

Shunday keltirilgan sxema bo'yicha kompyuter ekranida harakatli tasvir amalga oshiriladi. Bu texnologiyalardan foydalanish darsda vaqtni tejashga, turli o'quv vositalari usullarini tashkil qilishga, ta'lim jarayonida ko'rgazmalik darajasini oshirishga, o'quv jarayonini jonlantirishga, emotsional holatni oshirishga imkon beradi.

Ta'limni kompyuterlashtirish insonning aqliy rivojlanishiga ulkan hissa qo'shadi. Chunki, kompyuter yordamida o'qitish jarayonida inson fikrlash usul va metodlari qatoridan induksiya va deduksiya, umumlashtirish va aniqlashtirish, tahlil va sintez, tasniflash va tizimlashtirish, abstraklashtirish va o'xshatish kabilar tabiiy ravishda o'rin oladi. Bular esa mantiqiy xulosa chiqarish uchun fikrlarni ifodalash, asoslash va isbotlashga, shu asosda mantiqiy fikrlashning o'sishiga asos bo'lib xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati:

1. Нишоналиев У. Янги педагогик ва ахборот технологиялари :муаммолар, ечимлар/ «Таълимда ахборот технологиялари» мавзусидаги республика илмий-амалий конференцияси материаллари. -Тошкент: ТДПУ, 2000.

2. Кузнецова Н.Е., Злотников Э.Г. Об организации химического образования в школах США //Химия в школе. -1999. -№7. -С. 57-61.

PECVD JARAYONLARINI DIAGNOSTIKA VA MONITORING QILISH USULLARI

G'oirov Bunyod Anorboyevich

Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zMU fizika fakulteti magistranti

Annotatsiya: Hozirgi kunda fan va texnologiyani rivojlanishida nanotexnologiyani o'rni ortib bormoqda. Ayniqsa, olinayotgan nanoo'chamdagi zarralar, nanokalsterlarni va qatlamlarni analitik o'lchash, tekshirish quyidagi asboblarni o'rni benihoya katta hisoblanadi.

Kalit so'zlar: PECVD, LIF, OES, MS, AFM, Raman spektrometr, Ellipsometr.

Yupqa qatlamlarni o'stirishda, PECVD metodinig tashqi va ichki parametrlari, hamda qatlam xususiyatlari o'rtasidagi munosabatlar juda murakkab. Agar biz reaktor ichida sodir bo'layotgan jarayonlarni tushunish, nazorat qilish va optimallashtirish uchun ichki parametrlarni (zarrachalar hosil bo'lishi, ularning oqimi va energiyasi kabi) bilish juda muhimdir. Quyida keltirilgan jadval plazma diagnostikasining turli usullarida, ma'lumotlarni kiritish, umumiy jarayon, kirish parametrlari va plazma xususiyatlari o'rtasidagi o'zaro bog'liqlik, shuningdek, har bir PECVD tizimining o'ziga xos xususiyatlarini tushunishni rivojlantirish imkoniyatini beradi.

1-jadval: PECVD jarayonlarini ilg'or tahlil qilish va nazorat qilish uchun mos diagnostika usullari va ularning imkoniyatlari [4].

Plazma diagnostika usullarini ko'p jihatdan tasniflash mumkin. Misol uchun:

1) ular o'lchaydigan zarralar (elektronlar, ionlar, radikallar, fotonlar va boshqalar);

2) faol bo'lish orqali (tizimga qo'shimcha signalni lazer bilan induktsiyalangan floresansda (LIF) lazer nurlari yoki Langmuir zondlarida tashqi kuchlanishni kiritish;

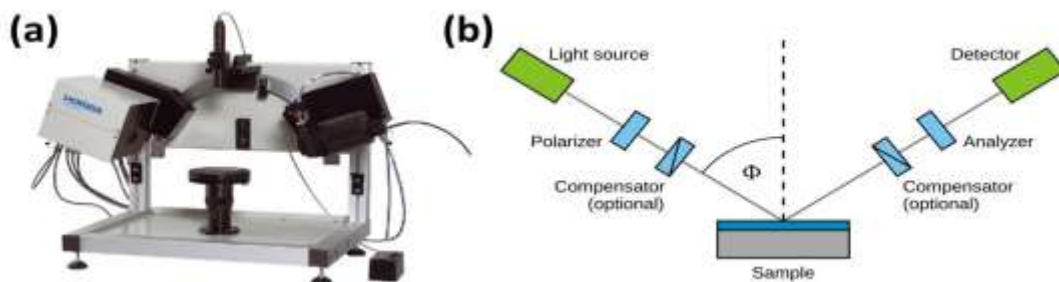
3) passiv bo'lish orqali (massspektrometriyada neytrallardan namuna olish yoki optik emissiya spektroskopiyasida (OES) chiqarilgan yorug'lik);

4) baholashga yordam beradigan parametrlar bo'yicha (n_e , n_R va boshqalar) [1,3].

Bundan tashqari, jadvalda keltirilgan mavjud vositalar to'g'ridan-to'g'ri taglik yuzasida qatlam o'sish jarayonini kuzatish va qatlamlarning massasi/zichligi, optik, elektr va boshqa xususiyatlarini boshqaradi. Har qanday PECVD tizimini diagnostika qilishda eng ko'p uchraydigan muammolaridan biri bu elektr yoki optik komponentlarning cho'ktirilgan qatlamlar bilan ifloslanishidir; bu o'lchash aniqlikni sezilarli darajada kamaytirishi va mahsulot sifatini pasayishiga olib keladi.

Bunday muammolarni hal qilish usullari texnika va jarayonni borishiga bog'liq. Ana shunday kamchiliklarni bartaraf qilish usullari mavjud; shu jumladan panjurlardan foydalanish (faqat o'lchovning o'zi qisqa vaqt ichida ochiladi); uzoq inert gazni tozalash; oyna va linzalarda cho'kishni minimallashtirish uchun diafragmali kollimatorlardan foydalanish; to'plangan qatlamni issiqlik bilan bug'lash yoki purkash bilan olib tashlash uchun elektr (Langmuir) probalariga yuqori musbat yoki salbiy kuchlanishlarni qo'llash va boshqa yondashuvlar [1-3,4-6].

Spektral elipsometriya turli xil sohalarda qo'llaniladigan nanostrukturalarning, optik konstantalari va qalinliklarini o'ta yuqori, nanometrning o'ndan biri aniqlikda o'lchash imkonini beradi. Bunday aniqlikka ehtiyoj, birinchi navbatda zamonaviy mikro- va nanoelektronikada, optik qoplamlar texnologiyasida, elektrokimyoviy jarayonlarni o'rganishda, biologiyada va boshqa qator sohalarda yuzaga keladi [7].

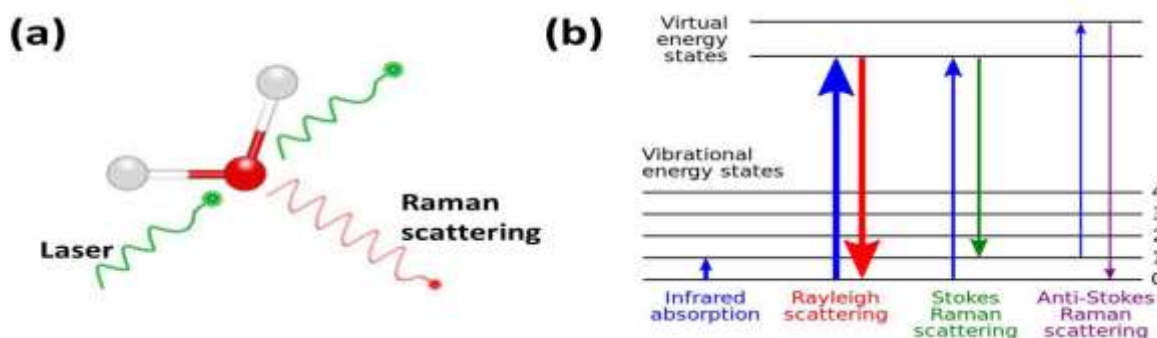


1-rasm. Spektral elipsometrning tuzilishi va ishlash prinsipi.

Diagnostics method	Measured parameters	Derived characteristics	Perturb the plasma	Time resolution	Space resolution	Cost	Contamination a problem	Advantages	Shortcomings/ comments
(a) Plasma bulk Langmuir probes	I-V characteristics; ion and electron currents	n_e , T_e , V_p , λ_D , EEDF	Slightly	10^{-5} s	5 mm	\$-\$\$	+++	Simple instrumentation	Complex interpretation
Mass spectrometry	Mass-selective intensity	Concentrations of atoms, molecules, and fragments	Slightly	10^{-3} s	1 cm	\$\$-\$\$\$	++	Many species, straightforward	Differential pumping, short-lived species
Ion energy analysis	Ion current	IEDF	Slightly	10^{-4} s	1 cm (0.1 mm)	\$	+++	Direct ion flux	No mass resolution
Optical emission spectroscopy	Spectrally resolved emission intensity	Concentrations of atoms, molecules, and fragments; vibrational and rotational temp., partial info. on EEDF	No	10^{-9} s	1 mm $\times$ 10 cm	\$-\$\$\$	+	Easy to set up	Indirect, convoluted interpretation
Absorption spectroscopy	Spectrally resolved absorption	Concentrations of atoms, molecules, and fragments	No	10^{-9} s	1 mm $\times$ 10 cm	\$\$\$	+	Access to radical densities	Bulky, limited set of species
Laser-induced fluorescence	Induced light intensity	Concentrations of atoms, molecules, and fragments	No	10^{-9} s	1 mm $\times$ 10 cm	\$\$\$	+	Access to radical densities	Bulky, limited set of species
Plasma impedance	Current, voltage, phase shift	Resistance, capacitance, n_e	No	10^{-3} s	None	\$	-	Simple	Indirect, convoluted interpretation
(b) In situ real-time film growth monitoring Quartz crystal microbalance	Vibration frequency	Mass, d , n_D , density (indirect)	Slightly	1 s	1-5 nm	\$	-	Simple	Sensitive to heating and to electric fields
Interferometry	Light intensity in transmission or reflection	d , n , n_D	No	10^{-3} s	1-5 nm	\$-\$\$	+	Simple	Single wavelength or multiwavelength; transparent films
Spectroscopic reflection/transmission	Spectrally resolved light intensity	d , n , n_D	No	10^{-3} s	1-5 nm	\$\$	+	Wide range of λ	Partially transparent films
Spectroscopic ellipsometry	Ellipsometric angles $\Psi(\lambda)$ and $\Delta(\lambda)$	d , n , k , n_D	No	10^{-1} s	0.2 nm	\$\$\$	+	Precise assessment of n and k in a wide range of λ	Costly, only for at least partially transparent films
Resistivity	Current, resistance	d	No	10^{-3} s	Depends on knowledge of the resistivity	\$	-	Simple	Only for conductors, affected by electric fields

Boshqa analitik usullardan farqli, ellipsometriya usuli juda sodda bo‘lib, namunalarni oldindan maxsus tayyorlashni talab etmaydi, o‘lchash vaqtida na‘munalar xususiyatlariga ta‘sir ko‘rsatmaydi. Uslubning yuqorida keltirilgan barcha afzalliklari uni ommalashishiga va nafaqat ilmiy tadqiqotlar uchun, balki nanoindustriya sohasidagi turli xil texnologik jarayonlarni nazorat qilish uchun keng qo‘llanilishga olib keldi.

Yana bir asosiy diagnostika usuli bu Raman spektroskopiyasi. Unda yorug‘likning molekular sochilishi va uning spektral tarkibi haqida batafsil ma‘lumotlarni olishimiz mumkin [7].



2-rasm. Raman spektroskopiyasining ishlash prinsipi.

Molekula yorug‘lik bilan ta‘sirlashganda molukula tebranishi va fotonlar orasida o‘zaro energiya almashinuvi yuzaga keladi. Sochilish natijasida hosil bo‘lgan tushayotgan va sochilgan nur chastotalarining farqi o‘rganilayotgan molekulaning normal tebranishlari haqida aniq ma‘lumot beradi. Bu hol alohida atom yoki molekuladan tashqari o‘zaro bog‘langan atomlar

gruppasi uchun ham o‘rinli. Lazer nurining to‘lqin uzunligiga qarab namunani turli chuqurlikda o‘rganish mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati:

1. I.H. Hutchinson, Principles of Plasma Diagnostics, Cambridge University Press, Cambridge (2002).263
2. R. Hippler, S. Pfau, M. Schmidt, K.H. Shoenbach (Eds.), Low Temperature Plasma Physics: Fundamental Aspects and Applications, Wiley-VCH, Berlin (2001).
3. F. Chen, Lecture Notes on Principles of Plasma Processing, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York (2003).161.
4. L. Martinu, O. Zabeida, J. Klemberg-Sapieha Plasma-Enhanced Chemical Vapor Deposition of Functional Coatings Published (2010).407
5. H. Aguas, R. Martins, E. Fortunato, Vacuum 56 (2000) 31.
6. P. Spatenka, H. Suhr, Plasma Chem. Plasma Process. 13 (1993) 555.
7. HAL Id: tel-01688695 <https://pastel.archives-ouvertes.fr/tel-01688695> Submitted on 19 Jan 2018. 43.

MURAKKAB FUNKSIYALARDAN OLINGAN ANIQ INTEGRALNI TAQIRIBIY HISOBLASH

Po‘latov Baxtiyor Sobirovich

O‘zMU Jizzax filiali “Amaliy matematika” kafedrasida katta o‘qituvchisi

Xurramov Yodgor Safarali o‘g‘li

O‘zMU Jizzax filiali “Amaliy matematika” kafedrasida assistenti

Ibrohimov Javohir Bahromovich

O‘zMU Jizzax filiali “Amaliy matematika” kafedrasida assistenti

Annotatsiya. Odatda, aniq integrallar Nyuton-Leybnis formulasi yordamida hisoblanadi. Bu formula boshlang‘ich funksiyaga asoslanadi. Ammo boshlang‘ich funksiyani topish masalasi doim osongina hal bo‘lavermaydi. Agar integral ostidagi funksiya murakkab bo‘lsa, tegishli aniq integralni taqribiy hisoblashga to‘g‘ri keladi.

Kalit so‘zlar: To‘g‘ri to‘rtburchaklar formulasi, trapesiyalar formulasi, Simpson formulasi, integralni taqribiy hisoblash, taqribiy hisoblash xatoligi.

Faraz qilaylik, $f(x)$ funksiya $[a, b]$ segmentda berilgan va uzluksiz bo‘lsin. Demak, $f(x) \in R([a, b])$,

$$\int_a^b f(x)dx$$

integralni taqribiy hisoblash uchun quyidagi

$$\int_a^b f(x)dx \approx \frac{b-a}{n} \sum_{k=1}^{n-1} f\left(x_{k+\frac{1}{2}}\right) \quad (1)$$

formulaga kelaymiz.

(1) formula **to‘g‘ri to‘rtburchaklar formulasi** deyiladi.

Endi (1) taqribiy formulaning xatoligi quyidagi: