

**Використана література:**

1. *Малинецкий Г. Г.* Математическое моделирование образовательных систем / Г. Г. Малинецкий // Синергетическая парадигма. Синергетика образования. – М. : Прогресс-Традиция, 2007. – 592 с.
2. *Киященко Н. И.* Синергетические проблемы образовательного процесса / Н. И. Киященко // Синергетическая парадигма. Синергетика образования. – М. : Прогресс-Традиция, 2007. – 592 с.
3. *Князева Е. Н.* Саморефлективная синергетика / Е. Н. Князева // Вопросы философии. – 2001. – № 10. – С. 99-113.
4. *Кремень В. Г.* Синергетика в освіті: контекст людиноцентризму: монографія / В. Г. Кремень, В. В. Ільїн. – К. : Педагогічна думка, 2012. – 368 с.

***Vagis A. I. Самоорганизация самостоятельной работы студентов по физике: синергический аспект.***

*Процесс формирования личности студента способного к саморазвитию и профессиональному росту сопровождается необходимостью его самостоятельной работы, эффективность которой зависит от успешной самоорганизации учебной деятельности. Теория самоорганизации в образовании сегодня широко исследуется с позиции синергетического подхода. Статья посвящена поиску путей и принципов самоорганизации самостоятельной работы студентов по физике.*

**Ключевые слова:** самоорганизация, синергетика, физика, высшая школа.

***Vagis A. I. Samoorganizaciya of independent work of students from physics: sinergistical aspect.***

*The process of formation of the personality of the student capable of self-development and professional growth is accompanied by the need for its self-study, the effectiveness of which depends on a successful self-learning activities. The theory of self-organization in education today extensively investigated from the perspective of a synergistic campaign. The article is devoted to finding ways and principles of self-organization of independent work of students in physics.*

**Keywords:** self-organization, synergetics, physics, graduate school.

УДК 378:53

**Волощук М. Г., Скубій Т. В.**  
**Національний технічний університет України**  
**“Київський політехнічний інститут”**

**НАДКОРОТКІ СВІТЛОВІ ІМПУЛЬСИ:  
МЕТОДИ ДОСЯГНЕННЯ ТА РЕЄСТРАЦІЇ**

*У статті розглядаються методи реєстрації надкоротких світлових імпульсів. Під час вимірювання тривалостей надкоротких імпульсів використовуються нелінійні оптичні явища, процеси в яких залежать від інтенсивності хвилі, наприклад, генерація другої гармоніки та двофотонна люмінесценція.*

**Ключові слова:** лазерна фізика, світлові імпульси, методи реєстрації світловий імпульсів.

Одним із найяскравіших досягнень лазерної фізики останнім часом стала розробка методів генерації і формування світлових імпульсів тривалістю  $\sim 10^{-15}$  с – фемтосекундних імпульсів, під огинаючою яких укладається лише декілька періодів коливальних. Радикальне скорочення часових масштабів супроводжується вражаючим прогресом фізики і техніки надкоротких світлових імпульсів. У зв'язку з цим розширилися можливості спектроскопії швидкоплинних процесів [5].

Якщо на першому етапі основні зусилля були направлені на отримання стабільної синхронізації мод лазерів з максимально широкою смугою посилення, то з часом більшого

значення набували методи стиснення і формування імпульсів в пасивних системах. Це викликало великий інтерес до різних аспектів фізики лінійного і нелінійного розповсюдження коротких світлових пакетів [2; 7].

Як відомо, що перехід від нескінченного середовища до просторово обмеженого, коли його розмір стає співмірним з довжиною збереження когерентності електронних збуджень (це і відповідає нанометровому діапазону розмірів), призводить до того, що базовими властивостями речовини, починаючи від типу упаковки атомів в кристалічній ґратці і закінчуючи електронними властивостями, можна керувати, змінюючи розмір і форму наноб'єктів [1]. Такий симбіоз фемтооптики і наноматеріалів зародив в останнє десятиріччя новий перспективний науково-технічний напрям – *фемтооптику наноструктур*, що бурхливо розвивається.

Етап укорочення тривалості лазерних імпульсів, ще почався в 1981 р., був пов'язаний з новим для оптики, але відомим в радіодіапазоні явищем стиснення частотно-модульованих світлових імпульсів в диспергуючих середовищах. Ця техніка, доведена майже до досконалості, дозволяє стискати пікосекундні імпульси в сотні і тисячі разів і отримувати імпульси фемтосекундної тривалості ( $\sim 10^{-15}$  с). У 1987 році був отриманий оптичний імпульс тривалістю 6 фс у видимому діапазоні частот, він містив всього три періоди світлових коливань. Пізніше в інфрачервоному діапазоні отримали імпульси в один період коливань, рівний 40 фс. За рахунок компресії такі оптичні імпульси набувають величезної густини потужності, яку можна довести за допомогою фокусування до  $10^{20}$  Вт/см<sup>2</sup>. При цьому напруженість світлового поля досягає гігантської величини  $10^{11}$  В/см, що на порядок перевищує внутріатомні поля. Це кардинально змінює характер взаємодії оптичного випромінювання з речовиною [7].

