

LŠVT 2024 bude věnovaná výzkumu a aplikacím procesů v plazmatu a ionizovaném prostředí
(Prezentace a většina přednášek v angličtině pro pokročilé uživatele, doktorandy a pracovníky firem a výzkumné sféry)

LŠVT 2024

„Procesy v plazmatu a ionizovaném prostředí -
vlastnosti, diagnostika a aplikace“

“Processes in Plasma and Ionized Media - Properties,
Diagnostics and Applications”

27. 5. – 30. 5. 2024

Biskupský pivovar v Litoměřicích

Úterý 28. 5. 2024, dopoledne:

1) Elementární procesy v plazmatu a modelování chemické kinetiky

doc. RNDr. Radek Plašil, Ph.D., Katedra fyziky povrchů a plazmatu, Matematicko-fyzikální fakulta, Univerzita Karlova, Praha

Obsahem prezentace bude přehled základních elementárních procesů (excitace, ionizace, ion-molekulové reakce, rekombinace); způsoby jejich studia a určování rychlostních koeficientů i v závislosti na teplotě; popis formulování modelů chemické kinetiky a jejich vlastností. Výklad bude proložen příklady jako proces vzniku výbojů či vlastností plazmatu (vyzařování, opacita, profily koncentrace).

Elementary processes in plasma and modeling of chemical kinetics

The presentation will include an overview of the basic elementary processes (excitation, ionization, ion-molecule reactions, recombination); methods of studying them and determining their rate coefficients also as a function of temperature; description of the formulation of chemical kinetics models and their properties. The presentation will be complemented by examples such as the formation of discharges or the properties of plasmas (radiation, opacity, concentration profiles).

2) Interakce plazmatu s povrchy a plazmochemické technologie

doc. Mgr. Lenka Zajičková, Ph.D., CEITEC, VUT v Brně & Ústav fyziky kondenzovaných látek, Masarykova univerzita, Brno

Přednáška se bude zabývat základy interakcí mezi plazmatem a povrchem pevné látky s cílem pochopit detaily plazmového zpracování povrchu materiálů, plazmochemické depozice (PECVD) a plazmového leptání. Budou diskutovány vlastnosti stěnové vrstvy, oblasti mezi plazmatem a pevnou látkou, protože se jedná o důležité rozhraní, které řídí energii iontů a energetických těžkých částic dopadajících na povrch materiálu. Přehled různých povrchových procesů (fyzisorpce, chemisorpce, difúze, nukleace, růst vrstvy a iontové odprašování) pak poskytne základní znalosti nezbytné pro pochopení plazmových technologií. Přednáška bude zakončena uvedením konkrétních příkladů plazmově-chemických technologií: plazmové úpravy polymerů, PECVD tenkých vrstev oxidu křemičitého, organokřemíku, diamantu podobných uhlíkových vrstev (DLC) a plazmových polymerů, reaktivního iontové leptání (RIE) a hlubokého RIE (DRIE).

Plasma-surface interactions and plasma-chemical technologies

The talk will review the fundamentals of plasma-surface interactions with the aim of understanding the details of plasma treatment, plasma-enhanced chemical vapor deposition (PECVD), and plasma etching. The properties of plasma sheath, the region between plasma and solid material, will be discussed because it is a critical interface governing the energy of ions and energetic heavy particles impinging on the material surface. Then, the overview of different surface processes (physisorption, chemisorption, diffusion, nucleation, film growth, and ion sputtering) will provide the background knowledge necessary for understanding plasma technologies. The talk will be concluded by giving specific examples of plasma-chemical technologies: plasma treatment of polymers, PECVD of silicon oxide, organosilicon, diamond-like carbon (DLC), and plasma polymer thin films, reactive ion etching (RIE), and deep RIE (DRIE).

Úterý 28. 5. 2024, odpoledne:

3) Štúdium excitačných a disociatívnych zrážok elektrónov s molekulami metódou elektrónmi indukovanej fluorescence

prof. RNDr. Štefan Matejčík, DrSc., Katedra experimentální fyziky, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky, Univerzita Komenského v Bratislavě, Slovensko

Elektrónmi indukovaná fluorescence je experimentálna metóda umožňujúca štúdium kinetiky procesov excitácie, disociatívnej excitácie, ionizácie i disociatívnej ionizácie. Okrem poznatkov z kinetiky metóda umožňuje získavať aj emisné spektrá molekúl a atómov v závislosti od energie elektrónov a umožňuje získavať poznatky o excitovaných stavoch molekúl a atómov. Získané poznatky nachádzajú uplatnenie v oblastiach ako sú napr. materiálový výskum, diagnostiky plazmy, analytická chémia, či astronómia.

The study of excitational and dissociative collisions of electrons with molecules using the electron-induced fluorescence method

Electron-induced fluorescence is an experimental method that allows the study of the kinetics of electron induced processes such as excitation, dissociative excitation, ionization, and dissociative ionization of molecules and atoms. In addition to the kinetic data, the method enables the acquisition of emission spectra of molecules and atoms depending on the energy of electrons and provides insights into the excited states of molecules and atoms. The obtained knowledge finds applications in areas such as material research, plasma diagnostics, analytical chemistry, and astronomy, among others.

4) Záporné ionty: volné a solvatované

doc. Mgr. Fárník Michal Ph.D., DSc., Oddělení dynamiky molekul a klastrů, Ústav fyzikální chemie J. Heyrovského, Praha

Plazma je obvykle charakterizováno jako kvazineutrální prostředí – kladný náboj nesou ionty a záporný elektrony. Záporné molekulární ionty jsou často opomíjeny, přestože jsou všudypřítomné, a to z důvodu jejich obvykle mnohem nižšího výskytu. Představují však velmi důležité reaktanty, na které se v této přednášce zaměříme. Záporný iont vzniká při srážce pomalého elektronu s molekulou, kdy může vzniknout přechodný záporný iont (TNI), který je v zásadě metastabilní a může následovat několik scénářů: (1) rozptyl elektronu, který za sebou zanechá původní neutrální molekulu, možná v jiném kvantovém stavu; (2) disociativní záchyt elektronu (DEA), kdy dojde k přerušení vazby a odchod neutrálního fragmentu stabilizuje aniont; (3) TNI může být stabilizován uvolněním přístupové energie ve srážkách - tento proces je proveditelný pouze v prostředí, kde TNI projde dostatečným počtem srážek, než může dojít k procesu (1) nebo (2). V této přednášce se soustředíme na DEA (2) a zejména na procesy stabilizace TNI (3) a na to, jak tyto procesy ovlivňuje různé prostředí, ve kterém se ionty mohou tvořit. Popíšeme experimenty s molekulárními a elektronovými svazky ve vysokém vakuu, které přinášejí detailní pochopení těchto základních procesů na molekulární úrovni, a představíme několik příkladů.

Negative ions: free vs. solvated

Plasma is usually characterised as a quasineutral environment – the positive charge being carried by ions and the negative one by electrons. The negative molecular ions are often omitted despite their omnipresence, due to their usually much lower abundance. However, they represent very interesting species, on which we concentrate in this talk. The negative ion is formed in a collision of slow electron with molecule, where a transient negative ion (TNI) can be formed that is principally metastable and several scenarios can follow: (1) the electron scattering leaving the original neutral molecule behind, perhaps in a different quantum state; (2) dissociative electron attachment (DEA), where a bond breaks and the departure of a neutral fragment stabilizes the anion; (3) TNI can be stabilised releasing the access energy in collisions – this process is only feasible in an environment, where the TNI undergoes enough collisions before the process (1) or (2) can happen. In this report, we concentrate on the DEA (2) and especially on the TNI stabilization processes (3) and we will discuss how these processes depend on different environments, where the negative ions can be formed. We describe experiments with molecular and electron beams in high-vacuum, which bring a

detailed molecular-level understanding of these fundamental processes and a few examples will be introduced in the talk.

Středa 29. 5. 2024, dopoledne:

5) **Quadrupólová hmotnostní spektrometrie reaktivních neutrálu a iontů v plazmatu**

Prof. Dr. Jan Benedikt, Institute of Experimental and Applied Physics, Experimental Plasma Physics, Kiel University, Kiel, Germany

Přednáška představí základní principy kvadrupólové hmotnostní spektrometrie a prodiskutuje pokročilé koncepty hmotnostní spektrometrie s prahovou ionizací a s molekulovým svazkem pro detekci reaktivních neutrálních látek a časově a energeticky rozlišené iontové hmotnostní spektrometrie pro detekci kladných a záporných iontů pro nízkotlaké a atmosférické plazma.

