

Корисна модель належить до галузі виготовлення дифракційних оптичних елементів методом безмаскової літографії.

Останнім часом активно розвивається технологія безмаскової літографії, яка базується на технології прямого лазерного запису на шарах фоторезисту. Зазначена технологія характеризується значними перевагами порівняно з методом контактної фотолітографії. Методи прямого лазерного запису дозволяють формувати оптичні елементи різного призначення, а саме кутові шкали, лімби та дифракційні елементи. Відповідні методи базуються на скануванні і експонуванні сфокусованим амплітудно-модульованим лазерним пучком поверхні підкладки з шаром фоточутливого матеріалу фоторезисту. Метод прямого лазерного запису дозволяє виготовляти дифракційні оптичні елементи різних типів, як то бінарні, напівтонові, багаторівневі (EP 4 116 030 A1 Method for optical writing in a semiconductor material, corresponding computer program product, storing medium and writing device. Date of publication: 11.01.2023 Bulletin 2023/02. Optical arrangement for direct laser interference structuring Patent number USA11370061 Filed: Nov 20, 2018 Mikhael El-Khoury, Andres Fabian Lasagni, Sabri Alamri, Tim Kunze, Bogdan Voisiat).

Існують лазерні системи запису, які працюють в декартовій і полярній системах координат. У системах прямого лазерного запису дифракційних оптичних елементів можуть бути використані різні схеми експонування фоторезисту, в яких записуючий промінь переміщається по заданим траєкторіям. Для декартової системи координат траєкторії є прямими лініями (Michael T. Gale, Markus Rossi, Joern Pedersen, and Helmut Schuetz, "Fabrication of continuous-relief micro-optical elements by direct laser writing in photoresists, Optical Engineering 33 (11), 1 November 1994. <https://doi.org/10.1117/12.179892>) Відповідні системи мають невисоку швидкість експонування і знаходять обмежене застосування. Більші можливості надає система експонування у полярній системі координат.

При виробництві різних радіальних оптичних структур, таких як оптичні енкодери, кодуючі диски та кутові шкали краще використовувати кругові лазерні записуючі системи, що працюють у полярних координатах. Відомий пристрій прямого лазерного запису (Bowen J.P., Michaels R.L., Blough C.G. Generation of large-diameter diffractive elements with laser pattern generation. Appl. Opt. 1997. 36. P.8970-8975. doi: 10.1364/AO.36.008970), який складається з лазера, шпинделя, на якому розміщується підкладка з шаром фоторезисту, фокусувальної системи та позиціонера. Впровадження відповідного підходу дозволяє записувати тільки безперервні кільцеві лінії різної ширини та формувати після селективного хімічного травлення фоторезисту лінійні структури заданої глибини залежно від потужності лазера запису. Такий пристрій прямого лазерного запису надає можливість створювати обмежену кількість типів дифракційних оптичних елементів.

Недолік аналога частково усунуто у відомому пристрої прямого лазерного запису (Hafner M., Pruss C., Osten W. Direct writing. Recent developments for the making of diffractive optics. Optics & Photonics.2011. No. 4, P. 40-44), який дозволяє записувати елементи з регульованими періодами смуг.

Задачею корисної моделі є розробка пристрою прямого лазерного запису дифракційних оптичних елементів різної структури, яка може складатися як з кільцевих структур, так і прямокутників або квадратів.

Поставлена задача вирішується тим, що до складу пристрою прямого лазерного запису дифракційних оптичних елементів, який складається з лазера запису, шпинделя з двигуном, розміщеного на шпинделі оптичного диска з шаром фоторезисту, об'єктива з приводом фокусування лазерного випромінювання, лазера системи автофокусування та лінійного приводу позиціонера, керуючого комп'ютера, згідно з корисною моделлю, включено кутовий референтний енкодер формування секторних міток та лазерний цифровий інтерференційний далекомір з абсолютним відліком координати, який зв'язаний з позиціонером.

Схема пристрою наведена на фіг. 1.

Для запису дифракційних елементів різної структури, яка може складатися як з кільцевих структур, так і прямокутників або квадратів, запропоновано пристрій прямого лазерного запису дифракційних оптичних елементів, який складається з записуючого лазера (1), шпинделя з двигуном (2), розміщеного на шпинделі (3) оптичного диска з шаром фоторезисту (дискової підкладки) (4), об'єктива (5) з приводом фокусування лазерного випромінювання (6), лазера системи автофокусування (7) та лінійного приводу - позиціонера (8), керуючого комп'ютера (9), до складу якого включено кутовий референтний енкодер формування секторних міток (10) та лазерний цифровий інтерференційний далекомір (11) з абсолютним відліком координати, який зв'язаний з позиціонером (12).

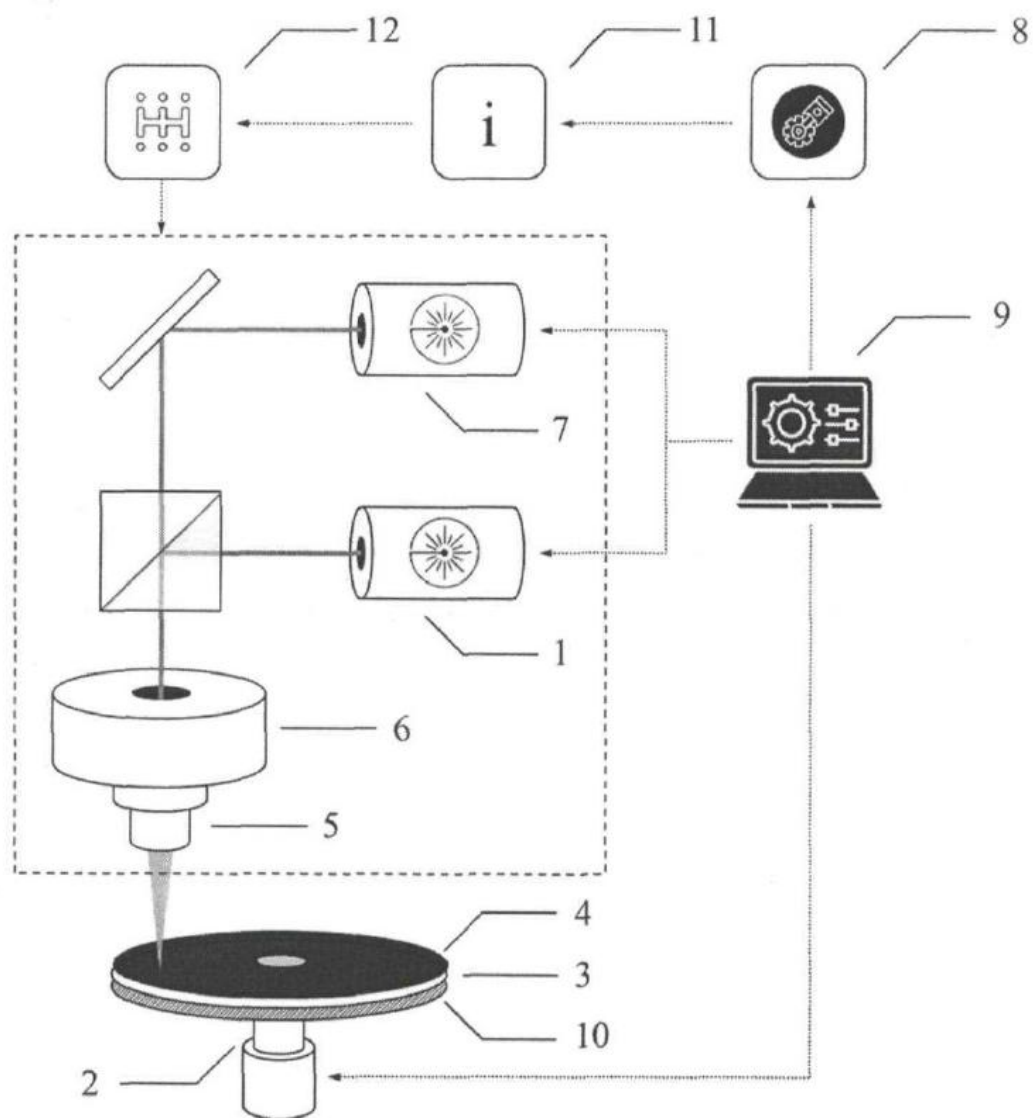
Для забезпечення високої роздільної здатності у пристрої прямого лазерного запису дифракційних оптичних елементів використовується кутовий інкрементний енкодер (10), який забезпечує не менш 36000 інтерпольованих тактових імпульсів за один оберт та імпульс початку обертання. Імпульси використовуються системою підготовки даних на керуючому комп'ютері (9) для синхронізації сигналів модуляції записуючого лазера (1) з кутом повороту дискової підкладки (4). На дискову підкладку (4) методом центрифугування нанесено шар фоточутливого матеріалу фоторезисту. Дискова підкладка (4) в процесі запису дифракційних елементів розміщується на планшайбі - поворотному столі шпинделя (3) і фіксується вакуумною системою. Для забезпечення високої роздільної здатності