Умовно, процес націленого скорочення тривалості світлових імпульсів, поділяється на *три основних етапи*: а) модуляція добротності резонатора; б) режим синхронізації мод; в) часове “стиснення” (“компресія”) імпульсу з досягненням гранично можливих мінімальних тривалостей [1]. Етапи скорочення тривалості світлового імпульсу подано на рис. 1.

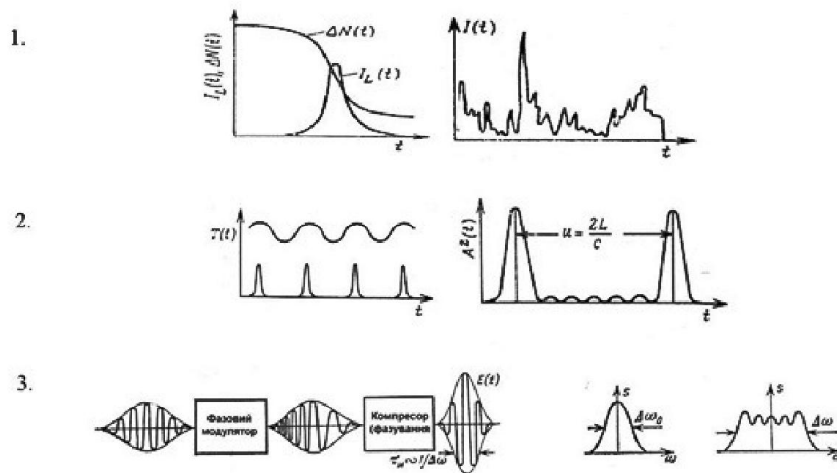


Рис. 1. Етапи скорочення тривалості світлових імпульсів

Одним з головних завдань на шляху широкого використання надкоротких світлових імпульсів стала розробка принципово нових методів вимірювання тривалостей з пікосендною і фемтосекундною розподільною здатністю.

Під час вимірювання тривалостей надкоротких імпульсів використовуються нелінійні оптичні явища, процеси в яких залежать від інтенсивності хвилі, наприклад, генерація другої гармоніки та двофотонна люмінесценція. В методі *двофотонної*

люмінесценції світловий пучок розділяється скляною пластиною на два пучки із рівною інтенсивністю. Ці пучки після відбивання від дзеркал направляються з різних боків в кювету з органічним барвником. При цьому підбирається такий барвник, щоб молекули збуджувалися лише двома квантами світла (двохфотонне поглинання). Збуджені молекули випромінюють світло у видимому діапазоні спектра. Яскравість люмінесценції виявляється пропорційною інтенсивності світлових імпульсів. В результаті цього в кюветі спостерігаються світлові треки, які можна сфотографувати. В місці зустрічі двох імпульсів, які поширюються назустріч один одному, інтенсивність світла в два рази більша, а отже, світіння барвника яскравіше, ніж від одиночного імпульсу. Дослідження розподілу яскравості люмінесценції вздовж треку дозволяє визначити тривалість світлового імпульсу. При реєстрації пікосекундного імпульсу центральна область, що яскраво світиться, має розміри порядку десятих долей міліметра (рис. 2).

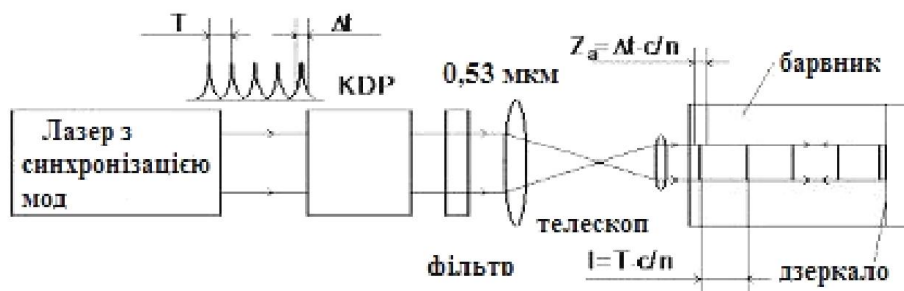


Рис. 2. Метод двухфотонної люмінесценції

Має широке використання і метод, що базується на генерації другої гармоніки. Генерація гармоніки відбувається в оптичному кристалі з квадратичною нелінійністю. Амплітуда другої гармоніки пропорційна коефіцієнту нелінійності кристалу, його товщині і добутку амплітуд падаючих хвиль основної частоти. Якщо перейти до коротких оптичних імпульсів то друга гармоніка буде ефективно збуджуватись в момент їх перетину. В цьому методі інформацію про часовий профіль світлового імпульсу отримують, зсуваючи за часом дві його частини одну відносно одної (рис. 3).

