

Սովորողային և նմանատիպ երևույթները գերկարճ
լազերային իմպուլսների բնութագրման և սպեկտրալ
ինքնասեղմման համար

Մինաս Սուքիասյան

Ֆիզ-մաթ գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման համար

Գիտական ղեկավար՝
Պրոֆ. Լևոն Խաչիկի Մուրադյան

Տպագրված աշխատանքները

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. Тонян , А. Кутузян, М. Сукиасян, В. Аветисян, Д. Гулканян, 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).

Տպագրված աշխատանքները

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).

Տպագրված աշխատանքները

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).

Պաշտպանության դրույթները

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

Գլուխ 1

Գրականության ակնարկ

Գերարագ օպտիկայի հիմնախնդիրները

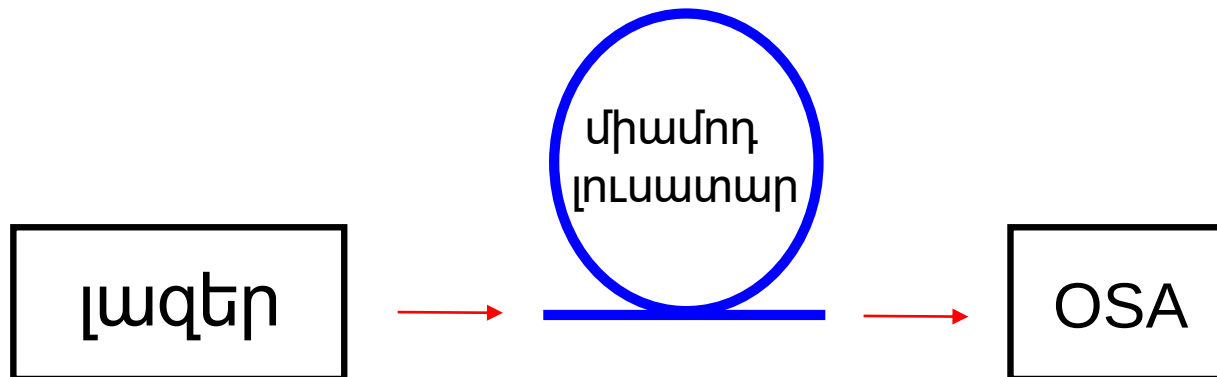
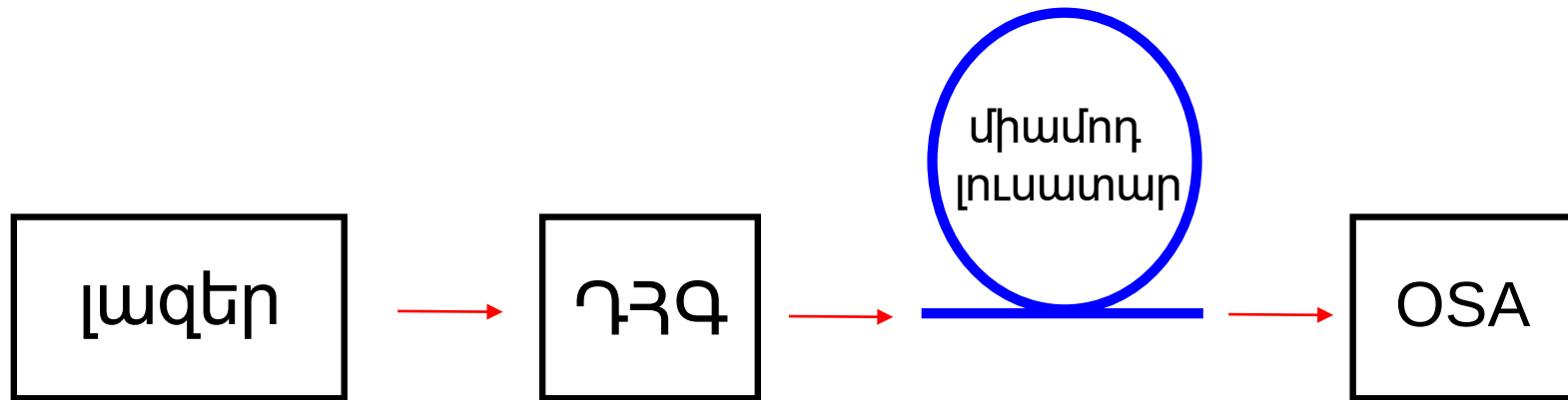
Գերկարճ իմպուլսների

- գեներացում
- կառավարում
- տեղափոխում
- գրանցում

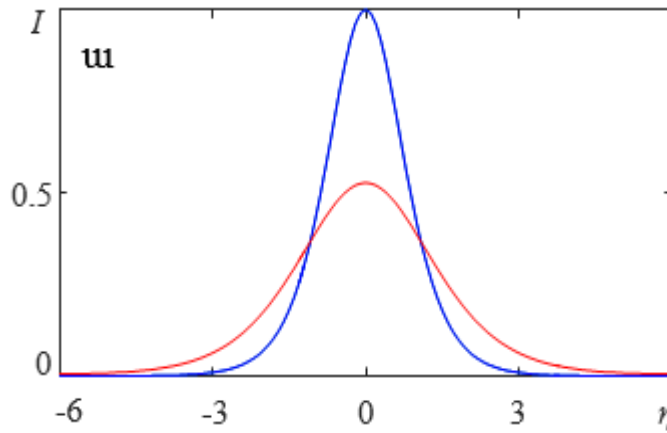
Գլուխ 2

Լազերային իմպուլսների սպեկտրալ
ինքնասեղմումը

Սպեկտրալ սեղմումը և ինքնասեղմումը



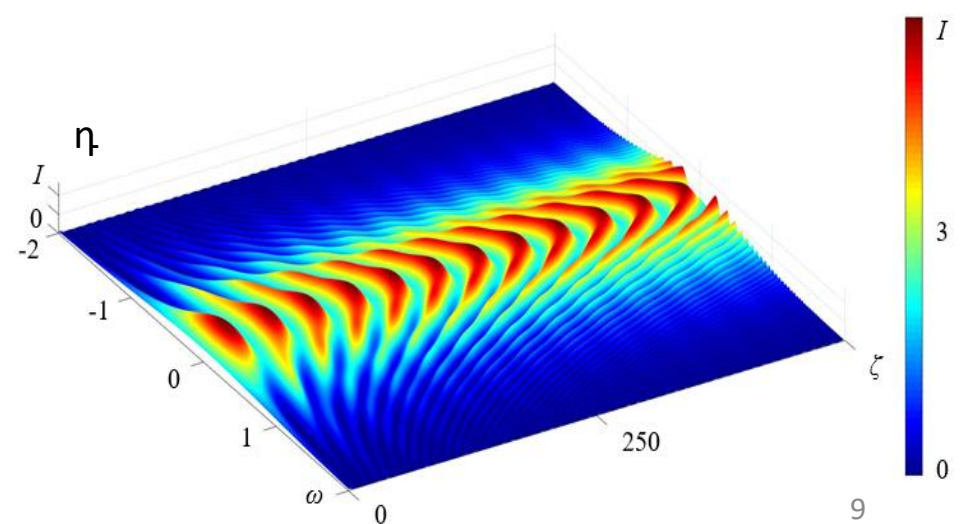
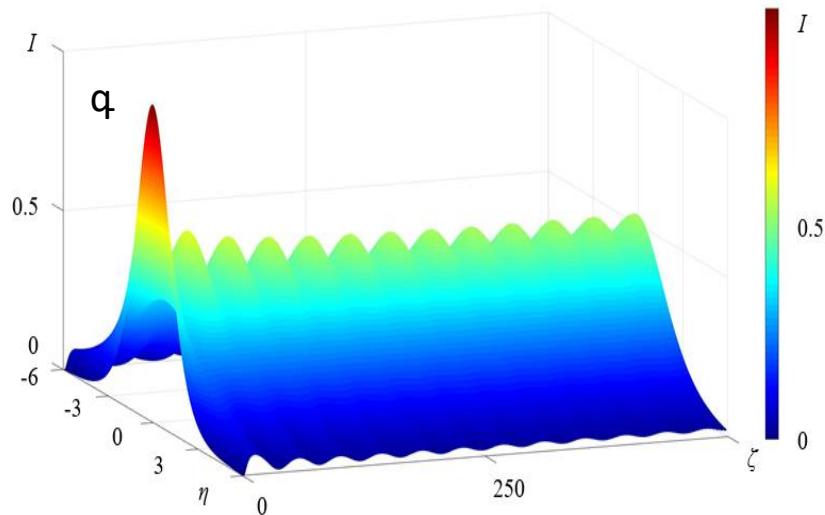
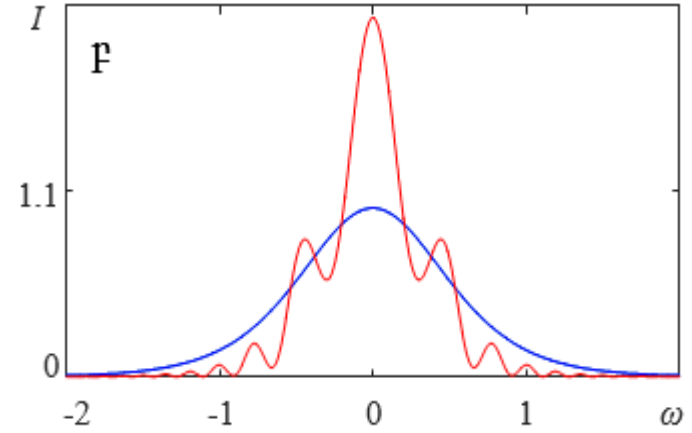
Սեկանս հիպերբոլական իմպուլսի սպեկտրալ ինքնասեղմումը



