

6D060400 – Физика мамандығы бойынша философия (Ph.D) докторы
ғылыми дәрежесін алу үшін дайындалған диссертациясына

АҢДАТПА

Жылдам иондармен сәулелендірілген LiF кристалындағы боялу орталықтары мен наноақаулар

РУСАКОВА АЛЁНА ВИКТОРОВНА

Жұмыстың өзектілігі: Көптеген жылдар бойы сілтілі галойдты кристалдар (СГК) іргелі зерттеулер мен әр түрлі қолданыстар үшін өзекті нысан болып табылады. Олардың негізінде ақпаратты жазу және сақтауға арналған оптикалық орталар, лазерлік орталар, жақын ИК диапазонды жарық филтрлері, термолюминесцентті дозиметрлер ұсынылады. LiF кристалы өзінің матаға сәйкестігінің арқасында дозиметрде өте кеңінен қолданылады (радиобиологияда, сәулелік терапияда, жекелеген дозиметрлік бақылауда). LiF кристалының боялу орталықтары жаңа тиімді импульсті лазерлерде де қолданылады. Бояу орталығы бар жұқа пленкалы LiF кристалы ақпараттарды жазу және өңдеуде кеңінен қолданыс тапқан.

Атап кететін жағдай, LiF кристалы қатты дене физикасының бірқатар мәселелерін шешуде модельдік матрица болып табылады.

Фторлы литий, сонымен қатар, нейтронды ядролық реакторларда биологиялық қорған ретінде де қолданылады. Қазіргі уақытта литий элементін термоядерлік талдауда активті элемент ретінде қолдану да жүзеге асырылуда.

Жұмыстың мақсаты жоғары энергиялы ауыр және жеңіл иондармен сәулелендірілген LiF кристалындағы боялу орталықтарын және наноақауларды зерттеу болып табылады. Ақаулардың пайда болу процесі иондардың энергиясының жоғалуына, ион шоғының қуатына және жұтылған энергияға (флюенс) тәуелді.

Зерттеу нысаны ретінде жұмыста фторлы литий кристалы қолданылды (LiF). Бұл кристалдарда электрондар және рентген сәулелерімен атқалағанда пайда болатын электронлы боялу орталықтары өте жақсы зерттелінген, ол иондарды сәулелендіру процестерінің ерекшеліктерін анықтауға көмектеседі.

Диссертацияда қойылған мақсатқа жету үшін келесі **мәселелер** алға қойылды:

1. Әр түрлі иондармен сәулелендірілген LiF кристалындағы БО спектроскопиялық зерттеу;
2. Ауыр және жеңіл иондармен сәулелендірілген LiF кристалындағы қарапайым және күрделі боялу орталықтарының жинақталу кинетикасын анықтау;
3. Оптикалық және люминесценттік спектрометрия, сканерлеуші электронды және атомдық микроскоп көмегімен сәулелендірілген LiF кристалын радиациялық зерттеу;
4. Аниондық вакансияның күрделі боялу орталықтарының пайда болуындағы ролін анықтау
5. Фторлы литий кристалындағы көлемдік және беттік наноақауларды атомды күштік және сканерлеуші микроскоп арқылы зерттеу.

Нәтижелердің дәлдігі мыналарға негізделеді:

1. Кристалдың оптикалық қасиеттерін өлшеуде жақсы тексеулерден өткен әдістерді қолдану, мысалы, люминесценция, электронды күштік микроскопия.
2. Тәжірибелік мәліметтер мен талдаулардың көлемімен.

Зерттеу әдісі. Бұл жұмыста иондармен сәулелендірген кездегі келтірілген боялу орталықтарының саны мен типін бағалау мақсатында абсорбционды спектроскопия қолданылды. Кристалдарды сәулелендіру және күйдіру кезінде F_2 и F_3^+ боялу орталықтарын ажырату мақсатында люминесцентті спектроскопия қолданылды. Беттік нанокұрылымды ақаулар сканерлейші электронды және атомды күштік микроскоп көмегімен зерттелінді. Кристалдардың механикалық қасиеттері наноиндентірлеу әдісі арқылы анықталды.

Жұмыстың ғылыми жаңалығы: LiF кристалын сәулелендіру және күйдіру кезінде алғаш рет тәжірибе жүзінде F_2 и F_3^+ боялу орталықтары және (V_a^+) аниондық вакансияның ролі анықталды. Ион энергиясының электрондық шығынына F и F_n БО пайда болу ерекшеліктерінің тәуелдігі анықталды. Сәулелендірілген LiF кристалының беттік және көлемдік наноақаулары зерттелінді.