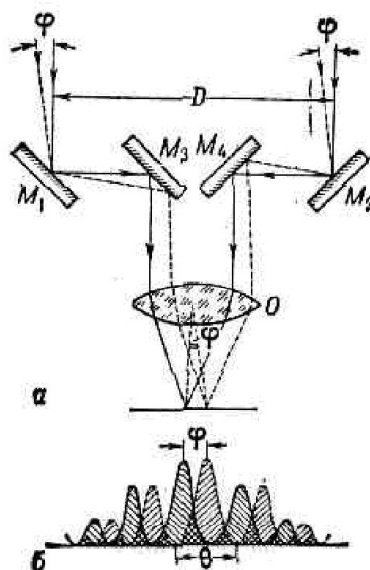


Рис. 3. Метод генерації другої гармоніки

Окрім розглянутих методів існують також інші, більш складні методи, наприклад, аналіз інтерференційної картини двох вищезгаданих пучків тощо [2; 4; 6].

Таким чином, сучасна техніка отримання світлових імпульсів з тривалістю від сотень пікосекунд до декількох фемтосекунд і методика вимірювання часових процесів з такою ж розподільною здатністю дозволяють досліджувати швидкоплинні процеси у фізиці, хімії, біології і інших галузях науки і техніки. До їх числа також входять вивчення релаксації енергії і дефазування збудження молекул, дослідження міграції електронів в біологічних процесах (наприклад при фотосинтезі), створення надсильних полів з напруженістю світлового поля вище внутріатомного, генерацію надкоротких рентгенівських і акустичних імпульсів при дії на речовину лазерних імпульсів тощо. Слід також відзначити застосування надкоротких світлових імпульсів в міжконтинентальному оптоволоконному зв'язку, а також в системах обробки і зберігання інформації.

Зовсім недавно почалося дослідження аттосекундного діапазону ( $10^{-18}$  с) за допомогою формування півхвильових або напівперіодних імпульсів, що реалізують принципову межу мінімальної тривалості. Такі імпульси містять всього один сплеск (коротке, але великої сили випромінювання) електромагнітного поля.

#### **Використана література:**

1. Ахманов С. А. Оптика фемтосекундных лазерных импульсов / С. А. Ахманов, В. А. Вислоух, А. С. Чиркин. – М. : Наука, 1988. – 310 с.
2. Блонський І. В. Широкодіапазонний лазерний фемтосекундний комплекс і можливості його використання / І. В. Блонський, М. С. Бродин, А. П. Шпак. – УФЖ, – 2006 р. – Т. 3. – С. 93-126.
3. Сухоруков А. П. Оптика сверхкоротких импульсов / А. П. Сухоруков // Соросовский образовательный журнал. – № 7. – 1997. – С. 81-86.
4. Сухоруков А. П. Дифракция световых пучков в нелинейных средах / А. П. Сухоруков // Соросовский общобразовательный журнал. – 1996. – № 5. – С. 85.
5. Надкороткі світлові імпульси / пер. з англ. під ред. С. А. Ахманова. – М. : Мир, 1981. – 480 с.
6. Зветло О. Принципы лазеров : пер. с англ. – 3-е перераб. и доп. изд. / О. Зветло. – М. : Мир, 1990. – 560 с.
7. Желтиков А. М. Да будет белый свет: генерация суперконтинуума сверхкороткими лазерными импульсами / А. М. Желтиков // УФН. – Т. 176. – № 6. – 2006. – С. 623-649.

#### **Волощук М. Г., Скубий Т. В. Сверхкороткие световые импульсы: методы достижения и регистрации.**

*В статье рассматриваются методы регистрации надкоротких световых импульсов. Во время измерения протяжения сверхкоротких импульсов используются нелинейные оптические явления, процессы в которых зависят от интенсивности волны, например, генерация второй гармоники и двухфотонная люминесценция.*

**Ключевые слова:** лазерная физика, световые импульсы, методы регистрации световой импульсов.

#### **Voloschuk M. G., Skubiy T. V. The supershort light impulses: methods of achievement and registration.**

*The methods of registration of supershort light impulses are examined in the article. During measuring of trivalosmei of supershort impulses the nonlinear optical phenomena are utilized, processes in which depend on intensity of wave, for example, generation of the second accordion and twophotonic luminescence.*

**Keywords:** laser physics, light impulses, methods of registration light impulses.