$$\zeta = Z / L_D = 30$$

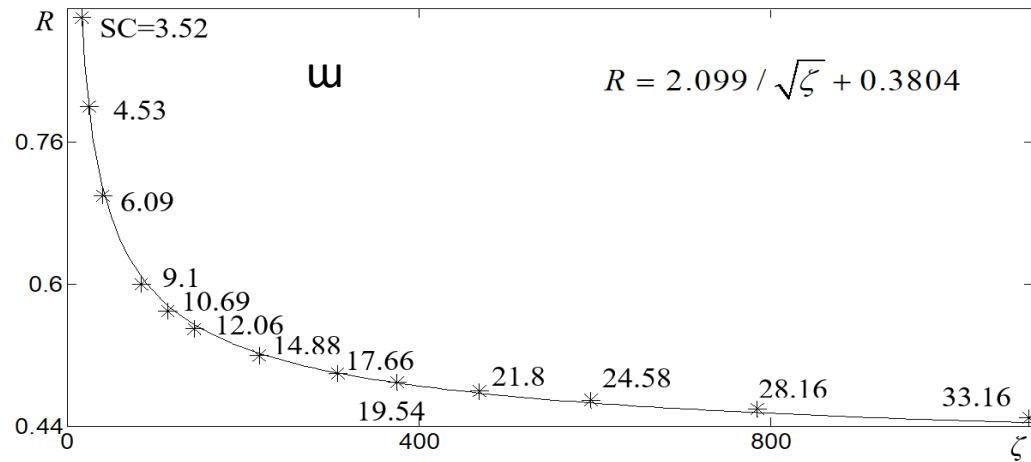
$$R = L_D / L_{NL} = 0.6$$

3x U_hU

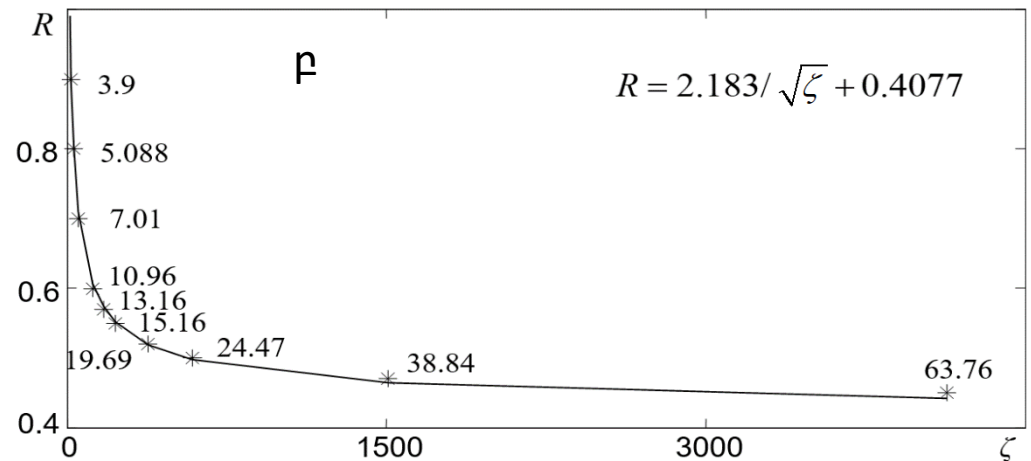


Սպեկտրալ ինքնասեղմման օպտիմիզացիոն կորերը

Գառնայան իմպուլս



Սեկանս հիպերբոլական իմպուլս

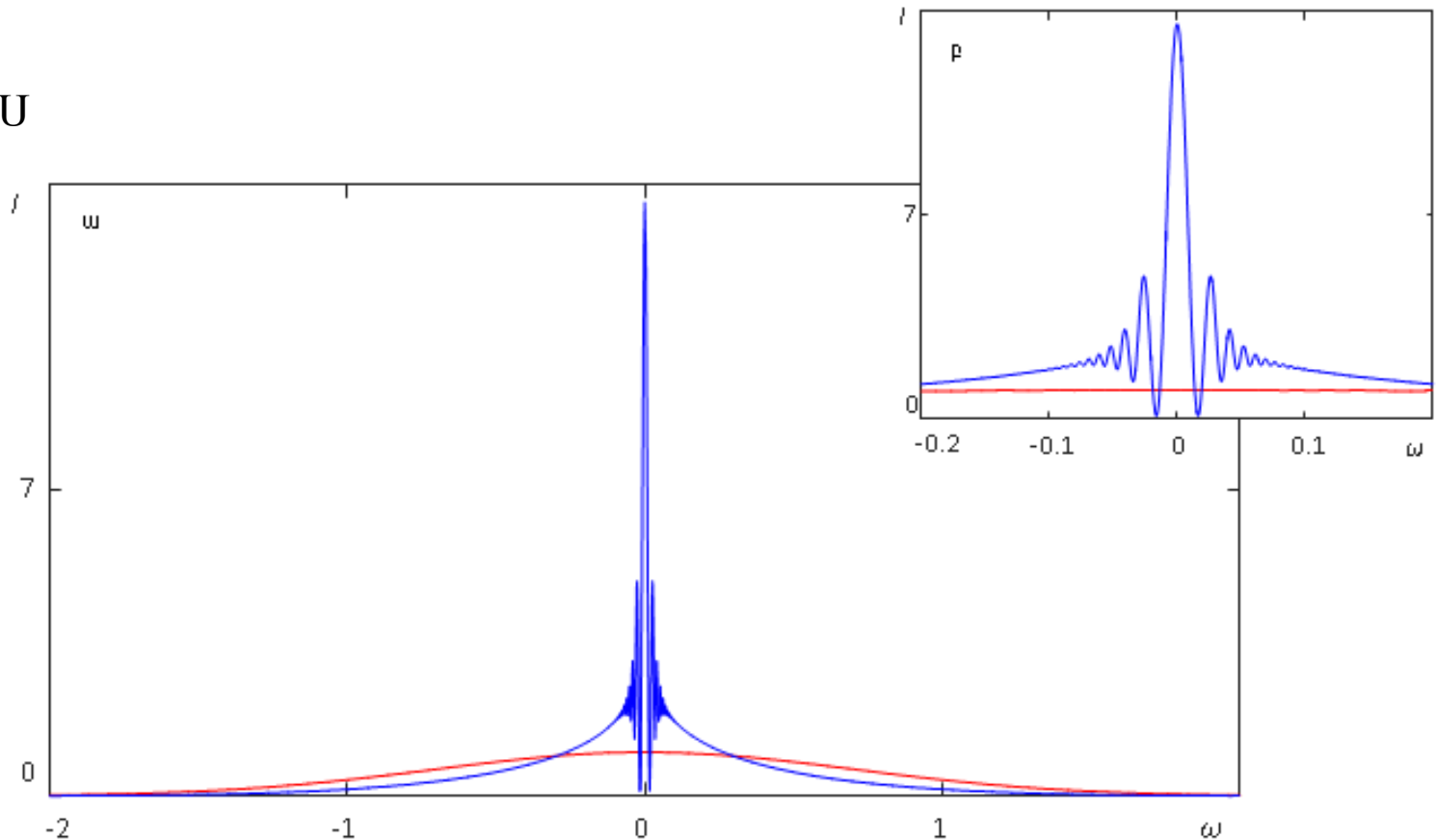


Լավագույն սպեկտրալ ինքնասեղմումը (100x) գառնայան իմպուլսի համար

$$\zeta = 11700$$

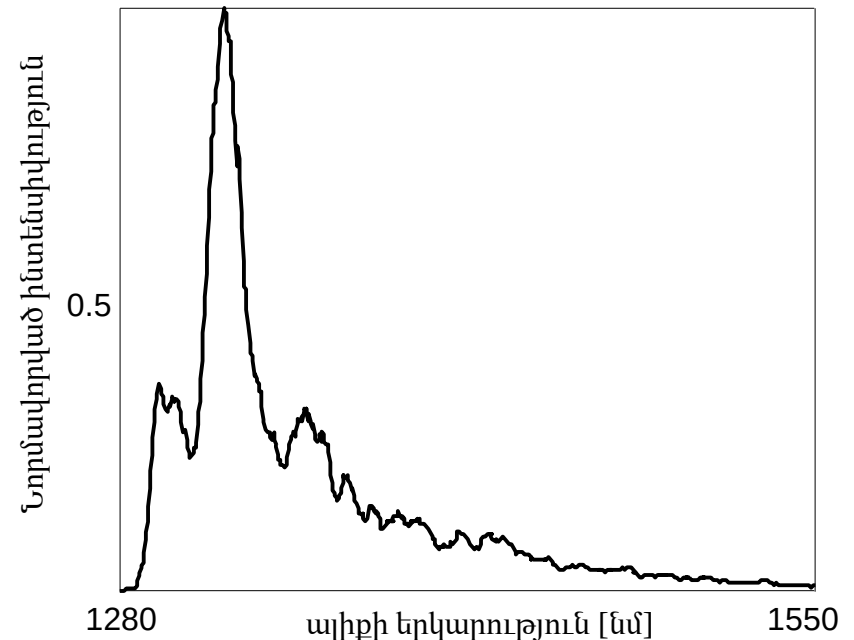
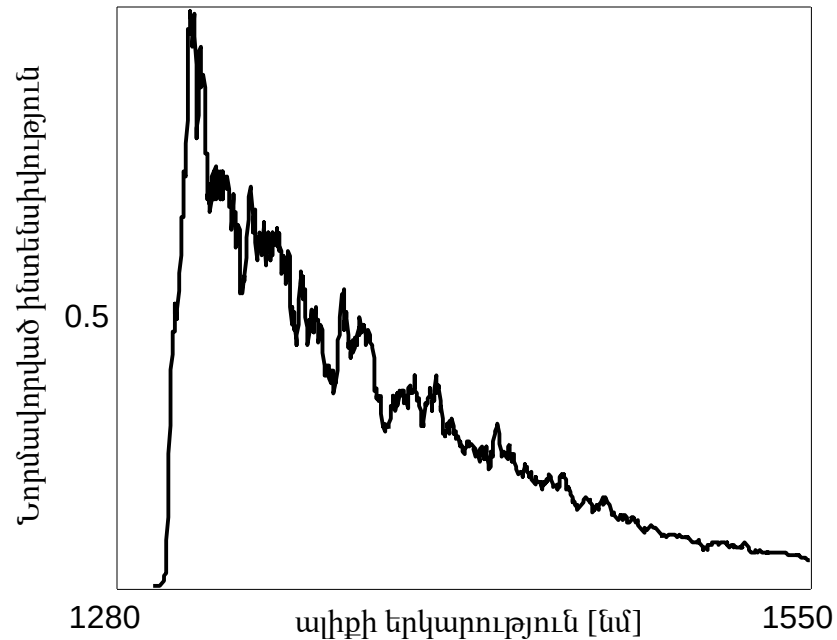
$$R = 0.41$$

