Al_{XII} ВА Al_{XIII} ИОНЛАРИНИНГ СПЕКТРОСКОПИК ХАРАКТЕРИСТИКАЛАРИНИ ЛАЗЕРЛАР ЁРДАМИДА ЎРГАНИШ

Ш.А. Эрматов, Х.М. Мадаминов, Н.Маткаримова, М.А.Тожибоева

Мақолада моддаларнинг ички тузилишини лазерлар ёрдамида ўрганиш натижалари келтирилган. Ишнинг дастлабида лазер плазмасидаги кўпзарядли ионларнинг нурланишини қайд этувчи экспериментал қурилма билан спектрографнинг қисқача тавсифи ва параметрларига тўхталинган. Олинган натижалар қувватли импульсли лазерлар ёрдамида ионлашган Al_{XII} ва Al_{XIII} алюминийнинг нурланишларини кузатиш мумкинлигини кўрсатди ва улар ёрдамида алюминий электрон нурланишларининг тўлқин узунлигини ўлчаш, плазма температурасини баҳолаш имконияти пайдо бўлди.

***Калит сўзлар:** қаттиқ жисм, импульсли лазерлар, лазер плазмаси, рентген нурлари диапазони, Фабри-Перо резонатори, модлар, Керр ячейкаси.*

В статье приведены результаты изучения внутреннего строения веществ с помощью лазеров. В начале статьи кратко изложены описание и параметры экспериментальной установки и спектрографа, предназначенного для регистрации излучения лазерной плазмы многозарядных ионов. Полученные результаты показали, что с помощью мощных импульсных лазеров можно наблюдать ионные излучения Al_{XII} и Al_{XIII} алюминия, дающие возможность определения длины волн электронных излучений алюминия и оценить температуру плазмы.

***Ключевые слова:** твердое тело, импульсные лазеры, лазерная плазма, диапазон рентгеновских излучений, резонатор Фабри-Перо, моды, ячейка Керра.*

His article contains the results of studying the inner construction of substances with the help of laser. The article starts with the description of parameters of experimental installation of spectrograph, appointed for the registration of laser plazm of multi charged ions. The received results show that with the help of strong impulse laser it is possible to to observe ions of radiations Al_{XII} and Al_{XIII} of aluminum, and they enable us to define the lengths of waves of electronic radiations of aluminum and to estimate temperatures of plasma.

***Key words:** a hard body, pulse lasers, laser plasma, range of x-ray radiations, Phabry-Piero resonator, modes, cell Kerr.*

Истиқболли фан соҳаларнинг кўпчилигида лазерларнинг қўлланиши ҳеч кимга сир эмас. Яқин йигирма йил ичида лазерлар қўлланидиган янги бир соҳа пайдо бўлдики, шу тўғрида гапиришни жоиз деб ҳисоблаймиз. У ҳам бўлса, экстремал шароит (ўта юқори ҳарорат, босим ва майдон)даги қаттиқ жисмларнинг ички электрон тузилишини ўрганишда лазерларнинг қўлланиш имкониятидир.

Экстремал шароитдаги моддаларнинг спектроскопик характеристикаларини ўрганиш икки жиҳатдан қизиқиш пайдо қилади. Биринчидан, бошқарилувчи термоядро синтези (БТС) борасидаги тадқиқотларда юқори температурали плазмани ўрганиш кўп марта ионлашган атомларни спектрал чизиқларининг интенсивликлари бўйича ташхисловчи ягона метод ҳисобланса, иккинчидан, атомларнинг ички электрон тузилишини билмасдан, янги, аммо истиқболли рентген лазерларини яратиш бўйича тадқиқотларни амалга ошириб бўлмайди. Бундан ташқари, мазкур тажрибаларда аниқланувчи атомларнинг спектроскопик доимийлари фан ва техниканинг турли йўналишларида, жумладан, фундаментал физиканинг муҳим йўналишларида кенг қўлланилади.

Катта қувватли лазер нурлари билан қаттиқ жисмларга ишлов беришдан олдин уларни юқори босимларгача сиқиш ва қиздириш соҳасида бир қатор тадқиқотлар ўтказилган. Ушбу тадқиқотлар, асосан, юқори қувватли, бироқ иқтисодий жиҳатдан кўп чиқимли қурилмаларда бажарилган. Уларни ўтказишнинг асосий мақсади БТС ни ҳосил қилишдан иборат эди. Мазкур тадқиқотларда олинган натижалар БТС ни рўёбга чиқаришда плазмани лазерлар ёрдамида қиздириш ўта истиқболли эканлигини кўрсатди. БТС ни ишга тушириш учун импульсли лазер нурлари ёрдамида жуда юқори температурали (T_e=300÷2000eV) ва зичлиги юқори бўлган (N_e≈10^{21}÷$10^{22}$$см^{-3}$) плазма ҳосил қилишга эришилди.

