

ՔԵՆԴԼ Սինքրոտրոնային Հետազոտությունների Ինստիտուտ

Սուփաայան Մինաս Մարատի

ՍՈԼԻՏՈՆԱՅԻՆ ԵՎ ՆՄԱՆԱՏԻՊ ԵՐԵՎՈՒՅԹՆԵՐԸ ԳԵՐԿԱՐՃ
ԼԱԶԵՐԱՅԻՆ ԻՄՊՈՒԼՍՆԵՐԻ ԲՆՈՒԹԱԳՐՄԱՆ ԵՎ
ՍՊԵԿՏՐԱԼ ԻՆՔՆԱՍԵՂՄԱՆ ՀԱՄԱՐ

Ա.04.20 - «Լիցքավորված մասնիկների փնջերի ֆիզիկա և արագացուցչային տեխնիկա» մասնագիտությամբ ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության սեղմագիր


ԵՐԵՎԱՆ-2019

Ատենախոսության թեման հաստատված է ՔԵՆԴԼ ԱՀԻ-ում

Գիտական ղեկավար՝ Ֆիզ.մաթ. գիտ. դոկտոր, պրոֆեսոր
Լ. Խ. Մուրադյան (ԵՊՀ, ՔԵՆԴԼ ԱՀԻ)
Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝
Ֆիզ.մաթ. գիտ. թեկնածու
Բ. Ա. Գրիգորյան (ՔԵՆԴԼ ԱՀԻ)
Ֆիզ.մաթ. գիտ. դոկտոր, պրոֆեսոր
Ռ. Ս. Հակոբյան (ԵՊՀ)
Առաջատար կազմակերպություն՝ Երևանի Պետական Համալսարան

Պաշտպանությունը կայանալու է 2019թ. մայիսի 30-ին ժամը 11.00-ին ՔԵՆԴԼ Սինքրոտրոնային Հետազոտությունների Ինստիտուտում գործող «Լիցքավորված մասնիկների փնջերի ֆիզիկա և արագացուցչային տեխնիկա» ԲՈՀ-ի 021 մասնագիտական խորհրդի նիստում (0040, Երևան, Աճառյան 31):
Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ՔԵՆԴԼ ԱՀԻ-ի գրադարանում:

Սեղմագիրն առաքված է 2019թ. ապրիլի 17-ին:

021 մասնագիտական խորհրդի գիտական քարտուղար, Ֆիզ.մաթ. գիտ. թեկնածու  Գ. Ա. Ամատունի

Тема диссертации утверждена в КЕНДЛ ИСИ

Научный руководитель: доктор физ.-мат. наук, профессор
Л. Х. Мурадян (ЕГУ, КЕНДЛ ИСИ)


Официальные оппоненты: доктор физ.-мат. наук
Р. С. Акопян (ЕГУ)
кондидат физ.-мат. наук
Б. А. Григорян (КЕНДЛ ИСИ)

Ведущая организация: Ереванский Государственный Университет

Защита диссертации состоится 30 мая 2019г. в 11.00 часов на заседании специализированного совета ВАК 021 действующей при КЕНДЛ ИСИ (0040, Ереван, ул. Ачаряна 31).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке КЕНДЛ ИСИ.

Автореферат разослан 17 апреля 2019г.

Ученый секретарь спец. совета 021, к.ф.м.н.  Գ. Ա. Ամատունի

ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ԲՆՈՒԹԱԳԻՐԸ

Աշխատանքի արդիականությունը

Ժամանակակից արագացուցչային ֆիզիկայի և տեխնիկայի զարգացման հիմնական ուղղությունները կապված են մասնիկների արագացման նոր մեթոդների մշակման, գերկարճ էլեկտրոնային թանձրուկների ստացման, մասնիկների փոքր տարածական-փուլային բաշխվածությամբ էլեկտրոնային փնջերի արագացման և ազատ էլեկտրոնների վրա հիմնված հզոր լազերների գեներացիայի [1,2] հետ: Պլազմայում լազերային փնջի կիվատերային դաշտում էլեկտրոնների արագացումը [3-5], գերբարձր հաճախությամբ (ԳԲՀ) էլեկտրոնային թնդանոթներում լազերային ֆոտոկաթոդների հիմքի վրա էլեկտրոնների գերկարճ ռեյախտիվիստական թանձրուկների գեներացիան [6-8], սինքրոտրոնային կուտակիչ օղակներում էլեկտրոնային փնջերի լազերային հովացումը [9], արագացուցչում մասնիկների լազերային խմբավորումը կոհերենտ ճառագայթման գեներացիայի համար [10-14] ամենևին էլ ժամանակակից արագացուցչային ֆիզիկայի այն խնդիրների ամբողջական ցուցակը չէ, որտեղ անհրաժեշտ է հետազոտել և մշակել մեթոդներ տվյալ ժամանակային և սպեկտրային բնութագրերով լազերների ստացման համար: Անհրաժեշտ է նշել, որ այս ուղղությունների հաջող զարգացումը հիմնականում պայմանավորված է տրված իմպուլսի ձևով լազերային փնջերի ձևավորման, լազերային փնջի սպեկտրալ սեղմման նոր մեթոդների մշակման ոլորտներում առաջընթացով, լազերային իմպուլսի պարամետրերի ստաբիլությամբ և փնջի պարամետրերի անընդհանուր չափման և ղեկավարման հնարավորություններով: Այս խնդիրներն արդիական են նաև լազերային գրգռմամբ էլեկտրոնների ԳԲՀ թնդանոթով ԱՐԵԱԼ {Advanced Research Electron Accelerator Laboratory (AREAL)} արագացուցչի հետագա զարգացման [15], ինչպես նաև ԱՐԵԱԼ արագացուցչի վրա [16] ազատ էլեկտրոնային լազերի գեներացման և ձևավորման համար:

Վերը նշված արագացուցչային տեխնոլոգիաներում կարևոր խնդիրներ են համարվում գերկարճ լազերային իմպուլսների գեներացումը, կառավարումը և գրանցումը: Ֆեմտովայրկյանային լազերային իմպուլսների ստացումը նպաստել է նաև այնպիսի ոլորտների զարգացմանը, ինչպիսիք են՝ ադապտիվ օպտիկան, Ֆուրյե օպտիկան, սպեկտրալ ինտերֆերաչափությունը, գերարագ սպեկտրոսկոպիան, օպտիկական հեռահաղորդակցությունը, լազերային կենսաֆիզիկան, ֆեմտոքիմիան, բիոֆիզիկան, ֆեմտոկենսաբանությունը և այլն: Լազերային ճառագայթման սպեկտրալ ինքնասեղմումը, որն իրականանում է լուսատարում ոչզճայնության և անոմալ դիսպերսիայի ազդեցության տակ, կիրառելի է ազդանշանի գրանցման և կառավարման խնդիրներում [17; 18]: Գերկարճ լազերային իմպուլսների գրանցման և կառավարման խնդիրներն անհրաժեշտ են

գերարագ լազերային աղբյուրների նշված կարևոր կիրառությունների տեսանկյունից: Սոլիտոնային, սիմիլարիտոնային և սպեկտրոնային իմպուլսների գեներացումը և ձևավորումն ապահովում են այս խնդիրների որոշակի լուծումներ: Սիմիլարիտոնային և սոլիտոնանման իմպուլսները կիրառելի են հեռահաղորդակցության, իմպուլսների կառավարման խնդիրներում: Սիմիլարիտոնային իմպուլսները, շնորհիվ իրենց սպեկտրալ առանձնահատկությունների, կիրառվում են գերկարճ իմպուլսների սեղմման, գրանցման և կառավարման խնդիրներում: Սպեկտրոնային իմպուլսները հնարավորություն են տալիս իրականացնել ինֆորմացիայի տեղափոխում սպեկտրալ տիրույթից ժամանակային՝ ինչի շնորհիվ կատարվում են իրական ժամանակում սպեկտրի գրանցումներ:

Աշխատանքի նպատակը

Արագացուցչային տեխնիկայում և լազերային ֆիզիկայում առկա գերկարճ լազերային իմպուլսների գրանցման և կառավարման խնդիրների արդիականությունը, մասնավորապես, իմպուլսի տևողության, տեսքի, փուլի որոշումը, սպեկտրալ ինքնասեղմման երևույթը հիմնավորում են ատենախոսական աշխատանքում ներկայացված փորձարարական և թվային հետազոտությունների կարևորությունը: Աշխատանքի նպատակը ներառում է հետևյալ խնդիրների լուծումը.

