być cofnięte do uzupełnienia lub korekcji błędów maksymalnie 1x. Na ocenę BDB należy wykonać (zgodnie z instrukcją) laboratorium. Sprawdzian z wiedzy (wejściówka) powinien wypaść na ocenę co najmniej BDB. Nie można korzystać z konsultacji w ograniczonym zakresie. Sprawozdanie nie może być cofnięte do uzupełnienia lub korekcji błędów. Sprawozdanie musi być przygotowane czytelnie wnioski powinny być uzasadnione w oparciu o wiedzę przedmiotu. Kolokwium zaliczające z wiadomości i informacji z wykładów i z laboratorium. Efekty uczenia się weryfikowane na egzaminie: W_1, W_2, W_3, U_1. Na ocenę DST należy wykazać się podstawową wiedzą z zagadnień omawianych na wykładach oraz ćwiczeniach laboratoryjnych. Na ocenę DB należy wykazać się szeroką wiedzą z zagadnień omawianych na wykładach oraz ćwiczeniach laboratoryjnych. Na ocenę BDB należy wykazać się szeroką wiedzą wykraczającą poza zagadnienia umawiane na wykładzie i świadcząca o umiejętnościach twórczego zdobywania wiedzy.
Forma studiów
stacjonarne
Rodzaj studiów
I stopnia
Rodzaj przedmiotu
wybieralny
Przedmioty wprowadzające
Matematyka Fizyka 1 Fizyka 2 Elektrotechnika i elektronika Wprowadzenie do metrologii English for material engineers
Programy
inżynieria materiałowa / inżynieria fotoniczna
Forma zajęć liczba godzin/rygor
W 16/+, L 14/+
Autor
Paweł Perkowski

Bilans ECTS

Lp. Aktywność Obciążenie w godz.

1. Udział w wykładach 16
2. Udział w laboratoriach 14
3. Udział w ćwiczeniach
4. Udział w seminariach
5. Samodzielne studiowanie tematyki wykładów 32
6. Samodzielne przygotowanie do laboratoriów 14
7. Samodzielne przygotowanie do ćwiczeń
8. Samodzielne przygotowanie do seminarium
9. Realizacja projektu
10. Udział w konsultacjach 16
11. Przygotowanie do egzaminu
12. Przygotowanie do zaliczenia 6
13. Udział w egzaminie

godz.; ECTS

Sumaryczne obciążenie pracą studenta: 98 godzin; 3,0 ETCS

Zajęcia z udziałem nauczycieli: 1+2+3+4+9+10+13: 46 godzin; 2,0 ETCS

Zajęcia powiązane z działalnością naukową: 58 godzin ; 2,0 ETCS

Dane dotyczące przedmiotu cyklu:

Domyślny typ protokołu dla przedmiotu cyklu:

Zaliczenie na ocenę