

Elektrotechnika a informatika - magisterské studium FM TUL

(dvouleté)

Studijní předmět

Název: Feroelektrika a piezoelektrika
Zkratka: FAP
Typ: povinně volitelný pro obor PI
Rozsah: 14 týdnů, týdně 2 hodiny přednášek + 2 hodiny seminárních cvičení
Kredity: 5
Způsob ukončení: zkouška

Katedra: katedra elektrotechniky FM TUL
Přednášející: Ing. Pavel Mokřý, Ph.D.

Stručná anotace předmětu:

Feroelektrické a piezoelektrické materiály jsou v současnosti již nepostradatelnou součástí všech informačních a telekomunikačních zařízení a fyzikální jevy, které v nich probíhají, patří mezi jedny z nejvíce fascinujících jevů ve fyzice pevné fáze vůbec. V předmětu tedy bude podán zevrubný fyzikální pohled na jevy pozorované ve feroelektrických materiálech a využívané v jejich aplikacích. Vysvětleny budou základní teoretické a experimentální postupy při studiu piezoelektrických, pyroelektrických a feroelektrických vlastností dielektrik. Důraz bude kladen na ty jevy, které jsou klíčové pro konstrukci senzorů a řídicích prvků v inteligentních a adaptivních systémech.

Získané kompetence:

Feroelektrika a piezoelektrika patří mezi materiály, které díky svým fyzikálním vlastnostem otevírají nové možnosti v návrhu funkčních prvků inteligentních systémů. Student při absolvování předmětu získá informace o jevech využívaných v konstrukci těchto prvků, tyto jevy budou vysvětleny kvalitativně i kvantitativně a budou nastíněny aspekty související s jejich aplikacemi v zařízeních.

Témata přednášek:

Základní dielektrické vlastnosti látek všech skupenství: Elektrostatika. Makroskopické elektrické pole. Polarizace a depolarizační pole. Lokální elektrické pole. Lorentzovo pole. Polarizovatelnost a permitivita. Clausiův-Mossottiho vztah. Mikroskopické modely dipólového momentu: elektronová, iontová a orientační polarizace. Tepelná závislost orientační polarizace. Langevinova-Debyeova rovnice.

Piezoelektrické vlastnosti dielektrik: Struktura krystalové mřížky a její symetrie. Fyzikální podstata přímého a převráceného piezoelektrického jevu. Tenzorový popis dielektrických a piezoelektrických vlastností anizotropních látek. Lineární závislosti mezi tepelnými, elektrickými, magnetickými a mechanickými veličinami v dielektriku, a jejich znázornění v Heckmannově diagramu. Materiálové konstanty vybraných piezoelektrických látek. Akustická vlna v anizotropním dielektriku. Piezoelektrický rezonátor v hlavních módech - makroskopický popis a experimentální metody. Objemové a povrchové akustické vlny a jejich využití v telekomunikační technice.

Fázový přechod z hlediska mikrostruktury materiálu a symetrie krystalové mřížky: Dynamika krystalové mřížky, fonony a infračervená spektra. Měkké módy u fázových přechodů. Lyddane-Sachs-Tellerův vztah. Základní typy strukturních fázových přechodů. Experimentální metody měření v různých frekvenčních oblastech.

Landauova teorie termodynamického popisu fázových přechodů: Distorze krystalové mřížky a změna její symetrie, vysvětlení pojmu parametru uspořádání při fázovém přechodu a jeho vztahu k makroskopicky měřitelným veličinám. Energie distorzí krystalové mřížky jako termodynamický potenciál a jeho rozvoj v parametru uspořádání. Termodynamické potenciály nelineárního dielektrika. Teplotní závislosti makroskopických vlastností feroelektrického materiálu, vysvětlení pojmu „spontánní polarizace“ a její mikrofyzikální podstatu. Pojem feroelektrického a feroelastického fázového přechodu. Význam zobecněného pojmu „feroikum“, řád feroika. Příklady feroických krystalů.

Feroelektrické domény: Pojem dvojčatění ve feroickém materiálu, doménová struktura. Přepolarizace feroelektrik, experimentální metody studia dynamické vlastnosti. Modely přepolarizace, nukleace domén a pohyb doménových stěn. Metody zobrazování domén a pokročilé metody mikroskopie

(Atomic Force Microscopy). Příspěvky doménových stěn k dielektrickým, elastickým a piezoelektrickým vlastnostem feroik.

Feroelektrické tenké filmy: Dielektrické vlastnosti nehomogenních systémů. Vlivy povrchu a rozměru na dielektrické vlastnosti tenkých feroelektrických filmů na křemíkových substrátech. Vliv defektů krystalové mříže a volných nábojů na dielektrické vlastnosti. Metody charakterizace tenkých feroelektrických vrstev.

Dielektrické vlastnosti feroelektrických polymerů. Piezoelektrické biopolymery. Elektrety a jejich základní vlastnosti. Kompozity.

Náplň cvičení:

Na vybraných příkladech budou průběžně procvičovány pojmy z přednesené látky. Důraz bude kladen na situace, které nastávají při praktických aplikacích feroelektrických, pyroelektrických a piezoelektrických látek.

Literatura:

Ch. Kittel: Úvod do fyziky pevných látek, Academia, Praha 1985

M.E. Lines, A.M. Glass: Principles and Applications of Ferroelectrics and Related Materials, Clarendon Press 1979

A.M. Strukov, A.P. Levanyuk: Ferroelectric Phenomena in Crystals, Springer, Geidelberg, 1998

J.C. Barfoot, G.W. Taylor: Polar Dielectrics and Their Applications, McMillan Press 1979

J. Zelenka: Piezoelektrické rezonátory, Academia 1983

R. Bálek, M. Košek, O. Taraba, J. Zelenka: Povrchové akustické vlny, Academia 1986

Prerekvizity: -

Navazující: Modelování piezoelektrických prvků, Senzory a inteligentní systémy

Datum poslední změny: 6.9.2005