

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ЛАЗЕРНОГО ЕКСПОНУВАННЯ ДРУКОВАНИХ ПЛАТ

Д.т.н. І. Ш. Невлюдов, к.т.н. Є. А. Разумов-Фризюк, Д.О. Нікітін, Харківський національний університет радіоелектроніки

Метою роботи є проведення короткого аналізу лазерного експонування друкованих плат, розгляд основних етапів в фотолітографії, ознайомлення з конструкціями верстатів і типами лазерів для лазерного експонування.

Целью работы является проведение краткого анализа лазерного экспонирования печатных плат, рассмотрение основных этапов в фотолитографии, ознакомление с конструкциями станков и типами лазеров для лазерного экспонирования.

The aim of the work is to conduct a brief analysis of the laser exposure of printed circuit boards, consider the main stages in photolithography, familiarize yourself with the designs of machines and types of lasers for laser exposure.

Ключові слова: лазерне експонування; фото-маски та ультрафіолетові лампи; фотолітографія; типи лазерів; конструкції станків та їх особливості.

Вступ

Зв'язку з швидким розвитком електронної техніки виникають все нові та жорсткіші вимоги до основ друкованих модулів, а саме до друкованих плат (ДП).

До цих умов можливо віднести в першу чергу мініатюризацію пристрів, та інтеграцію в одному пристрою великої кількості модулів, що в свою чергу призводить до:

- зменшення масо-габаритних розмірів ДП (зменшення товщини, ширини провідників, зменшення відстані між ними);
- збільшення кількості провідників на ДП;
- збільшення кількості слоїв провідників в ДП;
- необхідність збільшення терміну служби ДП;
- забезпечення електричної надійності ДП;
- збереження механічної стійкості провідників та ДП.

Таким чином, зв'язку з зростаючими вимогами до конструкції друкованих модулів все більш ускладнюються технології їх виготовлення, та класичні старі методи часто стають не придатні для виробництва ДП відповідно до сучасних вимог.

Лазерне експонування

Одним з основних методів виготовлення ДП в наш час є фотолітографія, дослідження та вдосконалення якої має велике значення для мініатюризації друкованих плат та розвитку приладобудування.

Технологія фотолітографії включає в себе багато етапів, а саме:

- очищення і підготовка поверхні ДП;
- нанесення фоторезиста на ДП;
- попереднє затвердіння фоторезиста;
- експонування зображення;

- вторинне затвердіння;
- проявлення зображення;
- фінальне затвердіння;
- травлення.

Етап експонування є одним з ключових, бо саме на ньому формується топологія майбутнього виробу.

Один з самих поширених методів в фотолітографічному експонуванні – є фото-резистивне експонування.

Процес такого способу експонування полягає в засвічуванні фоторезиста через фотошаблон з необхідну топологію ДП, світлом видимого або ультрафіолетового діапазону, що і відрізняє цей етап фотолітографії від інших, рис.1.

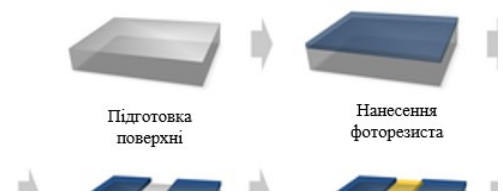


Рис. 1. Етапи фотолітографії

Перевагами даного методу є висока продуктивність і відносна простота методу. Але до недоліків даного методу можна віднести паразитні засвічення провідників, які пливують на електричну надійність ДП.

Іншим методом експонуванням, є лазерне експонування топологічних зображень ДП.

Даний метод заснований на тому що полімеризація фоторезистора здійснюється за рахунок точкового фокусованого лазерного випромінювання, що відрізняє даний спосіб експонування від технології використання фото-масок та ультрафіолетових ламп.

Лазерне експонування проводиться шляхом локального засвічування ділянок топології ДП сфокусованим на її поверхню лазерним випромінюванням.

Невелика частка падаючого випромінювання поглинається фото-маскою і призводить до полімеризації засвічених ділянок, рис 2.

Метод дозволяє зменшити паразитну за світку провідників на ДП, а також дозволите досягти меншої відстані між провідниками.

Іншими перевагами лазерного експонування зображення є:

- висока точність та якість виробу за рахунок використання спеціалізованих комп'ютерних програм для

обробки креслень і розводки провідникових доріжок мікросхемах;

- висока швидкість обробки;
- збільшення роздільної здатності, що дозволить зменшити розміри провідників ДП.

