



Aplikovaná fyzika

okruhy témat ke státní doktorské zkoušce (SDZ)

A) Fyzikální vlastnosti, charakterizační metody, modelování a aplikace materiálů

1. Polovodiče anorganické a organické, elementární a sloučeninové. Pojem donoru a akceptoru v polovodiči. Materiály pro fotovoltaické články. Transportní jevy v polovodičích, transportní rovnice, drift, difúze, srážkové mechanismy, pohyblivost, mechanismy generace a rekombinace.
2. Rozdělení materiálů podle elektrických vlastností: izolant, kov, polovodič. Povrchy a rozhraní v polovodičích, jejich praktické technické využití. PN přechod v polovodičích, jeho vlastnosti, příklady využití PN přechodu v elektronice. Schottkyho přechod a příklady využití.
3. Optické jevy v polovodičích, jejich technické a technologické využití. Fotonické a plazmonické struktury, jejich technické využití.
4. Popis interakce materiálů s elektromagnetickým a částicovým zářením.
5. Fotovoltaické systémy. Přehled typů a principů fotovoltaických systémů. Základní funkce fotovoltaického systému, od zachytu světla po vytvoření výstupního napětí a proudu.
6. Senzorové systémy. Koncept senzoru. Přehled fyzikálních principů senzorů, technická realizace senzorů, příklady využití v praxi. Součásti senzorového systému, od principů ke komunikaci.
7. Popis interakce materiálů s biologickým prostředím. Vliv materiálů, jejich struktury a vlastností na strukturu a funkci biomolekul, buněk a mikroorganismů. Role zeta potenciálu, pH. Debyova délka v roztoku.
8. Struktura základních druhů uhlíkových materiálů. Vztah struktury k vlastnostem grafitu, sazí, fulerenů, nanotubic, diamantu. Elektronické aplikace uhlíkových materiálů.
9. Moderní 2D materiály a kvantové tečky. Vlastnosti, funkce, inženýrské aplikace.
10. Diagnostika materiálů. Základní metody chemické a strukturní analýzy, přehled metod zjišťování vlastností materiálů. Metody měření elektrické vodivosti. Metody optické a elektronové spektroskopie.
11. Mikroskopické metody ve fyzice materiálů. Optická mikroskopie, mikroskopie v blízkém poli. Mikroskopie atomárních sil a její odvozené metody. Nanomechanická a nanoelektronická měření. Elektronová mikroskopie. Infračervená a Ramanovská mikro-spektroskopie.
12. Svazkové technologie pro zpracování materiálů pro elektroniku a výrobu elektronických součástek. Laserový, elektronový, iontový a molekulární svazek.
13. Plazmatické technologie pro přípravu a úpravu materiálů, aplikace výbojů. ICP, RF, MW plazma, magnetronové naprašování. CVD technologie plazmatické a termální. Netermální výboje za atmosférického tlaku. Přímá a nepřímá expozice výboji, využití produktů výboje.

B) Fyzikální principy, vlastnosti, diagnostika a modelování plazmatu

14. Základy fyziky plazmatu. Cyklotronní frekvence, plazmová frekvence, srážková frekvence, střední volná dráha, Debyeovo stínění, magnetický tlak, beta parametr. Dielektrická konstanta plazmatu. Polarizace, magnetizace plazmatu. Tenzor polarizovatelnosti. Tenzor permitivity. Sahova rovnice, klasifikace plazmatu podle koncentrace a teploty. Základní vlastnosti jednotlivých typů plazmatu. Srážky v plazmatu. Účinný průřez. Coulombické srážky. Coulombův logaritmus. Runaway řešení (ubíhající elektrony), Chandrasekharova funkce. Základní rovnice magnetohydrodynamiky. Rovnice continuity, pohybová rovnice, rovnice pro magnetické pole. Zamrzlé a difúzní magnetické pole. Vlny v plazmatu. Alfvénův magnetoakustický komplex. Elektromagnetické vlny v plazmatu (O, X, R, L vlna). CMA diagram. Přehled nestabilit v plazmatu. Kelvinova-Helmholtzova, Rayleighova-

Taylorova, ostrůvková nestabilita. Dvousvazková nestabilita, nestability plazmového vlákna. Bezsílová konfigurace. Helikální struktury, zákon zachování helicity, příklady helikálních struktur v přírodě.