- Կատարել սպեկտրալ ինքնասեղմման երևույթի մանրակրկիտ, հիմնարար ուսումնասիրություն՝ ինչպես կանոնական, այնպես էլ տարբեր տիպի աղմուկային բնույթ ունեցող իմպուլսների համար,
- Իրականացնել գերկարճ լազերային իմպուլսների սպեկտրալ փուլի չափման սպեկտրոնային մեթոդի փորձարարական իրագործում տարբեր տեսքի սպեկտրալ փուլերի համար,
- Իրականացնել ֆեմտովայրկյանային իմպուլսների տևողության չափում իրական ժամանակում՝ հիմնված գերկարճ լազերային իմպուլսների տևողությունների չափման սիմիլարիտոնային մեթոդի վրա:

Գիտական նորույթը

Աշխատանքի գիտական նորույթը արտահայտված է գերարագ օպտիկայում և ֆոտոնիկայում առկա որոշ խնդիրների լուծմանը նպաստող փորձարարական և թվային մոդելավորմամբ ստացված արդյունքներով՝

- Թվային մոդելավորմամբ կատարվել է սպեկտրալ ինքնասեղմման երևույթի մանրակրկիտ, հանգամանալից ուսումնասիրություն՝ կանոնական (գաուսյան և սեկանս հիպերբոլական) և աղմուկային բնույթի (պատահական ամպլիտուդային, փուլային և ամպլիտուդային մոդուլացումներով) իմպուլս-

ների համար և ստացվել են երևույթը նկարագրող եռաչափ, դինամիկ պատկերներ և փորձարարական աշխատանքներում կիրառական նշանակություն ունեցող օպտիմիզացիոն կորեր:

- Առաջին անգամ փորձարարական եղանակով կատարվել է ֆեմտովայրկյանային իմպուլսների սպեկտրալ փուլի չափում՝ հիմնված գերկարճ լազերային իմպուլսների սպեկտրալ փուլի չափման սպեկտրոնային մեթոդի վրա: Գրանցվել են տարբեր հարաբերակցությամբ երկգազաթ և եռագազաթ իմպուլսների սպեկտրալ փուլերը դիսպերսոն հապաղման գծի տարբեր արժեքների դեպքում: Գրանցվել է նաև դիսպերսիոն հապաղման գծում լազերային իմպուլսի ստացած գծային չիրպը:
- Առաջին անգամ փորձարարական եղանակով կատարվել է ֆեմտովայրկյանային իմպուլսների տևողության չափում՝ իրական ժամանակում (օսցիլոգրաֆով), հիմնված գերկարճ իմպուլսների տևողության չափման սիմիլարիտոնային մեթոդի վրա: Գրանցումները կատարվել են դրականորեն և բացասականորեն չիրպավորված լազերային իմպուլսների համար և համեմատվել սպեկտրոմետրային չափումներով ստացված արդյունքների հետ:

Կիրառական նշանակությունը

Ատենախոսական աշխատանքում ներկայացված փորձարարական և թվային հետազոտությունների արդյունքներն ունեն կիրառական մեծ նշանակություն: Դրանք կարող են օգտագործվել գերկարճ լազերային իմպուլսների ամբողջական բնութագրման և կառավարման խնդիրներում, արագացուցչային տեխնիկայում, հեռահաղորդակցության մեջ, սպեկտրոսկոպիայում և այլ արդիական բնագավառներում: Մասնավորապես՝

- Առաջարկվել և թվային մոդելավորմամբ ցուցադրվել է սպեկտրալ ինքնասեղմման ոչ գծային երևույթը կանոնական և պատահականորեն մոդուլացված իմպուլսների համար: Արդյունքում ցույց է տրվել, որ սպեկտրալ ինքնասեղմման պրոցեսում իմպուլսի և սպեկտրի աղմուկային բաղադրիչները կենտրոնական էներգակիր մասում մաքրվում են՝ բարձրացնելով ազդանշանի կոհերենտությունը, որն ունի կիրառական մեծ նշանակություն ժամանակակից տեխնիկական ռոբոտներում, ինչպիսիք են՝ բարձր մոնոքրոմատիկությամբ փնջերի գեներացումը՝ լազերային գրգռմամբ պլազմայում կիլվատերային դաշտերով փնջերի արագացումը, դրանց կիրառությունները, հեռահաղորդակցությունը, օպտիկական կապը, CARS սպեկտրաչափությունը և այլն:

- Առաջարկվել և փորձարարական եղանակով ցուցադրվել է գերկարճ լազերային իմպուլսների սպեկտրալ փուլի չափման մեթոդը՝ հիմնված սպեկտրոնի փուլային առանձնահատկությունների վրա, որը կարող է կիրառվել ֆեմտովայրկյանային իմպուլսների ամբողջական բնութագրման համար և համարվում է այլընտրանքային մեթոդ սպեկտրալ ինտերֆերաչափային մեթոդներին: Այն հնարավորություն է տալիս ստանալ ֆեմտովայրկյանային իմպուլսի սպեկտրալ փուլը՝ գրանցելով գումար հաճախության գեներացիայի ազդանշանը: Լազերային իմպուլսի փուլի ճշգրիտ չափում և համափուլեցում պահանջվում է լազերային գրգռմամբ էլեկտրոնների ԳԲՀ թնդանոթում գերկարճ փնջերի էֆեկտիվ գեներացման համար:
- Առաջարկվել և փորձարարական եղանակով ցուցադրվել է ֆեմտովայրկյանային իմպուլսների տևողության իրական ժամանակային գրանցում նանովայրկյանային օսցիլոգրաֆի օգտագործմամբ, հիմնվելով գերկարճ լազերային իմպուլսների տևողությունների գրանցման սիմիլարիտոնային մեթոդի վրա: Այս մոտեցումը հնարավորություն է տալիս խուսափել սպեկտրոմետրային չափումներում առկա միջինացումներից՝ թույլ տալով կրակոցից կրակոց հետևել իմպուլսի վարքի փոփոխությանը, և շնորհիվ իր պարզության, համարվել մրցակցային գերկարճ իմպուլսների տևողության գրանցման ժամանակակից այլ մեթոդների հետ: Լազերային իմպուլսի երկարության ճշգրիտ չափումները կարևորագույն խնդիրներից մեկն է համարվում լազեր-պլազմա գծային արագացուցիչներում և արտաքին լազերային գրգռմամբ ազատ էլեկտրոնային լազերների վրա հիմնված արագացուցիչներում:

Պաշտպանության ներկայացվող դրույթները

1. Ժամանակային ինքնասեղմման սպեկտրալ անալոզ հանդիսացող սպեկտրալ ինքնասեղմման երևույթը տեղի ունի անկախ նախնական իմպուլսի տեսքից: Սպեկտրալ ինքնասեղմման պրոցեսում պատահական ամպլիտուդային, փուլային և ամպլիտուդափուլային մոդուլացիաներ կրող իմպուլսների աղմուկային բաղադրիչները կարող են մաքրվել՝ ապահովելով ավելի կոհերենտ ճառագայթում:
2. Գերկարճ իմպուլսի սպեկտրալ չիրալը հնարավոր է գրանցել այն անցկացնելով դիսպերսիոն հապաղման գծով, սքանավորելով լազերային նեցուկ իմպուլսով և գրանցելով այդ երկու իմպուլսների գումար հաճախության ազդանշանի կենտրոնական ալիքի երկարության կախվածությունը երկու իմպուլսների միմյանց նկատմամբ ունեցած հապաղման չափից:

3. Գերկարճ իմպուլսների տևողության չափման սիմիլարիտոնային մեթոդի կիրառմամբ հնարավոր է իրականացնել ֆեմտովայրկյանային իմպուլսների տևողության չափում իրական ժամանակում և մեկ իմպուլսի (single-shot) համար՝ էլեկտրոնային օսցիլոգրաֆով գրանցելով նախնական իմպուլսից ձևավորված սիմիլարիտոնի տևողությունը և ճառագայթման միջին հզորությունը:

Աշխատանքի ներկայացումը

Աշխատանքի արդյունքները զեկուցվել են OSA Frontiers in Optics (FIO); September 16-20, 2018, Washington D.C, USA; September 17-21, 2017, Washington D.C, USA; October 18-22, 2015, San Jose, CA, USA; 25th Annual International Laser Physics Workshop (LPHYS'16), July 11-15, 2016, Yerevan, Armenia, International conference Frontiers in Optics & Photonics, 29 February - 12 March, 2016, Yerevan-Ashtarak, International OSA Network of Students (IONS Balvanyos 2017); July 25-28, 2017, Balvanyos, Romania, International Workshop Ultrafast Beams and Applications (UBA 17), July 4-7, 2017, Yerevan, Armenia, International Conference Laser Physics 2018, 19-22 September, 2017, Ashtarak, Armenia, ՔԵՆԴԼ ԱՀԻ և ԵՊՀ Ֆիզիկայի ֆակուլտետի օպտիկայի ամբիոնի սեմինարներում:

Հրատարակումները

Աշխատանքի արդյունքները հրատարակված են 16 աշխատանքներում՝ 6 գիտական հոդվածներում և 10 միջազգային գիտաժողովների նյութերում, որոնց ցուցակը բերված է սեղմագրի վերջում:

Աշխատանքի կառուցվածքը և ծավալը

Ատենախոսությունը բաղկացած է ներածությունից, չորս գլխից և 157 անուն պարունակող գրականության ցանկից: Աշխատանքի ընդհանուր ծավալը կազմում է 111 էջ, առկա է 39 նկար:

ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ՀԱՄԱՌՈՏ ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ներածության մեջ ատենախոսության առաջաբանի հետ մեկտեղ ներկայացված են աշխատանքի հակիրճ նկարագրությունը, պաշտպանության ներկայացվող հիմնական դրույթները և ատենախոսության թեմայով տպագրությունները:

Առաջին գլխում ներկայացված է ատենախոսության թեմային վերաբերող գրականության վերլուծությունը և ատենախոսության շարադրանքը ավելի հեշտ դարձնելու համար անհրաժեշտ սահմանումներն ու գաղափարները: Գլուխը բաղկացած է 6 պարագրաֆներից և ամփոփումից:

Գլխի 1-ին պարագրաֆը նվիրված է ժամանակային սեղմման և ինքնասեղմման ոչ գծային երևույթներին ուղղված հետազոտությունների քննարկմանը: 2-րդ պարագրաֆը նվիրված է ժամանակային սեղմման համանման սպեկտրալ սեղմման և ինքնասեղմման երևույթներին վերաբերվող աշխատանքների վերլուծությանը: 3-րդ պարագրաֆում բերված է սպեկտրոնի սահմանումը, մաթեմատիկական նկարագրությունը և կիրառությունը դիսպերսիոն Ֆուրյե ձևափոխության մեթոդում: 4-րդ պարագրաֆում տրված է սիմիլարիտոնի և ոչ գծային դիսպերսիոն սիմիլարիտոնի սահմանումները և գերկարճ իմպուլսների բնութագրման և կառավարման մի շարք խնդիրներում կիրառությունները: 5-րդ պարագրաֆը նվիրված է ֆեմտովայրկյանային իմպուլսների բնութագրման անուղղակի մեթոդների քննարկմանը: 6-րդ պարագրաֆում ներկայացված է գերկարճ իմպուլսների տևողությունների ուղղակի գրանցման մեթոդներին նվիրված աշխատանքների վերլուծական քննարկումը: Առաջին գլխի ամփոփման մեջ բերված են չլուծված խնդիրները, աշխատանքի նպատակները, գիտական նորույթը և կիրառական նշանակությունը:

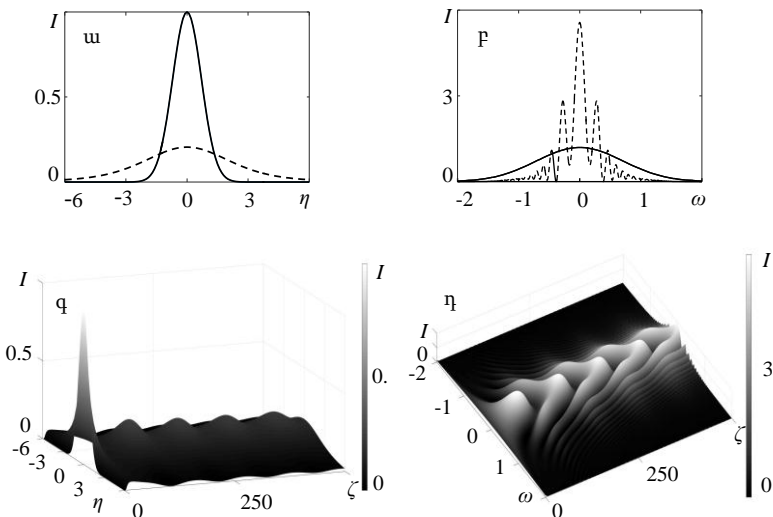
Երկրորդ գլխում ներկայացված են սպեկտրալ ինքնասեղմման ոչ գծային երևույթի թվային հետազոտությունները, որոնցում որպես նախնական իմպուլս օգտագործվել են կանոնական (գաուսյան, սեկանս հիպերբոլական) և աղմուկային բնույթի (պատահականորեն մոդուլացված ամպլիտուդային, փուլային և ամպլիտուդափուլային) իմպուլսներ:

Գլխի 1-ին պարագրաֆում կատարվում է ժամանակային սեղմման, ինքնասեղմման և դրա սպեկտրալ անալոզ հանդիսացող սպեկտրալ սեղմմանը և ինքնասեղմմանը նվիրված գրականության սեղմ վերլուծություն:

Գլխի 2-րդ պարագրաֆը նվիրված է սպեկտրալ սեղմման և ինքնասեղմման վերլուծական քննարկմանը:

Գլխի 3-րդ պարագրաֆում ներկայացված են սպեկտրալ ինքնասեղմման երևույթի հետազոտությունները սկզբնական կանոնական իմպուլսների համար: Միամոդ լուսատարում իմպուլսի տարածումը նկարագրվում է Շրեդինգերի ոչ գծային հավասարմամբ: Լուսատարում ոչգծայնության և բացասական դիսպերսիայի ազդեցության տակ, երբ դիսպերսիայի ազդեցությունը ավելի մեծ է ոչգծայնության ազդեցությունից՝ տեղի է ունենում սպեկտրալ ինքնասեղմման երևույթը:

Թվային հետազոտություններում, որպես սկզբնական կանոնական իմպուլսներ օգտագործվել են գաուսյան և սեկանս հիպերբոլական բաշխվածությամբ իմպուլսները: Ուսումնասիրությունները կատարվել են հաշվարկային տարբեր պարամետրերի դեպքում: Գաուսյան իմպուլսի համար ստացված արդյունքները ներկայացված են նկար 1-ում, ոչգծայնության գործակցի $R = 0.6$ և լուսատարի անչափ երկարության $\zeta = 500$ արժեքների դեպքում:



Նկար 1. Գաուսյան իմպուլսի սպեկտրալ ինքնաստեղծումը
 ա- սկզբնական (հոծ կոր) և առաջին ինքնաստեղծված իմպուլսներ (կետագծեր),
 բ- սկզբնական (հոծ կոր) և առաջին ինքնաստեղծված սպեկտրներ (կետագծեր),
 գ- իմպուլսի տարածման եռաչափ քարտեզ, դ- սպեկտրի տարածման եռաչափ քարտեզ

