

ОӘЖ 538.9

ИОНДЫҚ СӘУЛЕЛЕРДІҢ ӘСЕРІНЕН LiF КРИСТАЛЫНЫҢ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯСЫНЫҢ ГЕНЕРАЦИЯ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Өкенова Арнай Ермекқызы

arnav.o@mail.ru

Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті «7М05323 Техникалық физика»
мамандығы бойынша 2 курс магистранты
Ғылыми жетекшісі – М. Байжуманов

Ионолюминесценция – бұл материалдарды жеделтетілген иондармен атқылау нәтижесінде пайда болатын термальді емес сәуле шығару. Ол белгілі бір атомдардың валенттілік электрондарына (сыртқы люминесценция) немесе кристалды құрылымдардағы ақауларға (ішкі люминесценцияға) байланысты бұрын қоздырылған электронды жүйенің қозуы ретінде суреттелуі мүмкін [1]. Оның негізгі қолданылуы қоспаларды сәйкестендіру немесе қазіргі заманғы синтетикалық материалдардың ішінде құрылымдық ақауларды табу болып табылады. Керісінше, бұл жұмыс магнитті-шектелген термоядролық плазмадан иондардың тез жоғалуын анықтау үшін сцинтилляторлық материалдарды сәйкестендіру қажеттілігімен дәлелденген. Шынында да, сцинтилляторлар негізіндегі детекторлар электромагнитті кедергілер мен жерге қосу контурларына, сондай-ақ олардың жинақылығына олардың беймәлім болуына байланысты осы мақсатқа жақсы жарамды.

Қатты дененің негізгі бөлігінде металдарда, сондай-ақ жартылай өткізгіштерде радиациялық нүктелік ақаулар негізінен кристаллға түскен (немесе кристалда түзілген) электрондардың, протондардың сондай-ақ кристалл атомдарының ядролары бар басқа да негізгі элементтердің серпімді соққыларының нәтижесінде пайда болады [2].

Иондық бомбалау термоядролық реактор жүйелерінде маңызды, онда реакция өнімдері бірінші қабырғаға және басқа компоненттерге әсер ететін гелий мен сутектің энергетикалық иондарынан (дейтерий немесе тритий) тұрады. Зертханалық тәжірибелерде ионды

имплантациялау, ионды-сәулелік араластыру және ионды-сәулелік тұндыру ионды-қатты әрекеттесуді зерттеу және жаңа фазалар мен ерекше микроқұрылымдарды құру үшін қолданылады. Иондық имплантация – бұл бірнеше жүздеген кэВ-тен бірнеше МэВ-ке дейінгі энергия диапазонындағы иондардың көмегімен нысанды бомбалау. Сәуле әдетте моноэнергетикалық, құрамында жалғыз заряд бар және әдетте (бірақ әрқашан емес) массамен талданады [3].

Литий фторидті кристалын жарықпен сәулелендіру кезінде оның жұтылуын тудыратын электрондардың ауысуы оның тыйым салынған аймағында пайда болатындығын білдіреді. LiF кристалдарын сәулелендіру нәтижесінде F-орталықтар түзіледі. LiF кристаллы үшін жұтылу жолақтары көрінетін спектрінен тыс немесе ішінара болатыны байқалған. Түс орталықтары - бұл электромагниттік сәулеленудің көрінетін аймағында ғана емес, ақаусыз кристалл мөлдірлігінің барлық аймағында қосымша түстердің пайда болуына әкелетін кристалдық тордың ақаулығы деп санау керек.

Тректі қалыптастыру механизмі туралы әртүрлі түсініктер жылдам ауыр иондардың құбылыстар кешенінің түрлі аспектілерін атап көрсетеді.

Материалдардың ионды-сәулелік модификациясы кең тақырып болып табылады. Бұл жұмыс иондардың кристалмен әрекеттесуі кезінде пайда болатын және LiF мысалында кристалдың құрылымдық бұзылуына әкелетін процестерге бағытталған. Еске салатын болсақ, иондар тек ақау тудырып қана қоймай, сонымен қатар олардың болуына байланысты нысандағы химиялық өзгерістерге ықпал етеді. Нейтрондық сәулелену кезінде елеусіз болатын кристалдардың құрылымы мен құрамына әсер ететін процестер (тозаңдану, қайтарымды араластыру, Гиббс адсорбциясы) иондық сәулелену кезінде өте маңызды болуы мүмкін [3].

Сілтілік металл галогендерінде жоғары энергиялы ауыр иондармен бомбалау нәтижесінде пайда болған ақаулар зарядталған бөлшектердің баяулау механизмдерімен байланысты болып келеді [4]. Ал полимерлерге келетін болсақ, Gain және т.б. энергияның бастапқы жоғалуы тректің өзегінде екенін көрсетті (ядросының радиусы бірнеше ангстрем шамасында). Бұл нәтижелер бөлшектердің классикалық траекториясына жақын энергия шығынын өте күшті локализациялауды көрсетеді. Иондану арқылы радиациялық ақау келтіретін негізгі механизмдер LiF кристалының жеңіл бөлшектермен (электрондармен) немесе электромагниттік сәулелермен (x, γ) сәулеленуімен бірдей [5].

Ақаулық концентрациясын өлшеу: Бұл өлшемдер оптикалық жұту әдісін қолданып, жарық пен ион сәулелері бірдей бағытта жүргізілді. Бұл нәтижелер бөлшектердің өзара әрекеттесу түтігінің (ITAP) ұсынылған моделі LiF-да F-орталықтарын түзілу кинетикасын ескеретіндігін көрсетеді. Модель мен эксперименттік мәліметтер арасында барлық келісілген бөлшектер үшін және сәулелену температуралары үшін де (77 және 300 К) жақсы келісім алынды. Бұл нәтижелер келесі ескертулерді жасауға мүмкіндік береді:

а) Бөлшек энергиясы неғұрлым көп болса, орташа ITAP радиусы соғұрлым үлкен болады.

б) Екі түрлі бөлшектер үшін бірдей энергияда (28 МэВ-тағы ^2H және ^7Li) орташа радиус жоғары энергия/а.м.б. қатынасы бар бөлшектер үшін әлдеқайда үлкен а.м.б., яғни жоғары жылдамдықты бөлшектер үшін.

в) Берілген сәулелену шарттары үшін (бірдей бөлшек, бірдей энергия) сәйкес түтіктің радиусы сәулелену температурасына тәуелді. Бұл, шамасы, 300 К сәулеленген кезде F орталықтарының бастапқы түтіктің сыртқы бөлігіне диффузиясының әсерін көрсетеді. Бұл әсер ITAP шегінде концентрация градиентіне байланысты пайда болуы мүмкін. Диффузия процесі 77 К температурада бұғатталуы керек, сондықтан 77 К температурада сәулелену үшін ITAP сипаттамалары жақсы анықталуы керек.

г) бір F-центрін құру үшін бір бөлшек жіберген орташа энергия, неғұрлым көп болса, бөлшектің бастапқы жылдамдығы соғұрлым аз болады. Мұны бөлшек беретін энергияның әсерімен түсіндіруге болады.

д) Жоғарыда айтылғандардың бәрін ескере отырып, өзара әрекеттесетін түтік цилиндрлік болмауы керек, бірақ конустық болуы керек. Конустың негізі жоғары энергетикалық жағында орналасқан. Осылайша, ІТАР радиусының өлшенген мәні орташа мән болып табылады.

Бөлшектің энергия шығыны аз болған кезде жоғары энергияларда өзара әрекеттесу көлемі үлкен болады. Энергия шығыны өскен сайын өзара әрекеттесу көлемі азаяды. Бұл F орталықтарының концентрациясы $10^{-9}/\text{см}^3$ -тен асатын бөлшектер диапазонының соңында байқалатын F орталықтарының қанықтылығын түсіндіреді. Анықтама үшін: литий бөлшегімен алынған F орталықтарының см^3 орташа концентрациясы сәулелену температурасына байланысты шамамен 5-тен $6 \cdot 10^{18}/\sim\text{м}^3$ құрайды. Осы әсерлердің барлығын толық зерттеу әлі жүргізілген жоқ. Осыған қарамастан, жоғары сәулелену кезінде максимум арқылы өтетін F-орталық түзілісі қисығының табиғатын түсіндіруге болжам жасалды [4].

Thevenard P. және т.б. [4] көрсеткендей бұдан жоғары энергиялы бөлшекке (ІТАР) байланысты өзара әрекеттесу түтігі туралы болжам, бұл траекторияның жанында ақаулар пайда болуы мүмкіндігін атап өтеді. Зерттеу нысаны ретінде алынған литий фторидінде F-орталықтарының түзілу кинетикасын түсіндіруге мүмкіндік береді. Мұндағы модель түтік ішіндегі осы орталықтардың бастапқы қалыптасуымен байланысты болжамдарға сілтеме жасамайды және тек бақыланатын орталықтардың пайда болуына әкелетін құбылыстардың тепе-теңдігін қамтамасыз ететіндігін көрсеткен. Орталық құрудың қанықтылығын болжауға және ІТАР радиусының орташа мәндерін, сондай-ақ түтіктердегі орташа концентрациясын анықтауға мүмкіндік береді

Литий нанобөлшектерінің пайда болуын F-орталықтарынан оптикалық бос электрондардың квази-коллоидты деп аталатын бөлшектердің тікелей маңында орналасқан металл иондары қармап, олардың өсуіне себеп болатындығымен түсіндірледі. Металл нанобөлшектерінің дөрекіленуін Оствальдтың жетілу теориясымен де түсіндіруге болады [6].

Құрылымдық модификацияға сәулеленген қабат бойында ионнан туындаған дислокация түзілуі жатады. Жолдардың және басқа агрегаттардың кернеулі өрісіндегі иондық индукцияның реттелуі құрылымдық фрагментация мен нанокұрылымның маңызды кезеңі болып табылады.

Ионнан туындаған нанокұрылымда дислокациялық процестердің рөлі зор. Жоғары сәулеленген LiF-те өздігінен ұйымдастырылған құрылымдық фрагментацияға негізгі үлес ионның әсерінен пайда болатын ішкі кернеулерден тұрады [7]. Ион іздері және дислокация сияқты ионнан туындаған ақаулар олардың өзара әрекеттесуін анықтайтын жергілікті кернеулер өрісін көрсетеді.

Энергетикалық иондар жер бетінде және қатты дененің негізгі бөлігінде нанокұрылымдар құрудың керемет құралы болып табылады. Бұл зерттеу иондық нанокұрылымның тетіктері туралы түсінікті жақсартуға бағытталған және ауыр иондармен сәулеленген кезде LiF құрылымдық зақымдану және бояу орталықтары туралы соңғы зерттеулерді жалғастырады.

Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. D. Ghose and R. Hippler, in Luminescence of Solids, edited by D. R. Plenum, New York, 1998.
2. Томпсон М. Дефекты и радиационные повреждения в металлах / Пер. С англ. – М.: Мир, 1971.

3. Fundamentals of Radiation Materials Science by Gary S. 2007 Springer Berlin Heidelberg, 491 c.
4. P. Thevenard, G. Guiraud, C. H. S. Dww. Assumption of F-centre creation in LiF bombarded with high-energy particles Radiation Effects, 1977, vol. 32. P. 83-90.
5. J. Fain, M. Monnin and M. Montret, Int. Conf. on corp. phot. and Solid StateTrack Detector, Bucarest, July 1972.
6. L. I. Bryukvina. Transformation of Radiation-Induced Molecular Point Defects and Color Centers in LiF Crystals under Influence of Light // published Physics of the Solid State, 2019, Vol. 61, No. 10, P. 1852–1858.
7. Kumar M, Singh F, Khan S A, Tripathi A, Avasthi D K, Pandey A C, 2006 J Phys. D: Appl. Phys. 39 2935.