100x ՄԻՍ

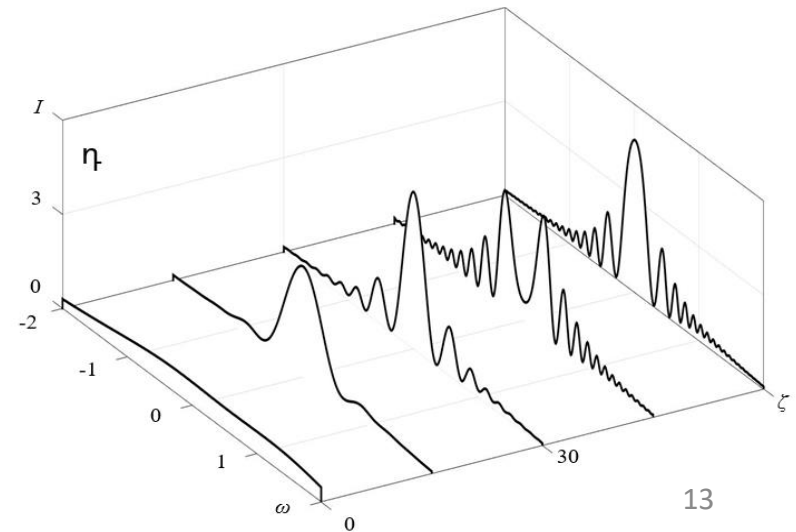
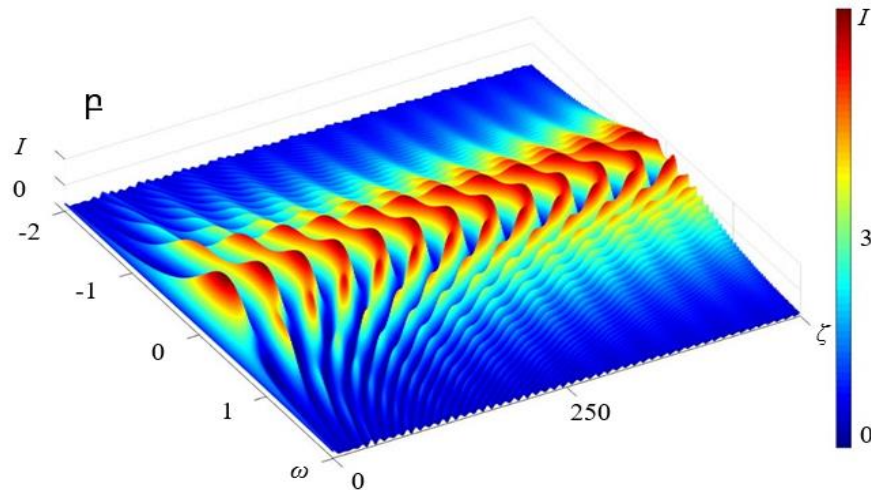
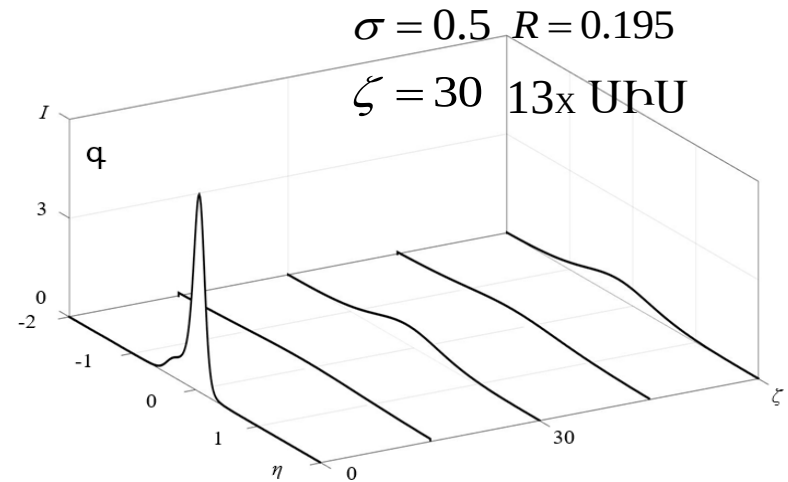
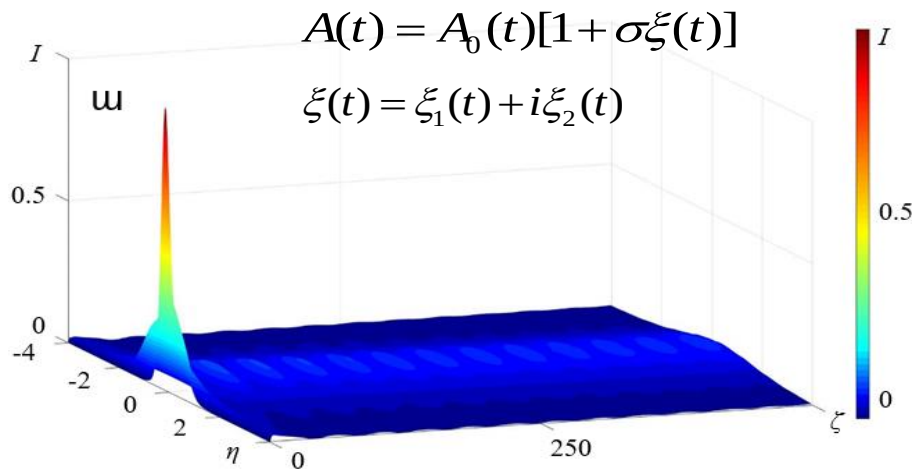


