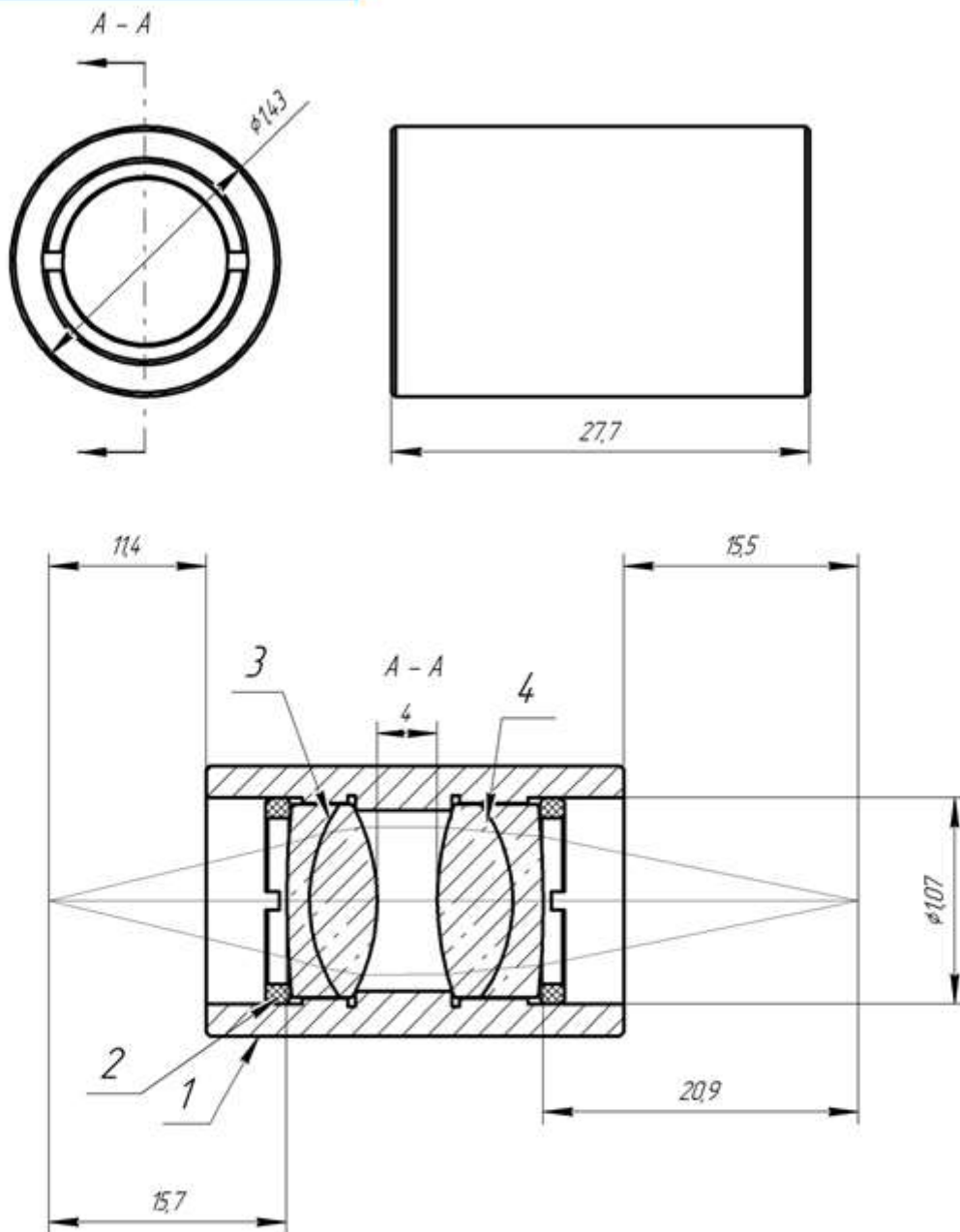


## ДОДАТОК А

Графічний матеріал

ГЮІК. 203589.100



ГЮІК. 203589.100 СК

Зм	Арк.	№ док-м	Підпис	Дата
Разроб.		Демиденко		
Переб.		Одаренко		
Т.контр.				
Н.контр.		Чернишова		
Затв.		Гнатенко		

Об'єктив  
Складальний кресленик

Лит	Маса	Масштаб
		2,5:1
Арк.	Аркушів 1	

ХНУРЕ  
Кафедра ФОЕТ



## ДОДАТОК Б

### Демонстраційний матеріал

Харківський національний університет радіоелектроніки  
Кафедра фізичних основ електронної техніки

#### КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**Моделювання генерації другої гармоніки Гаусовим пучком у нелінійному середовищі**

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність 152 – «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»

Освітня програма – Фотоніка та оптоінформатика

Розробив:  
студент гр. ФТОІм-21-1  
Демиденко Є.Є.

Керівник:  
професор каф. ФОЕТ  
д-р фіз.-мат. наук Є.М. Одаренко

Харків 2022

Зм.	Арк.	Прізвище	Підп.	Дата	ГЮОК. 203589. 001 Д1  Моделювання генерації другої гармоніки Гаусовим пучком у нелінійному середовищі
		Демиденко			
		Одаренко			
		Чернишова			
					ХНУРЕ      каф. ФОЕТ
		Затв.	Гнатенко		

## Продовження додатку Б

2

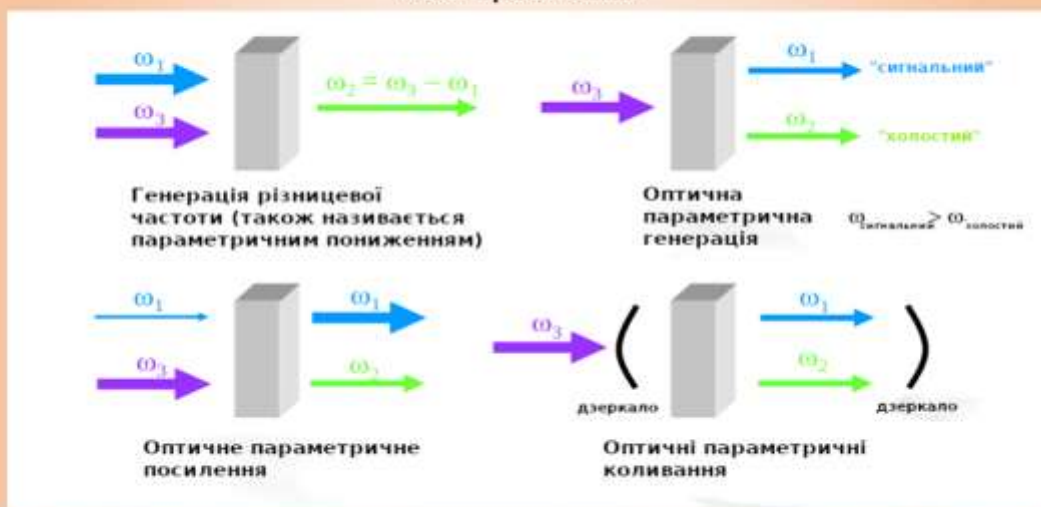
## Мета роботи

Мета роботи – дослідження процесу генерації другої гармоніки в нелінійному середовищі на основі комп'ютерної моделі, побудованої в пакеті COMSOL Multiphysics.

Розглянута взаємодія Гаусового пучка з нелінійним середовищем. Проведено теоретичні дослідження на основі використання комп'ютерної моделі взаємодії хвильового пучка з нелінійним середовищем. Встановлено основні закономірності процесу генерації вищих гармонік частоти випромінювання при розповсюдженні пучка в нелінійному середовищі.

3

## Взаємодія лазерного випромінювання з нелінійними матеріалами



Приклади явищ взаємодії лазерного випромінювання з нелінійними оптичними матеріалами

					ГЮІК. 203589. 001 Д1	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

## Продовження додатку Б

Процеси нелінійної оптичної взаємодії призводять до застосування, включаючи оптичне перемикання, обмеження оптичної потужності, зберігання даних, маніпулювання зображеннями та обробку зображень.

