

УДК 621.382+655.3.022:655.05

## ВИКОРИСТАННЯ СТРУМИННОГО ДРУКУ У ПРОЦЕСІ ВИГОТОВЛЕННЯ ДРУКОВАНИХ ПЛАТ

Ю. М. Румянцев, М. Ф. Ясінський, Л. М. Ясінська-Дамрі

*Українська академія друкарства  
вул. Підголоско, 19, Львів, 79020, Україна*

*Наведено результати дослідження можливості використання струминного друку у процесі виготовлення друкованих плат.*

**Ключові слова:** *друковані плати, струминний друк, електрична схема.*

**Постановка проблеми.** Технології формних і друкарських процесів поліграфії широко використовуються у виробництві виробів приладобудування, обчислювальної техніки та побутової радіоелектронної апаратури, а саме — у виготовленні друкованих плат.

Друкована плата — це плоска ізоляційна основа, на одній або на обох сторонах якої розміщено струмопровідні смужки металу відповідно до електричної схеми. Такі плати використовують для монтажу на них електрорадіоелементів (ЕРЕ) за допомогою напіваавтоматичних і автоматичних установок з подальшою одночасною пайкою всіх ЕРЕ. Друковані плати забезпечують автоматизацію монтажних операцій, зниження габаритних розмірів апаратури, металоемності та підвищення конструктивних й експлуатаційних характеристик виробу, а також зниження його собівартості [1].

Виготовлення друкованих плат здійснюється хімічним, електрохімічним або комбінованим способом. Упровадження цих варіантів зумовлює використання багатопроектних технологій, дорогих і в деяких випадках токсичних матеріалів та складного устаткування. Напрямою подальшого розвитку цієї технічної галузі є удосконалення наявних способів виготовлення друкованих плат та розробка нових технологічних варіантів.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Розвиток виробництва напівпровідникових приладів та інтегральних мікросхем, постійне підвищення ступеня їх інтеграції та зменшення розмірів елементів призвели до того, що літографічні процеси стали основними при виготовленні цих виробів [2]. Сьогодні саме досконалістю процесів літографії, а також осадження та травлення технологічних шарів визначається рівень технології мікроелектроніки. Рівень доменів мінімальних розмірів, необхідної точності суміщення шарів і рівня дефектності формувальних захисних масок. Сучасна оптична літографія являє собою поєднання попередніх і нових технологій. Ще в 50-х рр. ХХ ст. були розроблені фоторезисти високої роздільної здатності та процеси і відповідні технологічні фотопроекти, які дали можливість виробляти не тільки плівкові схеми та друковані плати, а й за планерною технологією перші транзистори та мікросхеми [3–5]. Прецизійна літографія базується на автоматизованому технологічному обладнанні та сучасних матеріалах. Підвищення вимог прецизій-

ності до елементів плати, які формуються за допомогою літографії потребувало використання високоточних методів лазерної інтерферометрії для контролю координатних переміщень підкладок при їх суміщенні з шаблонами, складних проекційних систем переносу зображення та розробки електронно-променевих методів їх генерації.

Різноманітні процеси літографії здійснюють у спеціальних приміщеннях, в яких підтримується відповідна температура, відносна вологість і рівень запиленості. Процес літографії складається з двох основних етапів: формування на підкладці світлочутливого шару фоторезиста, його експонування та проявлення; травлення металу через сформовану технологічну маску чи безпосереднє використання шару резиста як технологічної маски при іонному легуванні. Як діелектричні шари зазвичай використовують плівки діоксиду силіцію [6].

**Мега статті** — визначити оптимальні умови для виготовлення друкованих плат відповідно до запропонованої автором технології із урахуванням струминного друку.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Отримували зображення на струминному принтері NEO UV-LED Evolution за таких режимів роботи: 360x360 dpi; 540x720 dpi; 360x1440 dpi; 720x1440 dpi; 520x720 dpi. При формуванні на фольгованому гетинаксі ГФ-1-35 модельного зображення штрихових мір використовували чорнило УФ-отвердіння INKY+UV фірми Fujifilm.

Дослідження стійкості шару, який сформований чорнилом УФ-отвердіння, проводили кюветним способом у водних розчинах хлорного заліза ( $\text{FeCl}_3$ ) концентрацією від 100 до 600 г/л при кімнатній температурі. Процес травлення друкованих плат дослідження у статичних умовах у водних розчинах хлорного заліза концентрацією від 300 до 500 г/л у температурному інтервалі від 20 до 100°C. Зняття фотополімерного шару зі струмопровідних смужок друкованих плат після травлення проводили у водних розчинах їдкого натрію концентрацією від 0,5 до 2,0% у статичних умовах при кімнатній температурі. Макрозйомку фрагментів копій та плат здійснювали за допомогою таких приладів: бінокулярного мікроскопа ОГМЗ-ПЗ, телекамери VISION COLOR CCD CAMERA, процесора LG та монітора SAMSUNG.

Роздільну та видільну здатності визначали на взірцях копії і друкованих плат за допомогою мікроскопа МПБ-2. Оригіналами були фотовідбитки штрихової міри Бурмістрова №4 та комплект штрихових растрових мір таких лінійтур: 16, 20, 22, 24, 28, 30, 34, 40 см<sup>-1</sup>.

Апелюючи до того, що після формування струминним способом УФ-чорнилом на фольгованій гетинаксовій основі зображення майбутньої друкованої плати здійснюється процес травлення ділянок між струмопровідних смужок, первинним завданням стало визначення стійкості полімерного шару до впливу водних розчинів хлорного заліза. На рис. 1 зображено графічну залежність стійкості шару, сформованого УФ-чорнилом, від концентрації травильного розчину. Стійкість полімерного шару контролювали за станом групи штрихів міри Бурмістрова завширшки 150 мкм.

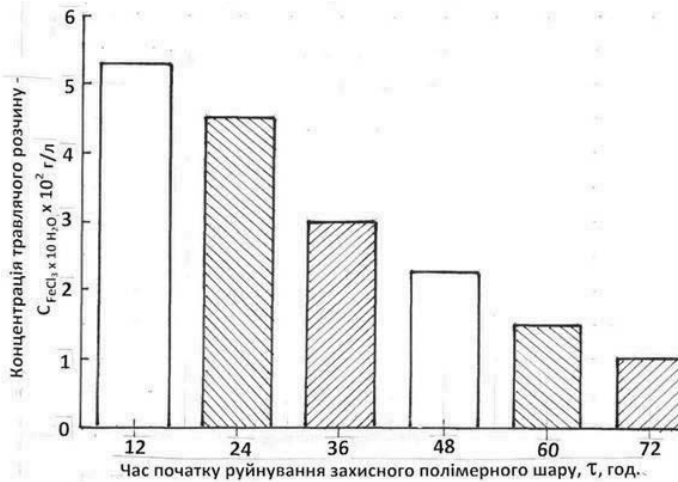


Рис. 1. Вплив концентрації травного розчину на стійкість до руйнування фотополімерного шару, що формує зображення друкованої плати

Позитивні результати попереднього дослідження сприяли подальшим етапам нашої роботи з визначення можливості запропонованої технології отримувати друковані плати відповідно до визначених вимог [7]. Результати цих етапів дослідження зображені графічно на рис. 2–4.

Стан металу щодо дії певних травних розчинів може бути активним або пасивним. У першому випадку метали легко розчиняються, а в другому — розчиняються незначно або зовсім не розчиняються. Така пасивність пояснюється утворенням на поверхні металу плівки, яка складається із продуктів реакції та перешкоджає подальшому травленню. Розчинення металу у травильному розчині є окислювально-відновлювальною реакцією. Під час цього процесу метал окислюється, а травник відновлюється. Розробка оптимального складу травильного розчину для конкретного металу й умов виконання операції сьогодні доволі складна. Для міді та мідних сплавів як травильний застосовують розчин хлорного заліза. Криві, зображені на рис. 2, характеризують процес травлення друкованих плат при різних концентраціях і температурах травника.

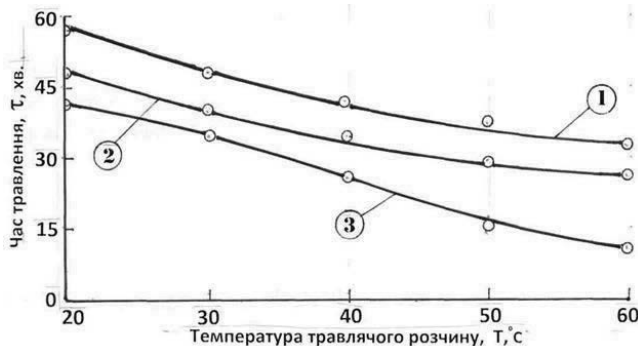


Рис. 2. Кінетика процесу травлення проміжних ділянок друкованих плат при таких концентраціях травильного розчину: 1 — 300; 2 — 400; 3 — 500 г/л

Після травлення зі струмопровідних смужок потрібно видалити фотополімерний шар. Цей завершальний етап літографічного процесу можна проводити у розчинах, розчинниках або в окислювальній плазмі. При цьому важливо не пошкодити розташований нижче шар. Розчинники для зняття полімеру необхідно підбирати з урахуванням характеру поверхні. Шар, сформований чорнилом УФ-отвердіння, добре видаляється водними лужними розчинами. Під час цього дослідження для проведення операції було випробувано водні розчини їдкого натрію концентрацією від 0,5 до 2,0%. Дослідження було проведено при кімнатній температурі.

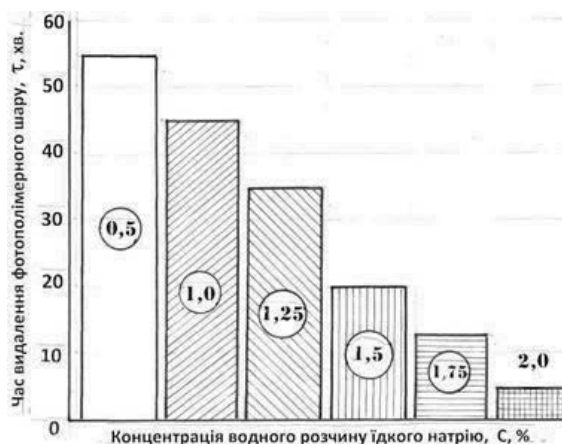


Рис. 3. Кінетика процесу зняття полімерного шару зі струмопровідних смужок друкованих плат після травлення

Використовуючи можливості струминного принтера, що був задіяний для проведення роботи, нанесення зображення майбутньої плати на поверхню фольгованого гетинаксу здійснювалося при п'яти режимах. Отримані зображення штрихової міри Бурмістрова №4 аналізували для визначення роздільної та видільної здатності на копіях.

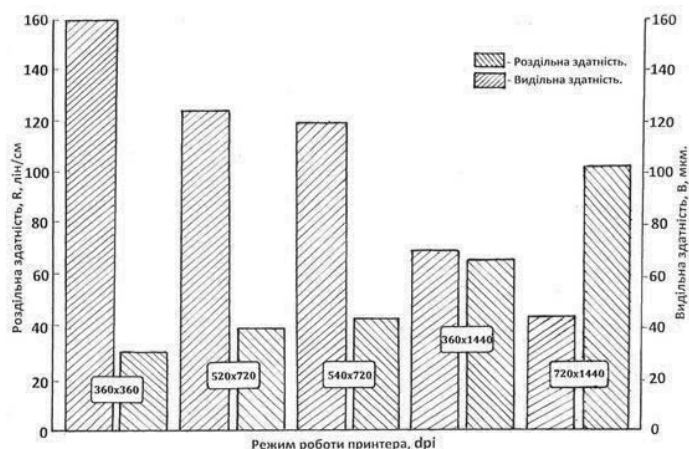


Рис. 4. Вплив режимів формування функціонального зображення на поверхні фольгованого гетинаксу на його графічні характеристики

**Висновки.** Тривалість травлення проміжних ділянок друкованих плат, залежно від товщини мідної фольги, концентрації та температури травильного розчину, а також способу подавання розчину на поверхню копії, коливається у межах 5–20 хв. Встановлено, що фотополімерний шар, який формує зображення друкованої плати, має достатню стійкість до дії розчинів  $\text{FeCl}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ . Отримані залежності часу травлення від концентрації та температури травильного розчину дають можливість вибрати умови проведення процесу для кожного конкретного випадку. Для усунення полімерного шару зі струмопровідних смужок обрали водний розчин  $\text{NaOH}$  концентрацією 1,75–2,0 %, який забезпечує надійне проведення цієї операції. У результаті аналізу зображень штрихової міри виявили, що найкращі результати, а саме: роздільну здатність —  $106 \text{ см}^{-1}$  і видільну здатність — 46 мкм було отримано, якщо принтер працював у режимі 720x1440 dp, що дало можливість рекомендувати таку технологію для виготовлення продукції, яку задовольняють ці показники.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Мартынов В. В. Литографические процессы. Технология полупроводниковых приборов и изделий микроэлектроники / В. В. Мартынов, Т. Е. Базарова. — Кн. 8. — М. : «Высшая школа», 1990. — 128 с.
2. Моро У. Микролитография / У. Моро. — М. : Изд-во «Мир», 1990. — Часть 1. — 606 с.
3. Московкин Л. Н. Фотохимическое фрезерование / Л. Н. Московкин, В. И. Ошарин. — М. : «Машиностроение», 1978. — 94 с.
4. Гук Е. Г. Фотрезисты-диффузанти в полупроводниковой технологии / Е. Г. Гук, А. В. Ельцов, В. Б. Шуман, Т. А. Юрре. — Л. : «Наука», 1984. — 118 с.
5. Углов А. Ф. Адгезионная способность пленок / А. Ф. Углов, Л. М. Анищенко, С. Е. Кузнецов. — Изд-во «Радио и связь», 1987. — 104 с.
6. Кадыкова Г. Н. Материалы для производства изделий электронной техники / Г. Н. Кадыкова, Г. С. Фонарев, В. Д. Хвостикова, И. Н. Бородулин, Н. В. Афанасьев, В. С. Петров, И. С. Смирнов. — М. : «Высшая школа», 1987. — 247 с.
7. Бетхер Х. Современные системы регистрации информации / Х. Бетхер, И. Эпперляйн, А. Ельцов. — СПб. : Издательская компания «Синтез», 1992. — 328 с.

#### USE OF INKJET IN MANUFACTURING PROCESS OF PRINTED CIRCUITS

Yu. M. Rumyantsev, M. F. Yasinsky, L. M. Damri-Yasinska

*Ukrainian Academy of Printing,  
19, Pidholosko St., Lviv, 79020, Ukraine*

*The research results of inkjet printing use in the manufacturing process of printed circuits have been shown.*

**Keywords:** *printed circuits, inkjet printing, electrical circuit.*

*Стаття надійшла до редакції 08.04.2015.*