

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

ФИЗИКА-ТЕХНИКА ФАКУЛЬТЕТІ

**«ФИЗИКАДАҒЫ ЗАМАНАУИ ТЕНДЕНЦИЯЛАР: ҒЫЛЫМ МЕН БІЛІМ
ИНТЕГРАЦИЯСЫ»**

Халықаралық ғылыми конференциясының материалдары

**«СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ФИЗИКЕ: ИНТЕГРАЦИЯ НАУКИ И
ОБРАЗОВАНИЯ»**

Материалы международной научной конференции

«MODERN TRENDS IN PHYSICS: INTEGRATION OF SCIENCE AND EDUCATION»

Materials of the international scientific conference

Астана, 2024 ж

ОӘЖ 53.(075)
Н90

Редакциялық кеңес:

Е.Б. Сыдықов, С.Б.Мақыш, Ж.М.Құрманғалиева, Д.Р.Айтмағамбетов,
Л.Т.Нуркатова, Н.Г.Айдарғалиева

Ә43 Физикадағы заманауи тенденциялар: ғылым мен білім интеграциясы:
Халықаралық ғылыми конференциясының материалдары (2024 жылдың 23 ақпаны, Астана, Қазақстан). – Астана: Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ баспасы, 2024. – 555 б.

ISBN 978-601-337-957-9

«ФИЗИКАДАҒЫ ЗАМАНАУИ ТЕНДЕНЦИЯЛАР: ҒЫЛЫМ МЕН БІЛІМ ИНТЕГРАЦИЯСЫ» атты Халықаралық ғылыми-теориялық конференция материалдар жинағына кәсіптік-техникалық білім беруді жетілдіруде «Космологияның қазіргі мәселелері», «Техниканың дамуындағы физиканың рөлі», «Ядролық физика, жаңа материалдар мен технологиялар», «Радиоэлектроника мен телекоммуникацияның қазіргі даму тенденциялары», «Ғарыштық техника мен технологияларды дамытудың озық бағыттары», жоғары оқу орындарындағы кәсіби педагогика проблемалары «Университетте физика және астрономия білімінің даму тенденциялары», «Орта мектепте физиканы оқытудың тиімді педагогикалық технологиялары», «Жаратылыстану пәндері бойынша мұғалімдерді даярлау жүйесіндегі инновациялар», «Қазіргі ақпараттық және коммуникациялық технологиялар» және оларды шешу әдістері мен жолдары қарастырылған мақалалар жарияланған.

ОӘЖ53.(075)

КБЖ 22.3я73

ISBN 978-601-337-957-9

© Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, 2024

С.Н. Нуркасымова¹, Н.К. Аманжолова²
Л.Гумилев атындағы ЕҰУ п.ғ.д¹
Л.Гумилев атындағы ЕҰУ 4 курс студенті²

ЛАЗЕРЛІК СӘУЛЕЛЕНУ ЖӘНЕ ЕРКІН ЭЛЕКТРОНДЫ ЛАЗЕРЛЕР

Аңдатпа: Бұл мақалада еркін электронды лазерлердің қай бағытта қолданылуын және негізгі элементтерін қарастыратын боламыз. Бүгінгі таңда мұндай лазерлер материалтану, химиялық технология, биофизика, медициналық қолдану және қатты дене физикасы бойынша зерттеулер үшін қолданылады. Қазіргі уақытта орташа қуаты жоғары және толқын ұзындығы қысқа еркін электронды лазерлер жасалуда. Болашақта қолдану салалары бойынша материалдарды өнеркәсіптік өңдеуден жұмсақ және қатты рентген сәулелеріне дейін өзгереді.

Түйін сөздер: Лазерлер, лазер сәулелері, электронды лазерлер, аттосекундық лазерлер, ондулятор, фемтосекундық уақыт.

Аннотация: В этой статье мы рассмотрим, в каком направлении используются лазеры на свободных электронах и основные элементы. Сегодня такие лазеры используются для исследований в области материаловедения, химической технологии, биофизики, медицинских применений и физики твердого тела. В настоящее время разрабатываются лазеры на свободных электронах с более высокой средней мощностью и более короткими длинами волн. Будущие области применения меняться от промышленной обработки материалов до источников света для мягкого и жесткого рентгеновского излучения.

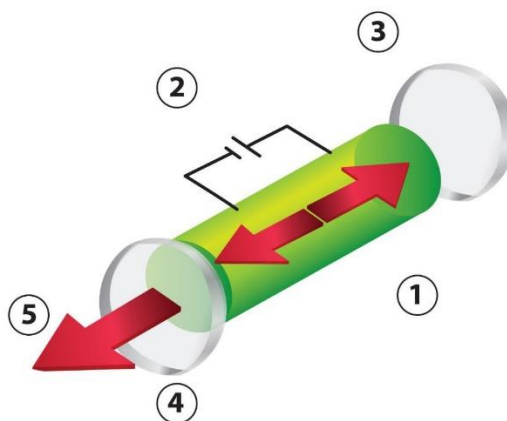
Ключевые слова: Лазеры, лазерные лучи, электронные лазеры, аттосекундные лазеры, ондуляторы, фемтосекундное время.

Abstract: In this article, we will look at the direction in which free electron lasers and basic elements are used. Today, such lasers are used for research in the fields of materials science, chemical technology, biophysics, medical applications, surface studies and solid state physics. Free electron lasers with higher average power and shorter wavelengths are currently being developed. Future applications range from industrial material processing to light sources for soft and hard X-rays.

Keywords: Lasers, laser beams, electronic lasers, attosecond lasers, undulators, femtosecond time.

Кванттық генераторлардың ультракүлгін, көрінетін жарық және инфрақызыл сәулелер шығаратын түрі оптикалық кванттық генераторлар немесе **лазерлер** деп аталады. Сонымен қатар лазер - ағылшынша жарықты еріксіз сәулемен күшейту деген сөздердің бірінші әріптерінен құралған сөз болып табылады.

Лазерлер-оптикалық күшейту процесі арқылы когерентті жарық сәулесін шығаратын құрылғы болып табылады. Лазерлердің көптеген түрлері бар, соның ішінде газ, талшық, қатты күйдегі, диод, эксимерлі лазерлер және бояғыш лазерлер. Лазерлердің барлық осы түрлері бірдей негізгі компоненттер жиынтығын пайдаланады. Жалпы лазерлердің компоненттерін 1-сурет бойынша көрсетеміз:



1-сурет. Лазердің компоненттері.

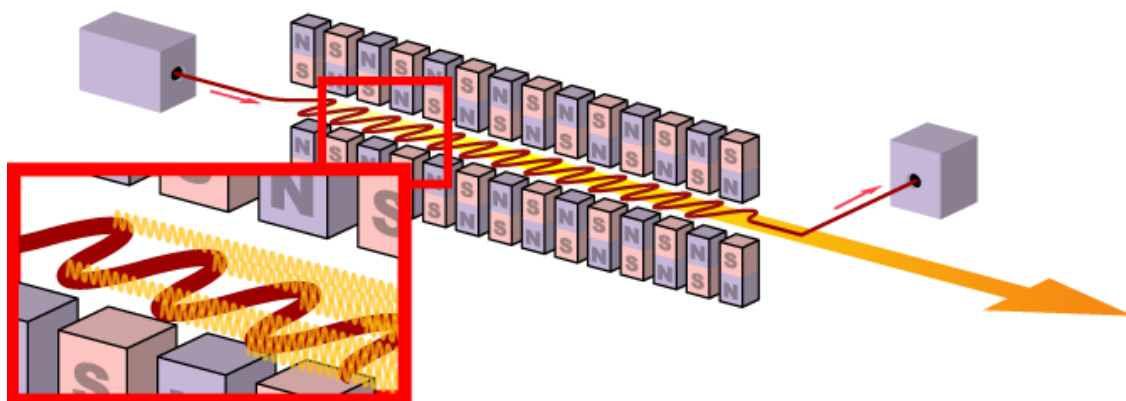
1. Түскен сәулеленуге төтеп бере алатын күшейтетін орта,
2. Күшейткіш ортаны соруға арналған энергия көзі.
3. Энергияны көрсету үшін толық шағылысқан айна.
4. Мөлдір айна. 5. Лазер сәулесінің қуаты

Бұл құрылғы лазер сәулесінің толқын ұзындығын, сондай-ақ лазердің қуатын анықтайды. Лазерлік технологияның тарихы 1900 жылдардың басында Альберт Эйнштейннен басталды. Технология одан әрі 1960 жылы Hughes Research Laboratories зерттеу орталығында алғашқы лазер жасалған кезде жетілдірілді.

-1917 жылы Альберт Эйнштейн барлық лазерлердің жұмысының негізі болып табылатын "ынталандырылған сәулелену" құбылысын болжау арқылы лазерлік технологияның негізін қалады.

-1939 жылы Валентин Фабрикант сәулелену қуатын арттыру үшін ынталандырылған сәулеленуді қолданудың теориялық негізін қалады.