4

$$\tilde{P}(t) = \chi^{(1)}\tilde{E}(t) + \chi^{(2)}\tilde{E}^2(t) + \chi^{(3)}\tilde{E}^3(t) + \dots,$$

За багатьох обставин нелінійну оптичну реакцію матеріальної системи на застосовану оптичну хвилю можна описати, виразивши поляризацію матеріалу  $\tilde{P}(t)$ , як розкладання степеневого ряду в електричному полі  $\tilde{E}(t)$ .

Ізоляційні кристали утворюють важливий клас нелінійних оптичних матеріалів другого порядку

5



Зростання потужності другої гармоніки в нелінійному кристалі як функція довжини кристала в довжинах когерентності для умов ідеального, тобто подвійного променезаломлення фазового узгодження, квазіфазового узгодження та нефазового узгодження

					ГЮІК. 203589. 001 Д1	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

## Продовження додатку Б

Перший експеримент із генерації другої гармоніки світла був виконаний Франкеном у 1961 році

6

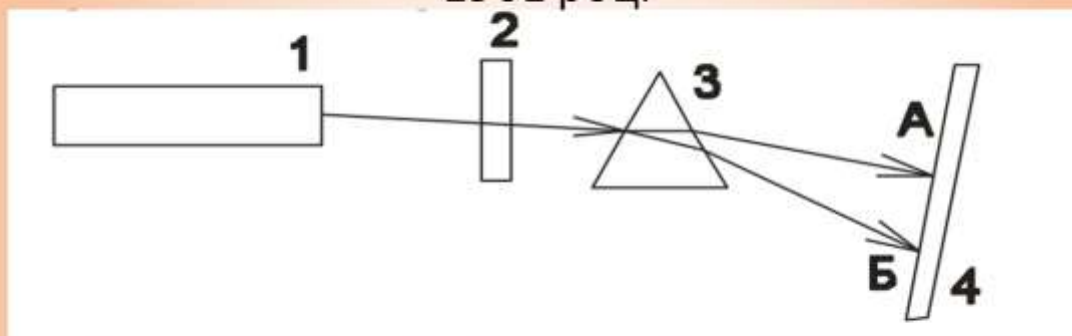
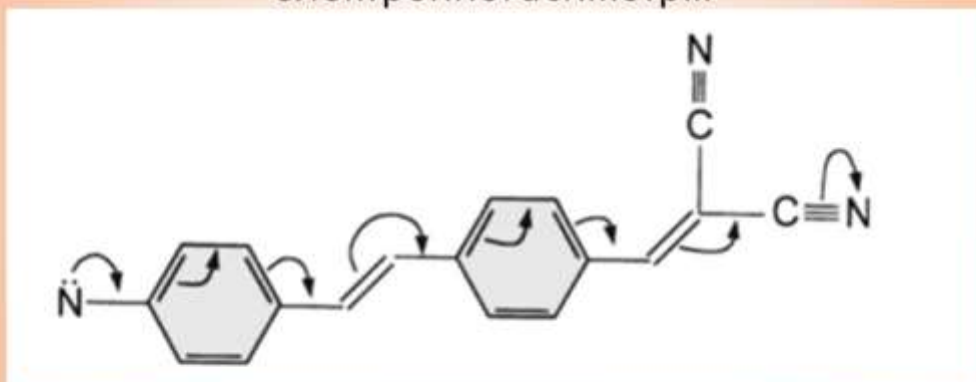


Схема експерименту щодо генерації другої оптичної гармоніки:  
1 Лазер, 2 Кристал, 3 Спектрограф, 4 Фотопластинка, А Пляма від червоного променю, Б Пляма від випромінення з подвійною частотою

Багато асиметричних органічних молекул мають великі значення молекулярної гіперполяризованості. Ефекти другого порядку є результатом цієї електронної асиметрії.

