

УДК 621.375.826

АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СФЕРИ ВИКОРИСТАННЯ ЛАЗЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

О. М. Савченко

Українська академія друкарства,
вул. Під Голоском, 19, Львів, 79020, Україна

Здійснено детальний аналіз застосування лазерних технологій у різних сферах. Проаналізовано та систематизовано динаміку росту різноманітних секторів лазерних технологій: обробка матеріалів, комунікації, наукові дослідження і військове застосування, прилади та сенсори, медицина і косметологія, маркування та друкування, дисплеї, оптичні носії інформації та ін. Охарактеризовано ринок промислових лазерів за типами та їх розподіл за видами застосування. Під час розподілу ринку промислових лазерів за напрямками застосування виявлено, що макрообробка залишається найбільшим сектором використання лазерів — понад 55 %, з ростом ~ 4 % в рік, продаж лазерів для мікрообробки перебуває на межі 30 %, третє місце посідає маркування/гравіювання (~15 %). Доведено, що збільшення різноманітності ринку волоконних лазерів та поява нових активних волокон і схем когерентної дії дасть змогу розширити діапазон довжин хвиль генерації в таких лазерах і збільшити потужності випромінювання та досягти найвищого ККД. Наведено прогнози використання УФ- та волоконних лазерів, які дедалі ширше застосовуються для маркування паковань і виробів, виготовлених із пластикових, скляних, картонних і плівкових матеріалів. Вказано перспективність застосування лазерних пристроїв у неруйнівних методах контролю композитних матеріалів, пластикових, плівкових і картонних виробів, а також для контролю безперервних виробничих процесів.

Ключові слова: фотоніка, лазер, лазерні технології, лазерний ринок, динаміка росту.

Постановка проблеми. Як відомо, перший у світі лазер було створено у 1960 році, а уже в 1962 році американська фірма «Спектра фізикс» представила їх на ринку [1]. Прогрес в галузі електроніки і програмного забезпечення значно підвищує конкурентоспроможність лазерних методів обробки матеріалів порівняно з традиційними. На сьогодні лазерні технології належать до пріоритетних технологій в обробленні різних матеріалів, інформації, у зв'язку, біології, медицині, у фотоніці та оптоелектроніці, в екологічному моніторингу, а також різних вимірюваннях і наукових дослідженнях [2, 3]. Незважаючи на те, що в останні роки лазерний ринок швидко зростає, український ринок сьогодні недостатньо насичений лазерним устаткуванням, тому дослідження динаміки росту лазерних технологій різних секторів, зокрема і для поліграфічного виробництва, залишаються актуальними.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Обсяг світового ринку лазерів і лазерного обладнання постійно зростає. Найбільшу його частку зайняли лазерні джерела випромінювання для комунікацій (2,1 млрд євро), за ними — лазери для обробки матеріалів (1,45 млрд євро), для офісного обладнання й електроніки (0,75 млрд євро), для медичного застосування (0,55 млрд євро), для вимірювань і досліджень (0,24 млрд євро) [2]. І хоча дотепер у світі лазерні технології обробки матеріалів становлять приблизно 25–30 %, щорічні темпи зростання світового ринку лазерних технологій стійко утримуються на рівні 10–15 % і прогнозується збереження цих темпів і надалі [4, 5].

Мега статті — провести аналітичні дослідження динаміки світового ринку лазерних технологій за останні роки за видами і напрямками їх застосування.

Виклад основного матеріалу дослідження. За даними досліджень Strategies Unlimited [6, 7], використання лазерів за десятиліття подвоїлося, досягнувши у 2018 році 13,76 млрд дол. Обсяг продажів лазерів у 2019 році прогнозується на рівні 14,6 млрд дол. (рис. 1, 2). Найбільший стрибок використання лазерних технологій припадає на 2016/2017 роки — з 10,75 до 13,07 млрд дол., який автори [7] пояснюють збільшенням попиту на них у побутовій електроніці та в промисловості — для обробки матеріалів, а також для безпілотного транспорту, який швидко розвивається.

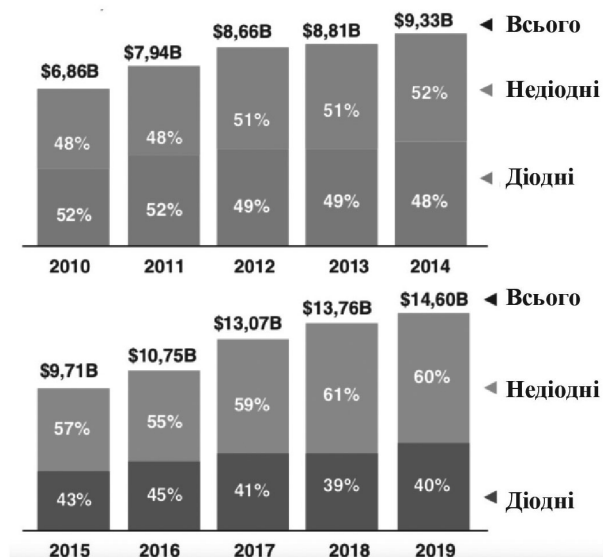


Рис. 1. Динаміка світового ринку лазерів в 2010–2014 рр. [6] і в 2015–2019 рр. [7] (млрд дол./більйонів США)

Виробником лазерного устаткування з обсягом продажів понад 1 млрд дол. в рік є китайська компанія Han's Laser (1,65 млрд дол. в 2017 році). Зростання ВВП в США, Великобританії, Франції і Німеччині за 2017 рік становило відповідно 2,2, 1,7, 2,3 і 2,5 %, проте найширшим на сьогодні з виробництва лазерної техніки є ринок Китаю, на якому спостерігаються передові технології і споживчий попит [7].

Сегменти лазерних технологій подані на рис. 2.

Сектор обробки матеріалів з 2015 року лідирує, обігнавши сектор комунікацій в 2018 році майже вдвічі (рис. 2, 3) [6, 7]. Продаж обладнання для обробки матеріалів найперше потерпає через зовнішні для лазерної промисловості причини — високе мито і макроекономічні проблеми. Найпопулярнішими залишаються потужні волоконні лазери для різання металу.



Рис. 2. Сегменти лазерних технологій

У секторі телекомунікацій, за даними аналітиків [6], глобальний трафік Інтернету подвоюється кожні 3 роки, і зі 100 екзабайт/міс. в 2017 р. він має зрости до 200 екзабайт/міс. у 2020 році.

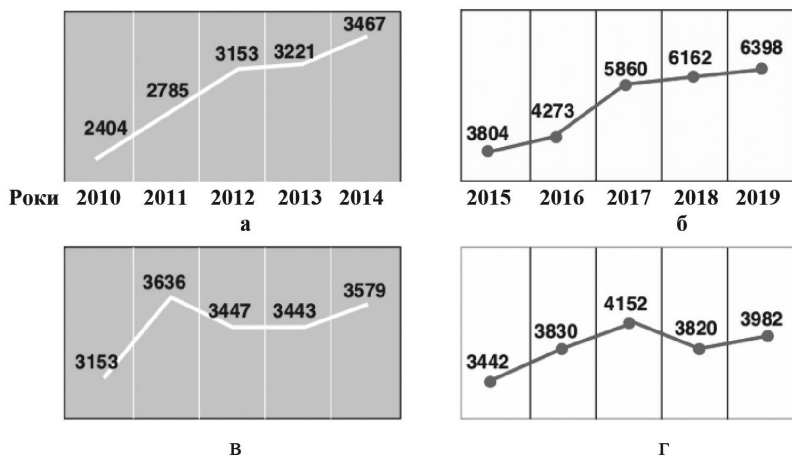


Рис. 3. Динаміка росту продажів сектору обробки матеріалів (зокрема маркування і друкування), в млн дол.:

- а) 2010–2014 рр. і б) 2015–2019 рр., і сектору комунікацій (і оптичної пам'яті):
в) 2010–2014 рр. і г) 2015–2019 рр.

Ринок промислових лазерів за типами та напрямками застосування в 2017–2018 рр. і прогноз на 2019 рік в млн дол. поданий на рис. 4, 5.