Маълумки, бундай температураларда атомлардаги барча электронлар ионизоциялашади ва биз атомни ички электрон қобиғидаги ўтишлар ҳо-

***Ш.А.Эрматов** – АДУ физика кафедраси мудири, физика-математика фанлари номзоди, доцент;*
***Х.М.Мадаминов** – шу кафедра катта ўқитувчиси, физика-математика фанлари номзоди;*
***Н.Маткаримова** – АДУ 2-босқич магистранти;*
***М.А.Тожибоева** – физика йўналиши 4-курс талабаси.*

сил қилаётган нурланишларни ҳам кузата оламиз. Бу нурланишлар одатда рентген ($\lambda=1\div10\text{Å}$) ва юмшоқ рентген ($\lambda=10\div200\text{Å}$) диапазонларига тўғри келади. Шундан келиб чиққан ҳолда, қувватли лазерларни ишлатишнинг янги бир йўналиши пайдо бўлди, яъни бу лазерлар ёрдамида оғир элементларнинг ички электрон конфигурациясини, энергетик сатҳларини ва улардаги электронларнинг яшаш вақтларини ўрганиш бошланди.

Бу янги йўналишга, асосан, иккита вазифа қўйилади:

биринчиси, кўп марта ионлашган атомларнинг ички энергетик сатҳлари нурланишларининг тўлқин узунлигини юқори аниқликда ўлчаш, идентификациялаш;

иккинчиси, ушбу сатҳларда электронларнинг яшаш давомийлигини ўрганиш [1].

Шу кунгача юқорида санаб ўтилган вазифаларни ҳал қилишга мўлжалланган тажрибалар ТОКАМАК қурилмаси ҳосил қиладиган плазмада [2-3], вакуум разрядли плазмада [4], электрон-ион оқимли тутгичларда [5-6] амалга оширилган. Ушбу тажрибаларда плазма чиқараётган тўлқин узунлигини ўлчаш хатолиги $\Delta\lambda/\lambda\approx(3\div5)10^{-5}$ гача етди. Афсуски, юқорида санаб чиқилган қурилмаларда барча элементларни хоҳлаган марта ионлаштиришнинг иложи бўлмади. Лазер плазмаси эса бундан мустасно бўлиб, ихтиёрий элементни хоҳлаган марта ионлаштириш имконини бериши мумкинлиги қатор хорижлик олимлар ишларида кўрилган [7].

Муаллифлар томонидан бажарилган ушбу тадқиқотда қувватли неодимли импульсли лазер ёрдамида алюминий (*Al*) элементи 13 марта ионлашган (барча электронлар чиқариб юборилган) атомларининг спектри ўрганилди. Al_{XIII} ионлари спектрининг чегаралари $\lambda=5.9\div6.2\text{Å}$ диапазонига, яъни рентген диапазонига мос келганлиги учун, ушбу ионлар спектрини ўрганишда кристалл панжарали Иоганн спектрографидан фойдаланилди.

Тажрибаларни олиб бориш учун мўлжалланган қурилма – узатувчи генератор ҳамда лазер импульсларини ва қувватли, қисқа ёруғлик импульсларини кучайтирувчи генераторлардан иборат давомийлиги наносекундга тенг импульслар шакллантирувчи схема тузилган. Узатувчи генератор узунлиги 1 м, қайтариш коэффициенти 99,8 % га тенг бўлган ясси кўзгудан ҳосил қилинган Фабри-Перо резонаторидан ва ясси-параллел пластинкадан иборат. Кўндаланг модларни селекциялаш учун резонаторда чиқиш кўзгусидан 5 см масофада, диаметри 2 мм ли диафрагма ўрнатилди. Узатувчи генетраторда диаметри 10 мм ва фаол узунлиги 240 мм ли, ўз-ўзидан уйғонишни бартараф қилиш мақсадида асослари ўқига нисбатан 85° бурчак остида кесилган ГЛС-1 маркали неодим шишадан ясалган стержендан фойдаланилди. Стерженни дамлаш 4 та импульсли, ИФН-5000 маркали ксенон лампалари орқали амалга оширилди.