Ա նկարում պատկերված են նախնական (կետագծեր) և առաջին սպեկտրալ ինքնաստեղծման կետում (հոծ կոր) իմպուլսները, իսկ բ նկարում պատկերված են սկզբնական գաուսյան իմպուլսի (կետագծեր) և առաջին սպեկտրալ ինքնաստեղծման կետում (հոծ կոր) սպեկտրները: Գ և դ նկարներում պատկերված են լուսատարում իմպուլսի և սպեկտրի տարածումը նկարագրող եռաչափ քարտեզները լուսատարի անչափ երկարության 0-ից 500 արժեքների դեպքում: Սկզբնական իմպուլսի և սպեկտրի ինտենսիվությունները նորմավորված են իրենց պիկային արժեքներով: Սպեկտրալ առաջին ինքնաստեղծումը տեղի է ունեցել լուսատարի անչափ երկարության $\zeta = 86$ արժեքի դեպքում, և ստացվել է մոտավորապես 9 անգամ սպեկտրալ ինքնաստեղծում ըստ կիսաբարձրության: Նկարներից հետևում է, որ սպեկտրալ ինքնաստեղծման երևույթը ունի պարբերական, սոլիտոնային բնույթ, այսինքն սպեկտրը պարբերաբար սեղմվում և լայնանում է, որոնք համապատասխանում են ժամանակային երկարացումներին և կարճացումներին: Ուսումնասիրություններ կատարվել են սեկանս հիպերբոլական իմպուլսի համար պարամետրերի տարբեր արժեքների դեպքում: Համեմատելով գաուսյան իմպուլսի համար ստացված արդյունքների հետ՝

պարամետրերի նույն արժեքների դեպքում սպեկտրալ ինքնասեղմման չափը կազմել է 3 անգամ լուսատարի երկարության $\zeta = 30$ արժեքի դեպքում:

Ներկայացված են նաև սպեկտրալ ինքնասեղմման երևույթը նկարագրող և փորձարարական աշխատանքներում կիրառական նշանակություն ունեցող օպտիմիզացիոն կորեր:

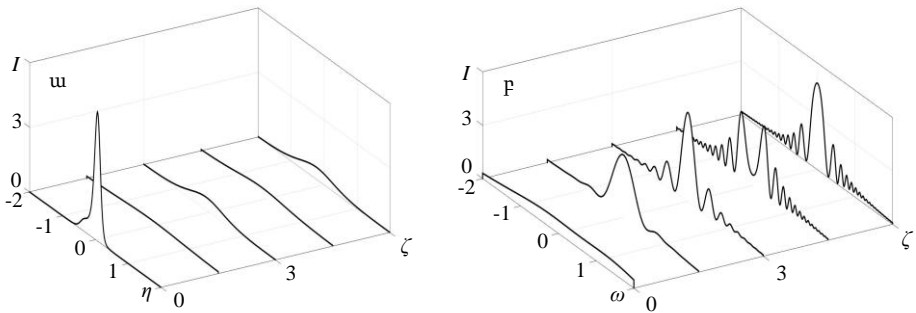
Գլխի 4-րդ պարագրաֆում ներկայացված են սպեկտրալ ինքնասեղմման հետազոտությունները սկզբնական աղմուկային բնույթի իմպուլսների համար: Մեր ուսումնասիրություններում մենք օգտագործել ենք ազդանշան + աղմուկ մոդելը՝ ստանալով փուլային, ամպլիտուդային և ամպլիտուդափուլային պատահական աղմուկային մոդուլյացիաներով իմպուլսներ: Ուսումնասիրությունները կատարվել են լուսատարում ոչ գծայնության տարբեր արժեքների և լուսատարի անչափ երկարության մինչև $\zeta = 500$ արժեքի դեպքում:

4-րդ պարագրաֆի 1-ին ենթապարագրաֆում ներկայացված է պատահական ամպլիտուդային մոդուլացիաներով իմպուլսի սպեկտրալ ինքնասեղմման երևույթի ուսումնասիրությունը: Որպես նախնական իմպուլս օգտագործվել է իմպուլս + աղմուկ մոդելի հետևյալ դեպքը՝ $A(t) = A_0(t)[1 + \sigma\xi(t)]$, որտեղ $A_0(t)$ - ն սեկանս հիպերբոլական իմպուլսն է, $\xi(t)$ -ն իրական մեծությամբ սպիտակ աղմուկ է, իսկ σ -ն այդ աղմուկի ամպլիտուդը: Թվային հետազոտությունը կատարվել է ոչ գծայնության գործակցի $R=0.015$, լուսատարի անչափ երկարության մինչև $\zeta=500$, կոհերենտության երկարության $\tau=1/3\Delta t_0$ և աղմուկի ամպլիտուդի $\sigma=0.1$ արժեքների դեպքում: Տվյալ պարամետրերի դեպքում սպեկտրի առաջին ինքնասեղմումը տեղի է ունենում լուսատարի $\zeta=50$ արժեքի դեպքում և կազմում է մոտավորապես 9 անգամ:

4-րդ պարագրաֆի 2-րդ ենթապարագրաֆը նվիրված է պատահական փուլային մոդուլացիաներով իմպուլսի սպեկտրալ ինքնասեղմման հետազոտությանը: Օգտագործվել է իմպուլս + աղմուկ մոդելի հետևյալ դեպքը՝ $A(t) = A_0(t)[\exp(i\sigma\xi(t))]$, որտեղ $\xi(t)$ -ն իրական մեծությամբ սպիտակ աղմուկ է: Հետազոտությունը կատարվել է ոչ գծայնության գործակցի $R=2.2$, լուսատարի անչափ երկարության $\zeta=500$, կոհերենտության երկարության $\tau=1/3\Delta t_0$ և աղմուկի ամպլիտուդի $\sigma=1.5$ արժեքների դեպքում: Այս պայմանների դեպքում առաջին սպեկտրալ ինքնասեղմումը տեղի է ունենում լուսատարի $\zeta=80$ արժեքի դեպքում և կազմում է մոտավորապես 17 անգամ:

4-րդ պարագրաֆի 3-րդ ենթապարագրաֆում ներկայացված է պատահական ամպլիտուդափուլային մոդուլյացիաներով իմպուլսի սպեկտրալ ինքնասեղմման

ուսումնասիրությունը: Օգտագործվել է իմպուլս + աղմուկ մոդելի առավել ընդհանուր $A(t) = A_0(t)[1 + \sigma\xi(t)]$ դեպքը, որտեղ $\xi(t) = \xi_1(t) + \xi_2(t)$ -ն կոմպլեքս աղմուկ է, $\xi_1(t)$ -ն և $\xi_2(t)$ -ն սպիտակ աղմուկներ են իրական մեծություններով: Ուսումնասիրությունը կատարվել է ոչ գծայնության գործակցի $R=0.195$, լուսատարի անչափ երկարության $\zeta = 500$, կոհերենտության երկարության $\tau = 1/3\Delta t_0$ և աղմուկի ամպլիտուդի $\sigma = 0.5$ արժեքների դեպքում: Նշված պայմանների դեպքում սպեկտրալ առաջին ինքնասեղմումը տեղի է ունենում լուսատարի $\zeta = 30$ արժեքի դեպքում՝ 13-ից ավելի անգամ ըստ կիսաբարձրության: Արդյունքը պատկերված է նկար 2-ում:



Նկար 2. Պատահական փուլային մոդուլյացիայով իմպուլսի սպեկտրալ ինքնասեղմում
 ա) իմպուլսի տարածման դինամիկա, բ) սպեկտրի տարածման դինամիկա

Ուսումնասիրությունները ցույց են տալիս, որ սպեկտրալ ինքնասեղմման երևույթը աղմուկային բնույթի իմպուլսների համար նույնպես տեղի ունի և սպեկտրալ ինքնասեղմման ոչ գծային երևույթի շնորհիվ իմպուլսի ու սպեկտրի (կենտրոնական էներգակիր մասում) աղմուկային բաղադրիչները մաքրվում են:

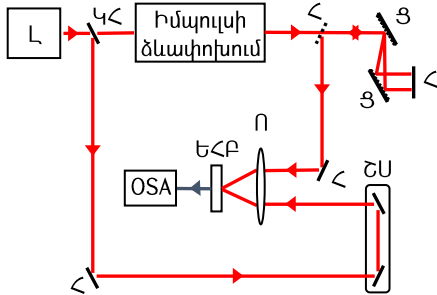
5-րդ պարագրաֆը 2-րդ գլխի ամփոփումն է:

Երրորդ գլուխը նվիրված է ֆեմտովայրկյանային իմպուլսների սպեկտրալ փուլի չափման սպեկտրոնային մեթոդի փորձարարական իրագործմանը:

Գլխի 1-ին պարագրաֆում կատարված է սպեկտրոնային իմպուլսների կիրառություններին, դիսպերսիոն Ֆուրյե ձևափոխությանը և գերկարճ լազերային իմպուլսների փուլի չափման մեթոդներին նվիրված գրականության սեղմ վերլուծություն:

Գլխի 2-րդ պարագրաֆում ներկայացված է ֆեմտովայրկյանային իմպուլսների սպեկտրալ փուլի չափման սպեկտրոնային մեթոդի էությունը, և կատարված է տվյալ մեթոդի անալիտիկ քննարկում:

Գլխի 3-րդ պարագրաֆը նվիրված է սպեկտրալ փուլի չափման սպեկտրոնային մեթոդի փորձարարական հետազոտությանը՝ ուղղված առաջին անգամ ֆեմտովայրկյանային իմպուլսի սպեկտրալ փուլի չափման իրագործմանը: Փորձարարական սխեման ներկայացված է նկար 3-ում: Փորձարարական հետազոտություններում մենք օգտագործել ենք Տիտան շափյուղային (mode-locked Ti:sapphire laser oscillator (Coherent Mira)) լազերային համակարգը: Սկզբում լազերային ճառագայթումը բևեռացումային կիսաթափանցիկ հայելու օգնությամբ բաժանվում է երկու մասի՝ փնջերի հզորության 40% և 60% հարաբերակցությամբ: Թույլ հզորությամբ ճառագայթումը ծառայում է որպես նեցուկ իմպուլս, իսկ ավելի հզոր ճառագայթումից ձևավորվում է թեստային իմպուլսը: Թեստային իմպուլսը անցկացվել է 1200մմ⁻¹ խազերի խտությամբ ցանցերի

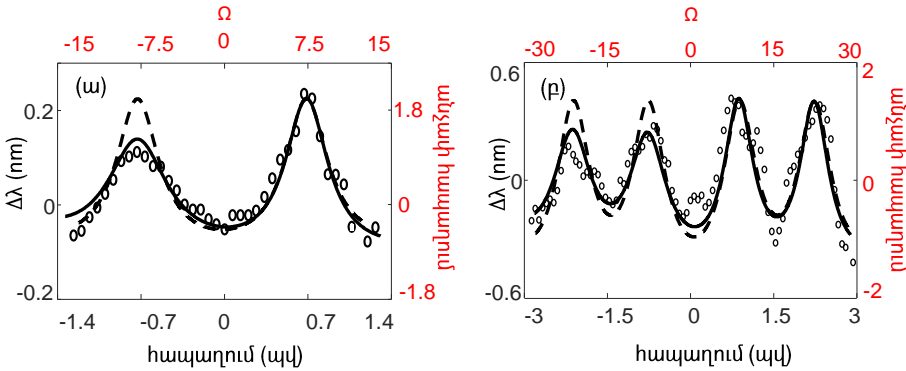


Նկար 3. Փորձարարական սխեմա, L-լազեր, <- հայելի, Կ<- կիսաթափանց հայելի, ՇՄ- շարժական սեղանիկ, ԵԸԲ- երկրորդ հարմոնիկի բյուրեղ, OSA- սպեկտրոմետր

գույզից և հետադարձ կապը ապահովող հայելուց բաղկացած դիսպերսիոն հապաղման գծով՝ սպեկտրոն ձևավորելու նպատակով: Գումար հաճախության գեներացիա ստանալու համար անհրաժեշտ է, որ երկու փնջերն էլ անցնեն միևնույն օպտիկական ճանապարհները՝ այդ նպատակով նեցուկ իմպուլսին տրվում է ժամանակային հապաղում՝ որը կարգավորվում է շարժական սեղանիկի օգնությամբ, որի վրա ամրացված են երկու միմյանց փոխուղղահայաց հայելիներից բաղկացած համակարգ: Այնուհետև այս երկու փնջերը ոչ կոլիմետար ձևով 13 սմ կիզակետային հեռավորություն ունեցող ոսպնյակի օգնությամբ ֆոկուսացվում են 0.1մմ հաստություն ունեցող β բարիում բորատ (BBO) բյուրեղի մեջ և Ando AQ 6315 օպտիկական սպեկտրալ վերլուծչի օգնությամբ գրանցվում է երկրորդ հարմոնիկի գեներացիայի արդյունարար ազդանշանը՝ տալով երկու իմպուլսների միմյանց նկատմամբ հաջորդական հապաղումներ: Նեցուկ իմպուլսը տեղափոխվել է սպեկտրոնի երկայնքով մի եզրից մյուսը՝ 10մկմ քայլերով, որը համապատասխանում է ժամանակային 67ֆվ հապաղմանը: Արդյունքում գրանցելով գումար հաճախության ազդանշանը, կառուցվել է այդ սպեկտրերի կենտրոնական ալիքի երկարության կախվածությունը երկու փնջերի միմյանց նկատմամբ ունեցած հաջորդական հապաղումներից: Իմպուլսների

ձևավորումը կատարվել է պարզ մեթոդով: Բազմապիկ իմպուլսներ ստանալու համար օգտագործվել են տարբեր հաստություններ ունեցող միկրոսկոպիկ ապակիներ՝ փնջի մի մասը անցկացնելով ապակու միջով, իսկ մյուս մասը օդով: Արդյունքում փնջի ապակիով անցած մասը ստանում է ժամանակային հապաղում օդով անցած մասի նկատմամբ և ստացվում է երկպիկ իմպուլս: Օգտագործվել է 140մկմ հաստությամբ ապակի, որն ապահովում է 250Ֆվ ժամանակային հապաղում:

Գլխի 4-րդ պարագրաֆում բերված են փորձարարական արդյունքները: Այս մեթոդում չափվում է սկզբնական հետազոտվող իմպուլսի սպեկտրալ և դիսպերսիոն միջավայրում այդ իմպուլսի ստացած գծային չիրպերի գումարային չիրպը: Գրանցված չիրպից հանելով դիսպերսիոն հապաղման գծում տրվող գծային չիրպը ստացվում է սկզբնական անհայտ իմպուլսի չիրպը: Մեթոդի կիրառմամբ գրանցվել է նաև դիսպերսիոն միջավայրով պայմանավորված գծային չիրպը: Որպես հետազոտվող իմպուլսներ օգտագործվել են տարբեր հարաբերակցություններով երկգագաթ (1:10 և 1:7) և եռագագաթ իմպուլսներ (1:50:22): Արդյունքները ներկայացված են նկար 4-ում:



Նկար 4. Երկգագաթ (իմպուլսների 1:7 հարաբերակցությամբ (ա)) և եռագագաթ (իմպուլսների 1:50:22 հարաբերակցությամբ (բ)) իմպուլսների դեպքում փորձով (օղակներ) և թվային մոդելավորմամբ (հոծ կորեր) ստացված սպեկտրոնի ժամանակային չիրպերը և սկզբնական իմպուլսների սպեկտրալ չիրպերը (կետագծեր) լուսատարի երկարության $\zeta = 16$ (ա) և $\zeta = 32$ (բ) արժեքների դեպքում

