

УДК 535.2:004.9

## ТЕРАГЕРЦОВА СПЕКТРОСКОПІЯ ФІЛАМЕНТУ ДЛЯ 3D ДРУКУ

Зайченко Н.Я.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Зайченко О.Б.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. МЕЕПП

м. Харків, Україна

тел. +38(057) 702-14-94, email: [nataliia.zaichenko@nure.ua](mailto:nataliia.zaichenko@nure.ua).

This work is devoted to terahertz spectroscopy in time domain of filament for 3D printing. The relevance of the topic of this study is confirmed by a large number of modern publications on this issue. The subject of research in this paper is the determination of the refractive index of a filament for 3D printing. The scientific novelty consists in taking into account the solidification of the filament during the manufacturing process, the presence of metal impurities, and taking into account the rate of filament supply from the extruder. The practical value lies in the possibility of using recycled materials for processing into filament, thereby solving environmental problems.

Робота присвячена удосконаленню методів та моделей терагерцової спектроскопії у часовій області філаменту для 3D друку. Актуальність теми даного дослідження підтверджується великою кількістю сучасних публікацій з цього питання [1–5], які присвячені ряду невирішених проблем. Предметом дослідження у цій роботі є визначення показника заломлення філаменту для 3D друку. Наукова новизна полягає в обліку солідифікації філаменту у процесі виготовлення, врахуванню наявності металевих домішок, обліку швидкості подачі філаменту з екструдера. Перелічені фактори призводять до невизначеностей, враховуючи які та вносячи поправки до результатів вимірювання, можна підвищити точність керування технологічним процесом. Практична цінність полягає у можливості застосування вторинної сировини для переробки на філамент, тим самим вирішуючи екологічні проблеми.

3D друк використовується для виробництва дуже широкого спектру речей: від прототипів деталей для систем авіоніки та обладнання промисловості, та до цілого ряду предметів побуту, гаджетів та іграшок. Однак при виготовленні різних виробів істотно впливає на їх якість контроль параметрів філаменту. Філамент має різновиди, класифікацію яких тут не наводимо, але взагалі філамент належить до класу полімерів.

У сусідньому до терагерцового мікрохвильовому (НВЧ) діапазоні одним з засобів вимірювань діелектричної проникності речовин є дванадцятиполюсний скалярний аналізатор кіл [1], що є додатковою опцією до традиційних для дванадцятиполюсних аналізаторів операцій визначення потужності, комплексного коефіцієнта відбиття навантаження та ін. Коефіцієнт заломлення, який нас цікавить, є квадратним коренем з діелектричної проникності, якщо матеріал не має магнітних властивостей

як, наприклад, філамент Причинами через які не набуло розвитку вимірювання за допомогою дванадцятиполюсників параметрів діелектриків є невелика точність і властивості випромінювання мікрохвильового діапазона, які вимагають екранування джерел випромінювання від людини-оператора. Все це спонукало до пошуку альтернативних методів та засобів дефектоскопії у інших суміжних діапазонах частот.

Донедавна через відсутність ефективних джерел та приймачів терагерцова (ТГц) область частот в англійській літературі отримала назву "Terahertz gap". Проте, за останні двадцять років, завдяки зусиллям провідних дослідних груп у різних країнах був здійснений значний прорив у освоєнні цього діапазону: з'явилися джерела та приймачі ТГц випромінювання як з використанням оптичних методів генерації та детектування випромінювання, так і із застосуванням мікрохвильового підходу, а також були створені з їхньої основи ТГц спектрометри. Численні дослідження демонструють перспективність застосування ТГц спектрометрів для аналізу речовин у різному агрегатному стані у різних галузях, таких як радіоелектроніка, медицина та біологія, системи безпеки. Вимірювання у часовій області ґрунтується на дискретизації невідомого ТГц поля за допомогою відомого фемтосекундного лазерного імпульсу, який називають імпульсом зчитування. Терагерцова спектроскопія у часовій області використовує згортку короткого імпульсу зчитування з довшим терагерцовим імпульсом [2]. Огляд літературних джерел приніс такі корисні результати для подальшого опрацювання: у виданні [3, розділ 13] проведено кількісний аналіз фізико-хімічних властивостей клейових та паяних з'єднань полімерів. Відомості про невизначеності від невідомої товщини досліджуваного зразка та ін. містяться у [4] Перспективним є моделювання, прототипом якого може стати публікація [5].

Список використаних джерел:

1. Ghannouchi, F. M., & Mohammadi, A. (2009). *The six-port technique with microwave and wireless applications*. Artech House
2. Neu, J., & Schmuttenmaer, C. A. (2018). Tutorial: An introduction to terahertz time domain spectroscopy (THz-TDS). *Journal of Applied Physics*, 124(23), 231101.
3. Peiponen, K. E., Zeitler, A., & Kuwata-Gonokami, M. (Eds.). (2012). *Terahertz spectroscopy and imaging (Vol. 171)*. Springer.
4. Withayachumnankul, W., Fischer, B. M., Lin, H., & Abbott, D. (2008). Uncertainty in terahertz time-domain spectroscopy measurement. *JOSA B*, 25(6), 1059-1072
5. Yang, J., Tu, X., Wang, L., & Xiong, Y. (2020, November). Simulation Analysis of Fabry Perot Effect in Terahertz Time Domain Spectroscopy. In *2020 IEEE 1st China International Youth Conference on Electrical Engineering (CIYCEE)* (pp. 1-6). IEEE.