



ISSN 2181-1296

ILMIY AXBOROTNOMA

НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК

SCIENTIFIC JOURNAL

2022-yil, 3-son (133)

ANIQ FANLAR SERIYASI

Matematika, Mexanika, Informatika, Fizika

Samarqand viloyat matbuot boshqarmasida ro'yxatdan o'tish tartibi 09-25.
Jurnal 1999-yildan chop qilina boshlagan va OAK ro'yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR
BOSH MUHARRIR O'RINBOSARLARI:

R. I. XALMURADOV, t.f.d. professor
H.A. XUSHVAQTOV, f.-m.f.d., dotsent
A. M. NASIMOV, t.f.d., professor

TAHRIRIYAT KENGASHI:

SH.A.ALIMOV	- O'zFA akademigi
M.X.ASHUROV	- O'zFA akademigi
S.N.LAKAYEV	- O'zFA akademigi
M.M.MIRSAIDOV	- O'zFA akademigi
A.S.SOLEEV	- f.-m.f.d., professor
I.A.IKROMOV	- f.-m.f.d., professor
B.X.XO'JAYAROV	- f.-m.f.d., professor
A.G.YAGOLA	- f.-m.f .d., professor (Moskva davlat universiteti, Rossiya)
I.I.JUMANOV	- f.-m.f .d., professor
X.X.XUDOYNazarov	- t.f.d., professor
A.X.BEGMATOV	- f.-m.f .d., professor
Yu.S.VOLKOV	- f.-m.f .d., professor (Novosibirsk davlat universiteti, Rossiya)
N.N.NIZAMOV	- f.-m.f.d., professor
L.SABIROV	- f.-m.f .d., professor
A.JUMABOYEV	- f.-m.f .d., professor
MASLINA DARUS	- Malayziya milliy universiteti professori, Malayziya
ALBERTO DEL BIMBO	- Florensiya universiteti professori, Italiya

Obuna indeksi – yakka tartbidagi obunachilar uchun - 5583,
tashkilot, korxonalar uchun - 5584

MUNDARIJA / СОДЕРЖАНИЕ / CONTENTS

МАТЕМАТИКА / МАТЕМАТИКА / MATHEMATICS

Absalamov A.T., Ziyadinov B.A. On one of the family of evolution operators.....	4-9
Хасанов Т.Г. Задача Коши для Уравнения кортевега-де фриза с нагруженными членами и источником в классе быстроубывающих функций.....	10-19
Akratova D.I., Soleev A. Newton polyhedra in estimates for the Fourier transform of characteristic functions and convolution operators.....	20-32
Alladustova I.U. The number of eigenvalues of the discrete schrödinger operator associated to a system of two bosons on a lattice	33-38
Almuratov F.M. Asymptotics for eigenvalues of schrödinger operator associated to one-particle systems on one dimensional lattice.....	39-46
Akhmadova M.O. On the existence of roots of some matrix-type functions, estimates for the roots and their number	47-50
Akhmedov A.B., Kuldibaeva L.A., Kholmanov N.Y. Modified non-classical theory of plate bending.....	51-57
Ибрагимов А.М., Негматов А.Б. Спектральные свойства оператора дирака с периодическим потенциалом на всей прямой	58-66
Ochilov Z.Kh. Integral geometry problems with perturbation in the family of parabolas with a weight function of a special form.....	67-73
Икромов И.А., Сафаров А.Р., Вахобова Г.Б. Об оценке тригонометрических интегралов с неполной квадратичной фазой.....	74-81
Собиров Ш.К. Интегрирование нагруженного модифицированного уравнения кортевега-де фриза с самосогласованным источником интегрального типа в случае простых собственных значений.....	82-89

МЕХАНИКА / МЕХАНИКА / MECHANICS

Хужаёров Б.Х., Сайдуллаев У.Ж., Шадманов И.Э. Численное решение осесимметричной задачи фильтрации суспензий с образованием упруго - пластического кейк-слоя.....	90-95
--	-------

ИНФОРМАТИКА / ИНФОРМАТИКА / INFORMATICS

Nazarov F.M., Yarmatov Sh.Sh. Artificial intellectual mechanisms in control systems and their application.....	96-105
--	--------