Սուպերկոնտինուումի սպեկտրալ ինքնասեղմումը

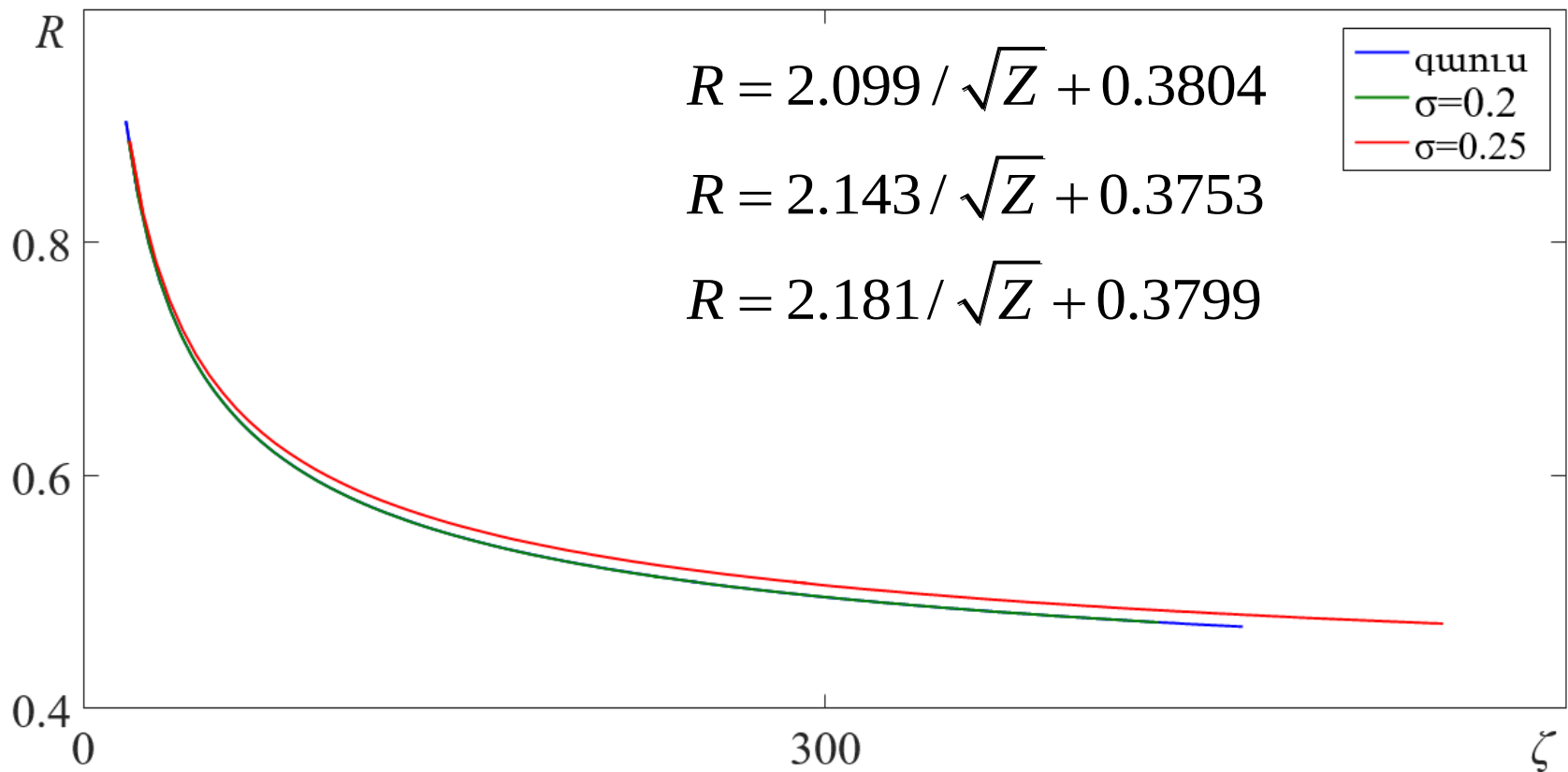
$\sim 4.1x$ ՍԻՍ



Ամպլիտուդափուլային մոդուլյացիաներով իմպուլսի սպեկտրալ ինքնասեղմումը



Աղմուկային իմպուլսի սպեկտրալ ինքնասեղմման օպտիմիզացիոն կորերը



Գլուխ 2–ի եզրակացություն

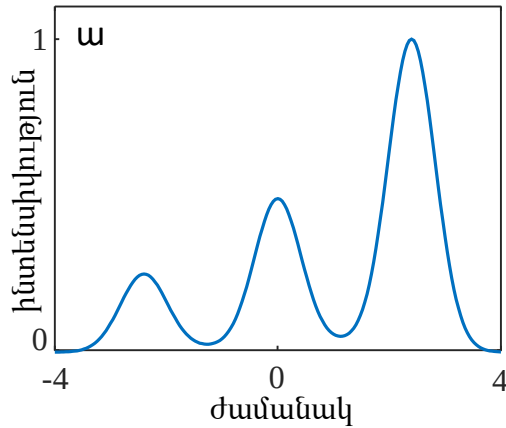
- Ցույց է տրվել, որ սպեկտրալ ինքնասեղմման երևույթ դիտվում է անկախ իմպուլսի տեսքից՝ պահպանելով պարբերական բնույթը:
- Հաշվարկվել են փորձարարական ուսումնասիրություններում նշանակալից կիրառական նշանակություն ունեցող օպտիմիզացիոն կորեր: Նշված օպտիմիզացիոն կորերի համեմատությունը գաուսյան իմպուլսի համար ստացվածի հետ ցույց է տվել, որ նշված կորերը ունեն միևնույն ֆունկցիոնալ տեսքը, սակայն համեմատականության տարբեր գործակիցներ:
- Ցույց է տրվել, որ սպեկտրալ ինքնասեղմման ոչ գծային երևույթի շնորհիվ իմպուլսի ու սպեկտրի (կենտրոնական էներգակիր մասում) աղմուկային բաղադրիչները մաքրվում են:
- Թվային հետազոտությունները ցույց են տվել 100 անգամ սպեկտրալ ինքնասեղմում սկզբնական գաուսյան պրոֆիլով իմպուլսի համար, ինչը փաստում է սպեկտրալ ինքնասեղմման մեթոդի կիրառելիության հեռանկարները:

Գլուխ 3

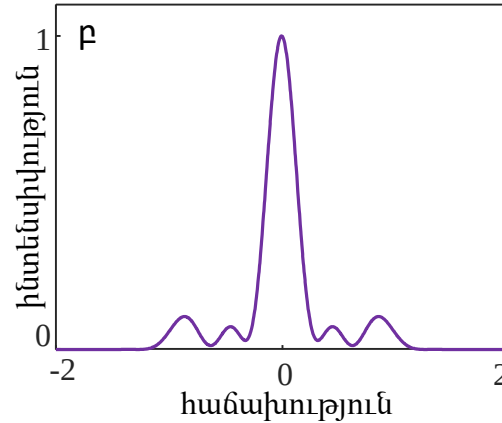
Գերկարճ իմպուլսների սպեկտրալ փուլի չափումը՝
հիմնված դիսպերսիոն ֆուրյե ձևափոխության վրա