Қорғауға ұсынылатын негізгі ұйғарымдар:

1. Жалғыз F орталықтарының концентрациясы жұтылған энергияның көбеюімен арта ортырып $N_F^{\text{sat}} \sim 10^{19} \text{ см}^{-3}$ қанығады. Ауыр иондар ^{84}Kr үшін қанығу N_F^{sat} жеңіл иондар ^{14}N қарағанда азырақ жұтылған энергия кезінде жүзеге асады.
2. Күрделі F_n боялу орталықтары иондардың энергиясының шығынына сонымен қатар, жұтылған энергияға да тәуелді. Әр түрлі жұтылған F_n орталықтарда F_2 и F_3^+ боялу орталықтары көрініс береді.
3. Азон (^{14}N) ионымен сәулелендірілген LiF кристалында энергияның үлкен жұтылуы кезінде жалғыз F және F_n орталықтарының ірі орталықтарға қарағанда азайғандығы байқалады.
4. ^{84}Kr ионымен сәулелендірілген LiF кристалының бетінде және трек бойының тереңдігінде наноақаулар табылған (нанокристаллиттер, дислокациялық тұзақтар). Азот ионымен (^{14}N) сәулелендірілген LiF кристалында тек қана дислокациялық тұзақтар ғана байқалған.

Жұмыстың практикалық маңызы:

Диссертацияның нәтижелері қолданылуы мүмкін:

- Иондаушы сәулелелердің дозиметрлерін оптимизациялау кезінде.
- Диэлектрлік материалдардың бөлінген қалдықтарымен болған әсерлерді модельдеу кезінде, оның ішінде геология үшін минералдарда..
- Лазерлердің боялу орталықтарын LiF кристалы үшін оптимизациялауда..
- Ақпараттарды жазу және өңдеу үшін LiF кристалын оптимизациялауда..

Қорытынды. Жұмыстың негізгі қорытындылары мен жұмыстың нәтижелері:

Жүргізілген тәжірибелік жұмыстардың нәтижелерін қорытындылай кел мынадай тұжырымдар жасауға болады:

- 1) Жалғыз F орталықтарының концентрациясы жұтылған энергияның көбеюімен арта ортырып $N_F^{\text{sat}} \sim 10^{19} \text{ см}^{-3}$ қанығатындығы анықталды. Қанығу dE/dx –тың мәні үлкен иондар үшін ерте пайда болады.
- 2) Күрделі F_n боялу орталықтары иондардың энергиясының шығынына сонымен қатар, жұтылған энергияға да тәуелді. Әр түрлі жұтылған F_n орталықтарда F_2 и F_3^+ боялу орталықтары көрініс беретіндігі тәжірибе жүзінде анықталды.

- 3) ^{14}N , ^{40}Ar и ^{84}Kr иондарымен сәулелендірілген LiF кристалындағы F_2 и F_3^+ боялу орталықтарының люминесценциясының тиімділігі иондардың dE/dx қатынасының артуымен және жұтылған энергияның артуымен төмендейтіндігі анықталды.
- 4) ^{84}Kr ($\Phi \geq 10^{13}$ ион/см²) иондарымен сәулелендірілген кристалдарда критикалық жоғалу энергиясы ($dE/dx \geq 10$ кэВ/нм) критикалық трек аймағында тік нанокұрылымдар анықталды; тректің басқа аймақтарында тек қана дислокациялық тұзақтар пайда болады.;
- 5) Тәжірибе жүзінде нанокұрылымдар термиялық тек қана $T=500\text{K}$ температурада тұрақты екендігі анықталды. Одан жоғары температурада нанокристалиттер көптеген дислокацияларға ыдырап бірте бірте $T \approx 830\text{K}$ ге тең температурада бастапқы қалпына қайта келеді.
- 6) Бұрыш арқылы сәулелендіру пайда болған нанокұрылымдардың құрылымды сақтай отырып қатайған қабаттың азаюына алып келеді.
- 7) (^{14}N және ^{40}Ar) жеңіл иондарымен сәулелендірілген LiF кристалында біртекті құрылым пайда болатындығы және дислокацияға бай жоғары қаттылыққа ие құрылым пайда болатындығы анықталды.

Автордың қосқан үлесі. Автор жұмыста көрсетілген барлық нәтижелердің орындалуына толығымен атсалысты, сондай ақ ДЦ-60 үдеткішінде өткен сәулелендірудің барлығында.

Жұмыстың мақұлдануы және басылымдар.

Диссертация тақырыбы бойынша 23 мақала жарияланды, оның ішінде 3 мақала Thomson Reuters базасына, ҚР БҒМ БҒСБК ұсынған ғылыми басылымында 3, халықаралық конференциялар еңбектерінде 15 тезис және мақалалар жарияланды. Жұмыстың апробациясы.

Диссертация көлемі мен құрылымы. Диссертация мазмұннан, кіріспеден, үш бөлімнен, қорытынды мен қолданылған әдебиеттер тізімінен тұрады. Диссертацияның жалпы көлемі 118 бет, оның ішінде 79 сурет, 11 кесте және 161 әдебиетке сілтеме.