

УДК 621.01:621.77.04

## ВПЛИВ ФОТОПОЛІМЕРНИХ СМОЛ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДРУКОВАНИХ ПЛАТ

Невлюдов І. Ш., Нікітін Д. О., Стрілець Р. Є.

Харківський національний університет радіоелектроніки,  
просп. Науки, 14, м. Харків, Україна, 61000.

E-mail: dmytro.nikitin@mure.ua

**Вступ.** Розвиток кібер-фізичних виробничих систем (CPPS) торкнулося не тільки в розвитку в галузях штучного інтелекту, робототехніки, хмарних обчислень, а також технологій адитивного прототипування [1]. На сам перед адитивне виробництво стає більш універсальним, та починає використовуватися не тільки для виготовлення майстер моделей, а і для отримання фотополімерних масок для виготовлення топології друкованих плат (ДП). На отримання якісної фотополімерної маски впливають багато технологічних параметрів, але основним фактором, який впливає на якість показники фотополімерної маски (шорсткості поверхні, та між шарове з'єднання шарів моделі), є фотополімерна смола, що полімеризується під дією ультрафіолету. Використання фотополімера з передовими системами переміщення дають в результаті моделі, що по осям ХУ, мають найменшу точку променя лазера в 30 мікрон, що відповідає одному пікселю на екрані, на яку виводиться зображення всього слою моделі. По осі Z, модель може ділитися на шар, товщиною від 10 мкм, що повністю залежить від механіки. На даний момент такі принтери використовуються для друку майстер-моделей. Тому дослідження впливу фотополімерних смол для виготовлення ДП є актуальною темою. **Метою роботи** є підвищення якості виготовлення ДП за допомогою адитивних технологій 3D друку та визначення впливу фотополімерних смол на між шарове з'єднання шарів моделі для виготовлення ДП.

**Аналіз впливу фотополімеру.** Фотополімер – матеріал, мономер, що знаходиться в рідкому стані. Під дією ультрафіолетового випромінювання з довжиною хвилі у 395–405 нм. За властивостями можливо відрізнити фотополімери, що після полімеризації набувають різноманітних фізико-механічних властивостей, мають високу деталізацію та можливості до випалювання. Також фотополімер має технологічні властивості, що дають можливість друкувати з різним часом експонування або з різною кінцевою поверхнею. Фотополімери можуть бути керамовмісними – дані фотополімери після повного циклу обробки піддається термічній обробки і в результаті отримується керамічний виріб зі всіма властивостями кераміки. В основному полімери мають декілька властивостей, можуть бути або високо деталізованими та крихкими, можуть бути еластичними, можуть бути стійкими до різних хімічних чинників [2]. Тобто різноманіття полімерів є дуже великим. Властивості фотополімерних смол наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Властивості фотополімерних смол

Гнучкі фотополімери	
Властивості	Значення
Твердість по Шору	від 25 А до 85 А
Міцність на розрив	1,5 МПа
Відносне подовження на розрив	до 300 %
Жорстко-еластичні фотополімери	
Твердість по Шору	від 60 D
Міцність на розрив	10 МПа
Відносне подовження на розрив	до 120 %
Тверді та крихкі фотополімери	
Твердість по Шору	70 D до 94 D
Відносне подовження на розрив	до 6 %

Спеціалізовані фотополімери не маючи високої твердості та інших фізико-механічних властивостей можуть мати високі термічний опір та можуть тримати температуру до 240 градусів. Таким чином фотополімер є значимим чинником на кінцеву якість моделі, та визначається завданнями, для яких буде використовуватися побудована модель у майбутньому [3].

Для дослідження якості поверхні було використано декілька фото полімерів та обрані тестові 3D моделі, які виготовлялися при таких параметрах: час експонування слоїв 35 секунд, висота шару 20 мкм, інтенсивність УФ 2500 Лм при довжині хвилі 405 нм.

PlexiWire – фотополімер, твердий, жорсткий, не крихкий фотополімер, має час експонування 8 секунд на принтері розробленому на кафедрі. Має твердість 80D по Шору. Має щільність 1,2 г/см<sup>3</sup>, в'язкість 700 мПа\*с. Усадка становить менше 1 %. Мінімальний шар друку для даного фотополімера становить 30 мкм. Модель надрукована даним фотополімером з товщиною друку у 20 мкм зображена на рисунок 1,а.

Monofilament Basic – фотополімер має твердість 75D по Шору, твердий, ламкий. Друкується з часом експонування у 70 секунд базових шарів та 35 секунд звичайні шари. Після друку має гнучку структуру, після до експонування становиться твердим та негнучким. Результат друку зображений на рисунок 1,б.



Рисунок 1 – Результати друку фото полімерними смолами (а) модель отримання фотополімерною смолою PlexiWire (б) модель отримання фотополімерною смолою Monofilament Basic

**Висновки.** В результаті дослідження можливо зробити висновок, що найбільш вдалий результат для отримання фотополімерних масок є зразок одержаний з використанням фотополімера PlexiWire. Для отримання слоїв даному фотополімеру необхідно менше часу експонування базових слоїв 35 секунд ніж фотополімеру марки Monofilament 70 секунд, що в свою чергу зменшує ризик виникнення паразитної за світки на моделі та виникнення дефектів поверхні. Також якість між шарового з'єднання шарів візуально краще ніж у другого зразка.

#### Список використаної літератури

1. Nevlyudov I., Yevsieiev Y., Demska N., Starodubcev N. Automation of Flexible HMI Interface Development for Cyber-Physical Production Systems. *International periodic scientific journal SWorldJournal*. 2021. Iss. 9. Part 1. P. 11–27. DOI: 10.30888/2663-5712.2021-09-01-009. ISSN 2663-5712
2. Alfred Jacobsen, Trond Jorgensen, Øyvind Tafjord, Endre Kirkhorn. Concepts for 3D print productivity systems with advanced DLP photoheads. *Proc. SPIE 9376, Emerging Digital Micromirror Device Based Systems and Applications VII*, 937605.
3. Nevlyudov I., Nikitin D., Bliznyuk D., Gurin D., Razumov-Frizyuk E., Sagittarius E. Creation of PCB layout using photopolymer additive technologies of 3D printing. *Scientific and technical journal "Problems of friction and wear"*. 2021. No. 1 (90). P. 42–54.