ФИЗИКА / ФИЗИКА / PHYSICS

Jumabayev A., Xushvaqtoev H., Absanov A., Sharifov G., Ernazarov Z., Odilova S. Meta-ksilol va uning eritmalarida molekulararo ta'sirlarni kombinatsion sochilish spektrlarida namoyon bo'lishi.....	106-110
Кувандиков О.К., Ражабов Р.М., Шодиев З.М., Амонов Б.У., Сулайманов О.А., Ахтамов Ж.Ш. Магнитные свойства редкоземельных хромоборатов $RCr_3(BO_3)_4$ (R=Dy, Ho) при высоких температурах.....	111-114
Ахмеджанов Ф.Р., Тугалов Ф.Б. Характеристики акустических волн в кристаллах германата-лития.....	115-118

<i>Vapayev M.E., Sobirov B.R., Kamalov Sh.R., Davletov I.Y., Boltaev G.S.</i>	
Lazer nurlanishi ta'sirida mis sirtida hosil qilingan plazmasining optik xususiyati.....	119-124
<i>Шаронов И.А., Алибеков А.С., Ахмедов Я.А., Салимов М.И., Сандибоев А.Н., Холматов А.</i>	
Нейтронно-активационный и гамма-спектроскопический анализ при исследовании некоторых объектов археометаллургии.....	125-138
<i>Mamatqulov O.B., To'xtayev U.U., Tog'ayev B.S., Umirzaqov E.A., Amonova R.O', Temirov Sh.S., Sayfiyev Sh.Sh., Qilichev A.Q.</i>	
Lalmi ekinlarining ayrim donli mahsulotlarida tabiiy ⁴⁰ k radionuklidining to'planishini o'rganish.....	139-144
<i>Mustafayev T.Sh., Axmedjanov F.R., Eshniyozov O.I.</i>	
Kvars kristallarida akustik to'lqinlarning so'nish anizotropiyasi.....	145-151
<i>Mamatqulov O.B., Safarov A.N., To'xtayev U.U., Tog'ayev B.S., Umirzaqov E.A., Nurmurodov L.T., Amonova R.O', Yusupov M.N., Haydarov U.E., Sayfiyev Sh.Sh., Temirov Sh.S.</i>	
Samarqand viloyati Nurobod tumani ayrim hududlaridagi ichimlik suvlarining radioaktivligi	152-156
<i>Рахматуллаев И.А., Чернега Н.В., Давронов М.Х., Хайдаров Х.С.</i>	
Одно- и двухфотонно-возбуждаемая люминесценция микропорошков диоксида титана при лазерном возбуждении.....	157-163
<i>Ergashev K.E., Tojiyev R.I., Jurayev B.Sh., Shaymanov A.M., Boyqobilov T.I.</i>	
(16447) Vauban asteroidining optik kuzatuvlari va faza funksiyasi tahlili.....	164-170
<i>Payzullayev A.N., Gafurova M.V., Allayev B.A., Tellyayev S.K., Mirzayev S.Z.</i>	
Nanosuyuqlikning qovushqoqligi va barqarorligining kremniy dioksidi nanozarrachalari chiziqli o'lchamiga bog'liqligi.....	171-175

Mualliflarga

УДК 535.0

**LAZER NURLANISHI TA'SIRIDA MIS SIRTIDA HOSIL QILINGAN PLAZMASINING
OPTIK XUSUSIYATI****M.E.Vapayev,¹ B.R.Sobirov,² Sh.R. Kamalov,² I.Yu.Davletov,¹ G. S . Boltaev²**¹*Urganch davlat universiteti*²*U.A.Arifov nomidagi Ion-plazma va lazer texnologiyalari instituti*

Annotatsiya. Ushbu ishda qattiq agregat holatdagi mis elementini normal atmosfera bosimida to'liq uzunligi 1064 nm, impuls davomiyligi 28 ps bo'lgan Nd: YAG lazer nurlanishi ta'sirida hosil bo'lgan plazma spektroskopik usul yordamida o'rganildi. Mis sirtida hosil qilingan lazer plazmasi asosiy xususiyati bo'lgan elektron temperaturasi uch xil usulda aniqlandi. Bular lazer nuri quvvat zichligiga bog'liq ravishda va bir xil ion o'tishdan hosil bo'lgan ikkita spektral chiziqning intensivligi nisbati bilan hamda Boltsman tenglamasidan foydalanib hisoblandi.