Алғашқы еркін электронды лазерді Джон Мэди 1971 жылы Стэнфорд университетінде Hans Motz және оның әріптестері әзірлеген технологияны қолдана отырып жасаған, олар 1953 жылы Стэнфордта вигглердің магниттік конфигурациясын қолдана отырып ондулятор жасады. Мыс сигналды күшейту үшін 43 МэВ және ұзындығы 5 м болатын электронды сәулени қолданды. Бұл құрылғының құрамын мына 2-сурет арқылы көрсетеміз:



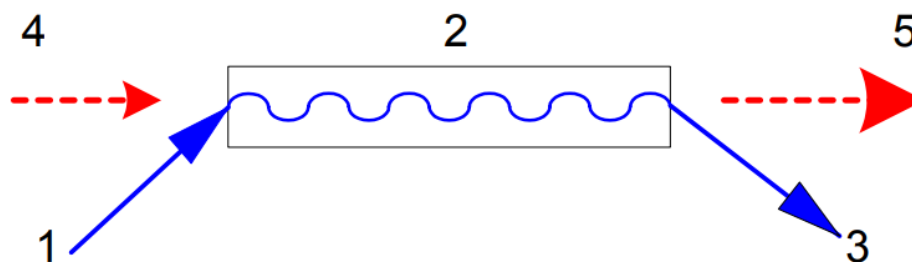
2-сурет. Еркін электрондардағы лазерлердің негізінде орналасқан ондулятордың схемалық бейнесі.

Еркін электронды лазерлер жоғары электромагниттік сәулеленуді генерациялау үшін еркін байланыссыз электрондардың энергиясын пайдаланатын лазерлер мен фотоника әлеміндегі бірегей технология. Джон Мэди 1970-ші жылдардағы теориялық болжамдарына сүйене отырып, еркін электронды лазерлер іргелі зерттеулерден бастап өндірістік процестерге дейін әр түрлі салаларда қолданыла бастады.

Еркін электронды лазерлер басқа лазерлерге ұқсас сәулелену принципі бойынша жұмыс істейді. Алайда, ынталандырылған сәулелену байланысқан атомдық немесе молекулалық жүйелерде болатын басқа лазерлерден айырмашылығы, еркін электронды лазерлер бұл процеске 'еркін' электрондарды қосады. Бұл еркін электрондар периодты магнит өрісіне ұшырамас бұрын бөлшектердің үдеткіші арқылы жарық жылдамдығына дейін күшейтіледі.

Бұл жоғары энергиялы электрондар магнит өрісін кесіп өткенде, олар тербелмелі траектория бойынша қозғалады және жарық түрінде сәуле шығарады. Бұл шығарылатын жарық когерентті, яғни жарық толқындары фазада және тұрақты жиілікте болады, нәтижесінде жоғары концентрацияланған лазер сәулесі пайда болады.

Еркін электрондардағы лазерлердің жұмыс принципі 3-сурет бойынша орындалады.



3-сурет. Күшейткіштің еркін электрондарындағы лазер схемасы.

1- Түскен электронды сәуле, 2- ондулятор, 3 – пайдаланылған электрондар, 4 – түскен электромагниттік толқын, 5 – күшейтілген толқын.

Электронды сәуле мен электромагниттік толқын ондуляторға енеді. Егер электрондардың энергиясы мен толқын ұзындығы синхронизм шарты қанағаттандырылатындай болса, онда электрондардың жартысы энергияны жоғалта бастайды, ал екіншісі толқын кезеңінің жартысына дейін ондуляторға енеді. Осылайша, алдымен электрондардың орташа энергиясы өзгермейді, бірақ энергияның модуляциясы жүреді, сәуле бастапқы энергиядан ауыспалы ауытқумен толқын ұзындығының жартысына тең қабаттарға бөлінеді.

Әрі қарай, ондулятордың бірінші жартысындағыдай қайталанады: жалғыз "жартылай толқынды" қабаттары баяулайды, ал басқалары жылдамдайды, бірақ қазір энергия бөлшектердің тығыздығы жоғары қабаттарды жоғалтады, ал тығыздығы төмен қабаттарды алады. Нәтижесінде электрондардың орташа энергиясы азаяды және электромагниттік толқынның қуаты артады.

Электрондық зеңбірек: негізгі компонент-жоғары тығыздықтағы электрондар шоғырын жасайтын электронды зеңбірек. Содан кейін бұл электрондар сызықтық үдеткіштің көмегімен релятивистік жылдамдыққа дейін үдетіледі.

Ондулятор: үдеткіштен кейін электронды сәуле ондуляторға түседі – электрондардың тербелуіне және жарық шығаруына әкелетін ауыспалы магниттердің ұзын қатары.