Նկարում պատկերված են փորձով և թվային մոդելավորմամբ երկգագաթ (իմպուլսների 1:7 հարաբերակցությամբ (ա)) և եռագագաթ (իմպուլսների 1:50:22 հարաբերակցությամբ (բ)) իմպուլսներից գեներացված սպեկտրոնների ժամանակային չիրպերը: Օղակները համապատասխանում են փորձում կատարված չափումներին, որոնք ներկայացնում են սպեկտրոնի ժամանակային չիրպը, հոծ

կորերը համապատասխանում են թվային մոդելավորմամբ ստացված չիրպերին, իսկ կետագծերով կորերը համապատասխանում են սկզբնական իմպուլսների սպեկտրալ փուլերին, որոնք ստացվել են թվային հաշվարկներով և ներկայացված են համեմատելու համար գրանցված չիրպերի հետ: Փորձարարական և թվային հետազոտություններով ստացված արդյունքները ունեն բավականին մեծ որակական համապատասխանություն, ինչպես նաև որակական առումով լավ համապատասխանության մեջ են սկզբնական իմպուլսների սպեկտրալ փուլերի հետ: Սպեկտրալ փուլերից շեղումները պայմանավորված են դիսպերսիոն հապաղման գծի փոքր արժեքով, որի մեծացմանը զուգընթաց սպեկտրոնի ժամանակային չիրպերի և սկզբնական իմպուլսի սպեկտրալ չիրպերի կրկնությունը ավելի է մեծանում: Ուսումնասիրություններ կատարվել են նաև երկգագաթ իմպուլսում իմպուլսների 1:10 հարաբերակցության և դիսպերսիոն միջավայրի տարբեր երկարությունների դեպքում:

Գլխի 5-րդ պարագրաֆում ներկայացված են թվային հետազոտությամբ կատարված հետազոտությունների արդյունքները և կատարված է վերլուծական քննարկում: Երկգագաթ և եռգագաթ իմպուլսների դեպքում ցուցադրված է թե դիսպերսիոն միջավայրի ինչ երկարություններից սկսած է տեղի ունենում սպեկտրոնի ժամանակային չիրպի և սկզբնական իմպուլսի սպեկտրալ չիրպի լրիվ կրկնություն, որը կախված է իմպուլսի տեսքից:

6-րդ պարագրաֆը նվիրված է երրորդ գլխի ամփոփմանը:

Չորրորդ գլխում ներկայացված է սիմիլարիտոնային մեթոդով ֆեմտովայրկյանային իմպուլսների տևողությունների իրական ժամանակում չափման փորձարարական իրագործումը:

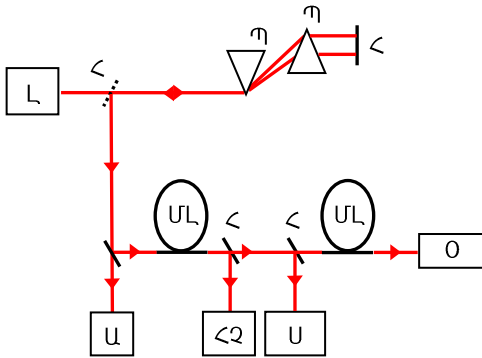
Գլխի 1-ին պարագրաֆում կատարված է սիմիլարիտոնային իմպուլսներին, դրանց կիրառություններին, և գերկարճ լազերային իմպուլսների տևողության չափման մեթոդներին նվիրված գրականության սեղմ վերլուծություն:

Գլխի 2-րդ պարագրաֆում ներկայացված է ֆեմտովայրկյանային իմպուլսների տևողության չափման փորձարարական հետազոտության մեթոդոլոգիան: Մաթեմատիկական մեկնաբանությամբ ներկայացված է սիմիլարիտոնի կիրառությամբ գերկարճ իմպուլսների տևողության չափման մեթոդի քանակական վերլուծությունը:

Գլխի 3-րդ պարագրաֆը նվիրված է իմպուլսի տևողության չափման սիմիլարիտոնային մեթոդի փորձարարական հետազոտությանը:

Փորձարարական սխեման ներկայացված է նկար 5-ում: Փորձում օգտագործվել է Տիտան շափյուղային (mode-locked Ti:sapphire laser oscillator (Coherent Mira)) լազերային համակարգը: Փորձարարական աշխատանքները իրականացվել են հետևյալ հերթականությամբ: Սկզբում տարբեր տևողությամբ իմպուլսների ստանալու համար լազերային ճառագայթումը չիրպավորվել է SF11 պրիզմաների զույգից և հետադարձ կապը ապահովող հայելուց բաղկացած

համակարգի օգնությամբ: Պրիզմաների կիրառմամբ հնարավոր է ստանալ և՛ դրական, և՛ բացասական չիրպավորված իմպուլսներ: Արդյունքում ձևավորվել են

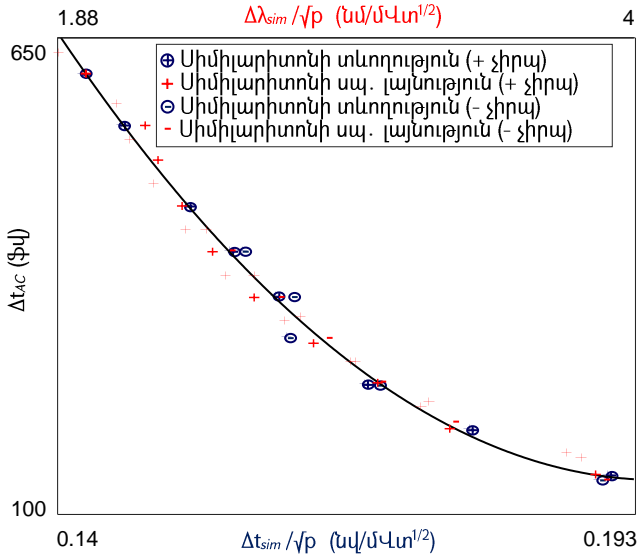


Նկար 5. Փորձարարական սխեմա: L-լազեր, <- հայելի, Պ-պրիզմաներ, ՄԼ-միամող լուսատար, Օ-օսցիլոգրաֆ Հ2-հզորաչափ, Ս-սպեկտրոմետր

ավտոկորելյացիոն տևողությունների 200-600Ֆվ տիրույթում դրական չիրպ ունեցող և 200-450Ֆվ տիրույթում բացասականորեն չիրպավորված իմպուլսներ, որոնք չափվել են ավտոկորելյատրով: Այնուհետև ճառագայթումը անցկացվել է 1 մետր երկարությամբ Thorlabs 780HP լուսատարով: Գեներացված սիմիլարիտոնների սպեկտրերը գրանցվել են Ando AQ-6515A օպտիկական սպեկտրալ վերլուծիչի օգնությամբ, որոնց սպեկտրալ լայնություններ կազմել են 43-89նմ ըստ կիսաբարձրության:

Լուսատարի ելքում չափվում է նաև ճառագայթման միջին հզորությունը, որը կազմում էր 470-530մՎտ: Այնուհետև կատարվել է դիսպերսիոն Ֆուրյե ձևափոխություն, այսինքն ինֆորմացիան սպեկտրալ տիրույթից տեղափոխվել է ժամանակային տիրույթ ու համապատասխան գրանցումները կատարվել են օսցիլոգրաֆով: Որպես դիսպերսիոն հապաղման գիծ օգտագործվել է 600մ երկարությամբ միամող լուսատար և ազդանշանը գրանցվել նանովայրկյանային օսցիլոգրաֆով:

Գլխի 4-րդ պարագրաֆում բերված են փորձարարական հետազոտության արդյունքները: Փորձում գրանցվել են նախնական չիրպավորված իմպուլսների ավտոկորելյացիոն տևողությունները, միամող լուսատարում այդ իմպուլսներից ձևավորված ոչ գծային դիսպերսիոն սիմիլարիտոնի սպեկտրալ լայնությունը և միջին հզորությունը: Այնուհետև սիմիլարիտոնային իմպուլսը անցկացնելով դիսպերսիոն միջավայրով, ձևավորվել է սպեկտրոն, որի տևողությունը նանովայրկյանային տիրույթում էր և օսցիլոգրաֆով գրանցվել է այդ իմպուլսի տևողությունը: Այս տվյալների հիման վրա կառուցվել է սիմիլարիտոնի տևողության և սպեկտրալ լայնության սկզբնական իմպուլսի տևողությունից կախվածության կորը՝ նորմավորված սիմիլարիտոնի միջին հզորության վրա: Արդյունքը պատկերված է նկար 6-ում:



Նկար 6. Սիմիլարիտոնի սպեկտրալ լայնության և տևողության կախվածությունը սկզբնական իմպուլսի տևողությունից

Նկարում օղակները համապատասխանում են ժամանակային չափումներին, իսկ մյուսները համապատասխանում են սպեկտրալ չափումներին: Կետերի + նշանները համապատասխանում է իմպուլսների դրական չիրպավորմանը, իսկ – նշանները՝ բացասական չիրպավորմանը: Անալիտիկորեն ստացված հոծ կորը իրենից ներկայացնում է հետազոտվող իմպուլսի ավտոկորելյացիոն տևողության կախվածությունը սիմիլարիտոնի տևողությունից, որը նկարագրվում է հետևյալ հավասարմամբ՝

$$\Delta t_{AC} = 7.6 \times 10^5 \times \Delta t_{sim}^2 - 3 \times 10^5 \times \Delta t_{sim} + 2.9 \times 10^4 \quad (1)$$

Այն նկարագրում է սիմիլարիտոնի տևողության և մուտքային իմպուլսի տևողության կապը: Սիմիլարիտոնի սպեկտրալ լայնության և մուտքային իմպուլսի կապը նկարագրող հավասարումը (1) հավասարումից տարբերվում է միայն գործակիցների ճշտությամբ: Այսպիսով, փորձում գրանցելով սիմիլարիտոնի տևողությունը կամ սպեկտրալ լայնությունը և չափելով միջին հզորությունը, կարող ենք միարժեքորեն որոշել սկզբնական իմպուլսի ավտոկորելյացիոն տևողությունը՝ ելնելով կորից:

5-րդ պարագրաֆը նվիրված է 4-րդ գլխի ամփոփմանը, որտեղ ընդհանրացված է այդ գլխում ստացված հիմնական արդյունքները:

Գրականություն

1. E.L. Saldin, et al., Springer, Netherlands, 470 p., 2000.
2. P. Schmusser, et al., Springer, Berlin, 200 p., 2008.
3. J.van Tilborg, et al., “Free-electron lasers driven by laser plasma accelerators”, AIP Conf.Proc. 1812 (2017) no.1, 020002
4. T. Andre, et al., “Control of laser plasma accelerated electrons for light sources”, Nature Commun. 9 (2018) no.1, 1334
5. J.Luo, et al, “Multistage coupling of Laser-Wakefield accelerators with Curved Plasma Channel”, Phys.Rev.Lett. 120 (2018) no.15, 154801
6. R.ALley, et al, Nucl.Instrum.Meth. A429 (1999) 324-331
7. A. Deshpande, et al, “Design of Mode Separated RF photo cathode gun”, Nucl.Instrum.Meth. A600 (2009) 361-366
8. J.F. Schmerge, et al., “RF Gun Photo-Emission Model for Metal Cathodes Including Time Dependent Emission”, Int.J.Mod.Phys. A22 (2007) 4069-4082.
9. S.R. Yoffe, et al., “Longitudinal and transverse cooling of relativistic electron beams in intense laser pulses”, New J. Phys, 17 (2015) no.5, 053025
10. G. Lambert, et al., Nature Physics Letters, 295 (2008).
11. L. Gianessi et al., “Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A”, Nucl. Inst. & Meth. A594 132 (2008).
12. L.-H. Yu, et al., Science 289 932 (2000).
13. E. Allaria, et al, “Tunability experiments at the FERMI@Elettra free-electron laser”, New Journal of Physics 14 113009 (2012).
14. Z.T. Zhao et al, “First lasing of an echo-enabled harmonic generation free-electron laser”, Nature Photonics Letters 6 360 (2012).
15. V.M. Tsakanov, et al., “AREAL Test Facility for Advanced Accelerator and Radiation Source Concepts”, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, 284-290, 2016.
16. V.V. Sahakyan, et al., “Middle Infrared and THz Sources at AREAL“, Armenian Journal of Physics, vol. 11, issue 3, pp. 111-116, 2018.
17. L.Kh. Mouradian et al., “Spectro-temporal imaging of femtosecond events”, IEEE J. Quantum Electron. 36, 795-801 (2000).
18. L.Kh. Mouradian, et al., “Characterization of optical signals in fiber-optic Fourier converter”, Proc. SPIE 3418, 78-85 (1998).

Հրատարակված աշխատանքների ցուցակ

1. M. Sukiasyan, N. Karapetyan, H. Toneyan, A. Kutuzyan and L. Mouradian, "Measurement of the ultrashort pulse spectral phase based on dispersive Fourier transformation," Appl. Opt. 58, 2817-2822 (2019)
2. M. Sukiasyan, N. Karapetyan, H. Toneyan, A. Kutuzyan and L. Mouradian, “Similaritonic method on ultrashort pulse duration measurement by oscilloscope”, Armenian Journal of Physics, 12 (1), pp. 107-112, (2019)

3. M. Sukiasyan “Spectral Self-Compression of partially coherent pulses”, *Armenian Journal of Physics*, 12 (1), pp. 113-118, (2019)
4. Н. Карапетян, Г. Тонейян, А. Кутузьян, М. Сукиасян, В. Аветисян, Д. Гулкянян, К. Апресян, Л. Мурадян, “Численное Исследование Процесса Формирования Спектрона: Фазовые Особенности”, *Известия НАН Армении, Физика*, т.53, No2, с.173–180 (2018).
5. H. Toneyan, K. Manoukyan, M. Sukiasyan, A. Kutuzyan, L. Mouradian, “Spectral Characteristics of Nonlinear-Dispersive Similariton Generated in Single-Mode Fiber without Gain”, *Armenian Journal of Physics*, 10 (4). pp. 192-198 (2017).
6. H. Toneyan, M. Sukiasyan, A. Zeytunyan, V. Tsakanov, L. Mouradian, “Designing the femtosecond optical oscilloscope”, *Journal of Physics: Conference Series* 673 012016 (2016).
7. L. Mouradian, A. Grigoryan, A. Kutuzyan, G. Yesayan, M. Sukiasyan, H. Toneyan, A. Zeytunyan, A. Barthelemy, “Spectral Analogue of the Soliton Effect Compression: Spectral Self-Compression” *Frontiers in Optics 2015, OSA Technical Digest, San Jose, United States, 18-22 October, FW3F.3*, (2015).
8. M. Sukiasyan, V. Avetisyan, H. Toneyan, A. Kutuzyan, A. Yeremyan, and L. Mouradian, “4.1x Solitonic Self-Spectral Compression of Supercontinuum’s Fraction” -26th Annual International Laser Physics Workshop, Yerevan, Armenia, July 11-15, P.S8.2 (2016).
9. M. Sukiasyan, V. Avetisyan, H. Toneyan, A. Kutuzyan, V. Tsakanov, L. Mouradian, “Solitonic Spectral Self-Compression of Regular and Randomly Modulated Pulses” - Int. Conf. *Frontiers in Optics & Photonics, Yerevan-Ashtarak, 29 February - 12 March* (2016).
10. K. Manukyan, M. Sukiasyan, H. Toneyan, A. Zeytunyan, L. Mouradian, “Simple Diagnostics of Femtosecond Pulses by the Use of Nanosecond Oscilloscope”- *Frontiers in Optics 2017, OSA Technical Digest, Washington D.C, United States, 17–21 September, JTu3A.62* (2017).
11. M. Sukiasyan, H. Toneyan, V. Avetisyan, A. Kutuzyan, L. Mouradian, “Numerical Study of Femtosecond Signal Spectral Self-Compression”, *UBA’17, Yerevan Armenia* (2017).
12. V. Avetisyan, M. Sukiasyan, H. Toneyan, A. Kutuzyan, A. Yeremyan, L. Mouradian, “Experimental Demonstration of Self-Spectral Compression of Supercontinuum’s Fraction by 4.1x”- *Laser Physics Conference*, pp. 2-3, Ashtarak, Armenia (2017).
13. K. Manukyan, H. Toneyan, M. Sukiasyan, A. Kutuzyan, and L. Mouradian, “Similariton Based Technique for Determination of Femtosecond Pulse Duration”, *UBA’17, Yerevan Armenia* (2017).
14. K. Manukyan, H. Toneyan, M. Sukiasyan, L. Mouradian, “Similariton Technique of Femtosecond Pulse Duration Measurement”, *IONS Balvanyos 2017*, pp. 71-72, Balvanyos, Romania (2017).
15. N. Karapetyan, M. Sukiasyan, H. Toneyan, A. Kutuzyan, and L. Kh. Mouradian, “Spectron and Dispersive Fourier Transformation: Phase Aspect”, in *Frontiers in Optics / Laser Science, OSA Technical Digest (Optical Society of America, 2018)*, paper JTu3A.45.
16. N. Karapetyan, M. Sukiasyan, H. Toneyan, A. Kutuzyan and L. Mouradian, “Spectral phase measurement based on spectron shaping”, *IONS Yerevan 2018*, p. 18, Yerevan Armenia (2018).

