

2. *Избицкий Э.И.* Импульсное регулирование движения ленточного материала. – М.: Энергия, 1970 – 340 с.
3. *Митрофанов В.П., Тюрин А.А., Бирбраер Е.Г., Штоляков В.И.* Печатное оборудование. – М.: Издательство МГУП, 1999.– 442 с.
4. *Щербина Ю.В.* Динамические свойства процессов управления движением бумаги и краски в рулонных печатных машинах – М.: МГУП, 2003.
5. *Білан В.П.* Комп'ютерне симулювання та порівняльний аналіз моделей елементарної стрічкопровідної системи // Комп'ютерні технології друкарства: Зб. наук. пр. Української академії друкарства. – Львів, 2013. – №30, с. 63 – 70.
6. *Satas Donatas.* Web Processing and Converting Technology and Equipment, 1984.
7. *Б. Дурняк, О. Сорочинський.* Нелінійна модель стрічкоживильного пристрою рулонної друкарської машини / Комп'ютерні технології друкарства №13, 2002.
8. *Могилевский В.Г.* Электромагнитные порошковые муфты и тормоза, М.-Л.: «Энергия», 1964, 104 с.
9. Powder Clutches and Brakes. Mitsubishi electric. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.kseng.com.sg/catalog_opt_1.pdf, 48 с.
10. *Дмитриева В.В.* Моделирование систем управления – М.: «Горное образование» 2011, 88 с.

Поступила 20.08.2014р.

УДК 655.2

Б.М.Гавриш¹ О.В.Тимченко^{1 2}

РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ЛАЗЕРНИХ ВИВІДНИХ ПРИБОРІВ

Розвиток лазерних технологій виготовлення друкарських форм свідчить про те, що в найближчому майбутньому лазерам немає альтернативи в подрукарських процесах. Для будь-якої оптичної системи існує кінцева межа гостроти фокусування, яка визначає мінімальний розмір фокальної плями і, як наслідок, максимально досяжну роздільну здатність.

Ключові слова: лазерні технології, роздільна здатність, пучок Гауса, лінза.

Development of laser technologies of making of the printed forms testifies that in the near future there is not an alternative lasers in prepress. For any optical system there is an eventual limit of sharpness of focusing, which determines low-limit of focal spot and, as a result, maximally accessible discriminability.

Keywords: laser technologies, discriminability, bunch of Gausse, lens.

¹ Українська академія друкарства

² Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Вступ

Розгляд фокусування лазерного випромінювання проводять з використанням пучків Гауса, оскільки відносний розподіл інтенсивності в них залишається незмінним при поширенні випромінювання. Отже, цей розподіл підкоряється закону Гауса як в ближній, так і в далекій зонах [1-2].

У пучках Гауса фаза випромінювання однакова в усіх точках поперечного перерізу, тому ці пучки називають однофазними. Пучок Гауса можна сфокусувати в пляму діаметром співрозмірну довжини хвилі [3].

Визначення основних характеристик лазерних вивідних пристроїв

Якщо на відстані від лазера до лінзи не відбувається істотного розширення пучка, а початкове розсіювання його визначається дифракційними ефектами, що виникають на вихідній апертурі лазера, то радіус фокальної плями r_s можна описати виразом, використовуваним для простих оцінок

$$r_s = f\theta \quad (1)$$

де f - фокусна відстань безабераційної лінзи; θ - кут розсіювання пучка.

Оскільки дифракційний кут розсіювання випромінювання $\theta \approx \lambda/D$ (D – діаметр апертури, який обмежує пучок), то у разі повного заповнення пучком апертури лінзи радіус фокальної плями

$$r_s = f\lambda/D = \lambda f_0 \quad (2)$$

де $f_0 = f/D$. Оскільки f_0 не буває значно менше за одиницю, то з виразу (2) можна зробити висновок, що r_s може бути того ж порядку, що і λ .

Нижня межа розсіювання лазерного пучка обмежується дифракцією

$$\theta = k\lambda/D \quad (3)$$

де k – коефіцієнт, в загальному випадку $k \approx 1$, для пучка Гауса $k = 1,22$; λ – довжина світлової хвилі; D – діаметр апертури.

В якості обмежувальної апертури можна узяти перетяжку пучка усередині лазера. У лазерному резонаторі розподіл поля поперечної моди концентрується в центрі конфокального резонатора, який знаходиться поряд з його геометричним центром. Перетяжка пучка

$$w_0 = (\lambda/\pi)^{1/2} \quad (4)$$

Зазвичай величину $2w$ приймають за діаметр лазерного пучка. Для моди TEM₀₀ площа плями з цим діаметром охоплює 86,5% повної потужності випромінювання в пучку, а діаметр TEM₀₀ на дзеркалах резонатора визначається геометрією резонатора (рис. 1). На рис. 3.1 $2w_0$ - діаметр перетяжки пучка в резонаторі лазера; $2w_1$ і $2w_2$ - діаметри перерізів пучка на дзеркалах резонатора; r_1 і r_2 - радіуси кривизни дзеркал; L – відстань між дзеркалами; 2θ - кут розсіювання пучка; d_0 - відстань від фокусуєчої лінзи до перетяжки; f - фокусна відстань лінзи; d_1 – відстань від фокусу до лінзи; $2w_f$ - діаметр пучка у фокусі [3].

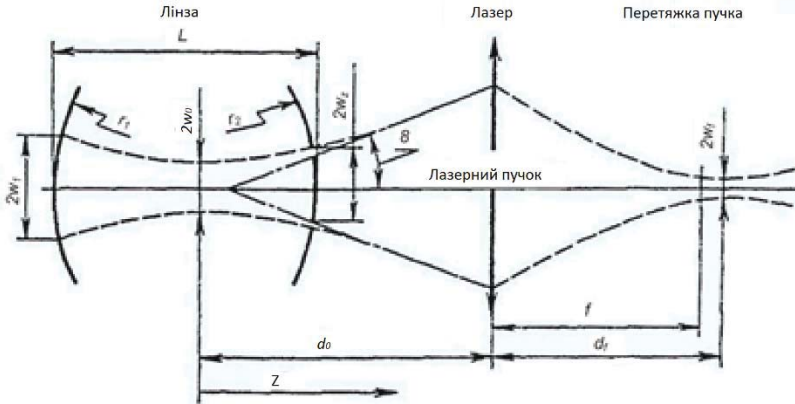


Рис. 1. Розсіювання та фокусування лазерного пучка з модою TEM₀₀

Радіус перетяжки пучка усередині резонатора:

$$\omega_0 = \frac{w}{\left[1 + \left(\frac{\pi \omega^2}{\lambda r} \right)^2 \right]^{1/2}} \quad (5)$$

При однакових радіусах кривизни на дзеркалах ($r_1 = r_2$) розміри плям на них $\omega_1 = \omega_2 = \omega$.

Оскільки у міру віддалення від перетяжки w_0 пучок з модою TEM₀₀ розходить, то на відстані z розмір плями

$$\omega_z = \omega_0 \left[1 + \left(\frac{\lambda z}{\pi \omega_0^2} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (3.6)$$

Наведений вираз дозволяє виявити відмінність між ближнім ($z \ll \pi \omega_0^2 / \lambda$) і дальнім ($z \gg \pi \omega_0^2 / \lambda$) полями. У ближньому полі діаметр пучка несуттєво перевищує перетяжку. У далекому полі розсіювання визначається виразом (4), а для моди TEM₀₀

$$\theta = \lambda / (\pi \omega_0). \quad (7)$$

Фокусування пучка с TEM₀₀ лінзою, розташованою на відстані d_0 від початкової перетяжки пучка w_0 (при $d_0 > f$), дає на відстані d_f концентрацію пучка діаметром $2w_f$

$$1/\omega_f^2 = (1/\omega_0^2)(1 - d_0/f)^2 + 1/(f\theta)^2, \quad (8)$$

де f - фокусна відстань лінзи; θ - розсіювання сфокусованого пучка.

