

ՀՏԴ621.315

Ֆիզիկա

Ալբերտ ԱԼԵՔՍԱՆՅԱՆ

ԱրՊՀ, Ընդհանուր և կիրառական ֆիզիկայի ամբիոն,

Ֆ.ս.գ.դ., պրոֆեսոր,

E-mail: alalbert@inbox.ru

Արսեն ԱԼԵՔՍԱՆՅԱՆ

Արցախի գիտական կենտրոն

E-mail: alex.armen88@gmail.com

**ՔՎԱՆՏԱՅԻՆ ԿԵՏԵՐՈՎ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔՆԵՐՈՒՄ
ԳԵՐԿԱՐՃ ԼՈՒՍԱՅԻՆ ԻՄՊՈՒԼՍԻ
ՌԵԶՈՆԱՆՍԱՅԻՆ ՈՉԳԾԱՅԻՆ ԿԼԱՆՄԱՆ
ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅԱՆ ՍԱՄԻՆ**

Աշխատանքում նկարագրվում է լազերի գերկարճ իմպուլսի կլանման հազեցումը քվանտային կետերի հիմնական էքսիտոնային անցման դեպքում: Ենթադրվում է, որ երկմակարդակ համակարգերում վիճակների լցումը տեղի է ունենում լույսի ինտենսիվությունից կախում ունեցող ռելաքսացիայի ժամանակ:

Բանալի բառեր` իմպուլս, նանոկառուցվածք, քվանտային կետ, հազեցում, կլանում, ռելաքսացիա, երկկայունություն:

Ալ.Алексян, А. Алексанян

**ОБ ОСОБЕННОСТИ НЕЛИНЕЙНОГО РЕЗОНАНСНОГО
ПОГЛОЩЕНИЯ УЛЬТРАКОРОТКИХ ИМПУЛЬСОВ СВЕТА В
СТРУКТУРАХ С КВАНТОВЫМИ ТОЧКАМИ**

В работе описывается процесс насыщения поглощения ультракороткого импульса лазера при резонансном возбуждении основного экситонного перехода в квантовых точках. Предполагается что заполнение состояний двухуровневой системы происходит в условиях зависимости времени жизни возбужденного состояния от интенсивности света.

Ключевые слова: импульс, наноструктура, квантовая точка, насыщение, поглощение, релаксация, бистабильность.

Al. Alexanyan, A.Alexanyan

ON THE FEATURES OF NONLINEAR RESONANCE ABSORPTION

OF ULTRA SHORT LIGHT PULSES IN STRUCTURES WITH QUANTUM DOTS

The paper describes the process of saturation of absorption of an ultrashort laser pulse by resonant excitation of the main exciton transition at quantum dots. It is assumed that the filling of the states of a two-level system occurs under the conditions of the dependence of the lifetime of the excited state on the light intensity.

Keywords: *momentum, nanostructure, quantum dot, saturation, absorption, relaxation, bistability.*

Հայտնի է, որ ստացիոնար գրգռման ժամանակ քվանտային կետերի համախմբության կողմից կլանման հազեցման էֆեկտը կարող է նկարագրվել երկմակարդակ համակարգի մոդելի օգնությամբ [1]: Սակայն եթե լազերային ճառագայթման իմպուլսի տևողությունը շատ ավելի փոքր է, քան գրգռման վիճակում ՔԿ-ի կյանքի տևողությունը, ապա գրգռումը այլևս ստացիոնար չի հանդիսանում: Այդ իսկ պատճառով ՔԿ-ում էքսիտոնների ռեզոնանսային գրգռման ժամանակ գերկարճ հզոր լազերային իմպուլսների ոչ գծային կլանման վերլուծությունը կկատարվի օգտագործելով երկմակարդակ համակարգի վիճակների լցման մոդելը ոչ ստացիոնար գրգռման դեպքում: Այդ դեպքում իմպուլսի տարածումը որոշ չափով կարելի է նկարագրել կինետիկ հավասարման միջոցով [2]

$$\frac{\partial n_2}{\partial t} = -\sigma(n_2 - n_1)I(t, z) - \frac{n_2}{\tau_{ex}(I)}, \tag{1}$$