7



Донорно-акцепторна органічна молекула зі спряженими зв'язками

					ГЮІК. 203589. 001 Д1	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

## Продовження додатку Б

Поширення лазерного променя можна апроксимувати, припустивши, що лазерний промінь має ідеальний Гаусівський профіль інтенсивності, який відповідає теоретичній моді  $TEM_{00}$ .<sup>8</sup> Практично для всіх лазерних резонаторів розповсюдження електромагнітного поля  $E^{(0)}$  через один прохід в оптичному резонаторі може бути математично описано інтегралом розповсюдження, який має загальний вигляд:

$$E^{(1)}(x, y) = e^{-jkp} \iint K(x, y, x_0, y_0) E^{(0)}(x_0, y_0) dx_0 dy_0,$$

У режимі  $TEM_{00}$  промінь, випромінюваний лазером, починається як ідеальна плоска хвиля з Гаусовим поперечним профілем опромінення.<sup>9</sup>

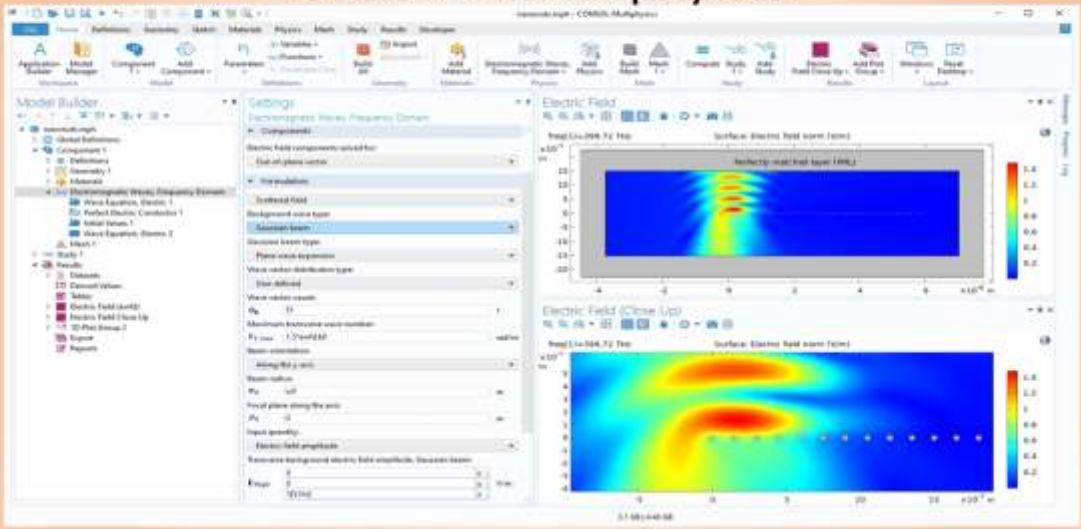


					<i>ГЮІК. 203589. 001 Д1</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

Продовження додатку Б

10

## Комп'ютерне моделювання за допомогою COMSOL Multiphysics



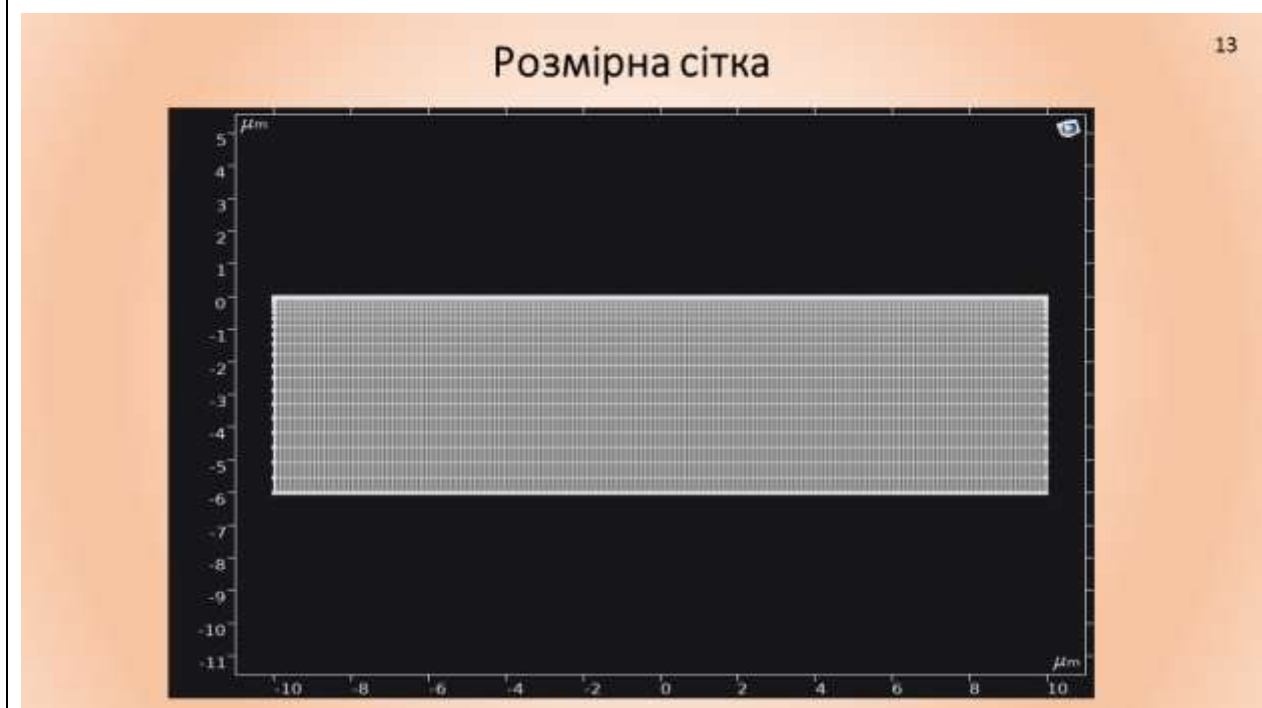
11

Коли лазерний промінь поширюється, він поширюється як  
наближена плоска хвиля з інтенсивністю поперечного  
перерізу форми Гауса. У точці фокусу лазерний промінь має  
мінімальну ширину  $w_0$