Kalit so'zlar: LIBS, spektroskopiya, lazer plazmasi, elektron temperaturasi

**Оптические свойства плазмы, образующихся на поверхности меди под
воздействием лазерного излучения**

Аннотация. В работе спектроскопическими методами исследована плазма, образующаяся под действием излучения Nd:YAG-лазера с длиной волны 1064 нм и длительностью импульса 28 пс при нормальном атмосферном давлении. Электронная температура, являющаяся основной характеристикой лазерной плазмы, образующейся на поверхности меди, определялась тремя различными способами. Они были рассчитаны в зависимости от плотности мощности лазерного излучения и соотношения интенсивностей двух спектральных линий, образованных одним и тем же ионным переходом, а также с использованием уравнения Больцмана.

Ключевые слова: LIBS, спектроскопия, лазерная плазма, температура электронов.

**Optical properties of plasma formed on the surface of copper under the influence of laser
radiation**

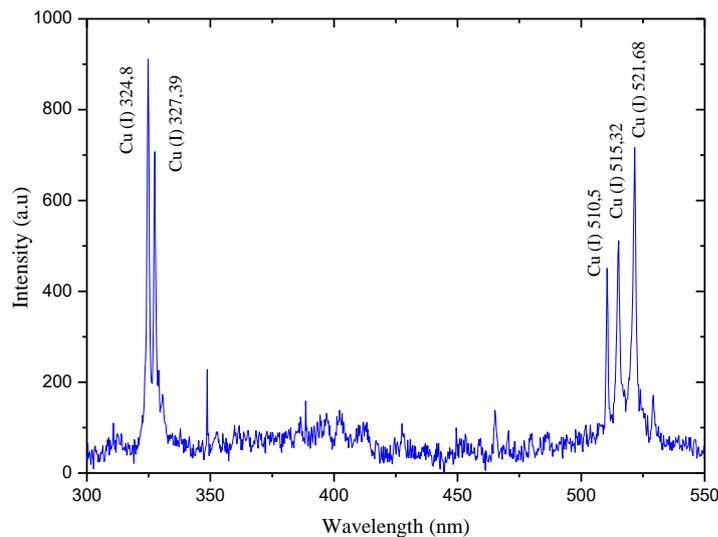
Abstract In this study, the plasma formed by the action of Nd: YAG laser radiation with a wavelength of 1064 nm and a pulse duration of 28 ps at normal atmospheric pressure was studied spectroscopically. The main feature of the laser plasma formed on the copper surface is that the electron temperature was determined in three different ways. These were calculated depending on the power density of the laser, the ratio of the intensities of two spectral lines formed by the same ion transition, and using the Boltzmann equation.

Keywords: LIBS, spectroscopy, laser plazma, electron temperature

Hozirgi kunda lazer bilan ta'sir qilish orqali metallarni optik xususiyatlarini o'rganish, metallarda yuqori temperaturali plazma olish va spektral tahlil qilishga keng imkoniyatlar yaratildi. Lazer spektroskopiyasida (LIBS) plazma lazer nurini fokuslash orqali nishon yuzasida hosil bo'ladi [1]. LIBS texnikasi ishlab chiqilgandan so'ng, mis plazmasi yillar davomida ko'plab tadqiqotchilar tomonidan turli jihatlarida o'rganilgan [2,3]. LIBS-atom emissiyasi spektroskopiyasining analitik texnikasi bo'lib, uning yordamida suyuq, qattiq yoki gaz holatidagi har qanday turdagi moddalarni tahlil qilish mumkin [4,5]. Elektrotexnika sanoatida mis eng muhim element hisoblanib elektr o'tkazuvchanligi juda yuqoridir. Bundan tashqari ushbu metodika boshqa qotishmalar zargarlik va bronza haykaltaroshligida ham qo'llaniladi. Bronza tarkibida mis mavjud. Qishloq xo'jaligida u suv

o‘tlarini o‘ldiradigan vosita sifatida ishlatiladi. Bugungi kunda ushbu sohadagi texnologiyalarni asosiy qismini tashkil qiluvchi misni qayta ishlash va qayta tiklash hamda qazib olingan rudalardan misni ajratib olish, tarkibini sifat va miqdor jihatdan tahlil qilishga qiziqish juda katta.

Ushbu ish LIBS usulida elementar tahlil qilish va plazma tarkibiy tuzilishini tadqiq qilishni o‘z ichiga oladi. Bunda normal atmosfera sharoitida qattiq agregat holatidagi mis (Cu) elementini to‘lqin uzunligi 1064 nm va impuls davomiyligi 28 ps bo‘lgan Nd:YAG lazeri bilan nurlantirildi va hosil bo‘lgan plazmaning emission parametrlarini nur tolali optik spektrometr yordamida tahlil qilindi. Spektral qurilma plazma spektrini to‘lqin uzunligi 200 nm dan 1100 nm oraliqlarida tahlil qilish imkonini beradi. Bunda spektr tarkibida (Cu) elementini (I) bir zaryadli ionlardan hosil bo‘ladigan ion o‘tishlari mavjudligini ko‘rsatdi (1-rasm).



1-rasm. Mis elementi sirtida hosil qilingan lazer plazmasining nurlanish spektri.

Mis sirtida hosil qilingan lazer plazmasining asosiy xususiyati bo‘lgan ektron temperaturasini aniqlashni birinchi usulida taklif qilingan nazariy madelda kvazistatsionar holatlarda analiz qilinayotgan moddani atom massasiga ta’sir qilayotgan lazerning quvvat zichligiga va ko‘p zaryadli ion soniga bog‘liq [6,7]. Quyidagi [8] ishda ko‘p sonli tajribalar natijasiga ko‘ra lazer nurini quvvat zichligini o‘zgarishi ($q=10^9-10^{14}$ W/sm²) bilan elektron temperaturasining o‘zgarishi keltirilgan. Temperaturani aniqlash ifodasi quyidagicha [9]:

$$T = q^{4/9} A_z^{2/9} \left(\frac{Z}{Z+1} \right)^{2/3} \quad (1)$$

Bu yerda q - fokuslangan lazer nurlanishining quvvat zichligi, A - atom massa, Z - plazmadagi ko‘p zaryadli ionlar soni. Mis elementini plazma elektron temperaturasini lazerni quvvat zichligi, atom massa va ko‘p zaryadli ionlar soniga bog‘liq ravishda aniqlashda tajriba uchun tanlangan Nd-YAG lazerini quvvat zichligi $1,8 \cdot 10^{12}$ W/sm². Mis elementining atom massasi 63,54 g/mol, $Z=1$ ga teng. Berilgan kattaliklarni (1) ifodaga qo‘yildi va bir zaryadli o‘tishlarda elektron temperaturasi mos ravishda 8,22 eV ga teng ekanligi aniqlandi.

Mis plazma parametrini aniq baholash uchun plazma qalinligini diqqat bilan ko‘rib chiqish kerak. Umuman olganda, plazmalarni yupqa va qalin guruhlariga ajratish mumkin. Yupqa plazmalarda nurlanishning reabsorbtsiyasi (qayta yutilish) ahamiyatsiz. Binobarin, spektroskopik tahlilda o‘z-o‘zidan yutulmaydigan spektral nurlanish ko‘rish chizig‘i bo‘ylab barcha spektral emissiyalarning yig‘indisini hisobga olgan holda baholanadi. Optik qalin plazmalarda radiatsiya yutulishi sodir bo‘ladi, spektroskopik tahlilda o‘z-o‘zidan yutulish hodisasiga olib keladi. Qalin plazmalarda yorug‘lik

