

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0824U002440

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 03-07-2024

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Нікітін Дмитро Олександрович

2. Dmitriy Nikitin

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 151

Назва наукової спеціальності: Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Галузь / галузі знань: автоматизація та приладобудування

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Дата захисту: 28-06-2024

Спеціальність за освітою: 172 – Телекомунікації та радіотехніка

Місце роботи здобувача: Харківський національний університет радіоелектроніки

Код за ЄДРПОУ: 02071197

Місцезнаходження: проспект Науки, буд. 14, Харків, Харківський р-н., 61166, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): ID4987_Нікітін

Повне найменування юридичної особи: Харківський національний університет радіоелектроніки

Код за ЄДРПОУ: 02071197

Місцезнаходження: проспект Науки, буд. 14, Харків, Харківський р-н., 61166, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Харківський національний університет радіоелектроніки

Код за ЄДРПОУ: 02071197

Місцезнаходження: проспект Науки, буд. 14, Харків, Харківський р-н., 61166, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 50.47

Тема дисертації:

1. Моделі і методи керування технологічним процесом виготовлення друкованих плат за технологією фотополімерного 3D-друку
2. Models and methods of controlling the technological process of manufacturing printed circuit boards using photopolymer 3D printing technology

Реферат:

1. Нікітін Д.О. Моделі і методи керування технологічним процесом виготовлення друкованих плат за технологією фотополімерного 3D-друку – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису. Дисертація на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» – Харківський національний університет радіоелектроніки, Міністерство освіти і науки України, 2024. Дисертаційну роботу присвячено актуальній науково-практичній задачі, а саме розвитку кіберфізичних виробничих систем для виготовлення одно- та двосторонніх друкованих плат за допомогою автоматизованого технологічного процесу на базі адитивних технологій 3D-друку, яка дозволяє вирішити задачі: мінімізації витратних матеріалів; мінімізації операцій в структурі технологічного процесу; підвищення точності виготовлення топології друкованих плат. Дисертаційна робота є продовженням досліджень, які проводяться на кафедрі комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки (KITAP)

Харківського національного університету радіоелектроніки під керівництвом завідувача кафедри КІТАР, доктора технічних наук, професора, заслуженого діяча науки і техніки України, лауреата Державної премії в галузі науки і техніки України, Невлюдова Ігоря Шакировича. Мета дисертаційної роботи – підвищення точності виготовлення односторонні та двосторонні друкованих плат та зменшення витрат при виробництві, за рахунок використання моделей та методів керування технологічним процесом на базі фотополімерного 3D-друку. Об'єкт дослідження – технологічний процес експонування топологічних зображень друкованих плат, отриманих за допомогою фотополімерного друку. Предмет дослідження – методи та моделі керування технологічним процесом експонування та нанесення топології друкованих плат за допомогою технологій фотополімерного виробництва на базі SLA, DLP та LCD. Методи дослідження. В роботі застосовуються методи: факторного аналізу – для визначення впливу параметрів експонування топології друкованих плат на збереження геометричних розмірів провідників та контактних майданчиків; методи фільтрації зображень – для підготовки необхідного топологічного рисунку друкованих плат при використанні SLA, DLP та LCD експонування та порівняння заданої топології та отриманої за допомогою системи технічного зору та для розробки графічного інтерфейсу користувача для знаходження відхилень геометричних розмірів отриманої фотополімерної маски від початкового зображення топології; методи статистичного аналізу – для знаходження кореляції параметрів експонування топології на відхилення геометричних розмірів топології та отриманої регресійної моделі. Використані методи автоматизованого контролю температури фотополімерної смоли при LCD експонуванні. Наукова новизна дисертаційної роботи полягає в наступному:

1. Вперше запропоновано метод експонування одно- та двосторонніх друкованих плат за допомогою адитивних технологій 3D-друку з використанням фотополімерних масок, яка на відміну існуючих методів нанесення фоторезиста, дозволяє зменшити витрати на матеріали на 37% (в порівнянні з використанням плівкового фоторезиста) та трудоемність виробництва друкованих плат.
2. Удосконалено технологічний процес створення фотополімерних масок топології з урахуванням впливу температурних режимів фотополімерної смоли, що дає можливість підвищити точність виготовлення топології маски друкованих плат в середньому на 0,03 мм (залежності від режимів експонування).
3. Вперше розроблено математичну модель впливу параметрів SLA- та DLP-експонування на геометричні розміри топології друкованих плат під час експонування фотополімерних масок, яка дає можливість зменшити відхилення геометричних розмірів на 15%.
4. Отримав подальший розвиток метод адаптивної бінарзації обробки зображень за рахунок використання розміру скануючої матриці при скануванні зображення за пороговим значенням Otsu, що дозволяє зменшити шуми при бінаризованій обробці.

2. Nikitin D.O. Models and methods of controlling the technological process of manufacturing printed circuit boards using photopolymer 3D printing technology - Qualification scientific work on the rights of a manuscript. Thesis for the degree of Doctor of Philosophy in speciality 151 "Automation and computer-integrated technologies" – Kharkiv National University of Radio Electronics, Ministry of Education and Science of Ukraine, 2024. The dissertation is devoted to an urgent scientific and practical problem, that is development of cyber-physical production systems for the manufacture of single- and double-sided printed circuit boards using an automated technological process based on additive 3D printing technologies, which allows solving the following tasks: minimisation of consumables; minimisation of operations in the structure of the technological process; printed circuit boards topology manufacturing accuracy increasing. The thesis is a continuation of the research conducted at the Department of Computer-Integrated Technologies, Automation and Robotics (CITAR) of the Kharkiv National University of Radio Electronics under the supervision of the Head of the CITAR Department, Doctor of Technical Sciences, Professor, Honoured Worker of Science and Technology of Ukraine, Laureate of the State Prize in Science and Technology of Ukraine; Laureate of the State Prize of Ukraine in Education; Member of the Academic Council, Nevliudov Ihor Shakyrovych. The purpose of the thesis the purpose of the thesis is to improve the accuracy of single-sided and double-sided printed circuit boards manufacturing and to reduce production costs by using models and methods of process control based on photopolymer 3D printing. The object of research is the technological process of exposing topological images of printed circuit boards obtained by photopolymer printing. Subject of research – methods and models for controlling the technological process of exposing and

applying the topology of printed circuit boards using photopolymer production technologies based on SLA, DLP and LCD. Research methods. The following methods are used in the work: factor analysis – to determine the influence of the parameters of PCB topology exposure on the preservation of the geometric dimensions of conductors and contact pads; image filtering methods – to prepare the required topological drawing of printed circuit boards using SLA, DLP and LCD exposure and to compare the specified topology with the one obtained using a vision system and to develop a graphical user interface for finding deviations in the geometric dimensions of the resulting photopolymer masses methods of automated control of the temperature of photopolymer resin during LCD exposure were used. The scientific novelty of the dissertation is as follows: 1. For the first time, a method of exposing single- and double-sided printed circuit boards using additive 3D printing technologies is developed with the use of photopolymer masks, which, unlike existing methods of applying photoresist, allows to reduce the cost of materials by 37% (compared to the use of film photoresist) and the lab our intensity of PCB production. 2. The technological process of creating photopolymer masks of the topology has been improved, taking into account the influence of temperature conditions of the photopolymer resin, which makes it possible to increase the accuracy of manufacturing the topology of the PCB mask by an average of 0,03 mm (depending on the exposure modes). 3. For the first time, a mathematical model of the influence of SLA- and DLP-exposure parameters on the geometric dimensions of the PCB topology during the exposure of photopolymer masks has been developed, which makes it possible to reduce the deviation of geometric dimensions by 15%. 4. The method of adaptive binarisation of image processing was further developed by using the size of the scanning matrix when scanning an image according to the Otsu threshold, which reduces noise in binarised processing.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Розвиток сучасних інформаційних, комунікаційних технологій, робототехніки

Підсумки дослідження: Теоретичне узагальнення і вирішення важливої наукової проблеми

Публікації:

- 1. Нікітін Д.О., Невлюдов І.Ш., Близнюк Д.С., Гурін Д.В., Разумов-Фризюк Е.А., Стрілець Р.Е. Виготовлення друкованих плат за допомогою технологій 3D друку // Збірника наукових праць Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова. № 4 (482), 2020. С. 79–86
- 2. Nevlyudov I., Razumov-Fryziuk I., Nikitin D., Blyzniuk D., Strelets R. Technology for creating the topology of printed circuit boards using polymer 3D masks. № 1 (15) (2021): Сучасний стан наукових досліджень і технології в промисловості. С. 120-131:
- 3. Nevliudov I., Bliznyuk D., Nikitin D., Razumov-Frizyuk E., Strelets R. Cost Estimation of Photopolymer Resin for 3D Exposure of Circuit Board // Technology Audit and Production Reserves – № 2/2(64), 2022. P.43-49.
- 4. Разумов-Фризюк Є.А., Гурін Д.В., Нікітін Д.О., Близнюк Д.С., Стрілець Р. Є. Моделивання шнекового екструдера для FFF 3D друку // Radiotekhnika, 2(209), 206–214.
- 5. I. Badanyuk, I. Nevliudov, D. Nikitin. Topological image processing for comprehensive defect and deviation analysis using adaptive binarization // № 1 (23) (2023): Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 164 – 173 с.
- 6. Нікітін Д.О. Розробка моделі керуванням температури фотополімерної смоли на базі LCD-технології 3D-друку // Системи управління, навігації та зв'язку, Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка" – Полтава 2024: Збірник наукових праць, випуск 1 (75). 31 – 37 с.

Наукова (науково-технічна) продукція: технології; методи, теорії, гіпотези

Соціально-економічна спрямованість:

Охоронні документи на ОПВ:

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами: ДР № 0121U109909

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Невлюдов Ігор Шакирович

2. Igor Nevludov

Кваліфікація: д.т.н., професор, 05.11.14

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Харківський національний університет радіоелектроніки

Код за ЄДРПОУ: 02071197

Місцезнаходження: проспект Науки, буд. 14, Харків, Харківський р-н., 61166, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Осадчий Сергій Іванович

2. SERGII Osadchiy

Кваліфікація: д.т.н., професор, 05.13.07

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Льотна академія Національного авіаційного університету

Код за ЄДРПОУ: 37939527

Місцезнаходження: вул. Степана Чобану, 1, Кропивницький, Кропивницький р-н., 25005, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Гриньов Борис Вікторович
2. Borys V. Hrynyov

Кваліфікація: д. т. н., акад., 01.04.07**Ідентифікатор ORCID ID:** Не застосовується**Додаткова інформація:****Повне найменування юридичної особи:** Інститут сцинтиляційних матеріалів Національної академії наук України**Код за ЄДРПОУ:** 23756522**Місцезнаходження:** проспект Науки, буд. 60, Харків, Харківський р-н., 61072, Україна**Форма власності:****Сфера управління:** Національна академія наук України**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується**Рецензенти****Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Ляшенко Олексій Сергійович
2. Oleksii Liashenko

Кваліфікація: к.т.н., доцент, 05.13.07**Ідентифікатор ORCID ID:** Не застосовується**Додаткова інформація:****Повне найменування юридичної особи:** Харківський національний університет радіоелектроніки**Код за ЄДРПОУ:** 02071197**Місцезнаходження:** проспект Науки, буд. 14, Харків, Харківський р-н., 61166, Україна**Форма власності:** Державна**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України**Ідентифікатор ROR:****Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Ілюнін Олег Олегович
2. Oleh Iliunin

Кваліфікація: к.т.н., доц., 05.13.07**Ідентифікатор ORCID ID:** Не застосовується**Додаткова інформація:****Повне найменування юридичної особи:** Харківський національний університет радіоелектроніки**Код за ЄДРПОУ:** 02071197

Місцезнаходження: проспект Науки, буд. 14, Харків, Харківський р-н., 61166, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
голови ради**

Петров Костянтин Едуардович

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
головуючого на засіданні**

Петров Костянтин Едуардович

**Відповідальний за підготовку
облікових документів**

Іванова Олена Олександрівна

Реєстратор

УкрІНТЕІ

**Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є
відповідальним за реєстрацію наукової
діяльності**



Юрченко Тетяна Анатоліївна