15. Diagnostika a simulace plazmatu. Přehled metod a zjišťovaných parametrů plazmatu. Metody měření proudů a potenciálu v plazmatu, Langmuirova sonda, Rogowského kroužek. Rezistivita plazmatu. Základy spektroskopie. Pořizování spekter, spektrální čáry, určení teploty, koncentrace, složení plazmatu, rotační a vibrační spektra, určení dalších charakteristik plazmatu. Tepelná kapacita vibračních a rotačních stavů. Měření magnetických polí. Faradayova rotace, Zeemanův jev, přímá měření, magnetometry. Vizualizační diagnostické metody. Interferometrické a šířové metody měření gradientů hustot, rekonstrukce obrazu. Přehled základních metod měření hustoty plazmatu, určení hustoty z šíření elektromagnetických vln, význam plazmové frekvence. Rentgenová diagnostika horkého plazmatu. Mikrovlnná a korpuskulární diagnostika. Detekce neutronů.
16. Klasifikace elektrických výbojů. Samostatné a nesamostatné výboje. Voltampérová charakteristika výboje za sníženého tlaku, výboj tichý, doutnavý, obloukový, jiskrový. Townsendova teorie a zápalné napětí. Paschenův zákon. Termoemise, sekundární emise, studená emise, explozní emise, fotoemise. Excitace, disociace a ionizace, tvorba radikálů. Termální a netermální plazma, driftové oblasti, dosvit. Vysokofrekvenční a mikrovlnný výboj. Elementární procesy na elektrodách a v objemu výboje.
17. Výboje za atmosférického tlaku. Příklady výbojů za atmosférického tlaku. Kladná, záporná a bipolární koróna. Trichelovy pulzy. Warburgův zákon. Dielektrický bariérový výboj. Klouzavý výboj. Metody stabilizace a homogenizace výbojů za atmosférického tlaku.
18. Z-pinč. Bennettova rovnováha, průběh tlaku $p(r)$, Bennettův vztah pro teplotu pinče. Módy nestabilit. Reverzní pinč, Kruskalovy podmínky stability. Elektromagnetický kolaps. Samoorganizace magnetických struktur ve výboji.
19. Termonukleární fúze. Základní fúzní reakce. Historie, přítomnost a budoucnost, Lawsonovo kritérium. Princip tokamaku a stelarátoru. Inerciální fúze.

C) Obecné fyzikální základy, výpočty a modelování

20. Transportní děje. Ohmův, Fickův a Fourierův zákon, Onsagerovy relace reciprocity. Difúze, pohyblivost, ambipolární difúze. Difúze napříč magnetickým polem, vliv srážek na difúzi v magnetickém poli. Pohyby nabitých částic. Pohybová rovnice, adiabatické invarianty, drifts. Pohyb v magnetickém poli.
21. Statistická fyzika. Boltzmannova rovnice, Fokkerova-Planckova rovnice. Momentová věta, momenty Boltzmannovy rovnice.
22. Modelování a simulace jako nástroj analýzy fyzikálních systémů. Metody pro fyzikální simulace vlastností a jevů od atomární po makroskopickou úroveň. Simulace v rovnovážném a nerovnovážném stavu. Monte Carlo simulace. Ekvivalence modelů různých fyzikálních systémů. Programové prostředky pro počítačovou simulaci, oblasti použití, porovnání.
23. Numerická řešení rovnic. Metody řešení obyčejných a parciálních diferenciálních rovnic. Konvergence a stabilita, sítě, konečné prvky. Příklad diferenčního schématu. Hybridní metody. Metody pro řešení pohybových rovnic (Borisovo-Bunemanovo, Leap-frog schéma).