plazmaning ichki issiq qismlaridan chiqarilganda va tashqi sovuq hududlarga o'tganda, yorug'lik bir xil turdagi atomlar va molekulalar tomonidan yutulishi mumkin. Yorug'lik manbasining bunday yutilish turi o'z-o'zidan yutilish deb ataladi. Plazma parametrlarini baholashda yuzaga keladigan asosiy xato - bu o'z-o'zidan yutilish natijasida spektral intensivlikning (eroziyasi) yemirilishidir. Bu hodisa cho'qqi (pikni) balandligining pasayishiga va spektral chiziq kengligining ortishiga olib keladi. Ba'zi hollarda spektral chiziqning markazida yutilish uning yon tomonlariga qaraganda kuchliroq bo'ladi, shuning uchun yutilish o'z-o'zidan teskari bo'lib ko'rinadi [10,11]. Qalin plazmalar o'z-o'zini qaytarish, ayniqsa kuchli rezonans chiziqlarida bir xil bo'lmaganda sodir bo'ladi. Bunda plazma sohasining tashqi qismlaridan yutuvchi atomlar hisobiga spektral chiziqlarda markaziy pasayish kuzatiladi. O'z-o'zidan yutilish, asosan, yuqori darajadagi qo'zg'alish energiyasi past bo'lgan atom chiziqlari yoki yuqori o'tish ehtimoli bo'lgan spektral chiziqlar uchun muhimdir. Reabsorbtsiyalangan (qayta yutilgan) plazmadagi spektroskopik maqsadlarda spektral intensivlik plazma parametrlari, shuningdek emissiya koeffitsientlari bilan murakkab bog'liqlikka ega. Bu lokal termodinamik muvozanat (LTE) holatida lazer ta'siridan kelib chiqqan plazmalar uchun o'z-o'zini yutish effekti o'rganiladi. Lokal termodinamik muvozanatdagi plazma uchun zarrachalar guruhining (uyg'ongan holatlar) energetik sathi Boltsmanning taqsimot qonuni bilan ifodalangan [12]:

$$\frac{n_{k,Z}}{n_Z} = \frac{g_{k,Z}}{P_Z} \exp\left(-\frac{E_{k,Z}}{k_B T}\right) \quad (2)$$

Bu yerda Z ionlanish bosqichidagi zarrachalar soni (ionlar soni) ($Z = 0$ va 1 mos ravishda neytral va yakka ionlangan atomlarga mos keladi), k_B - Boltzman doimiysi, T - plazma temperaturasi, $n_{k,Z}$, $E_{k,Z}$ va $g_{k,Z}$ - mos ravishda zarrachalarning soni, energiya va bir xil yuqori energiyali sathning darajasi k , n_Z - elektron zichligi va P_Z - Z ionlanish bosqichidagi zarrachaning termodinamik funksiyasi. Optik jihatdan yupqa plazma, yani juda kam nurlanish yutiladigan plazmadagi ionlanish darajasi Z bo'lgan zarrachalarning yuqori energetik va quyi energetik sathlari orasida hosil bo'lgan spektral chiziqning to'la intensivligi I_Z quyidagicha ifodalanadi.

$$I_Z = \frac{hc}{4\pi\lambda_{ki,Z}} A_{ki,Z} n_{k,Z} L \quad (3)$$

Bu yerda h - Plank doimiysi, c - yorug'lik tezligi, L - plazmaning xarakteristik uzunligi, $A_{ki,Z}$ - o'tish ehtimoli va $\lambda_{ki,Z}$ - o'tish chizig'i to'lqin uzunligi. Tenglamalar (2) va (3) dan quyidagi tenglama kelib chiqadi.

$$I_Z = \frac{hc}{4\pi\lambda_{ki,Z}} A_{ki,Z} L \frac{n_Z}{P_Z} g_{k,Z} \exp\left(-\frac{E_{k,Z}}{k_B T}\right) \quad (4)$$

(4) tenglamadan natural logorifm olsak

$$\ln\left(\frac{I_Z \lambda_{ki,Z}}{g_{k,Z} A_{ki,Z}}\right) = -\frac{1}{k_B T} E_{k,Z} + \ln\left(\frac{hc L n_Z}{4\pi P_Z}\right) \quad (5)$$

Agar bu chizikli tenglamaning (Boltzman tenglamasi deb ataladi) chap tomoni $\ln\left(\frac{I_Z \lambda_{ki,Z}}{g_{k,Z} A_{ki,Z}}\right)$ yuqori sathda bir necha qayta o'tishlar uchun Z ionlanish bosqichidagi zarrachalarning energiyasini ifodalasa u holda o'rnatilgan qiyalik $-\frac{1}{k_B T}$ ga teng bo'ladi, bu esa temperaturani aniqlaydi. T ning qiymati

Boltzman tenglamasining darajalovchisi o'zgaruvchisi deb xulosa qilinadi. Termodinamik muvozanat holatida va plazma optik jihatdan yupqa deb faraz qilinganda (5)-tenglamaga ega bo'linadi. Plazma

uyg'ongan elektron temperaturasini ikkinchi usul bir xil ion o'tishdan hosil bo'lgan ikkita spektral chiziqning intensivligi nisbati bilan aniqlash mumkin.