Волоконні лазери (зокрема ультрафіолетові) домінують на ринку промислових лазерів і з 2013 р. вперше перевищили продаж CO₂-лазерів. Гравіювання CO₂-лазерами характеризується попитом у швейній промисловості.

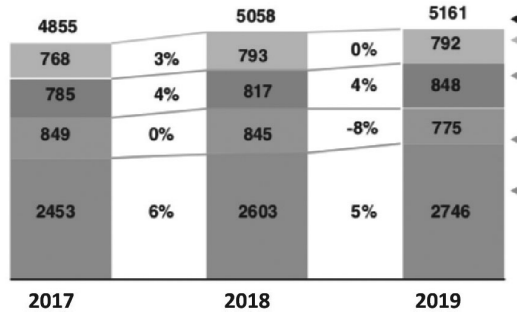


Рис. 4. Ринок промислових лазерів за типами

У 2018 році волоконні лазери зайняли понад 50 % ринку промислових лазерів. Потужні волоконні лазери стали економічно ефективнішою альтернативою порівняно з потужними CO₂-лазерами для розрізування аркушевого металу. Твердотілі лазери, зокрема потужні дискові, а також діодні й ексімерні, були в 2018 р. на другому і третьому місцях (рис. 4). Твердотілі лазери надкоротких імпульсів/ Ultrashort-pulse (USP), УФ- і фемтосекундний лазери збільшать темпи росту продажів і в 2019 р. (рис. 4).

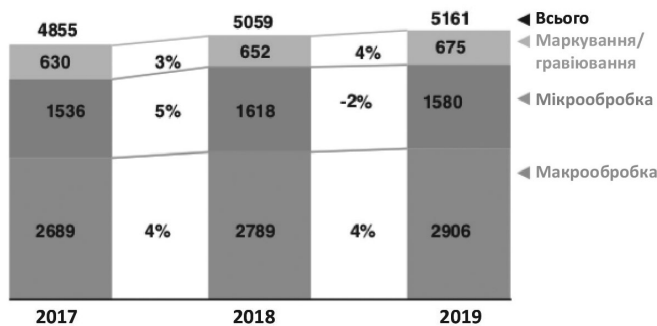


Рис. 5. Ринок промислових лазерів за напрямками застосування

Макрообробка (рис. 5) залишається найбільшим сектором продажу лазерів для промисловості — понад 55 %, з ростом ~ 4 % в рік, продаж лазерів для мікрообробки в 2019 році знизився у зв'язку зі зменшенням продажів ексімерних лазерів для обробки кремнію. Загалом продаж лазерів у 2019 році має бути на рівні 2018 року [7].

У сегменті обробки матеріалів очікується збільшення продажів УФ-лазерів, які застосовуються в адитивних технологіях (АТ), а також лазерів, що генерують

ультракороткі імпульси. Оптимізація розподілу потужності лазерного випромінювання в лазерах з надкороткими імпульсами USP оптимізується як в поперечному, так і в поздовжньому січеннях лазерного променя [7].

Актуальними в обробці матеріалів будуть сині лазери, які використовуються у промисловості для зварювання (зокрема міді). Виробництво таких лазерів вже здійснює компанія NUBURU (США) потужністю до 500 Вт.

На міжнародній торговій ярмарці у Франкфурті в Німеччині (2018 р.) фірма Trumpf продемонструвала систему адитивного виробництва TruPrint 5000 з підігрівом до 500 °С, яка друкує компоненти з високовуглецевої сталі і сплаву титану без тріщин та суттєвих деформацій. Компанія також представила новий зелений імпульсний лазер, який дає змогу друкувати в 3D-принтері компоненти з чистої міді і дорогоцінних металів [8].

Світові промислові експерти прогнозують, що 2/3 промислових лідерів вже зараз застосовують АТ у виробничих процесах, а до 2030 року 2/3 всієї продукції, що виготовляється в світі, буде здійснюватися з надрукованими комплектуючими. Продаж лазерів для адитивних технологій у 2018 році відбувся успішно, в 2019 р. очікується двозначне зростання продажів лазерів для адитивного виробництва [7].



Рис. 6. Розподіл продажів промислових лазерів за видами їх застосування в 2018 р.