$$\frac{dI}{dz} = \sigma(n_2 - n_1)I(t, z) : \tag{2}$$

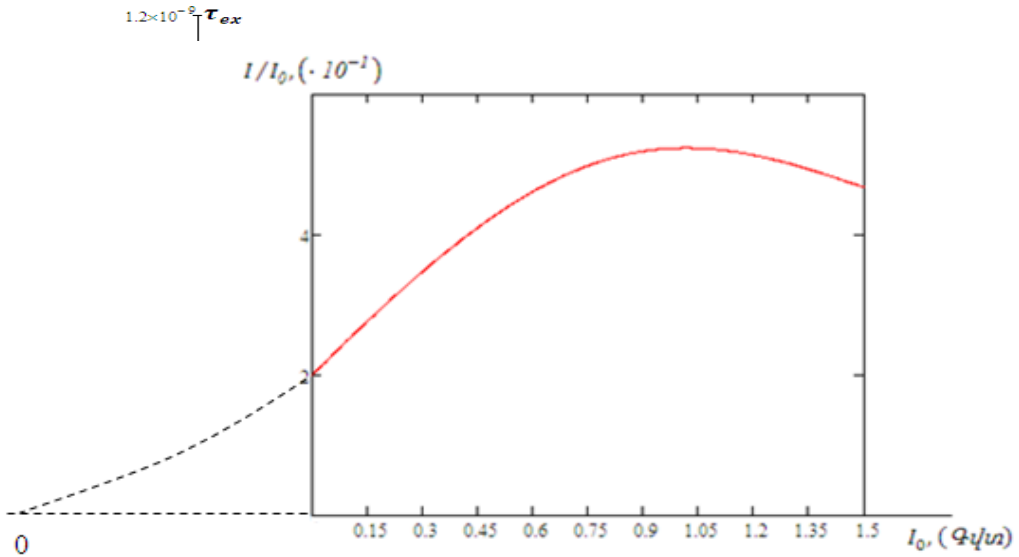
$I(t, z)$ -ֆոտոնների նորմավորված հոսքն է, $n_2 \gg n_1$ -գրգռված և հիմնական վիճակում ՔԿ-ի խտությունները, σ -կլանման լայնական կտրվածքը մեկ ՔԿ-ի հաշվարկով: Այստեղ հաշվի չեն առնվում լազերային իմպուլսի և միջավայրի փոխազդեցության ժամանակ կոհերենտության էֆեկտները, և միայն նկարագրվում է ոչ կոհերենտ օպտիկական հազեցումը ռեզոնանսային միջավայրում: Իրոք, ինչպես փորձնական [4], այնպես էլ տեսական [5] հետազոտությունները ցույց են տվել, որ լազերային իմպուլսների անցելիությունը կտրուկ աճում է փոքր արժեքներից ցածր մուտքային ինտենսիվությունների դեպքում մինչև 100%-ի մոտ արժեքներ, երբ մուտքային հզորությունը հասնում է որոշակի շեմին և գերազանցում է այն:

Լազերային տեխնոլոգիաների զարգացումը և քվանտային կետերում կյանքի տևողությունից փոքր տևողությամբ և մի քանի Գվտ հզորությամբ հոսանքներով լուսային իմպուլսների ձևավորման մեթոդներում ձեռք բերված առաջընթացը լիովին նոր խնդիրներ են դրել ոչ գծային միջավայրերի օպտիկայի առջև:

Սովորաբար երբ միջավայրի ռեզոնանսային գրգռումը կատարվում է հզոր լուսային իմպուլսով, ապա ոչ գծային կլանման պրոցեսը նկարագրելու համար օգտվում են երկմակարդակ համակարգի կլանման հազեցման մոդելից, ընդ որում համարվում էր, որ գրգռված վիճակի կյանքի տևողությունը մնում է հաստատուն և կախված չի գրգռման հզորությունից:

[3] աշխատանքում դիտվում էր անցելիության աճի տեմպի նվազումը, երբ մղման ինտենսիվությունը աճել է Գվտ արժեքները: [3] հեղինակների կողմից ՕՏԷ-ռեկոմբինացման պատճառով ՔԿ-ում էքսիտոնների կյանքի տևողության նվազման հաշվառումը թույլ է տվել նրանց տալու ՔԿ-ում անցելիության նվազման որակական պատկերը, երբ աճում է գրգռող ճառագայթման ինտենսիվությունը:

Իրոք, ՕՏԷ-պրոցեսը կարող է բերել գրգռված վիճակի կյանքի տևողության զգալի նվազմանը համաձայն $\tau_{ex} \approx I_0^{-2}$ օրենքի [6]: Սակայն այդ դեպքում էլքային և մուտքային ազդանշանների առավելագույն ինտենսիվությունների հարաբերության հաշվարկային կորը (I/I_0) , որպես մուտքային ազդանշանի առավելագույն I_0 ինտենսիվությունների ֆունկցիա, ունի բեկյալ բնութագիծ [3]: Միաժամանակ այդ կախումը ունի ողորկ բնույթ: Ելնելով վերոհիշյալից՝ աշխատանքի խնդիրն է այնպիսի մոդելի կառուցումը, որ թույլ կտա ստանալու ողորկ բնութագիծը: Հարկ է նշել, որ ճառագայթման և ՔԿ ոչ գծային փոխազդեցությունը կարող են բերել τ_{ex} նվազեցմանը մեկ այլ ֆիզիկական մեխանիզմով: Որպես օրինակ դիտարկվել է ՔԿ-օսցիլյատորների դիպոլային մոմենտի գրգռումը, որն էլ իր հերթին առաջացնում է դիպոլ-դիպոլ փոխազդեցությունը և բերում է ռելաքսացիայի ժամանակի նվազեցմանը [6]: Այսինքն՝ τ_{ex} նվազեցմանը կարող են բերել մի քանի ֆիզիկական մեխանիզմներ: Ելնելով դրանից՝ մենք առաջարկել ենք ֆենամենալոգիկ մոտեցում մոդելի ընտրության հարցում՝ $\tau_{ex}(I)$ -ճառագայթի ինտենսիվությունից կախում ունեցող գրգռված էքսիտոնների ռելաքսացիայի ժամանակը նկարագրել հետևյալ ֆունկցիայով՝ (տես նկ.1)