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{g_1 A_1 \lambda_2}{g_2 A_2 \lambda_1} \exp \left[-\frac{(E_1 - E_2)}{k_B T_e} \right] \quad (6)$$

Agar bir xil ion chiqaradigan ikkita spektral chiziq 1 va 2 deb belgilangan bo'lsa, uyg'ongan elektron temperaturasini quyidagi tenglamalar orqali topish mumkin [13, 14].

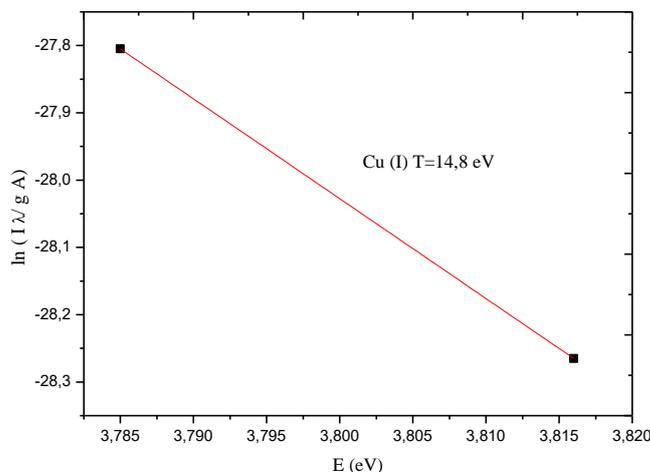
$$\ln \left(\frac{I_1 \lambda_1}{g_1 A_1} \right) - \ln \left(\frac{I_2 \lambda_2}{g_2 A_2} \right) = -\frac{(E_1 - E_2)}{k_B T_e} \quad (6a)$$

$$T_e = \frac{E_2 - E_1}{\left[\ln \left(\frac{I_1 \lambda_1}{g_1 A_1} \right) - \ln \left(\frac{I_2 \lambda_2}{g_2 A_2} \right) \right] k_B} \quad \text{yoki} \quad T = \frac{(E_2 - E_1)}{k \ln \left(\frac{I_1 \lambda_1 A_2 g_2}{I_2 \lambda_2 A_1 g_1} \right)} \quad (6b)$$

324,75 nm va 327,39 nm dagi ikkita spektr linya chiziqni olib, ushbu tenglamada tajribada kuzatilgan chiziq intensivliklari va boshqa doimiylardan (1-jadval [15]) foydalanib plazma uyg'ongan elektron temperaturasi hisoblanib 14,8 eV ga teng ekanligi aniqlandi. Ikkita Cu (I) 324,75 va Cu (I) 327,39 linyali ion o'tishlarda Boltsman chiziqli grafigi hosil qilindi (2-rasm). Grafikda qiyalik temperaturani qiymatini bildirib yuqorida (6b) tenglamadan xisoblangandagidek 14,8 eV ga teng ekanligi kelib chiqdi. Xuddi shu element yoki ion tomonidan chiqarilgan ikkita spektral chiziqning nisbiy intensivligi plazma temperaturasini aniqlashning dastlab olimlar tomonidan foydalanilgan usullardan biri hisoblanadi [16, 17].

1-jadval

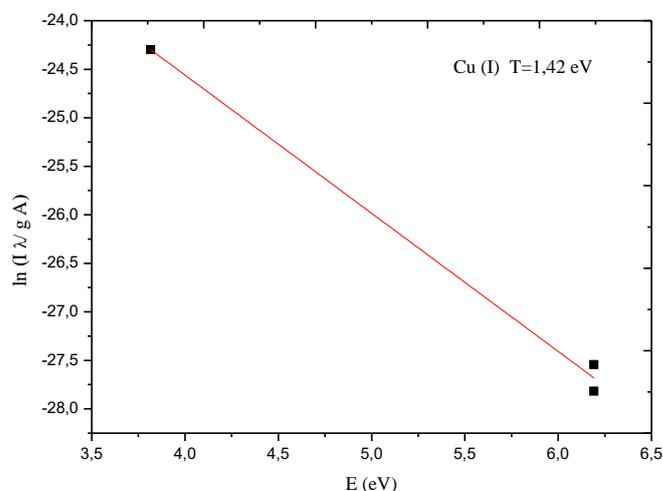
Atom/ion	To'lqin uzunligi $\lambda_{ki,z}$ (nm)	Yuqori sath energiyasi E_k (sm ⁻¹)	Quyi sath energiyasi E_b (sm ⁻¹)	Yuqori sath energiya darajasi g_k	O'tish extimoligi A_{ki} (s ⁻¹)
Cu I	324,75	30783,697	0	4	1.39 × 10 ⁸
Cu I	327,39	30535,324	0	2	1.37 × 10 ⁸
Cu I	510,55	30783,697	11202,618	4	2 × 10 ⁶
Cu I	515,32	49935,195	30535,324	4	6 × 10 ⁷
Cu I	521,82	49942,051	30783,697	6	7.5 × 10 ⁷



2-rasm. Cu (I) 324,75 va Cu (I) 327,39 ion o'tishlarda Boltsman taqsimot grafigi.

Ushbu usulning afzalliklari temperaturani aniqlashning eng oddiy va eng tezkor usuli bo'lib, yuqori darajadagi energiyaning farqiga ega bo'lgan faqat ikkita emissiya chizig'ining zaruriy

shartligidir. Ko'p miqdorda spektr linyalarini chiqarmaydigan va faqat asbobning spektral diapazonida joylashgan bir nechta emissiya chiziqlarini o'z ichiga olgan namunalar uchun ham hisoblash mumkin [17]. Biroq, ikkita spektral chiziqning intensivligi nisbat usuli xatoliklarga juda sezgir bo'ladi. Mis plazma elektron temperaturasini aniqlashni uchunchi usuli quydagichadir. Bunda bir nechta emissiya liniyalarini hisobga olgan holda Boltsman grafik usuli mis plazma elektron temperaturasini, aniqroq o'lchash imkoniyatini yaratadi. Bir xil ion o'tishli emissiya linyalari qancha ko'p bo'lsa elektron temperaturasini o'lchash aniqligi ortadi. Bunda biz mis plazma elektron temperaturasini aniqroq o'lchash uchun (5) tenglamadan foydalanib mis uchun 3 ta ion o'tish emissiya linyalaridan Cu (I) (510.5, 515.32, 521.82) foydalangan holda Boltsman taqsimot (chiziqli) grafifi hosil qilindi (3-rasm). Bunda qiyalik plazma elektron temperaturasini bildirib, qiymati Cu (I) ion o'tishlar uchun $T=1,42$ eV ga teng ekanligi aniqlandi.



3-rasm. Cu (I) (510.5, 515.32, 521.82) ion o'tish emissiya linyalarini Boltzman taqsimot grafifi. Qiyalik $T=1,42$ eV plazma elektron temperaturasini bildiradi.

Natijalar adabiyotlarda olingan natijalar bilan solishtirildi. Bunda (Nd:YAG, 532 nm, energiyasi 400mJ) parametrli lazer bilan normal atmosferada hosil qilingan mis plazmasini Cu (I) ion o'tishda namunadan 0,5mm dan 8mm masofada elektron temperaturasi 1,16 eV dan 1,05 eV gacha o'zgarishi aniqlangan [18]. (Nd:YAG, 1064nm impuls davomiyligi 9 ns) parametrli lazer bilan ta'sir qilish orqali, Cu(I) ion o'tishda elektron temperaturasi 1,28 eV ga tengligi ko'rsatilgan[19].(Nd:YAG, 1064nm impuls davomiyligi 5 ns, 400mJ va Nd:YAG, 532 nm , energiyasi 200mJ) parametrli lazer bilan ta'sir qilish orqali, Cu(I) ion o'tishda elektron temperaturasi 1,34 eV va ikkinchi garmonikasida 1,26 ga tengligi ko'rsatilgan [20].

Xulosa qilib aytadigan bo'lsak, ushbu ishda qattiq agregat holatdagi mis elementini normal atmosfera bosimida to'lqin uzunligi 1064 nm, impuls davomiyligi 28 ps bo'lgan Nd: YAG lazer nurlanishi ta'sirida hosil bo'lgan lazer plazmasi spektroskopik usulda tadqiq qilindi. uch xil usulda aniqlandi. Bular lazer nuri quvvat zichligiga bog'liq ravishda va bir xil ion o'tishdan hosil bo'lgan ikkita spektral chiziqning intensivligi nisbati bilan hamda Boltzman taqsimot tenglamasidan foydalanib hisoblandi. Mis plazma elektron temperaturasini aniqroq o'lchash uchun mis plazma ion o'tish emissiya linyalaridan foydalangan holda Boltzman taqsimot (chiziqli) grafifi hosil qilindi. Bu bilan turli elementlar plazma parametrlarini aniqlash orqali qattiq agregat holatdagi aralashmalarni sifat va miqdor jihatdan tahlil qilishga keng imkoniyatlar yaratiladi.

Adabiyotlar

1. S.S.Harilal, C. V. Bindhu, M. S. Tillack, F. Najmabadi and A. C. Gaeris, "Internal structure and expansion dynamics of laser ablation plumes into ambient gases", *Journal of Applied Physics*, vol. 93, pp. 2380-2388, 2003.
2. R.Jordan, D.Cole, J.G.Lunney, K. Mackay and D. Givord, "Pulsed Laser Ablation of Copper," *Applied Surface Science*, Vol. 86, 1995, p. 24.
3. Y.Lee, S. P. Sawan, T. L. Thiem, Y. Teng, Snedden J. *Appl. Spectrosc* 436, 1992.
<https://doi.org/10.1366/0003702924125339> 46
4. N.M.Shaikh, S. Hafeez, B. Rashid, and M. A. Baig, *Eur. Phys. J. D* 44, 371, 2007.
<https://doi.org/10.1140/epjd/e2007-00188-3>
5. S.Kyuseok L.Yong-Il, and J. Sneddon, *Appl. Spectrosc. Rev.* 32, 183, 1997.
<https://doi.org/10.1080/05704929708003314>
6. Ананьин О.Б., Афанасьев Ю.В., Быковский Ю.А., Крохин О.Н. Лазерная плазма, Физика и применение (М, изд-е МИФИ, 2003)
7. Быковский Ю.А., Дегтяренко Н.Н и др. *ЖЭТФ.* 60, 1306 (1971).
8. Бойко В.А., Крохин О.Н., Склизков Г.В. *Труды ФИАН*, 76, 186 (1974).
9. А.П.Шевелько, *Квантовая электроника*, 2011, том 41, номер 8, 726-728
10. Cowan, R.D. and G.H. Dieke, *Self-absorption of spectrum lines. Reviews of Modern Physics*, 1948. 20(2): p. 418.
11. Fatemeh Rezaei. *Optically Thick Laser-Induced Plasmas in Spectroscopic Analysis*, 2016,
<http://dx.doi.org/10.5772/61941>
12. H R Griem, *Principles of plasma spectroscopy* (Cambridge University Press, Cambridge, 1997)
13. B.R.Nek M Shaikh, S Hafeez, Y Jamil and M A Baig, "Measurement of electron density and temperature of a laser-induced zinc plasma," *Journal of Physics D: Applied Physics*, vol. 39, pp. 1384-1391, 2006.
14. D.R. C.S.Yalcin, G.P. Smith, G.W. Faris, "Influence of ambient conditions on the laser air spark " *Applied Physics B*, vol. 68, pp. 121–130, 1999.
15. NIST Atomic Spectra Database, <http://physics.nist.gov>
16. H.R.Griem, *Plasma Spectroscopy* (McGraw-Hill, New York, 1964).
17. J.A.A.C.Aragón, "Characterization of laser induced plasmas by optical emission spectroscopy: A review of experiments and methods," *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, vol. 63, pp. 893–916, 2008.
18. A.Safeen., W. H. Shah., R. Khan "Measurement of plasma parameters for copper using laser induced breakdown spectroscopy" // *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures* // Vol. 14, No. 1, January – March 2019, pp. 29 – 35
19. Mohammed S.Mahde. Alaa H. Ali "Diagnostic Study of Copper Plasma in Air by Laser Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS)" *Eng. &Tech.Journal*, Vol. 33,Part (A), No.5, 2015
20. M.Hanif b,n, M. Salik a , M.A. Baig "Quantitative studies of copper plasma using laser induced breakdown spectroscopy" *Optics and Lasers in Engineering* 49, pp.1456–1461, 2011.
doi.org/10.1016/j.optlaseng.2011.06.013