Սպեկտրոնի ձևավորումը եռագագաթ իմպուլսից

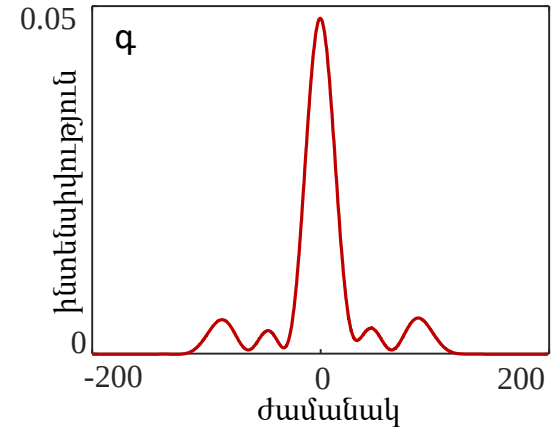
իմպուլս



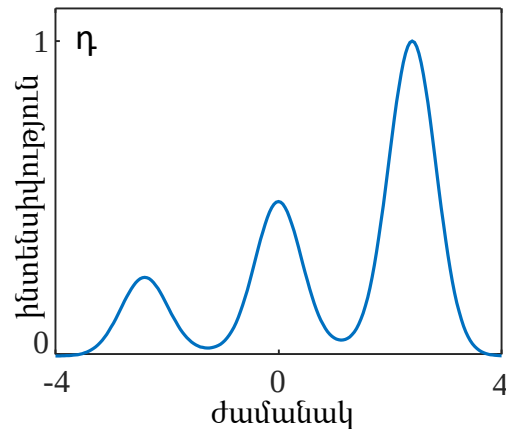
սպեկտր



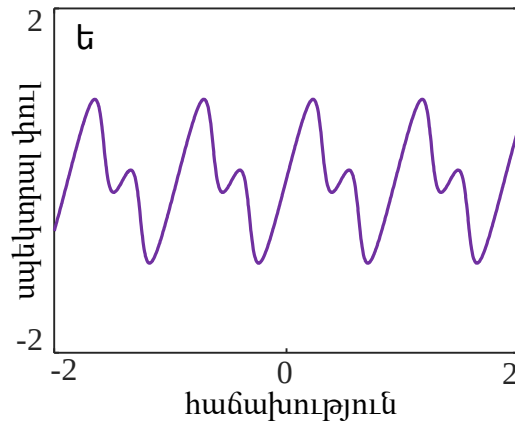
սպեկտրոն



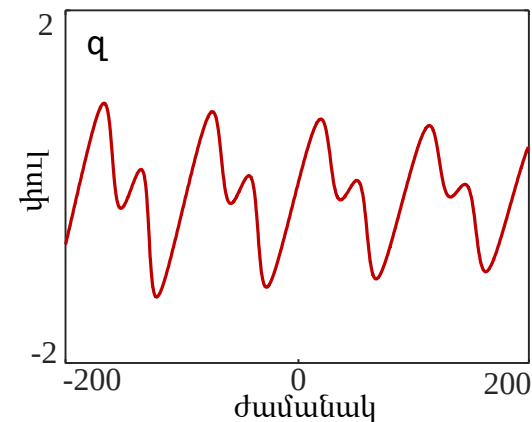
իմպուլս



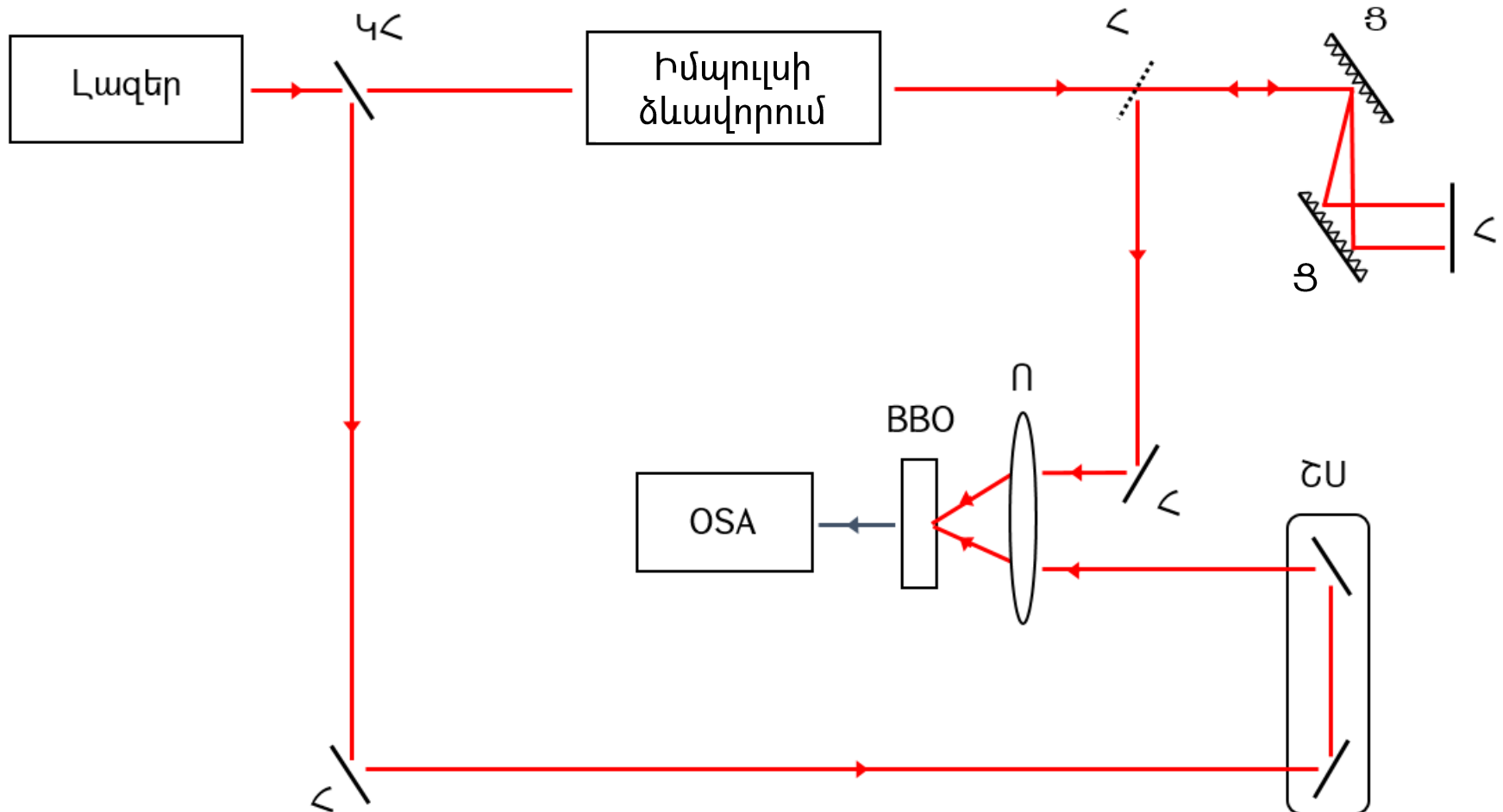
սկզբնական սպ. փուլ



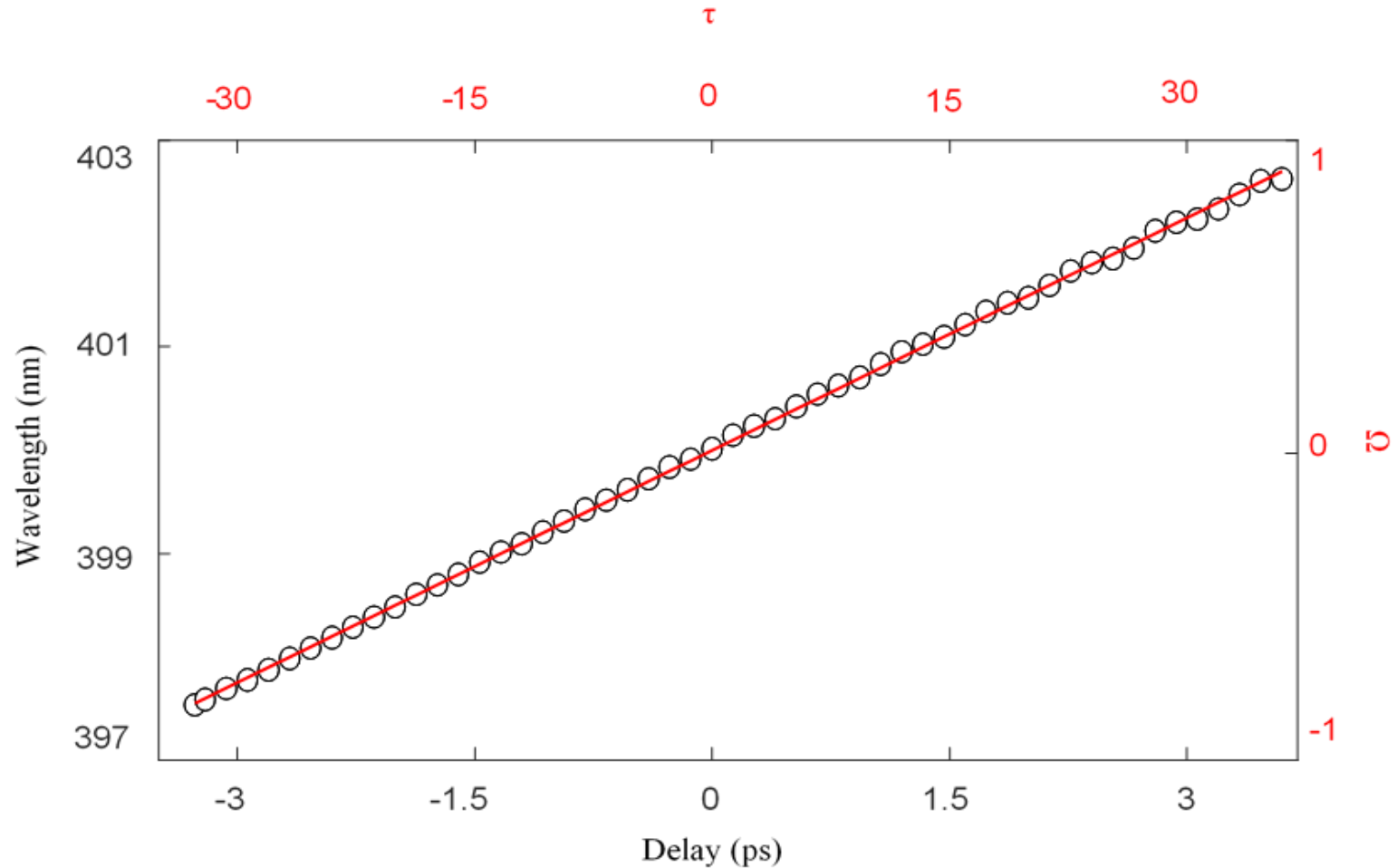
սպեկտրոնի փուլ



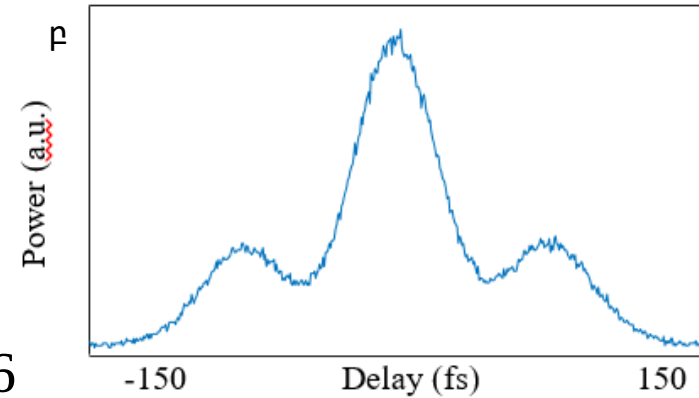
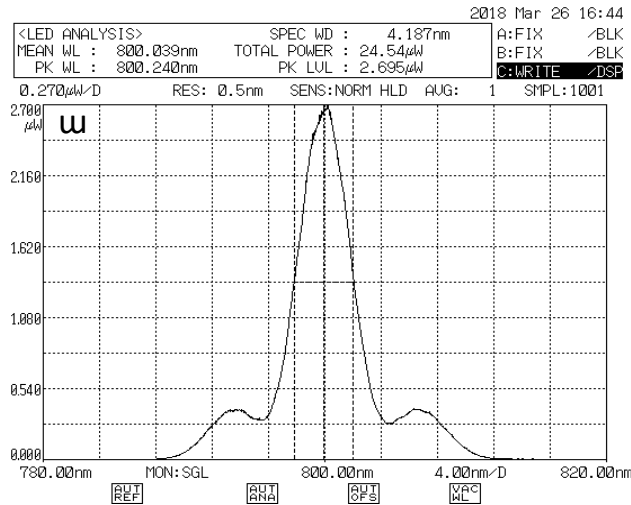
Փորձարարական սխեմա



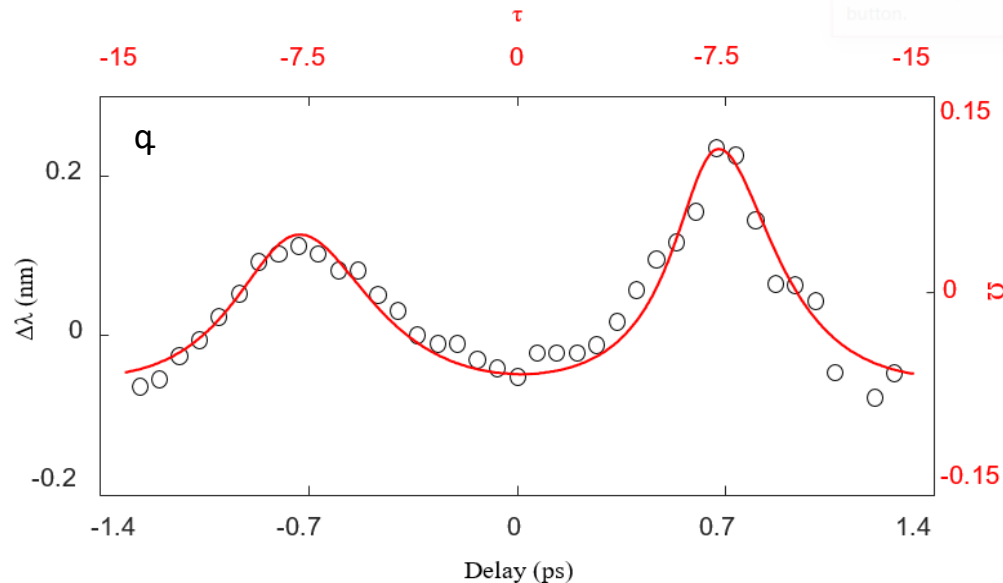
Գծային չիրպի չափում



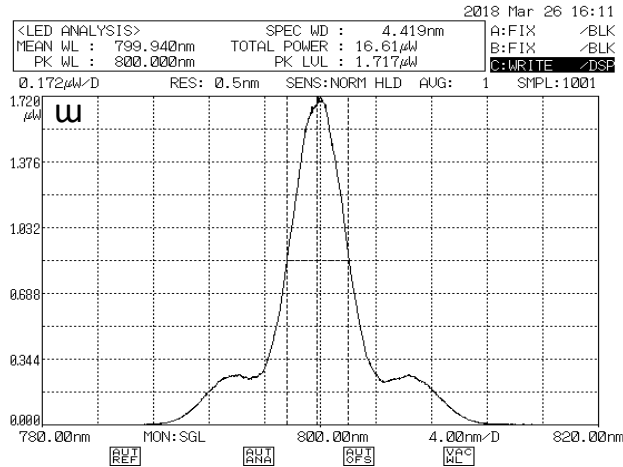
1:7 հարաբերակցությամբ երկգագաթ իմպուլսի չիրախ գրանցում



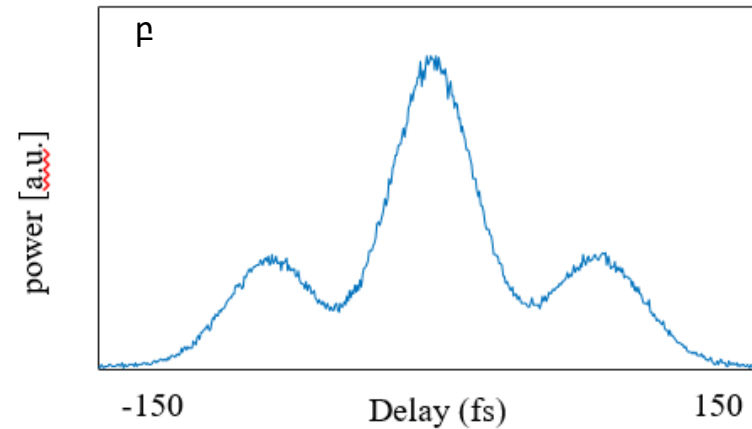
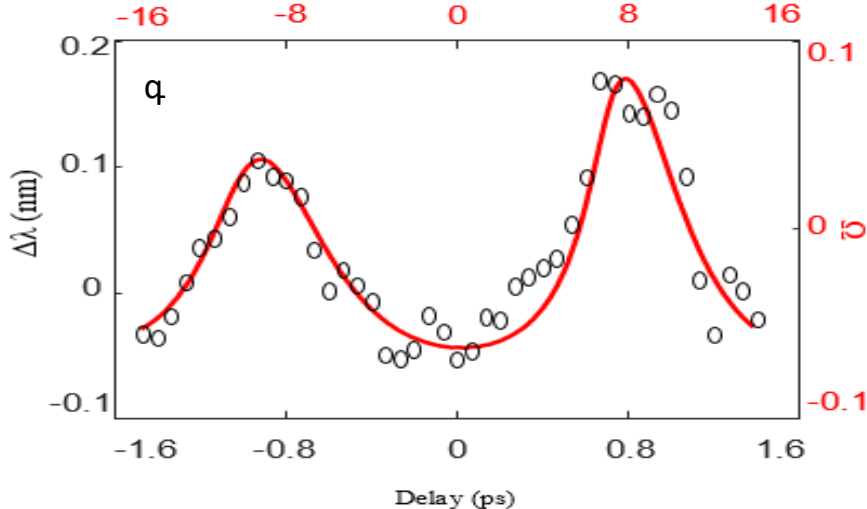
$$\zeta = 16$$



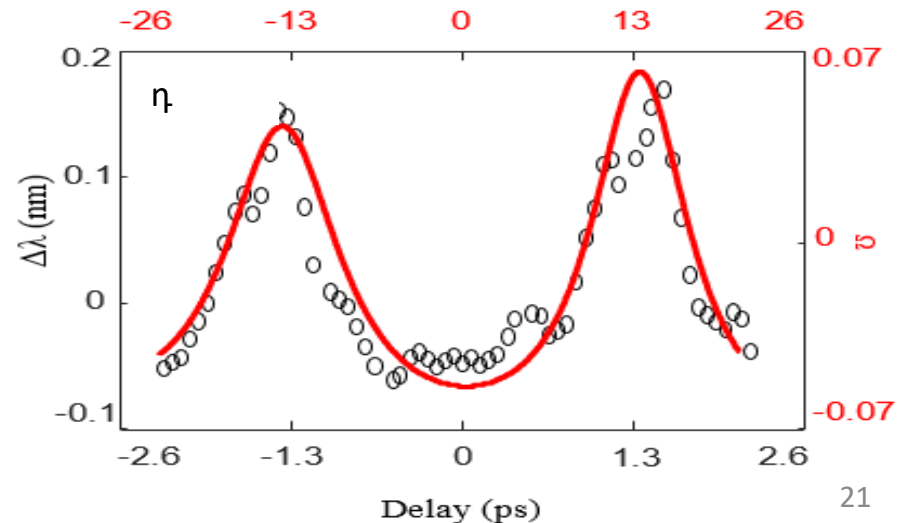
1:10 հարաբերակցությամբ երկգագաթ իմպուլսի չիրաի գրանցում



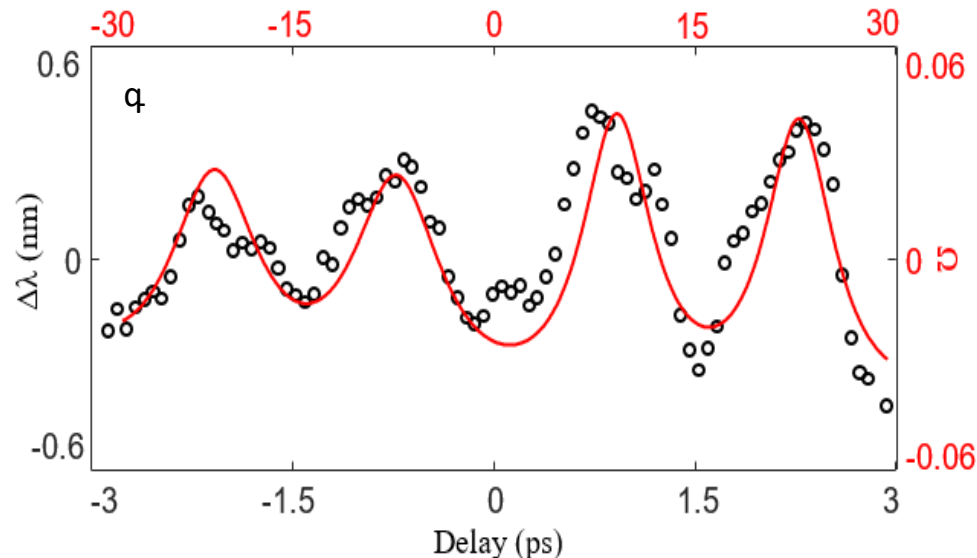
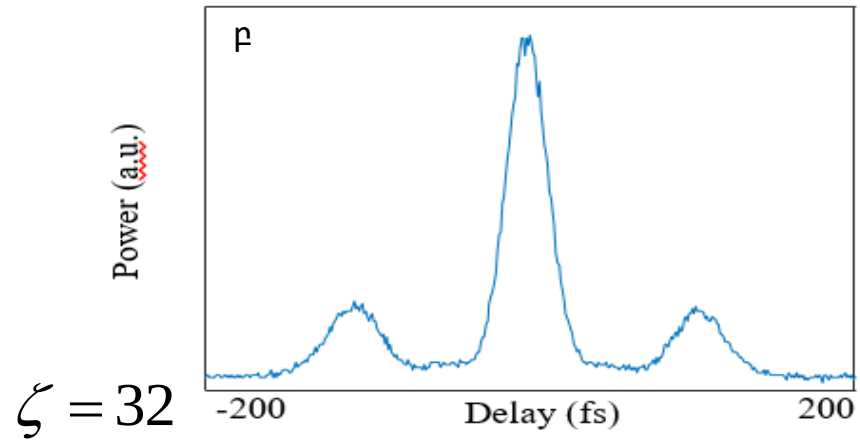
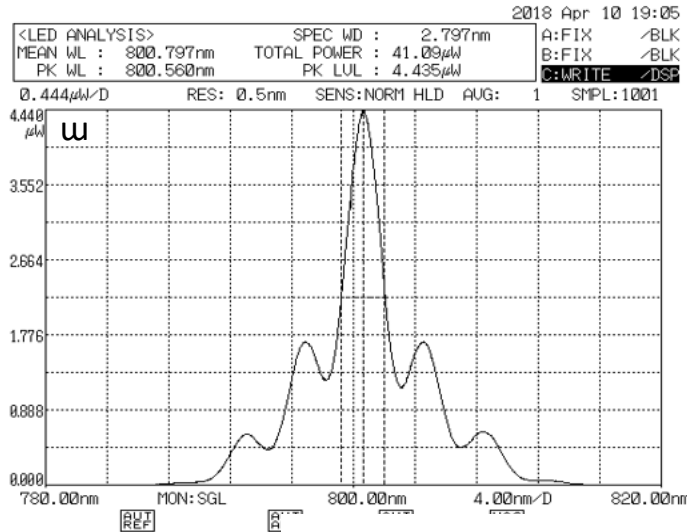
$$\zeta = 20$$