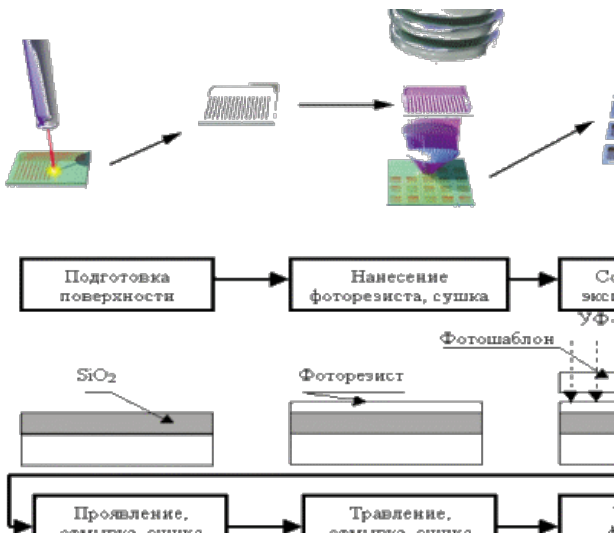


Рис. 2. Схема лазерного експонування

Саме завдяки всім цим перевагам лазерний метод експонування є зараз провідним і доступним для широкого кола споживачів.

Сучасне обладнання має широкий діапазон технологічних параметрів які впливають на точинні та якісні характеристики технології. В результаті оптимізації технологічних параметрів експонування можливо забезпечити необхідні параметри виробу, такі як:

- збереження геометричних розмірів заданій топології ДП;
- точність позиціонування провідників;
- забезпечення електричної надійності ДП;
- збереження механічної стійкості провідників;
- уникнення дефектів в топології ДП.

Види лазерних модулів в лазерному експонуванні

До основних факторів, що впливають на процес лазерного експонування в фотолітографії, відносяться характеристики матеріалу:

- товщина фото-маски, (мкм);
- довжина, ширина і глибина провідників, (мм);
- коефіцієнт теплової провідності матеріалу, (Вт/м*К);

Та параметри лазера:

- тип лазера;
- потужність лазера, (Вт);
- швидкість подачі газу, (м/с);
- швидкість різки, (м/с).

Всі ці параметри враховуються в процесі лазерного різання і гравіювання і безпосередньо впливають якісні характеристики готового виробу.

Виходячи зі сказаного ранні в процесі лазерного експонування одними з основних параметрів що впливають на якість виробу є:

– потужність випромінювання лазерного модуля (ЛМ);

- швидкість обробки матеріалу;
- діаметр сфокусованого проміння ЛМ;
- довжина хвилі випромінювання ЛМ.

За довжиною хвилі ЛМ ,рис.3:

- ультрафіолетовий діапазон від 180 до 400 нм;
- видимий спектр: (фіолетовий 400 – 450 нм, синій 450 – 480 нм, блакитний 480 – 510 нм, зелений 510 – 575 нм, жовтий 575 – 585 нм, помаранчевий 585 – 620 нм, червоний 620 – 760 нм);
- інфрачервоний діапазон: (ближня область від 760 нм до 15 мкм, далека область 15 – 30 мкм).

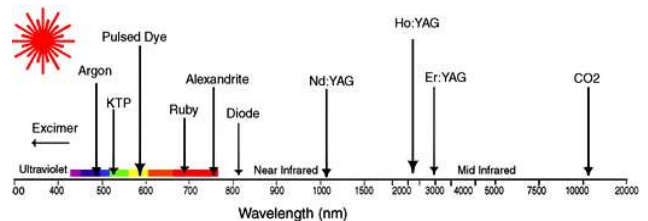


Рис. 3. Спектральні характеристики лазерних модулів

Всі ці параметри напряму залежать від типу лазера. За типом лазера верстати для лазерного експонування можливо розділити на діляться на:

- напівпровідникові (діодні лазери);
- волоконні лазери;
- Nd:YAG та Nd:YVO4 (кристалічні лазери).

Напівпровідникові лазери. Формально також є твердотільними, але традиційно виділяються в окрему групу, оскільки мають інший механізм накачування (інжекція надлишкових носіїв заряду через р-п перехід), а квантові переходи відбуваються між дозволеними енергетичними зонами, а не між дискретними рівнями енергії. Напівпровідникові лазери - найбільш уживаний в побуті вид лазерів, рис. 4.



Рис. 4. Діоди лазерні модулі

Волоконні лазери відносяться до групи твердотільних лазерів, рис.5.

Вони виробляють лазерний промінь за допомогою, так званих, затравочних лазерів і підсилюють його в спеціально вбудованому скловолокна, до якого через діод накачування надходить енергія. Волоконні лазери мають довжину хвилі 1,530 – 1,565 мкм і мають дуже маленький діаметр фокусу, в результаті чого інтенсивність променя 100 раз перевищує газовий CO2 – лазер при однаковій випромінюваній потужності.



Рис. 5. Приклад модуля волоконного лазера

Волоконні лазери найкраще підходять для маркування металу шляхом гравіювання і для контрастного маркування пластиків.

Nd:YAG і Nd:YVO4 лазери і волоконні лазери, виконані на основі кристалів, відносяться до твердотілих лазерів.

Найбільш поширеними типами лазерів у цій категорії є Nd:YAG (алюмо-ітрієві гранат («YAG», Y3Al5O12), легований іонами неодиму (Nd)) і Nd:YVO4 (ітрієві ванадат, легований іонами неодиму). Лазери на основі кристалів мають довжину хвилі від 0,914 до 1,064 мкм, таку ж, як і у волоконних лазерів, і підходять для маркування металів і пластиків, рис.6.

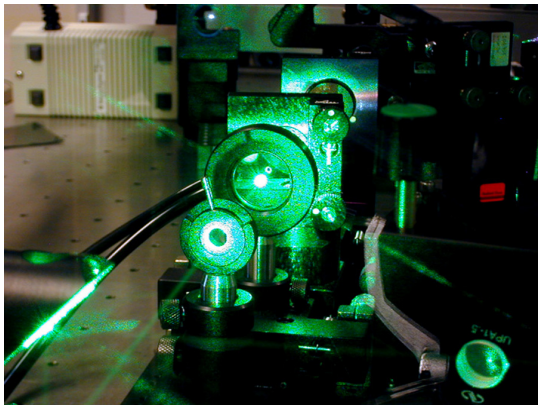


Рис. 6. Nd:YAG лазерний модуль

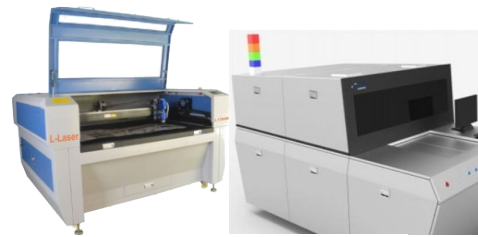
На відміну від волоконних лазерів, цей тип лазерів має досить дорогі діоди накачування, які швидко зношуються. Вони повинні змінюватися після 8 – 15 сумарних годин лазерних робіт. Також сам кристал має більш низький термін служби в порівнянні з волоконними лазерами.

Кристалічні лазери використовують в обробці наступних матеріалів: металів, металу з покриттям, пластиків, частково кераміки.

Конструкція верстатів для лазерного експонування ДП

За конструкцією дані верстати можливо розділити на два види:

- з декартовою системою пересування ЛМ, рис. 7 а;
- з системою сканаторною відображення та фокусуванням лазерного випромінювання, рис 7 б.



а) верстат з декартовою системою пересуванням ЛМ; б) верстат з системою дзеркального позиціонуванням.
Рис. 7. Приклади верстатів

Принцип роботи верстатів з рухомих ЛМ по двох осях показаний на рис. 8.



Рис. 8. Схема роботи лазерного верстата з пересуванням ЛМ в двох осях

Листова заготовка лягає на робочий стіл, потім включається ЛМ і починає різати або гравіювати в заданих місцях заготовки.

За поздовжнє пересування ЛМ відповідає кроковий електродвигун осі (Y), і дві направляючі осі (Y).

У випадках, коли ЛМ має велику вагу або потрібне додаткове охолодження ЛМ, на кожен поздовжню направляючу, встановлюється по одному електродвигуну, включених у паралель до блоку управління, що дозволяє підвищити момент утримання ЛМ, зменшити інерцію при його просуванні по направляючих і збільшити точність різки і гравіювання.

За поперечне пересування ЛМ відповідає кроковий електродвигун осі (X) і направляюча осі (X).

Коли необхідно змінити відстань між листом і лазерною голівкою, робочий стіл опускається або піднімається за допомогою тентової передач і або регулюванням ЛМ по висоті за допомогою сервоприводу.