					ГЮІК. 203589. 001 Д1	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

## Продовження додатку Б

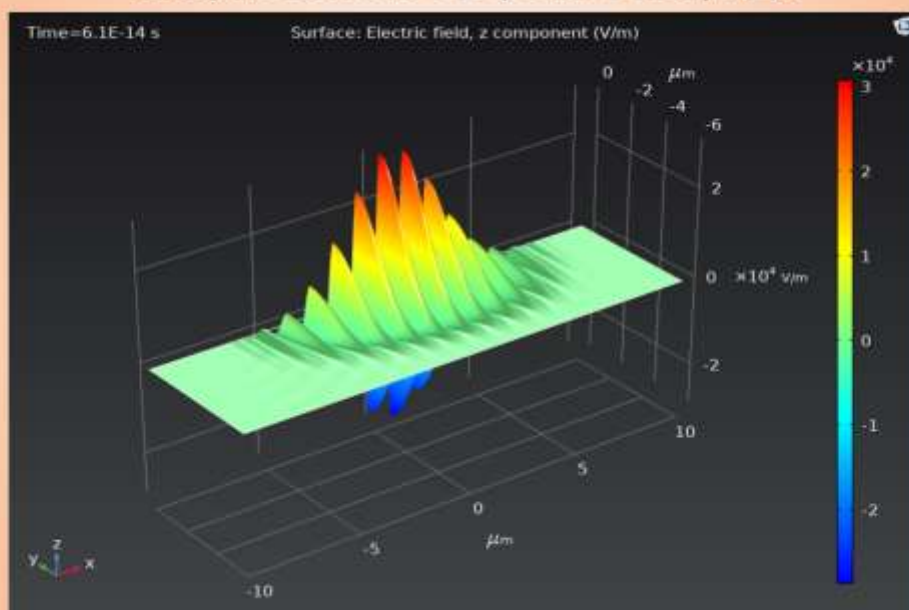


					<i>ГЮІК. 203589. 001 Д1</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

## Продовження додатку Б

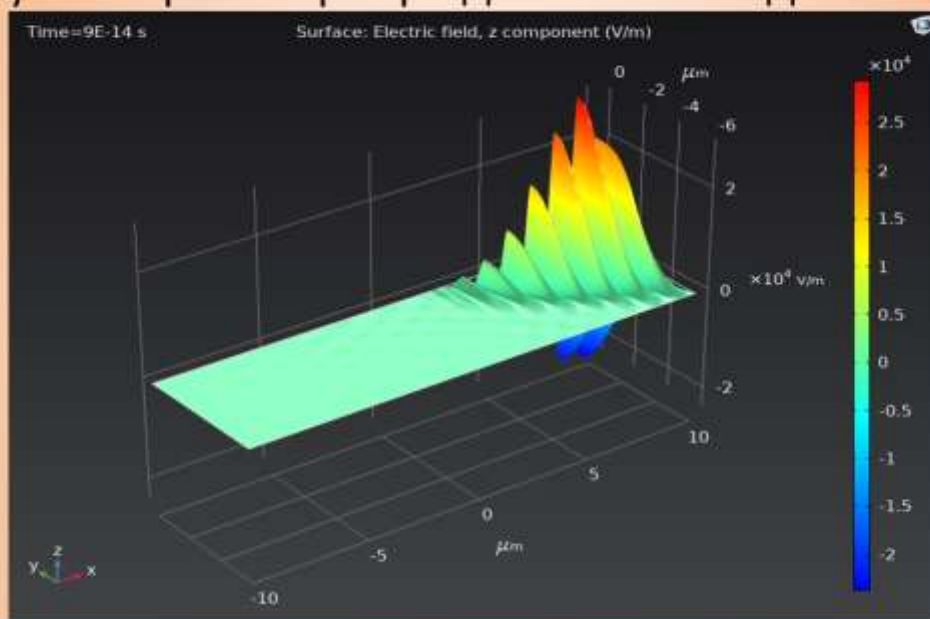
## Імпульс після 61 фемтосекунди

14



## Пульс через 90 фс при досяганні вихідної межі

15

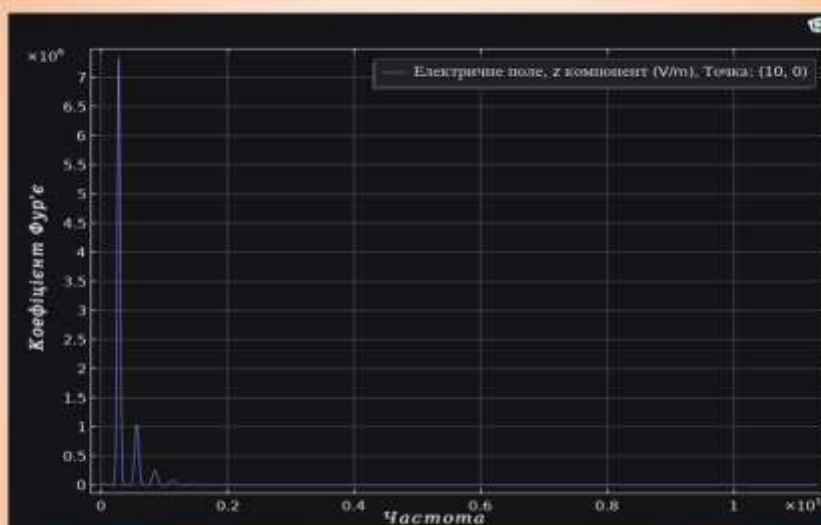


					<i>ГЮІК. 203589. 001 ДІ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

## Продовження додатку Б

## Частотний спектр променю на вихідній межі

16



На рисунку пік з правого боку від великого піку є генерацією другої гармоніки. Також зображені менші піки для вищих гармонік

17

## Висновки

- Розроблено розрахунковий проект, який дозволяє обчислювати характеристики Гаусового хвильового пучка при його розповсюдженні в нелінійному середовищі
- Показано закономірності еволюції процесу генерації другої гармоніки Гаусовим пучком.

					ГЮІК. 203589. 001 Д1	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