Оптикалық резонатор: ондулятор шығаратын жарық оптикалық резонатордың ішінде ұсталады, ол бір-біріне қарайтын екі айнадан тұрады. Жарық айналар арасында алға-артқа шағылысады, электронды сәуленің ондулятор арқылы өткен сайын қарқындылығы артады.

Еркін электронды лазерлердің керемет аспектілерінің бірі-олардың қайта құрылуы. Электронды сәуленің энергиясын немесе ондулятордағы магнит өрісінің қарқындылығын өзгерту арқылы пайда болатын жарықтың толқын ұзындығын дәл реттеуге болады. Бұл еркін электронды лазерлерге микротолқындардан рентген сәулелеріне дейін электромагниттік спектрдің кең ауқымында жарық шығаруға мүмкіндік береді.

Шынында да, еркін электронды лазерлер ерекше қасиеттерге ие. Оны бірнеше ғылыми салаларда маңызды құралға айналдырды. Осы мақаланың келесі бөлігінде біз еркін электронды лазерлердің қолданылуы мен болашақ перспективаларын егжей-тегжейлі қарастырамыз.

Өзінің ерекше қасиеттерінің арқасында еркін электронды лазерлер ғылыми және өндірістік салалардың кең ауқымында қолданыла бастады. Еркін электронды лазерлер келесідей салаларда қолданылады:

- *Материалтану*: еркін электронды лазерлер, әсіресе рентген сәулелерін шығаруға қабілетті лазерлер материалтану ғылымында кескіндерді шығару және атом деңгейінде материалдардың құрылымын анықтау үшін қолданылады. Бұл түсінік материалдардың қасиеттерін түсінуіне және жаңа материалдардың дамуына басшылық жасау үшін өте маңызды.

- *Биохимия*: биохимияда белоктар сияқты күрделі биомолекулалардың құрылымын анықтау үшін еркін электронды лазерлер қолданылады. Мұндай құрылымдық түсінік дәрі-дәрмектерді табуға және жаңа емдеу әдістерін жасауға көмектеседі.

- *Физика*: физикада еркін электронды лазерлер фемтосекундтық уақыт шкаласында химиялық реакциялар мен фазалық ауысулар сияқты өте жылдам құбылыстарды зерттеу үшін қолданылады. Бұл қабілет кванттық динамика мен тепе-теңдік емес құбылыстарды зерттеуде жаңа мүмкіндіктер ашты.

- *Өнеркәсіптік қолдану*: еркін электронды лазерлер жоғары қуаты мен теңшелімділігіне байланысты дәл кесу және бұрғылау сияқты тапсырмалар үшін өнеркәсіптік секторда да қолданылады.

- *Әскери*: еркін электронды лазер технологиясын АҚШ-та Әскери-теңіз күштері зениттік және зымыранға қарсы бағытталған энергетикалық Қаруға үміткер ретінде бағалайды. Томас Джефферсон ұлттық үдеткіш кешенінің еркін электронды лазері 14 кВт-тан астам қуат көрсетті. Қазіргі уақытта еркін электрондарда көп мегаваттық лазерлік қаруды зерттеу жүргізілуде. 2009 жылдың 9 маусымында әскери-теңіз күштерін зерттеу Басқармасы Raytheon-мен 100 кВт эксперименттік еркін электронды лазер жасау туралы келісімшарт жасасқанын хабарлады. 2010 жылдың 18 наурызында Boeing Directed Energy Systems АҚШ Әскери-теңіз күштерінде пайдалану үшін бастапқы дизайнның аяқталғанын жариялады. Жанармай жүйесінің прототипі көрсетілді және прототиптің толық қуаты 2018 жылға жоспарланған.

- *Хирургия*: 1994 жылы Вандербильт университетінің еркін электронды лазер орталығының Гленн Эдвардс және оның әріптестері жүргізген зерттеу көрсеткендей, ми қабақтарының толқын ұзындығы шамамен 6,45 мкм болатын инфрақызыл еркін электронды лазермен кесуге немесе алып тастауға болады. Бұл еркін электронды лазерді қолдана отырып, алғашқы адам операцияларына әкелді. 1999 жылдан бастап Коппленд пен Конрад менингиомалық ми ісіктерін жою үшін үш операция жасады. 2000 жылдан бастап Джоос пен Моун оптикалық жүйке қабығының фенестрациясының тиімділігін тексеру үшін оптикалық жүйке қабығындағы терезені кесіп тастаған бес операция жасады. Бұл сегіз операция медициналық көмек стандартына сәйкес нәтижелер берді.