Quadrupole mass spectrometry of reactive neutral species and ions in plasmas.

The lecture will present the basic principles of quadrupole mass spectrometry and discuss the advanced concepts of molecular beam threshold ionisation mass spectrometry for detection of reactive neutral species and time- and energy-resolved ion mass spectrometry for detection of positive and negative ions both for low-pressure and atmospheric plasmas.

6) **Ion-molekulové reakce pro analýzu stopových plynů: hmotnostní spektrometrie v proudové trubici s vybranými ionty**

prof. RNDr. Španěl Patrik Dr. rer. nat., Oddělení chemie iontů v plynné fázi, Ústav fyzikální chemie J. Heyrovského, Praha

Tato přednáška poskytuje přehled o rychlých a přesných analýzách stopových sloučenin ve vzduchu a lidském dechu, kterého je dosaženo díky specializovaným hmotnostním spektrometrům využívajícím Hmotnostní spektrometrie v proudové trubici s vybranými ionty (SIFT-MS). Tato technika umožňuje analýzu těkavých organických sloučenin a plynů, včetně amoniaku, sirovodíku a kyanovodíku, detekovatelných v extrémně nízkých koncentracích (až pptv). Metoda zahrnuje tvorbu reagentových iontů v elektrických výbojích, následovaných iont-molekulovými reakcemi s analyzovanými molekulami ve vzorku při tlaku nosného plynu pod 1 mbar. Prezentace se zaměří na konstrukci přístroje a základní fyzikální a chemické principy těchto analytických metod. Dále zahrne zajímavé příklady aplikace této technologie v různých oborech.

Ion-molecule reactions for trace gas analyses: selected ion flow tube mass spectrometry

This lecture provides an overview of the rapid and precise analyses of trace compounds in air and human breath, achieved through specialised mass spectrometers using Selected Ion Flow Tube Mass Spectrometry (SIFT-MS). This technique facilitates the analysis of volatile organic compounds and gases, including ammonia, hydrogen sulphide, and hydrogen cyanide, detectable at extremely low concentrations (down to parts per trillion by volume, pptv). The method involves the formation of reagent ions in electrical discharges, followed by ion-molecule reactions with analyte molecules in the sample at carrier gas pressures below 1 mbar. The presentation will cover the construction of the instrumentation and the fundamental physical and chemical principles of these analytical methods. Additionally, it will include interesting examples of how this technology is applied in various fields.

Čtvrtek 30. 5. 2024, dopoledne:

7) Využití plazmatu pro přípravu tenkovrstvých materiálů

doc. Ing. Jiří Čapek, Ph.D., Katedra fyziky, Fakulta aplikovaných věd, Západočeská univerzita v Plzni

Přednáška představí využití plazmatu pro přípravu tenkovrstvých materiálů. Po představení základních principů naprašování se přednáška zaměří na principy, výhody a nevýhody základních metod diodové a magnetronové depozice. V následující části bude představena a diskutována pokročilá metoda vysokovýkonového pulzního magnetronového naprašování.

Plasma utilization for deposition of thin films

The lecture will introduce the use of plasma for the preparation of thin-film materials. After presenting the basic principles of sputtering, the lecture will focus on the principles, advantages, and disadvantages of the basic methods of diode and magnetron deposition. In the following section, an advanced method of high-power pulsed magnetron sputtering will be introduced and discussed.

8) Simulace plazmatu a jejich aplikace pro magnetronové výboje

doc. Ing. Tomáš Kozák, Ph.D., Katedra fyziky, Fakulta aplikovaných věd, Západočeská univerzita v Plzni

Přednáška představí fluidní a kinetické přístupy k počítačovému modelování plazmatu. Budou diskutovány klíčové aspekty formulování plazmových modelů a možnosti a limity

různých simulačních metod. Budou ukázány příklady dílčích simulací procesů v nízkoteplotním plazmatu, zejména aplikace pro magnetronové výboje pro depozici vrstev.

Plasma simulations and their applications to magnetron discharges

The lecture will present fluid and kinetic approaches used in computer simulations of plasma discharges. It will discuss key aspects of plasma model formulation and the capabilities and limits of various simulation methods. Examples of simulations of processes in low-temperature plasmas will be shown, especially applications to magnetron discharges for thin film deposition.