пристрою використано шпindel на аеростатичних опорах, який забезпечує мінімальні радіальні биття. При технології прямого лазерного запису на круговій лазерній записуючій системі, на відміну від технології лазерного запису фотошаблонів в декартових координатах, експонування здійснюється сфокусованим лазерним променем при високих швидкостях сканування 0,3-0,6 м/с. При виготовленні елемента оптичної структури підкладка зі світлочутливим матеріалом безперервно обертається, у той час як записуючий промінь повільно рухається у радіальному напрямку від центра до краю відповідно до заданого рисунка. Переміщення променю у радіальному напрямку з необхідною точністю забезпечує схема управління лінійним приводом позиціонера на основі лазерного цифрового інтерференційного далекоміра (11) з абсолютним відліком координати. Просторова роздільна здатність скануючого лазерного запису визначається діаметром записуючого пучка у фокусі об'єктива (5).

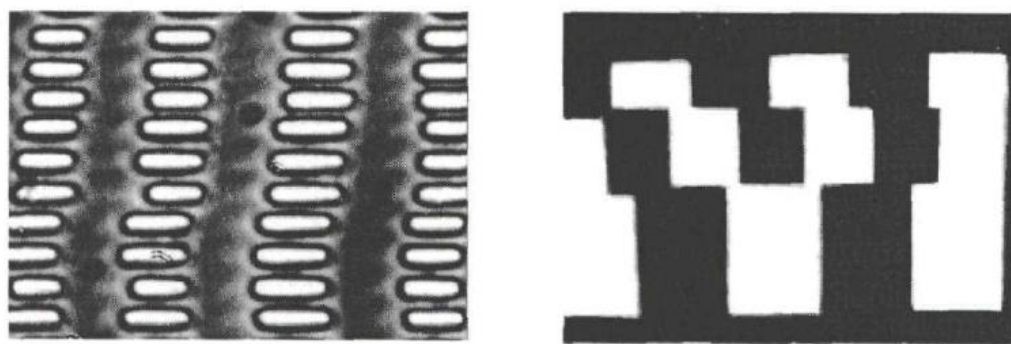
Роздільна здатність сформованих радіальних оптичних структур на підкладці методом прямого лазерного запису залежить, по осі y від кроку переміщення позиціонера, по осі x від кількості секторних міток кутового референтного енкодера. Запропонований пристрій прямого лазерного запису дифракційних оптичних елементів дозволяє записувати растрові оптичні структури довільної форми.

У результаті лабораторних досліджень встановлено, що пристрій прямого лазерного запису дифракційних оптичних елементів дозволяє записувати на поверхні дисків кодові послідовності різної форми з високою роздільною здатністю. На фіг. 2 представлені зображення растрових оптичних структур (кодових дисків), які були записані на пристрої прямого лазерного запису дифракційних оптичних елементів методом прямого лазерного запису. Була використана кругова лазерна система запису. Висока роздільна здатність досягається за рахунок використання високоапертурного фокусувального об'єктива і вибраних режимів селективного хімічного травлення фоторезисту.

Перевагами запропонованого пристрою прямого лазерного запису дифракційних оптичних елементів є безконтактність процесу експонування, можливість запису елементів довільної форми. Пристрій дозволяє швидко змінювати форму і розміри елементів, які записуються лазерним променем. Використання запропонованого пристрою не передбачає застосування спеціальних фотошаблонів.



Фиг. 1.



Фиг. 2.