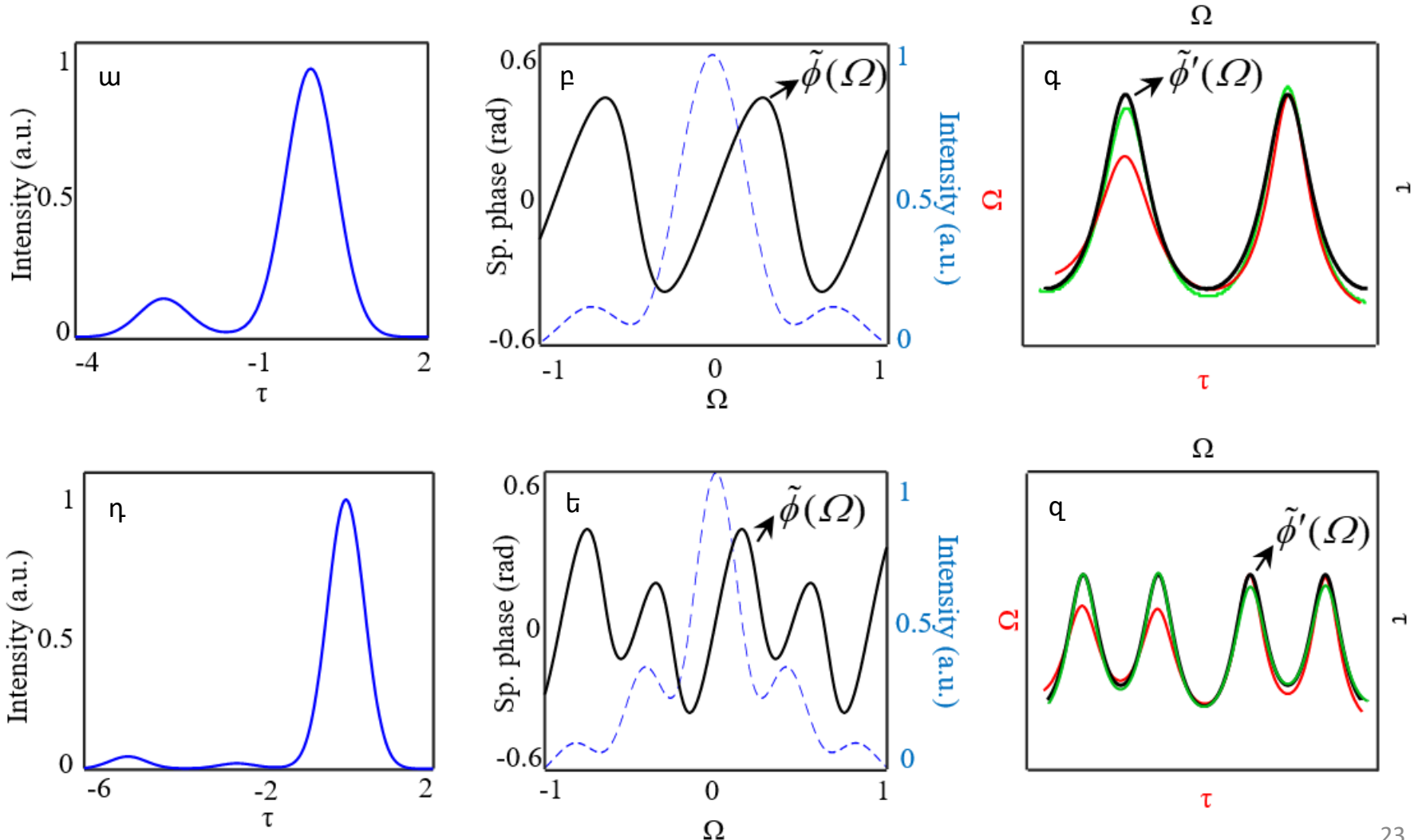
$$\zeta = 32$$



1:50:22 հարաբերակցությամբ եռագագաթ իմպուլսի չիրախ գրանցում



Զիրաբերի համեմատությունը թվային մոդելավորման հետ



Գլուխ 3–ի եզրակացություն

- Առաջին անգամ փորձարարական եղանակով ցուցադրվել է ֆեմտովայրկյանային իմպուլսների սպեկտրալ փուլի չափման սպեկտրոնային մեթոդը:
- Մեթոդի կիրառմամբ գրանցվել են պիկերի տարբեր հարաբերակցությամբ երկգագաթ և եռագագաթ իմպուլսների սպեկտրալ փուլերը, որոնք լավ համապատասխանության մեջ են թվային մոդելավորմամբ ստացված արդյունքների հետ:
- Մեթոդի կիրառմամբ գրանցվել է նաև ցանցերի զույգից բաղկացած դիսպերսիոն միջավայրի տված գծային չիրալը (պարաբոլական փուլը):