Еркін электронды лазердің болашағы өте перспективалы. Технологиялық жетістіктер еркін электронды лазерлерді жаңа аумақтарға қолдану шекараларын кеңейтеді. Мысалы, атомдардағы, молекулалардағы және қатты денелердегі ультра жылдам электрондардың динамикасын зерттеу үшін еркін электрондарда аттосекундтық лазерлер жасалуда. Сонымен қатар, медицинада, қауіпсіздікте және телекоммуникацияда қолдану мүмкіндіктерін ашатын еркін электронды лазерлер бойынша зерттеулер жүргізілуде.

Қорытындылай келе, когеренттілігі және кең спектрлік диапазоны бар еркін электронды лазерлер көптеген ғылыми және өндірістік салаларда бірегей мүмкіндіктер ашатынын атап өткен жөн. Технология дамып келе жатқандықтан, еркін электронды лазерлер табиғат әлемін түсінуімізде және озық өнеркәсіптік қолданбаларды қалыптастыруда жаңа мүмкіндіктерді ашуға мүмкіндік береді. Еркін электронды лазерлік технологияны одан әрі дамыту және жетілдіру қазіргі ғылым мен өнеркәсіптің маңызды құралы ретінде қарастырамыз.

Әдебиеттер

- 1 А.В.Агафонов., А.Н.Лебедев. Лазеры на свободных электронах.- М: Знание, 1987.
- 2 Федоров.М.В. Взаимодействие электронов с электромагнитным полем в лазерах на свободных электронах//Успехи физических наук.-1981
- 3 Т.Маршалл. Лазеры на свободных электронах.Пер. с англ.-М:Мир, 1987.
- 4 Н.В.Карлов. Лекции по квантовой электронике.

References

- 1 A.V.Agafonov., A.N.Lebedev. Free electron lasers.- Moscow: Znanie, 1987.
- 2 Fedorov.M.V. Interaction of electrons with an electromagnetic field in free electron lasers//Successes of physical sciences.-1981
- 3 T.Marshall. Free electron lasers.Translated from English: Moscow:Mir, 1987.
- 4 N.V.Karlov. Lectures on quantum electronics.

С.Н. Нуркасымова¹, Ш.А.Хаусова²
Л.Гумилев атындағы ЕҰУ п.ғ.д¹
Л.Гумилев атындағы ЕҰУ 4 курс студенті²

ЭЛЕКТРОМАГНИТТІК ӨРІСТЕГІ ЗАТТАРДЫҢ ЖАРҚЫРАУ ЭФФЕКТІСІ

***Аңдатпа:** Бұл мақалада электромагниттік өрістегі заттардың жарқырауы қарастырылған. Сонымен қатар бұл құбылыс «Жоғары жиілікті фотография» техникасын дамытудағы және оның техникалық қолдануындағы айқын табыстарға қарамастан, жазу жабдықтарының жаңа нұсқаларын пайдалана отырып, физикалық процестерді қолданып кескінді қалыптастыруды дамытуда Кирлиан эффектісінде изолятордың ұнтақпен қапталған бетіндегі электр разрядтарын зерттей отырып, ол өзіне тән жарқырауды байқағандығы қарастырылады.*

***Түйін сөздер:** Кескін, фотография, газ разрядтарының визуализациясы, электрография, жарқырау*

***Аннотация:** В этой статье рассматривается светимость объектов в электромагнитном поле. Вместе с тем, несмотря на очевидные успехи в развитии техники «высокочастотной фотографии» и ее технических применениях, при разработке формирования изображения с использованием физических процессов с использованием новых версий записывающего оборудования было отмечено, что при изучении электрических разрядов на поверхности изолятора с порошковым покрытием в Кирлианском эффекте он заметил характерное свечение.*

***Ключевые слова:** изображение, фотография, визуализация газовых разрядов, электрография, свечение*

***Abstract:** This article examines the luminosity of objects in an electromagnetic field. At the same time, despite the obvious successes in the development of the technique of "high-frequency photography" and its technical applications, when developing image formation using physical processes using new versions of recording equipment, it was noted that when studying electrical discharges on the surface of a powder-coated insulator in the Kirlian effect, he noticed a characteristic glow.*

***Keywords:** image, photography, visualization of gas discharges, electrography, glow*

Ғалымдардың зерттеулері нәтижесінен әлсіз ағымды электр разряды әртүрлі тығыздықтағы және қалыңдықтағы органикалық және органикалық емес тектес материалдардың ақауларын анықтау үшін, диэлектрлік өткізгіштіктің біртектілігін зерттеу және үстіңгі қабаттың микрорельефін зерттеу үшін жеткілікті уақыт пайдаланылатыны дәлелденген. Газ разрядты фотосурет әдісі медицина мен биологияда кеңінен қолданылады,