ԱՄՓՈՓԱԳԻՐ

Ուսումնասիրելով իմպուլսի սոլիտոնային ինքնասեղմման սպեկտրալ անալոզ հանդիսացող սպեկտրալ ինքնասեղմման ոչ գծային երևույթը կանոնավոր տեսք ունեցող գառայան և սեկանս հիպերբոլական իմպուլսների համար, ստացվել են երևույթը հանգամանալից բնութագրող, փորձարարական աշխատանքներում կարևոր կիրառություն ունեցող օպտիմիզացիոն կորեր: Թվային մոդելավորմամբ ցուցադրվել է գառայան իմպուլսի մինչև 100 անգամ սպեկտրալ ինքնասեղմում:

Սպեկտրալ ինքնասեղմման երևույթը ուսումնասիրվել է պատահական ամպլիտուդային, փուլային և ամպլիտուդափուլային մոդուլացումներ կրող իմպուլսների համար: Տույց է տրվել, որ երևույթը տեղի ունի նաև այսպիսի իմպուլսների համար ընդ որում այս դեպքում ևս պահպանվում է պրոցեսի ֆիզիկական պատկերի պարբերական բնույթը: Նաև ցույց է տրվել, որ սպեկտրալ ինքնասեղմման պրոցեսում իմպուլսի և սպեկտրի աղմուկային բաղադրիչները կենտրոնական էներգակիր մասում մաքրվում են՝ բարձրացնելով ազդանշանի կոհերենտությունը:

Առաջին անգամ իրականացվել է գերկարճ լազերային իմպուլսների սպեկտրալ փուլի չափում՝ սպեկտրոնային մեթոդի կիրառմամբ, որը հիմնված է դիսպերսիոն Ֆուրյե ձևափոխության վրա: Այն հնարավորություն է ընձեռում գրանցելով սպեկտրոնի ժամանակային չիրալը՝ ստանալ նախնական իմպուլսի սպեկտրալ փուլը:

Փուլի չափման սպեկտրոնային մեթոդի կիրառմամբ չափվել են պիկերի տարբեր հարաբերակցությամբ երկպիկ և եռապիկ իմպուլսների սպեկտրալ փուլերը, որոնք լավ համապատասխանության մեջ են թվային մոդելավորմամբ ստացված արդյունքների հետ: Գրանցվել է նաև ցանցերի զույգից բաղկացած դիսպերսիոն միջավայրի տված գծային չիրալը (պարաբոլական փուլը):

Գերկարճ իմպուլսների տևողության չափման սիմիլարիտոնային մեթոդով առաջին անգամ փորձարարական եղանակով կատարվել է ֆեմտովայրկյանային իմպուլսների տևողության չափում էլեկտրոնային օսցիլոգրաֆով: Այս եղանակով մեթոդի կիրառությունը հնարավորություն է տալիս կատարել իմպուլսի տևողության չափումներ իրական ժամանակում և մեկ իմպուլսի համար (single-shot): Ուսումնասիրությունները կատարվել են դրական և բացասական չիրալավորված իմպուլսների համար՝ 150-600Ֆվ ավտոկորելյացիոն տևողությունների տիրույթում:

SUMMARY

By studying the nonlinear effect of spectral self-compression (the analogue of pulse solitonic compression) for Gaussian and sech pulses with regular shape optimization curves were gathered, which give a detailed picture of the effect and are important for experimental studies. A 100x spectral self-compression of Gaussian pulses was demonstrated via numerical modelling.

The effect of spectral self-compression was studied for pulses with random modulations of amplitude, phase, and both amplitude and phase. It is demonstrated, that for pulses with such nature, the process occurs and has periodical nature. It is also demonstrated that in the process of spectral self-compression, the noisy modulations in the central energy-carrying part of the pulse and spectrum are cleared, thus resulting in a more coherent signal.

Measurement of the spectral phase of ultrafast laser pulse by the use of spectron technique based on the dispersive Fourier transformation was experimentally demonstrated for the first time. It allows to gain the spectral phase of the initial pulse by registering the temporal chirp of the spectron pulse.

The spectral phases of two- and three-peak pulses with various peaks' relations were measured using the spectronic technique of phase measurement. These experimental results are in a good accordance with the results of numerical studies. The linear chirp (parabolic phase) applied by a dispersive medium consisting of a pair of diffractive gratings was also measured via this technique.

The ultrashort pulse duration measurement similaritonic technique was experimentally demonstrated for the first time to measure femtosecond pulses using an electronic oscilloscope. The use of this technique allows single-shot pulse duration measurements performed in real-time. The experiments were conducted for pulses with both positive and negative linear chirp, in the autocorrelation duration range of 150-600fs.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

Исследовано нелинейное явление спектрального самосжатия (спектральный аналог солитонного самосжатия) для регулярных гауссовых и секанс гиперболических импульсов. Получены оптимизированные кривые детально характеризующие явление и имеющие важные применения в экспериментальных исследованиях. Численным моделированием показано 100 кратное спектральное самосжатие гауссовых импульсов.

Изучено явление спектрального самосжатия для импульсов со случайными амплитудными, фазовыми и амплитудно-фазовыми модуляциями. Показано, что это явление имеет место также для таких импульсов, при этом периодический характер физического процесса сохраняется. Также показано, что в процессе спектрального самосжатия шумовые составляющие импульса и спектра в центральной энергосодержащей части сигнала очищаются, тем самым повышая когерентность сигнала.

Впервые осуществлено измерение спектральной фазы сверхкороткого лазерного импульса с применением метода спектрона, основанном на дисперсионном Фурье-преобразовании, что позволяет с помощью записи временного чирпа спектрона получить спектральную фазу начального импульса.

Используя спектронный метод измерения фазы, были измерены спектральные фазы двух пиковых и трех пиковых импульсов с различными соотношениями величин пиков, которые находятся в хорошем соответствии с результатами полученными с помощью численного моделирования. С применением этого метода также был измерен линейный чирп (параболическая фаза) дисперсионной среды состоящей из пары дифракционных решёток.

Симпляритонным методом измерения длительности сверхкоротких импульсов, впервые экспериментально измерена длительность фемтосекундного импульса с помощью наносекундного осциллографа. Использование этого применения метода позволяет измерять длительность импульса в режиме реального времени, также для одиночного импульса (single-shot). Исследования проводились для положительных и отрицательных чирпированных импульсов в диапазоне автокорреляционных длительностей 150-600 фс.