Գլուխ 4

Գերկար լազերային իմպուլսների տևողության
չափումը օսցիլոգրաֆով

Մեթոդի Էությունը

$$\Delta\omega = \sqrt{(C/\nu)(\bar{P}/\Delta t_0)}$$

ν կրկնման հաճախություն

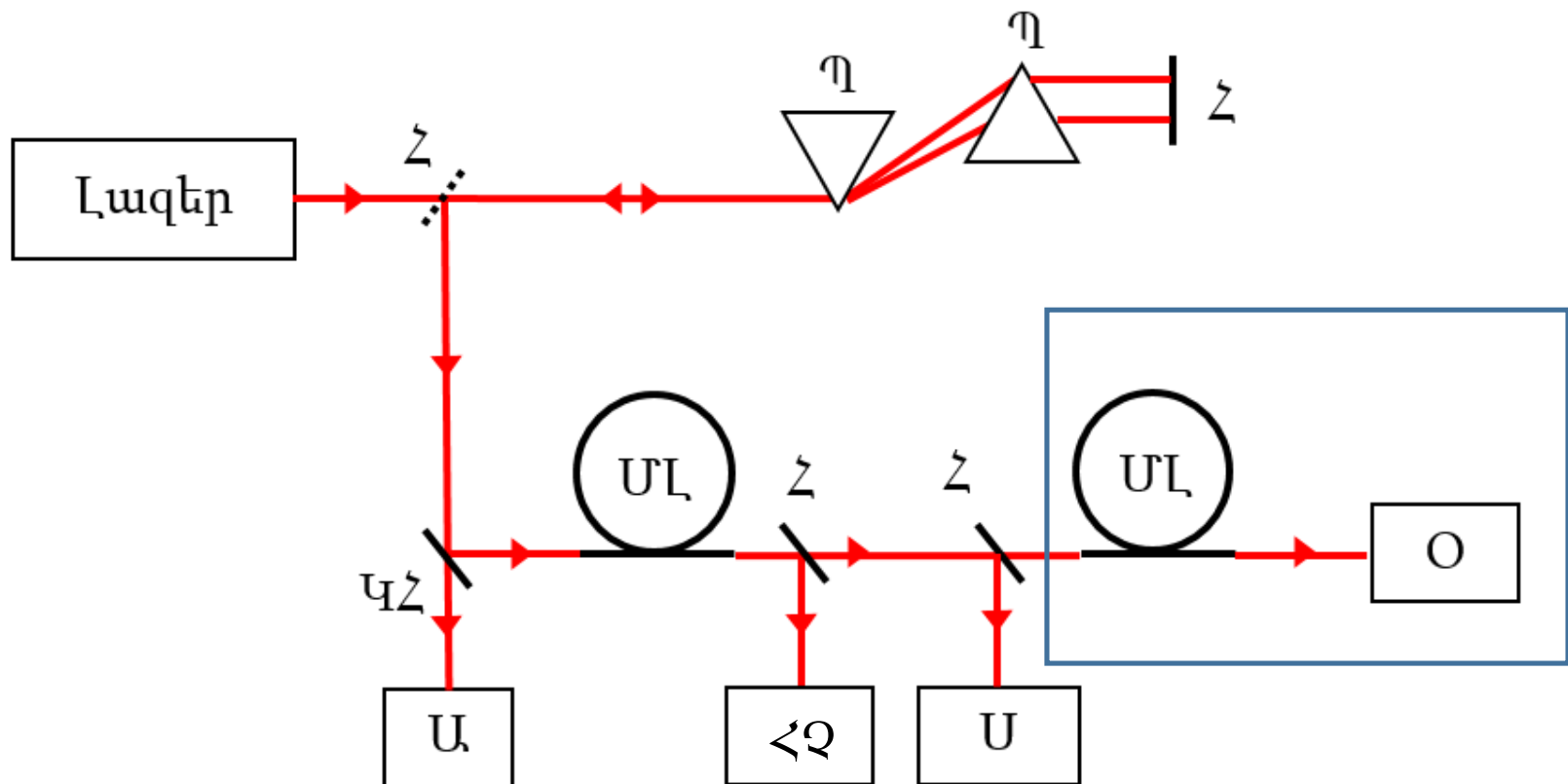
$\bar{P}$ միջին հզորություն

Δt_0 սկզբնական իմպուլսի տևողություն

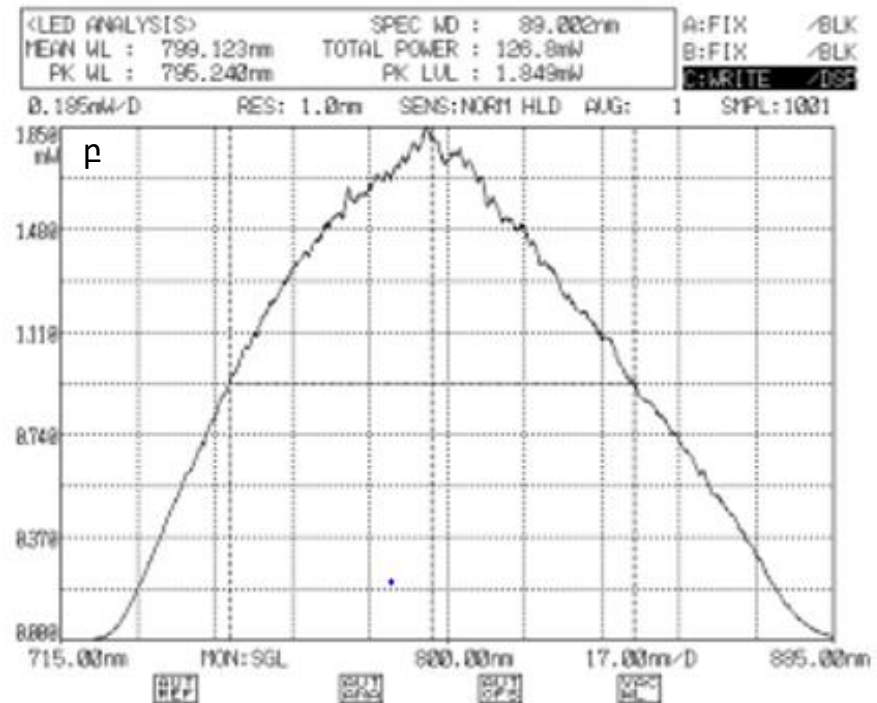
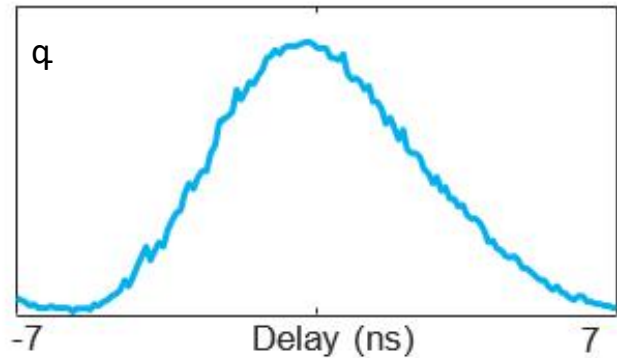
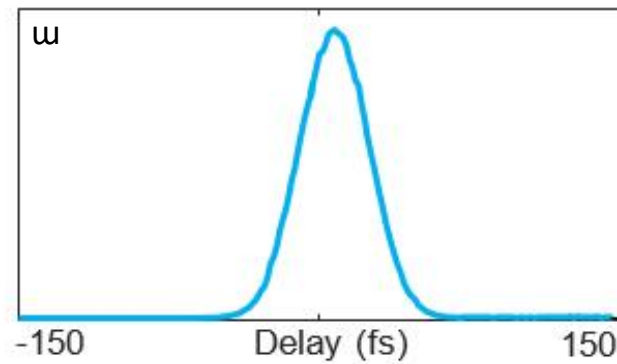
$\Delta\omega$ սիմիլարիտոնի սպեկտրալ լայնություն

C գործակից կախված լուսատուի պարամետրերից

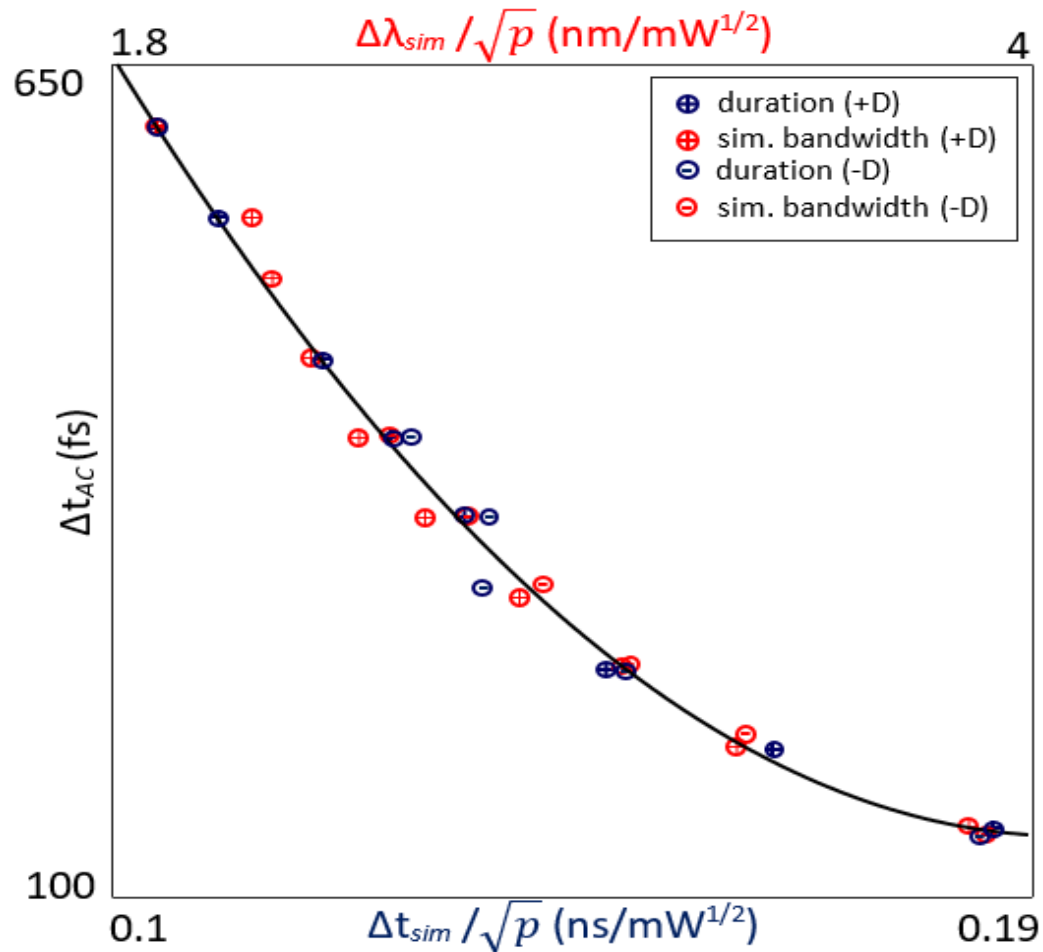
Փորձարարական սխեմա



Փորձում գրանցված արդյունքները



Գերկար իմպուլսի տևողության չափման կորը



$$\Delta t_{AC} = 7.63 \times 10^5 \times \Delta t_{sim}^2 - 2.97 \times 10^5 \times \Delta t_{sim} + 2.93 \times 10^4$$

Գլուխ 4–ի եզրակացություն

- Փորձարարական եղանակով առաջին անգամ կատարվել է ֆեմտովայրկյանային իմպուլսների տևողության չափում էլեկտրոնային օսցիլոգրաֆի կիրառմամբ, որը հնարավորություն է տալիս կատարել տևողության չափումներ իրական ժամանակում և մեկ իմպուլսի համար (single shot), խուսափելով սպեկտրոմետրային չափումներում առկա միջինացումներից:
- Գրանցումները կատարվել են դրական և բացասական չիրպավորված իմպուլսների համար տևողությունների 150-600Ֆվ տիրույթում, և ցուցադրվել է մեթոդի չիրպից անկախությունը:

Ամփոփում

- Ուսումնասիրելով իմպուլսի սոլիտոնային ինքնասեղմման սպեկտրալ անալոգ հանդիսացող սպեկտրալ ինքնասեղմման ոչ գծային երևույթը կանոնավոր տեսք ունեցող գաուսյան և սեկանս հիպերբոլական իմպուլսների համար, ստացվել են երևույթը հանգամանալից բնութագրող, փորձարարական աշխատանքներում կարևոր կիրառություն ունեցող օպտիմիզացիոն կորեր: Թվային մոդելավորմամբ ցուցադրվել է գաուսյան իմպուլսի մինչև 100 անգամ սպեկտրալ ինքնասեղմում:
- Սպեկտրալ ինքնասեղմման երևույթը ուսումնասիրվել է պատահական ամպլիտուդային, փուլային և ամպլիտուդափուլային մոդուլացումներ կրող իմպուլսների համար: Ցույց 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 չիրաք՝ ստանալ նախնական իմպուլսի սպեկտրալ փուլը:
- Փուլի չափման սպեկտրոնային մեթոդի կիրառմամբ չափվել են պիկերի տարբեր հարաբերակցությամբ երկգագաթ և եռգագաթ իմպուլսների սպեկտրալ փուլերը, որոնք լավ համապատասխանության մեջ են թվային մոդելավորմամբ ստացված արդյունքների հետ: Գրանցվել է նաև ցանցերի զույգից բաղկացած դիսպերսիոն միջավայրի տված գծային չիրաք (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 չիրաք-վորված իմպուլսների համար՝ 150-600Ֆվ ավտոկորելյացիոն տևողությունների տիրույթում:

Շնորհակալություն