

ФАЙБЪР ЛАЗЕРЪТ В ЛАБОРАТОРНИЯ ПРАКТИКУМ ПО ЛАЗЕРНИ ТЕХНОЛОГИИ

FIBER LASER IN LABORATORY PRACTICUM ON LASER TECHNOLOGIES

Любомир Лазов
ТУ - Габрово

Николай Ангелов
ТУ - Габрово

Abstract

Presents opportunities for the use of laser systems with fiber laser a laboratory practicum in discipline Laser technology devices. To discuss mutually beneficial cooperation between businesses and universities in the teaching on the students in engineering specialties.

Keywords: fiber laser, laser technological system, business.

ВЪВЕДЕНИЕ

Файбър лазерът [1] е един от най-съвременните лазери, които се наложиха на пазара през последните 4-5 години. Неговите уникални свойства и предимства пред останалите лазери го правят предпочитан в редица технологични процеси за – маркиране и гравирание, рязане, пробиване на отвори, заваряване и др. Използва се за обработка на твърде широк кръг от материали – метали и сплавите им, пластмаси, кожа, дърво, керамика, гранит и др. Файбър лазерът притежава съществени предимства спрямо останалите лазери, които обуславят неговото бързо навлизане в производството [2, 3]:

- Висока икономическа ефективност – ниски разходи за храняване на напompващите диоди и за охлаждането му;
- Малки разходи за поддръжка – времето на живот на диодите е над 100 000 часа;
- Лесен транспорт на лазерното лъчение по стъкловолокно до зоната на обработка;
- Отлична структура на лазерния лъч поради многократни отражения вътре във влакното;
- Времева и пространствена стабилност на лъчението през цялото време на работа;

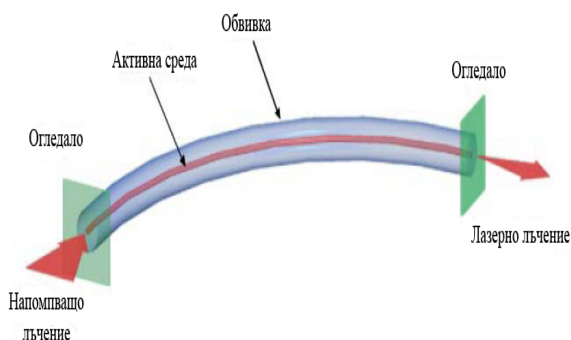
- Малки габарити, което е предпоставка за мобилност и вграждане в технологични поточни линии.

ИЗЛОЖЕНИЕ

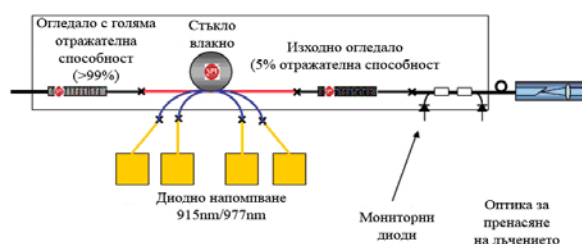
Файбър лазерът е разновидност на твърдотелните лазери. За да провеждат успешно технологични изследвания с файбър лазер в лабораторния практикум по дисциплината “Лазерни технологични устройства” студентите трябва първоначално да са запознати и изучат неговото устройство, принцип на действие и основни характеристики.

В *първата задача* към лабораторното упражнение студентите се запознават с принципа на действие и устройството на файбър лазера.

За активна среда в този лазер се използва стъкловолокно, в чиято сърцевина са внедрени определени примеси (Er, Yb, Nd) – фиг. 1. Последните два предимно се използват в системи за технологично рязане, заваряване, маркиране и гравирание и др., а Er като примес се използва главно за лазери, приложими в медицинската и съобщителната техника. Поради факта, че лазерното лъчение изминава дълъг път в стъкловолокното, е възможно да се реализира и много високо усилване на лазерния сигнал. На фиг. 2 е показана принципната схема на файбър лазера.



Фиг. 1



Фиг. 2

Напомпването на активната среда на лазера става по оптичен път като успоредно на сърцевината на стъклото се вкарва лъчението от напомпващи диодни лазери. Коаксиално на стъкловакното има зона за въздушно или водно охлаждане (фиг. 3). На границата на тези две зони настъпва пълно вътрешно отражение. В резултат на това лъчението от напомпващите диоди многократно преминава през активната среда и се усилюва.



Фиг. 3

Основните параметри на фибър лазера (Yb:YAG), използван в технологичната система, с която се изработва упражнението е:

Дължина на вълната $\lambda = 1\,060\text{ nm}$
 Номинална мощност $P_n = 20\text{ W}$
 Честота на повторение на импулсите $\nu = 20\text{ kHz}$

Продължителност на импулсите $\tau = 100\text{ ns}$

Импулсна енергия $E_{имп} = 1\text{ mJ}$

Втората задача е свързана с измерване на енергетическите характеристики и на зависимостите между тях.

Основните енергетични характеристики на лазерите са:

- Средна мощност P_{cp} ;
- Импулсна мощност $P_{имп}$;
- Импулсна енергия $E_{имп}$;
- Повърхнинна плътност на мощността на лазерното лъчение q_s .

Връзката между средната мощност и импулсната мощност на лазера е

$$P_{cp} = P_{имп} \tau \nu,$$

където τ е продължителност на импулсите, ν – честота на повторение на импулсите.

Импулсната енергия се определя от изразите

$$E_{имп} = P_{имп} \tau$$

$$E_{имп} = P_{cp} / \nu$$

Повърхнинната плътност на мощността се определя от израз

$$q_s = 4P_{cp} / (\pi d_0^2),$$

където d_0 е диаметър на работното петно.

При определяне на повърхностната плътност на мощността q_s е изключително важно първо да се изчисли диаметъра на фокусното петно при зададен работен обектив в технологичната система.

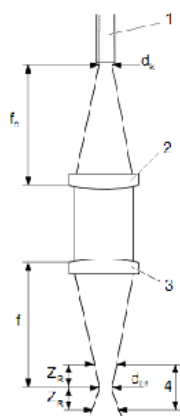
Фокусиране на лазерното лъчение след напускане на транспортния оптичен кабел:

Диаметърът на фокусното петно d_0 се определя от формулата

$$d_0 = d_k \cdot f / f_c,$$

където d_k – диаметър на оптичното влакно; f_c – фокусно разстояние на колиматора; f – фокусно разстояние на обектива

От зависимостта се вижда, че по-прецизна фокусировка може да се постигне, използвайки обектив с по-малко фокусно разстояние или колиматор с по-голямо фокусно разстояние. Освен това е в сила и зависимостта, че колкото е по-малък диаметъра на оптичното влакно d_k , толкова е по-малък и диаметъра на работното петно d_0 .



Фиг. 4

1. оптичен кабел; 2. колиматор; 3. обектив;
4. острота на фокусираността ($2z_R$)
 z_R – дължина на Релей

При изпълнение на втората задача в лабораторното упражнение се правят следните изследвания:

- зависимост на средната мощност P_{cp} на лазера от честотата на повторение на импулсите ν .

По време на изпълнение на задачата измерването на мощността на лазерното лъчение се осъществява с измерител на мощност (фиг. 4).

Честотата на повторение на импулсите се изменя в интервала $\Delta\nu \in [2, 20]$ kHz през 2 kHz, а резултатите се нанасят в таблица и се строи графика на зависимостта $P_{cp} = P_{cp}(\nu)$.

- Изследване на зависимостта на импулсната енергия от честотата

Честотата на повторение на импулсите се изменя в интервала $\Delta\nu \in [2, 20]$ kHz през 2 kHz, а резултатите се нанасят в таблица. Строи се графика на зависимостта $E_{imp} = E_{imp}(\nu)$.

- Изследване на зависимостта на продължителността на импулсите от честотата на повторението им

Честотата на повторение на импулсите се изменя в интервала $\Delta\nu \in [2, 20]$ kHz през 2 kHz, а резултатите се нанасят в подходяща таблица. Строи се графика на зависимостта $\tau = \tau(\nu)$.

- Изследване на зависимостта на повърхнинната плътност на мощността на лазерното лъчение от дефокусираността

Дефокусираността се изменя в интервала $\Delta f \in [-5, 5]$ mm през 1 mm. Резултатите се нанасят в таблица 1. Строи се графика на зависимостта $q_s = q_s(\Delta f)$. По време на изпълнение на задачата не се изменят: средна мощност на лазера, честота на повторение на импулсите, продължителност на импулсите.

Таблица 1

Δf , mm	-5	-4	-3	...	4	5
d , μm						
q_s , W/m ²						

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Включването на лабораторно упражнение с използването на фибър лазер в практиката по дисциплината “Лазерни технологични устройства” от магистърската план на специалността “Оптоелектроника и лазерна техника” е предпоставка за обвързване на обучението с практиката за максимално приближаване до реалните производствени условия и новите модерни технологии.

Използването на възможностите на бизнеса за подпомагане на учебния процес със съвременна техника е една възможност и правилна стъпка при обучаване на студентите от инженерни специалности. Още по време на следването си те имат възможността да провеждат на експериментите използвайки конкретни материали или съвременни технологични системи от реалното производство на фирмите. Усвоените и натрупаните теоретични знания и практически умения в областта на лазерните технологии спомагат на бъдещите инженери-магистри да станат добри специалисти в тази нова иновативна област на техниката.

ЛИТЕРАТУРА

- http://en.wikipedia.org/wiki/Fiber_laser
- http://www.calmarlaser.com/docs/Fiber_Laser_Advantage_Rev_1.1_010109.pdf
- http://www.laserdepot.net/docs/LPC_FiberVersusYag.pdf
- Thomas Dünzkofer, Mit Faserlaser modernisierte Schneidanlage erhöht die Produktivität, 28.10.2009 Maschinenmarkt, Vogel.de, <http://www.maschinenmarkt.vogel.de/index.cfm?pid=5112&pk=23604>