

ДОДАТОК А

ПРЕЗЕНТАЦІЯ

Слайд 1

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ
КАФЕДРА ПЕЕА

ТЕМА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ: ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ТА ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ФІЛАМЕНТУ ДЛЯ 3D-ДРУКУ

Виконав
Студент групи РЕАЗм-21-1
Якименко О.В.

Дипломний керівник
Професор Черняков Е.І.

Слайд 2

МЕТА ТА ЗАДАЧА ДОСЛІДЖЕННЯ

Об'єкт дослідження – геометричні та фізичні властивості філаменту 3D-друку.

Метою дослідження є дослідження та аналіз властивостей філаменту та засобів для виконання цієї задачі.

Предметом дослідження в даній роботі є процес взаємодії випромінювання з ниткою, дифракція плоскої хвилі на нитці (філаментові) і дифракційній картині, визначення геометричних розмірів філаменту та використання терагерцевої спектроскопії для визначення її дефектів.

ВСТУП

3D-друк – це адитивна технологія виробництва, яка використовується для виготовлення тривимірних деталей з нитки для друку. Якість деталі визначається багатьма факторами, і якість нитки – один з них. Звідси підвищена увага до контролю якості нитки, що полягає у вимірюванні її фізичних і геометричних параметрів на всіх етапах виготовлення як самої нитки, так і деталей з неї. До фізичних параметрів в першу чергу відноситься показник заломлення, а до геометричних – діаметр циліндричної нитки.

ОГЛЯД І АНАЛІЗ МАТЕРІАЛІВ 3D-ДРУКУ

Сучасний 3D-принтер дозволяє використовувати різні матеріали серед яких найпопулярнішими 3D-філаментами зараз є термопласти, які також називають просто пластиками.

Типи 3D-пластиків:

- поліактид (PLA);
- акрилонітрілбутадієнстірол (ABS-пластик);
- нейлон;
- полікарбонат;
- поліетилен високої щільності;

ОГЛЯД І АНАЛІЗ МАТЕРІАЛІВ 3D-ДРУКУ



Рисунок 1 – Котушка PLA-пластику



Рисунок 2 – Гранули ABS-пластику



Рисунок 3 – Деталі надруковані із нейлону



Рисунок 4 – Деталь виготовлена з полікарбонату



Рисунок 5 – Гранули поліетилену високої щільності

ОГЛЯД МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ І ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ

Основним геометричним параметром філаменту являється його діаметр. Всі способи вимірювання розміру діаметра можна поділити на два типи:

- контактні;
- безконтактні.

Безконтактні методи класифікуються:

- пневматичні;
- ультразвукові;
- оптичні.

Проаналізувавши можливі оптичні методи обрано саме диференційний так, як він є найбільш перешкодостійким, легким в експлуатації та найбільш точним серед всіх інших оптичних методів.

ОГЛЯД МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ І ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ

Основною задачею дослідження фізичних параметрів філаменту являється виявлення дефектів нитки. Розглянуто два найпопулярніші способи виявлення дефектів:

- тепловий;
- терагерцовий.

Проаналізовано їх принцип роботи, технології їх виконання та особливості використання. Для дослідження філаменту було обрано терагерцовий метод, так як він є більш зручним, гнучким та легшим в виконанні та використанні.

ОГЛЯД МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ І ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ

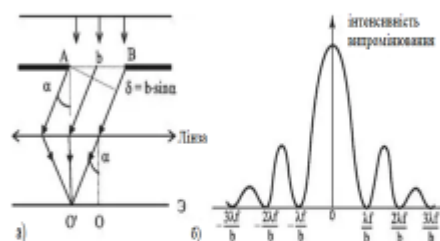


Рисунок 6 – Дифракція однією щілини: а – хід променів; б – розподіл інтенсивності світла (f - фокусна відстань лінзи)

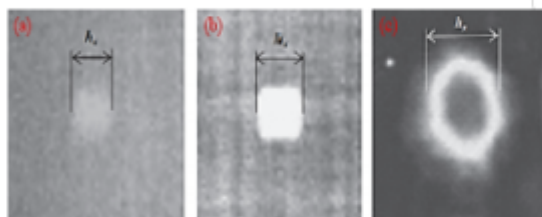


Рисунок 7 – Оцінка видимого розміру дефекту терагерцовим методом

ДИФРАКЦІЙНИЙ МЕТОД ДОСЛІДЖЕННЯ

Індикатриса розсіювання показує, як розподіляється інтенсивність відбитої хвилі в просторі навколо опромінюючого циліндра.

Відстань між двома мінімумами на індикатрисі дозволяє знайти діаметр нитки. Якщо нитка опромінюється двома джерелами, то можна уточнити форму нитки, тобто зовнішні дефекти.

Досліджено індикатриса розсіювання в декартових та полярних координатах та знайдено математично форму волокна.

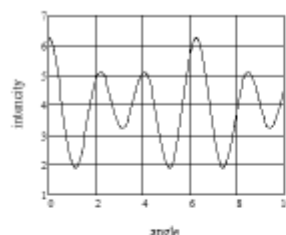


Рисунок 8 – Індикатриса розсіювання в декартових координатах

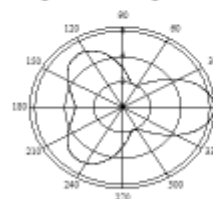


Рисунок 9 – Індикатриса розсіювання в полярних координатах

ВИЗНАЧЕННЯ ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МЕТОДОМ ТЕРАГЕРЦОВОЇ СПЕКТРОСКОПІЇ В ЧАСОВІЙ ОБЛАСТІ

Терагерцовий (ТГц) діапазон займає проміжне положення між оптичним і мікрохвильовим діапазонами. Завдяки терагерцовому методу визначено фізичні властивості (коефіцієнта заломлення) методом терагерцової спектроскопії в часовій області. Математично знайдено особливості терагерцового діапазону. Визначено, що терагерцове випромінювання може бути продетектовано у часовій області, тобто може бути виміряне як амплітуда, так і фаза поля.

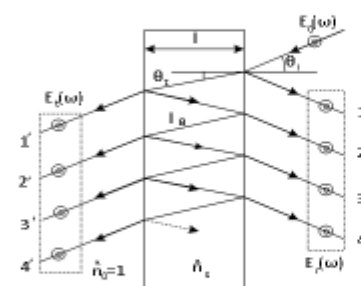


Рисунок 10 – Модель поширення хвилі в однорідній діелектричній пластинці

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИЛАДІВ ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕРАГЕРЦОВОЇ СПЕКТРОСКОПІЇ

Було проведено огляд та аналіз пристроїв для проведення терагерцевої спектроскопії, досліджено характеристики кожного з пристроїв, їх переваги та недоліки.

Досліджувані пристрої найпопулярніших в цій сфері компаній:

- TeraFlash pro (компанії Topica Photonics AG (Gräfelfing));
- TDS10XX-wol (компанії VATOP GmbH (Jena));
- T-SPECTRALYZER F (компанії Hübner GmbH & Co. KG (Kassel)).

Також досліджено та описано програмне забезпечення TeraLyzer від компанії MenloSystem для дослідження та моделювання фізичних властивостей філаменту.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИЛАДІВ ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕРАГЕРЦОВОЇ СПЕКТРОСКОПІЇ



Рисунок 11 – TeraFlash pro



Рисунок 12 – TDS10XX-wol

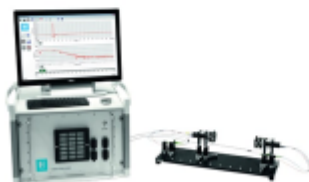


Рисунок 12 – T-SPECTRALYZER F

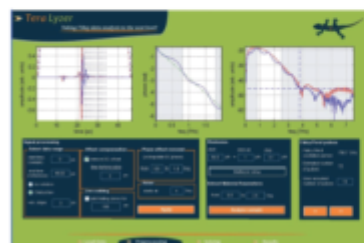


Рисунок 14 – Інтерфейс програмного забезпечення TeraLyzer

ЕКСПЕРИМЕНТ

Використовуючи дифракційний метод було проведено експеримент для визначення діаметру чотирьох досліджуваних об'єктів: однієї волосини та трьох різних за діаметром проводів.

Згідно з принципом Бабіне, коли нитка освітлюється паралельним пучком, дифракційний ефект буде таким же, як у щілини, і на екрані, що приймає, отримуються одні і ті ж яскраві і темні смуги. На рисунку 15 зображено принцип отримання дифракційних смуг для визначення діаметру.

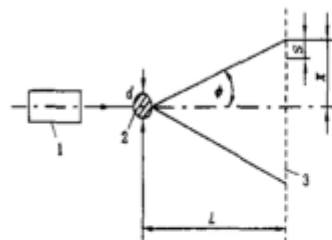


Рисунок 15 – Розрахунок діаметра за параметрами дифракційних смуг

ЕКСПЕРИМЕНТ

Як джерело світла був застосований зелений напівпровідниковий лазер.

Характеристики лазера:

- довжина хвилі 530 нм;
- стиль променя – безперервна лінія;
- вихідна потужність менше 1МВт;
- робоча температура – від + 15 °С до + 30 °С;
- температура зберігання – від -10 °С до +40 °С;
- preheat time – менше 3 секунд;
- колір – зелений;
- колір корпусу – чорний/сріблястий;
- вихідна потужність лазер – менше 1 МВт;
- розмір – 16.5 см x 2.5 см;
- ефективний діапазон – від 3000 м до 5000 м.

ЕКСПЕРИМЕНТ

В ролі приймача світла був використаний датчик MPD3728.

MPD3728 – це високошвидкісний та високочутливий датчик лінійного зображення CCD (з зарядним зв'язком), який змінює оптичні зображення на електричний сигнал та виконує функцію розділення кольору.

MPD3728 має 3 рядки по 7300 пікселів, і це 2-вивідний / кольоровий CCD-датчик з 2 рядками / кольором регістру перенесення заряду, який передає електрони фотосигналу 7300 пікселів, розділені на парні та непарні пікселі.

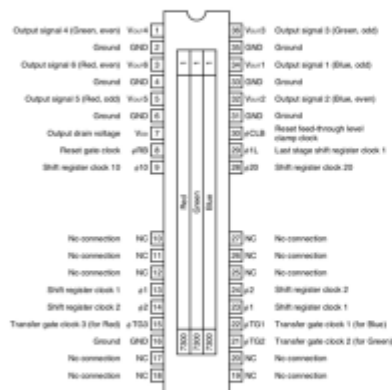


Рисунок 16 – Принципова схема MPD3728

ЕКСПЕРИМЕНТ

Під час виконання експерименту було отримано діаметр 4 досліджуваних об'єктів. Отримані результати, наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Результати порівняння вимірювань різними методами (об'єкт 1 – чорне волосся, об'єкт 2, 3 та 4 – мідний дріт)

	Діаметр за розрахунком (мм)	Діаметр по мікроскопу (мм)
1	0,0926	0,093
2	0,038987	0,039
3	0,0529	0,053
4	0,0529	0,053

ВИСНОВКИ

Під час виконання кваліфікаційної роботи з теми «Дослідження геометричних та фізичних властивостей філаменту для 3D-друку» було досліджено, які саме та з якого матеріалу бувають філаменти, їх характеристики та популярність в використанні.

Проведено розробку основних теоретичних закономірностей та співвідношень, а саме методу визначення геометричних властивостей дифракційним методом та визначення фізичних властивостей (коефіцієнта заломлення) методом терагерцевої спектроскопії в часовій області.

В розділі 3 було проведено огляд та аналіз пристроїв для проведення терагерцевої спектроскопії та проведено експериментальне дослідження за допомогою дифракційного методу для знаходження діаметру філаменту.

ВИСНОВКИ

Проведено огляд компаній Toptica Photonics AG (Gräfelfing), VATOP GmbH (Jena), Hübner GmbH & Co. KG (Kassel) та наведено їх характеристики та особливості. Також описано програмне забезпечення компанії MenloSystem для дослідження та моделювання фізичних властивостей філаменту.

Проведено експериментальне дослідження в якому використовуючи дифракційний метод визначено товщину (діаметр) чотирьох об'єктів (волосини людини та трьох мідних дротів).

Розроблено розділ охорони праці та визначено, що приміщення в якому відбувалася розробка повністю відповідає необхідним вимогам.