УФ-лазери дедалі ширше застосовуються для маркування паковань і товарів, виготовлених із неметалів (рис. 6), зокрема це пластикові матеріали, скляні, картонні та плівкові вироби. Лазерне маркування та гравіювання є високопродуктивними процесами на базі волоконних лазерів, якими займаються понад 200 постачальників (25 % в Китаї). УФ-лазерне маркування є одним із зростаючих сегментів ринку. В останні два роки обсяги продажів у секторі маркування та гравіювання залишались на рівні зростання 3–4 % в рік (рис. 5), і ця тенденція має зберегтися в найближчому майбутньому [8].

Фірма Opto Diode Corp. в Камарільйо (Каліфорнія) виготовляє ультрафіолетові світлодіоди ОД-265-001 (UVLEDs) для компанії Xylem, яка

спеціалізується на біологічному очищенні води, її фільтрації та дезінфекції, а також у управлінні водопостачанням в житлових і комерційних приміщеннях [6].

На думку керівників Інституту Фраунгофера (ФРН) [7], в 2019 році триватиме збільшення різноманітності ринку волоконних лазерів. Поява нових активних волокон і схем, наприклад когерентної дії, дасть змогу розширити діапазон довжин хвиль генерації в таких лазерах і збільшити потужності випромінювання як в безперервному, так і в імпульсному режимах, зберігаючи високу якість лазерного пучка і найвищий ККД.

Цікавими на сьогодні є вторинні джерела на основі волоконних лазерів, що генерують випромінювання в екстремальному ультрафіолеті (EUV) або в терагерцевому діапазоні та відкривають можливості нових застосувань лазерів. На ринку швидко зростає кількість комерційно доступних версій генераторів Комба, які використовуються в різних наукових дослідженнях, зокрема спектроскопії, квантовій криптографії, метрології, сенсоріці, наукових організаціях та ін. [8].

Сьогодні лазерні пристрої інтенсивно використовуються в неруйнівних методах контролю композитних матеріалів, пластикових, плівкових і картонних виробів, а також для контролю безперервних виробничих процесів.

Перспективним є застосування лазерних технологій для маркування металевих та пластикових паковань разом з традиційними поліграфічними технологіями штрихового кодування тощо.

Висновки. Проаналізувавши динаміку використання лазерних технологій у різноманітних сферах, можна констатувати, що ринок лазерних технологій буде домінувати у майбутньому над іншими, зокрема це стосується волоконних лазерів, що підтверджується середніми темпами зростання продажів на рівні 7 % в рік, а в Китаї — до 20 %. Тому зусилля дослідників мають бути спрямовані на вивчення технологічних режимів та параметрів застосування лазерних технологій в конкретній сфері виробництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Жук С. В. Перспективи застосування лазерів в промисловості. URL: http://www.fhotm.kpi.ua/sworks/01/zhuk_paper.pdf.
2. Прудников Н. В., Кузнецов В. В., Егоренков В. М. Перспективные типы технологических лазеров. Технологии и материалы для экстремальных условий (лазерные технологии, источники тока и материалы): материалы 12-й Всероссийской конференции (Туапсе, 11–15 сентября 2017 г.). Москва : МЦАИ РАН, 2017. С. 6–15.
3. Отчетный доклад Президента Лазерной ассоциации И. Б. Ковша. Лазер-Информ. 2018. № 5–6 (620–621). С. 1–7.
4. Лосев В. Ф., Ципилев В. П. Лазерные технологии и оборудование. Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2008. 148 с.
5. Лазерные технологии обработки материалов / под ред. Панченко В. Я. Москва : Физматлит, 2009. 663 с.
6. Overton G., Noguee A., Holton C. Lasers forge 21st century innovations. LASER MARKET-PLACE 2014. Laser Focus World. January 2014. P. 38–40, 42, 44, 46, 49, 51–54, 56–62.

7. ANNUAL LASER MARKET REVIEW & FORECAST 2019: What goes up ... / Overton G., Nogee A., Belforte D., Wallace J., Gefvert B. Laser Focus World. January 2019. P. 40–45, 47, 49–54, 56–58, 60–61, 64–65.
8. Keller J. Air Force to ask industry for 75-Watt sodium laser to create artificial stars for adaptive optics. URL: <https://www.lasersystemseurope>.

REFERENCES

1. Zhuk, S. V. Perspektyvy zastosuvannia lazeriv v promyslovosti. Retrieved from http://www.fhotm.kpi.ua/sworks/01/zhuk_paper.pdf (in Ukrainian).
2. Prudnikov, N. V., Kuznetcov, V. V., & Egorenkov, V. M. (2017). Perspektivnye tipy tekhnologicheskikh lazerov. Tekhnologii i materialy dlia ekstremalnykh uslovii (lazernye tekhnologii, istochniki toka i materialy): materialy 12-i Vserossiiskoi konferentsii (Tuapse, 11–15 sentiabria 2017 g.). Moskva : MTsAI RAN, 6–15 (in Russian).
3. Otchetnyi doklad Prezidenta Lazernoi assotitscii I. B. Kovsha. (2018). Lazer-Inform, 5–6 (620–621), 1–7 (in Russian).
4. Losev, V. F., & Tcipilev, V. P. (2008). Lazernye tekhnologii i oborudovanie. Tomsk : Izd-vo Tomskogo politekhnicheskogo universiteta (in Russian).
5. Lazernye tekhnologii obrabotki materialov / pod red. Panchenko V. Ia. (2009). Moskva : Fizmatlit (in Russian).
6. Overton, G., Nogee, A., & Holton, C. (2014). Lasers forge 21st century innovations. LASER MARKETPLACE 2014: Laser Focus World, 38–40, 42, 44, 46, 49, 51–54, 56–62 (in English).
7. Overton, G., Nogee, A., Belforte, D., Wallace, J., & Gefvert, B. (2019). ANNUAL LASER MARKET REVIEW & FORECAST 2019: What goes up ... Laser Focus World, 40–45, 47, 49–54, 56–58, 60–61, 64–65 (in English).
8. Keller, J. Air Force to ask industry for 75-Watt sodium laser to create artificial stars for adaptive optics. Retrieved from <https://www.lasersystemseurope> (in English).

doi: 10.32403/2411-3611-2019-1-35-76-83

ANALYTICAL RESEARCH OF LASER TECHNOLOGY USE

O. M. Savchenko

*Ukrainian Academy of Printing,
19, Pid Holoskom St., Lviv, 79020, Ukraine
solia0611@gmail.com*

A detailed analysis of the use of laser technologies in various fields has been made. The dynamics of growth of various sectors of laser technologies has been analyzed and systematized: materials processing, communications, research and military applications, devices and sensors, medicine and cosmetology, marking and printing, displays, optical media and other spheres. It has been found that the most widely used laser technology

area is the market in China, which has advanced technologies and consumer demand. The producer of laser equipment with more than \$ 1 billion in sales a year is the Chinese company Han's Laser (\$ 1.65 billion in 2017). Gross domestic product growth in the US, UK, France and Germany in 2017 was 2.2, 1.7, 2.3 and 2.5%, respectively. The market of industrial lasers by types and their distribution by types has been presented. The breakdown of the industrial lasers market by application area reveals that macroprocessing continues to be the largest sector of laser use - more than 55%, with an increase of ~ 4% per year, sales of microprocessing lasers are at the limit of 30%, the third place is occupied by marking/engraving (~ 15%). It has been proved that increasing the diversity of the market for fiber lasers and the emergence of new active fibers and coherent circuits will expand the generation wavelengths of such lasers and thereby increase the radiation power and achieve the highest efficiency. Sales of UV lasers, which have found new applications in additive technologies, are expected in the material processing segment. The forecasts of the use of UV and fiber lasers, which are increasingly used for marking packaging and products made of plastic, glass, cardboard and film materials, are presented. The perspective of using laser devices in non-destructive methods of control of composite materials, plastic, film and cardboard products, as well as for control of continuous production processes is indicated.

Keywords: *photonics, laser, laser technology, laser market, growth dynamics.*

Стаття надійшла до редакції 14.02.2019.

Received 14.02.2019.