Նկ.2

Նկ.1.

$$\tau_{ex}(I) = \frac{\tau_{ex}(0)}{1 + \exp\left(\frac{I_0 - I_{th}}{\gamma}\right)} + \tau_{ex}(\infty) : \tag{3}$$

Համաձայն [7]-ի հաշվի առնելով (1) և (2) կինետիկ հավասարումները կարող ենք ստանալ անչափայնության տեսքով հավասարում $T = I(x, t)/I_0$ անցելիության համար՝

$$\frac{d}{d\tau}(\ln T) + \ln T = 2\sigma I_0 \tau_{ex} f(\tau)(1 - T) + \ln T_0 : \tag{4}$$

I -ֆոտոնների հոսքը կառուցվածքի x խորությամբ ժամանակի t պահին, σ -մեկ ՔԿ կլանման կտրվածքն է, I_0 -ֆոտոնների հոսքը կառուցվածքի սկզբում, T_0 -անցելիությունն է գծային կլանման դեպքում, $f(\tau) = \frac{1}{2}\left(1 - \cos\pi\frac{t}{\Delta t}\right)$ -լազերային իմպուլսի ձևն է, $\tau = \frac{t}{\tau_{ex}}$, Δt -իմպուլսի տևողությունն է: Այնուհետև կատարվել է թվային հաշվարկ՝ հաշվի առնելով, որ I_0 ինտենսիվության աճը բերում է համաձայն (3) բանաձևի τ_{ex} -ի նվազմանը: Ինչպես երևում է նկ.2-ից արդյունքները, թվային հաշվարկների (3) և (4)-ի օգտագործմամբ, համապատասխանում են էքսպերիմենտալ արդյունքների:

Անհրաժեշտ է նշել, որ երկմակարդակ համակարգի համար գոյություն ունի վտանգ սխալ կատարելու՝ ընդունելով ոչկոհերենտ հազեցման դրսևորումը որպես ինքնահինդուկցման պարզեցում [1], որովհետև իրականում բավական հզոր ոչկոհերենտ իմպուլսները կարող են տեղափոխել. Տվյալ դեպքում՝ քվանտային կետերի կետը վերևի մակարդակ և լուսային իմպուլսի առաջին մասի ազդեցությամբ հազեցնել կլանման գծի կոնտուրը: Իմպուլսի մնացած մասը կանցնի միջավայրը առանց կլանման: Բացի դրանից՝ իմպուլսը միջավայրից դուրս կգա ուշացումով, որովհետև իմպուլսի առաջին մասի էներգիան ծախսվում է միջավայրի հազեցմանը: Այսպիսով՝ միջավայրը “խժռելով” իմպուլսի առաջին մասը, առաջացնում է նրա ծանրության կենտրոնի տեղափոխումը, այսինքն՝ բերում է նրա ձևի փոփոխմանը:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1. Аллен Л., Эберли Дж.. Оптический резонанс и двухуровневые атомы. И., Мир, 1978.
2. Weigscheider W., Pfeiffer L.N. Et.al., Phys.Rev.Let.-1993, v.71, №24, p.4071.
3. Днепроvский В.С., Жуков Е.А. и др. ФТТ, 2010, том 52, вып.9, с.1809.
4. Z.Luo, H.Chen. Live etal., Appl.Opt.54, 2845 (2015)
J.I.Saari, M.M.Krause, B.R.Walsh. Et al., Science 13, 722 (2013).
5. Schmitt-Rink S., Miller D.A., Chemla D.S. Theory of linear and nonlinear optical properties, Phys.Rev.B, 1987, v.35, №15, p.8113-8125.
6. Smith K.W., Allen L. Optics Comm.,8, 166 (1973).
7. Selden A.C. Brit J. Appl.Phys, 18, (1967).

Հոդվածը տպագրության է նրաշխարհում խմբագրական կոլեգիայի անդամ, ֆ.մ.գ.թ., Կ. Ս. Արամյանը: