

ДОДАТОК А

Демонстраційний матеріал

Харківський національний університет радіоелектроніки
Кафедра Фізичних основ електронної техніки

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОВОЇ ВЗАЄМОДІЇ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ З МАТЕРІАЛЬНИМИ СЕРЕДОВИЩАМИ

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)
Спеціальність 152 – Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка
Освітня програма – «Лазерна і оптоелектронна техніка»

Розробив:
студент ЛОЕТм-20-1
Кіреєв Б.П.

Керівник:
проф. каф. ФОЕТ
Одаренко Є. М.

2021 р.

					<i>ГЮІК. 203578. 001 Д1</i> <i>Моделювання теплової взаємодії лазерного випромінювання з матеріальними середовищами</i>
Зм.	Арк.	Прізвище	Підп.	Дата	
Розроб.		Кіреєв			
Перевір.		Одаренко			
Н. контр.		Чернишова			<i>ХНУРЕ каф. ФОЕТ</i>
Затв.		Гнатенко			

Продовження додатку А

МЕТА І ЗАДАЧІ РОБОТИ

2

Мета роботи: моделювання процесу теплової взаємодії лазерного випромінювання з матеріалом.

Задачі:

1. Вивчення процесу взаємодії лазерного випромінювання з діелектриками
2. Вивчення симуляції фізичних процесів методом скінченних елементів
3. Створення програми для симуляції взаємодії лазерного випромінювання з матеріалами у середі мультифізичного моделювання COMSOL Multiphysics.

КОМП'ЮТЕРНИЙ ПАКЕТ МУЛЬТИФІЗИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ COMSOL MULTIPHYSICS

3

Для моделювання було використано пакет мультифізичного моделювання COMSOL MULTIPHYSICS.

COMSOL® Multiphysics® – це потужний вирішувач, що працює на системах скінченних елементів (Finite element (FEM)) та часткового диференційного рівняння (partial differential equation (PDE)). Базовий програмний пакет COMSOL Multiphysics має вісім додаткових модулів, що розширюють базові можливості програми у наступних можливостях застосування: АС/DC, Акустика, Хімічна інженерія, Фізика Землі, Передача Тепла, MEMS, Радіочастоти та Механіка Структур. Пакет COMSOL Multiphysics також має інші допоміжні пакети, такі як Модуль імпорту з CAD, а також Бібліотека Матеріалів.

					ГЮІК. 203578. 001 Д1	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Продовження додатку А

МІДЬ

4

Фізичні властивості міді, які потрібні для моделювання

Щільність, кг/м ²	Теплопровідність, Вт/м·К	Теплоємність при незмінному тиску, Дж/(кг·К)	Випромінювальна здатність поверхні
8,960	400	385	0,3

ПАРАМЕТРИ МОДЕЛІ ДЛЯ МІДІ

5

Ім'я	Вираз	Значення	Розшифрування
slab_d	5 [mm]	0,005 m	Глибина матеріалу
P	20 [W]	20 W	Потужність лазера
spot	0.0005 [m]	0.0005 [m]	Радіус плями фокусування
slab_h	2 [mm]	0.002 m	Висота матеріалу
slab_w	20 [mm]	0.02 m	Ширина матеріалу
time	slab_w/speed	8 s	Час виконання моделі
speed	2.5 [mm/s]	0.04 m/s	Швидкість проходу променя
Emmissivity	0.3	0.3	Випромінювальна здатність поверхні

					ГЮОК. 203578. 001 ДІ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

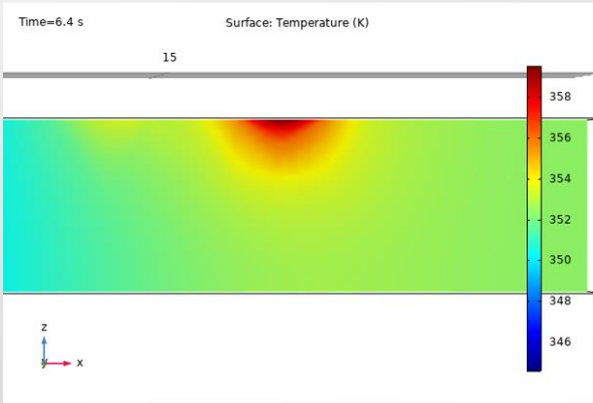
ЗМІННІ ПАРАМЕТРИ				6
Ім'я	Вираз	Значення	Розшифрування	
spot_x	t*speed	m	Положення плями по осі X	
Flux	$((2 \cdot P) / (\pi \cdot \text{spot}^2)) \cdot \exp(-(2 \cdot \text{spot}_r^2) / \text{spot}^2)$	W/m²	Гаусове розповсюдження теплового потоку	
spot_r	$\text{sqrt}((x - \text{spot}_x)^2 + (y - \text{spot}_y)^2)$	m	Радіус плями	
spot_y	0 [m]	m	Положення плями по осі Y	



					ГЮІК. 203578. 001 ДІ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ПРОСТОРОВИЙ РОЗПОДІЛ ТЕМПЕРАТУРИ
В ОБ'ЄМІ ЗРАЗКА МІДІ

8



МОЛІБДЕН

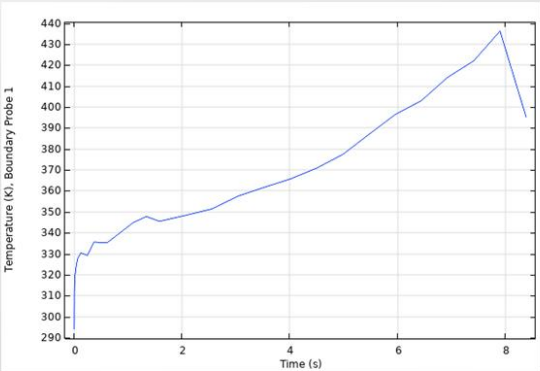
9

Фізичні властивості міді, які потрібні для моделювання			
Щільність, кг/м ³	Теплопровідність, Вт/м·К	Теплоємність при незмінному тиску, Дж/(кг·К)	Випромінювальна здатність поверхні
10200	138	250	0,3

					ГЮІК. 203578. 001 Д1	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

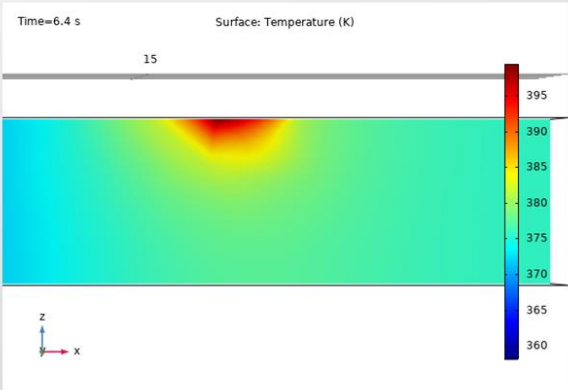
**ЗАЛЕЖНІСТЬ ТЕМПЕРАТУРИ ВЕРХНЬОЇ СТОРОНИ
ЗРАЗКА ВІД ЧАСУ**

10



**ПРОСТОРОВИЙ РОЗПОДІЛ ТЕМПЕРАТУРИ
В ОБ'ЄМІ ЗРАЗКА МОЛІБДЕНУ**

11



					ГЮІК. 203578. 001 Д1	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Продовження додатку А

КРЕМНІЙ

12

Фізичні властивості міді, які потрібні для моделювання

Щільність, кг/м ³	Теплопровідність, Вт/м·К	Теплоємність при незмінному тиску, Дж/(кг·К)	Випромінювальна здатність поверхні
2329	130	700	0,7

ЗАЛЕЖНІСТЬ ТЕМПЕРАТУРИ ВЕРХНЬОЇ СТОРОНИ
ЗРАЗКА ВІД ЧАСУ

13

Time (s)	Temperature (K)
0	350
1	430
2	460
3	490
4	540
5	580
6	630
7	680
8	700

Продовження додатку А

КВАРЦ

14

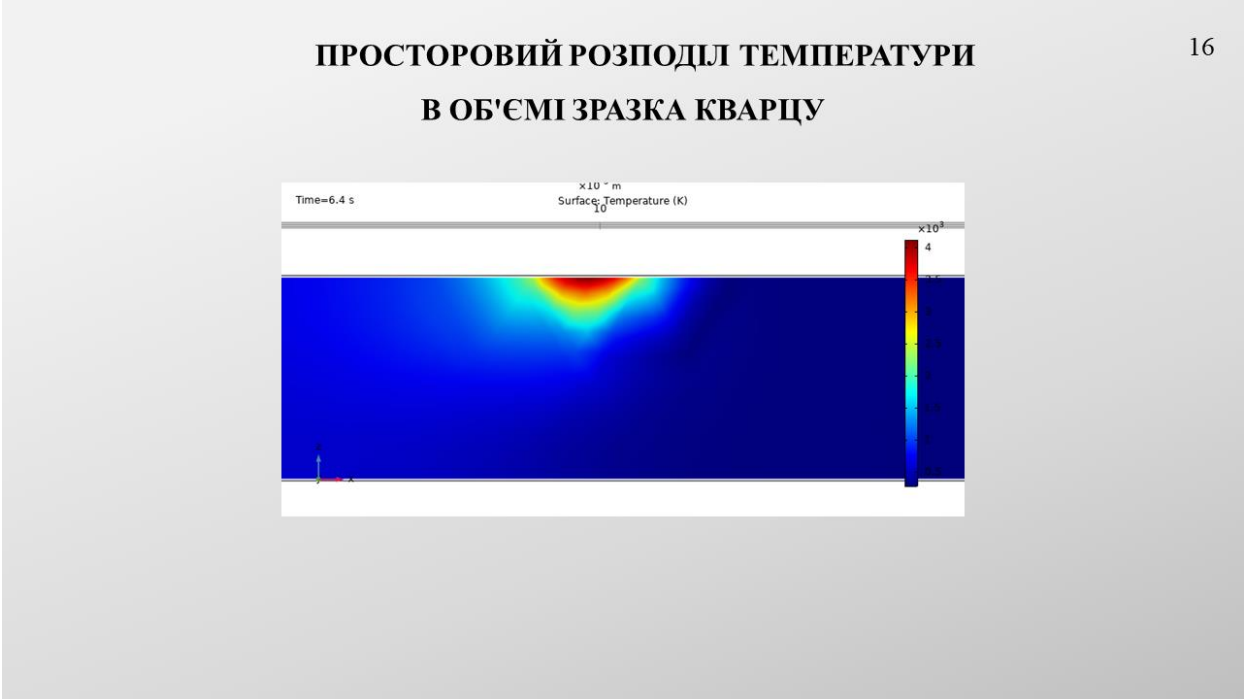
Фізичні властивості міді, які потрібні для моделювання

Щільність, кг/м ³	Теплопровідність, Вт/м·К	Теплоємність при незмінному тиску, Дж/(кг·К)	Випромінювальна здатність поверхні
2210	1.4	730	0,9

ЗАЛЕЖНІСТЬ ТЕМПЕРАТУРИ ВЕРХНЬОЇ СТОРОНИ
ЗРАЗКА ВІД ЧАСУ

15

The graph displays the temperature at Boundary Probe 1 over an 8-second interval. The y-axis represents Temperature in Kelvin (K), ranging from 500 to 5500. The x-axis represents Time in seconds (s), ranging from 0 to 8. The temperature starts at approximately 4000 K at 0 seconds and exhibits significant fluctuations, peaking near 5000 K and dropping to around 4000 K multiple times throughout the 8-second period.



ВИСНОВКИ

17

1. В кваліфікаційній роботі проведено аналіз літератури з дослідження взаємодії лазерного випромінювання з речовиною.

2. Проаналізовано пакет COMSOL Multiphysics, його можливості та особливості роботи з ним.

3. У пакеті COMSOL було створено програму, що моделює процес обробки матеріалів лазерним променем.

4. Доведено можливість моделювання лазерної обробки матеріалів, а також можливість моделювання розподілу тепла від лазера у глибині матеріалу.

					ГЮІК. 203578. 001 Д1	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

[illegible]