Дана конструкція лазерних верстатів отримала широке застосування у виробництві і має низку переваг:

- відсутність сліпих зон для роботи;
 - можливість обробляти заготовки великою площиною листових заготовок, в залежності від розмірів самого верстату;
 - малі габарити верстатів;
 - висока точність різання в залежності від самого ЛМ і кроку лінійного приводу (кроку ходового гвинта).
- Верстати с сканаторною системою дзеркал основані на принципі повороту дзеркал і лінз, які відображають під необхідним кутом лазерний промінь.
- За конструкцію вони діляться на:
- планшетні, рис. 9;
 - з внутрішнім барабаном, рис. 10;
 - з зовнішнім барабаном, рис. 11.

В конструкції планшет, форма розташована в горизонтальній площині нерухомо або робить рух у напрямку, перпендикулярному напрямку запису зображення, рис.8.

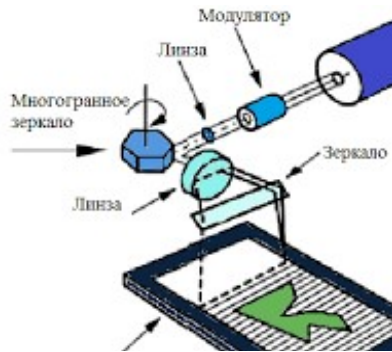


Рис. 9. Принцип роботи лазерного експонування в верстатах типу планшет

В конструкції з внутрішнім барабаном, форма розташована на внутрішній поверхні нерухомого циліндра, рис. 9.

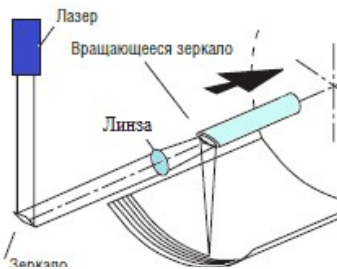


Рис. 10. Принцип роботи лазерного експонування у верстатах з внутрішнім барабаном

В конструкції з зовнішнім барабаном, форма розташована на зовнішній поверхні циліндра, що обертається, рис. 11.

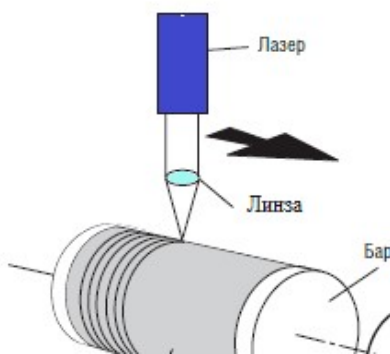


Рис. 11. Принцип роботи лазерного експонування у верстатах з зовнішнім барабаном

До переваг даного принципу можливо віднести:
 – висока продуктивність роботи за рахунок того, що можливо обробляти дві ДП одночасно;
 – висока точність позиціонування лазерного випромінювання.

Висновки

Виходячи з проведеного аналізу технології експонування друкованих плат, можна зробити висновок що метод лазерного експонування має безліч переваг в порівнянні з використанням ультрафіолетових ламп для експонування, а саме:

- збереження геометричних розмірів заданої топології ДП;
- точність позиціонування провідників;
- забезпечення електричної надійності ДП;
- збереження механічної стійкості провідників;
- уникнення дефектів в топології ДП.

Також були розглянуті верстати для даної технології їх конструкційні особливості та переваги.

Самою бюджетною конструкцією є конструкція з декартовою системою переміщення ЛМ, так як в ній відсутня сканаторна система проміння, яка значно дорожче.

До переваг сканаторної системи фокусування можливо віднести:

- висока швидкість роботи, як наслідок більша продуктивність роботи;
- висока точність позиціонування лазерного проміння.

Були розглянуті типи лазерів для лазерного експонування, які більш поширені в даній технології а саме діоди, волоконні та кристалічні з довжиною хвилі випромінювання від 400 нм до 760 нм.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Зеленцов С.В., Зеленцова Н.В. Современная фотолитография. Учебно-методический материал по программе повышения квалификации «Новые материалы электроники и оптоэлектроники для информационно-телекоммуникационных систем». Нижний Новгород, 2006, 56 с.
2. Фотолитографические технологии в производстве оптических деталей : учебное пособие / Д. Ю. Кручинин, Е. П. Фарафонтова. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2014. – 51 с.
3. Технологические процессы лазерной обработки: Учеб. Пособие для вузов [Текст] / Под ред. А.Г. Григорьянца - Москва.: МГТУим. Н.Э. Баумана, 2006. -496 с.
4. Свойства лазерного излучения; [Электронный ресурс]; (www.laser-portal.ru); дата використання [29.05.2020].
5. Основные типы рекордеров; [Электронный ресурс]; (<http://www.prepress-book.narod.ru/Dopechatnye-sistemy-Computer-to-Plate/Osnovnye-tipy-rekorderov.htm>); дата використання [29.05.2020].