Збільшуючи відстань d_0 від лінзи до перетяжки пучка в резонаторі (збільшення діаметру пучка в лінзі обмежене її апертурою), а також зменшуючи фокусну відстань лінзи або розсіювання лазерного випромінювання, можна зменшити розмір сфокусованої плями.

Зменшення f обмежене вимогами збереження мінімальної відстані від лінзи до оброблюваного матеріалу у формовивідних пристроях із зовнішнім барабаном. У пристроях з внутрішнім циліндром f визначається радіусом циліндра, який залежить від формату формних пластин.

У формовивідних пристроях площинного типу f також визначається форматом пластин.

Відстань d_f від перетяжки до фокусуєчої лінзи

$$d_f = f + (d_0 - f) \cdot \frac{f^2}{(d_0 - f)^2 + (\omega_0 / \theta)^2}. \quad (9)$$

Зазвичай $d_f > f$, а діаметр пучка у фокальній площині більше $2w_f$. Оскільки при малих значеннях θ різниця між d_f і f невелика, то для визначення діаметру сфокусованого лазерного пучка з TEM₀₀ рекомендується використовувати залежність

$$\omega_f = f \theta, \quad (10)$$

або

$$\omega_f = f \lambda / (\pi \omega) \quad (11)$$

Для пучків, які мало розходяться, TEM₀₀ приймають замість радіусу початкової перетяжки w_0 розмір w пучка перед фокусуєчою лінзою, що дозволяє легко визначити діаметр пучка у фокусі.

Діаметр сфокусованого пучка TEM₀₀, на краях якого інтенсивність випромінювання зменшується приблизно до q/e^2 (86,5% повної інтенсивності), вважають мінімальним.

При $a \geq 2,8 w$ (a - половина діаметру фокусуєчої лінзи) діаметр плями фокусування

$$d_{\text{оуп}} = 1,22 \lambda f / 2a \quad (12)$$

Граничний дифракційний розмір сфокусованої плями досягається шляхом використання безабераційних лінз і лазерних пучків з ідеальними розподілами. На практиці використовують пучки із складнішими просторовим розташуванням і модовою структурою, а також недостатньо досконалі оптичні фокусуєчі пристрої (наприклад, лінзи із сферичною аберацією та ін.). Так, мінімальний розмір плями пучка з модою TEM₀₀ у фокусі не менше 50 мкм для лазера на CO₂ ($\lambda = 10,6$ мкм) і 5 мкм для YAG-лазера ($\lambda = 1,06$ мкм).

Якщо прийняти, що діаметр D апертури лазерного променя, що входить у фокусуєчу лінзу, дорівнює $2a$, тобто заповнює усю апертуру лінзи, то мінімальний діаметр плями сфокусованого променя відповідно до (12) буде мати вигляд

$$d = 1,22\lambda f / D . \quad (13)$$

Як видно з (13) для отримання по можливості найменшого діаметру сфокусованої плями, тобто найбільшої роздільної здатності, а також максимальної концентрації енергії в необхідній площині, потрібне попереднє розширення апертури лазерного променя [5].

Попереднє збільшення розмірів поперечних перерізів пучка призводить до необхідності введення в оптичну систему додаткового компонента.

Іншим завданням є колімація лазерних пучків, тобто таке їх формування, при якому пучки повинні поширюватися на великі відстані без значної зміни їх просторових характеристик. Колімація може бути реалізована за допомогою двокомпонентної оптичної системи.

У зв'язку з цим оптичні системи у формовивідних пристроях фокусують лазерний промінь в пляму малого розміру на поверхні формного матеріалу складаються, як правило, з декількох компонентів.

Нині розроблено декілька методів розрахунку характеристик лазерного випромінювання, заснованих на хвильовому представленні його формування. Вони дозволяють розрахувати положення перетяжок лазерного випромінювання, сформованого оптичною системою, а також діаметри випромінювання в довільних перерізах.

Відмінність відомих методів полягає в описуванні початкових параметрів лазерного випромінювання [4].

Можливість концентрації енергії випромінювання в пучок малого діаметру використовується в лазерних автоматах для виготовлення друкарських форм. Основним пристроєм, що здійснює запис зображення є лазерний скануючий пристрій (рис. 2).

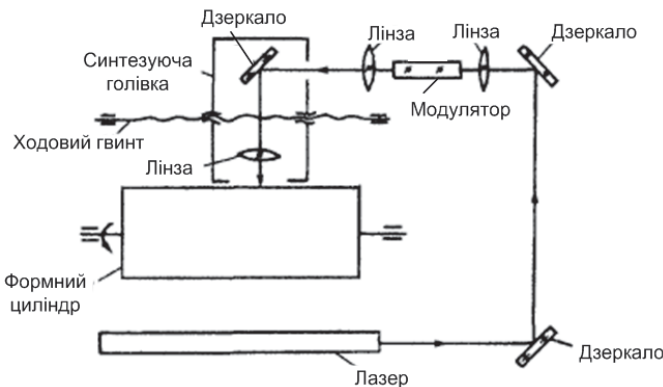


Рис.2. Принципова схема скануючого пристрою лазерного вивідного пристрою

Пристрій працює наступним чином. Лазер створює пучок випромінювання. Пучок, відбиваючись від дзеркал, проходить через першу лінзу дволинзового коліматора і потрапляє в електрооптичний модулятор.

Модулятор під дією електричних сигналів від блоку керування змінює інтенсивність лазерного випромінювання залежно від характеру записуваного зображення. Потім лазерний пучок проходить другу лінзу коліматора, відбивається від дзеркала і фокусується лінзою на поверхні світлочутливого матеріалу, розташованого на формному циліндрі. Дзеркало і фокусуєча лінза знаходяться в синтезуючій голівці, яка при обертанні ходового гвинта переміщається уздовж твірної циліндра. При обертанні формного циліндра здійснюється записування растрового рядка зображення (рядкова розгортка) по колу циліндра, а за рахунок переміщення синтезуючої голівки – послідовний перехід з одного растрового рядка зображення на інший (кадрова розгортка) [4].

Оптична схема скануючого пристрою складається з лазера, трьох дзеркал для зміни напряму оптичної осі, модулятора і трьох лінз, дві з яких складають коліматор, а третя фокусує пучок на формний матеріал. Коліматор зменшує розсіювання лазерного пучка і дозволяє використовувати електрооптичний модулятор випромінювання з невеликою входною апертурою. При цьому модулятор встановлюється в області перетяжки лазерного пучка між лінзами та коліматором. Коліматор також зменшує залежність між розміром плями на поверхні формного циліндра і відстанню між фокусуєчою лінзою і нерухомими елементами оптичної системи (лінзи, модулятор, дзеркала).

Висновки

Отже, при проектуванні і розрахунку скануючого вивідного пристрою необхідно враховувати наступні основні завдання:

- узгодження поперечного перерізу пучка лазера з габаритними розмірами кристала модулятора;
- зменшення розсіювання пучка лазера перед рухомою частиною синтезуючого пристрою (дзеркалом і лінзою);
- концентрації лазерного випромінювання в пляму малих розмірів.

1. *Веселовська Г. В.* Комп'ютерна графіка: Навчальний посібник для вузів. — Херсон: ОЛДІ-плюс, 2004. — 582 с.
2. *Маценко В.Г.* Комп'ютерна графіка: Навчальний посібник. – Чернівці: Рута, 2009 – 343 с.
3. *Самарин Ю.Н., Шевченко С.А.* Лазерная техника и технология изготовления печатных форм. - М.: МГУП, 2009. - 142с.
4. *Самарин Ю.Н.* Конструирование и расчет формного оборудования. / М.: Изд-во МГУП, 2002.
5. *Ткачук Ю.Н.* Оборудование допечатных процессов. – М.: Изд-во МГУП, 1999.

Поступила 29.09.2014р.