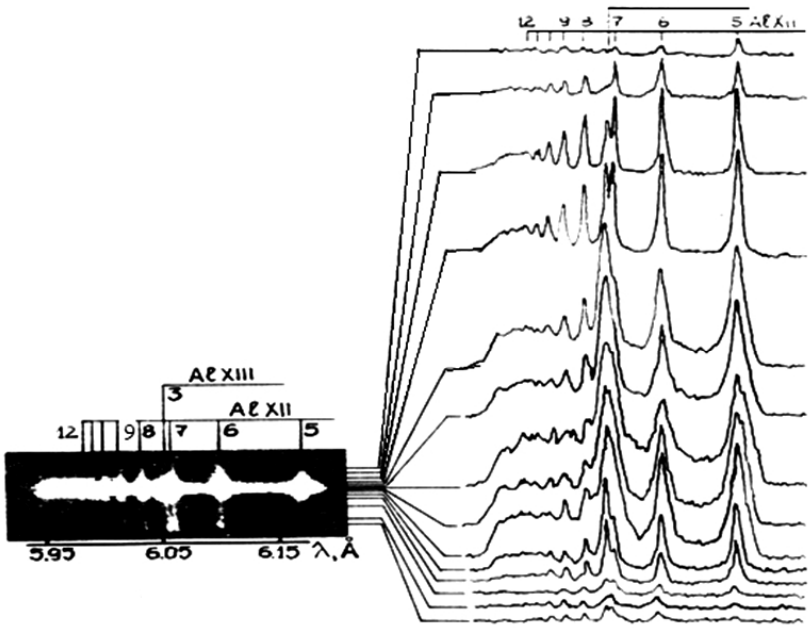
Узатувчи генератордаги асллиликни модуляциялаш мақсадида Керр ячейкасидан фойдаланилди. Бу эса генератор чиқишидаги битта кўндаланг модга мос келувчи энергиянинг 0.3-0.5 Ж, импульс давомийлигининг 30 нс ва тарқоқлигининг $5\cdot10^{-4}$ рад бўлишини таъминлай олди.

Ҳосил бўлган плазма температурасини баҳолаш учун қалинлиги 0.06 *мм* ли алюминий фольга билан тўсилган Обскур камераси ишлатилди (1-расм).

Тажриба натижалари асосида олинган алюминий спектрини ўрганиш шуни кўрсатадики (2-расм), лазер ёрдамида ўн уч марта ионлашган Al_{XII} ва Al_{XIII} ионлари нурланишларини кузатишимиз мум-



1-расм [1].



2-расм [1].

кин экан. Олинган натижалар алюминий ички электрон сатҳлари нурланишларининг тўлқин узунликларини ўлчаш, плазма температурасини баҳолаш (денситограммалар ёрдамида) имконини беради.

Хулоса сифатида мазкур ишда келтирилган натижаларнинг плазмани тадқиқ қилишнинг магнитогидродинамик (МГД) модели ёрдамида олинган назарий натижалар билан қониқарли даражада мос тушганлигини кўрсата оламиз. Бундан ташқари, биринчи марта аниқланган Al_{XII} ва Al_{XIII} ионларининг спектроскопик катталиклари экстремал шароитдаги бошқа Na- (натрий) симон атомларнинг худди шундай катталикларини аниқлашда эталон вазифасини бажариши мумкин.

Адабиётлар:

1. Мадаминов Х.М., Зайнабидинов С.З., Маткаримова Н., Эрматов Ш.А., Қаҳҳоров Ж.. Қаттиқ жисм атомларининг ички электрон тузилишини лазерлар ёрдамида ўрганиш. // «Конденсатланган муҳитлар физикаси ва материалшуносликнинг долзарб масалалари» Республика илмий-техникавий анжумани материаллари, Фарғона 2014 йил, 14-15 май.- Б.38-39

2. F. Bombarda, R. Giannella, E. Källne, G. J. Tallents, F. Bely-Dubau, P. Faucher, M. Cornille, J. Dubau, and A. H. Gabriel. Observations and comparisons with theory of the heliumlike and hydrogenlike resonance lines and satellites of nickel from the JET tokamak. Phys. Rev. A 37, 504 (1988).

3. P. Beiersdorfer, M. Bitter, S. von Goeler, and K. W. Hill. Experimental study of the x-ray transitions in the heliumlike isoelectronic sequence. Phys. Rev. A 40, 150, (1989).

4. E.V.Aglitskii, E.P. Ivanova, S.A. Panin, U.I. Safronova, S.I. Ulityn, L.A. Vainshtein and J.F. Wyart. Investigation of the spectra of dipole 2-3 transitions in Ne-like ions (Z = 36 - 92). Physica Scripta, 40, 601 (1989).

5. P. Beiersdorfer, M.H. Chen, R.E. Marrs, M.B. Schneider, and R.S. Walling Dielectronic satellite spectrum of heliumlike vanadium. Phys. Rev. A. 44, 396 (1991).

6. R. Hutton, D. Schneider, and M. H. Prior. Isoelectronic study of double-electron capture in slow ion-atom collisions. Phys. Rev. A. 44, 243 (1991).

7. D.R. Kania, B.J. Mac Gowan, C.J. Keane, C.M. Brown, J.O. Ekberg, J.F. Seely, U. Feldman, and J. Reader. Transitions and energy levels for Cu-like Yb^{41+}, Ta^{44+}, and U^{63+}. J. Opt. Soc. Amer. B. 7, 1993 (1990).

2014 йил 6 майда қабул қилинган
(Тақризчи: проф. И.Каримов)