

УДК 53.06:[681.84:004.04]

ЗМІНА ОПТИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРОЗОРИХ МАТЕРІАЛІВ ПІД ДІЄЮ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ЯК МЕХАНІЗМ ЗАПИСУ ІНФОРМАЦІЇ

Щербак А.О.

e-mail: anastasiia.shcherbak@nure.ua

Науковий керівник – к.ф.-м.н., доц. Коваленко О.М.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. Фізики
м. Харків, Україна

This work reveals the physical mechanisms of changing properties of transparent materials for creation of new optical recording systems. The object of the study is the process of interaction of laser radiation with transparent materials. The study analyzes the optical characteristics of materials, examines the mechanisms of linear and nonlinear absorption and demonstrates how structural changes ensure the formation of information elements. This paper provides review of increase of absorption in semiconductors by laser radiation with wavelength in the range of material absorption-edge.

На етапі стрімкого розвитку інформаційних технологій оптичний запис інформації набуває все більшого значення як альтернативний метод зберігання даних. Як один із перспективних напрямів, він базується на зміні властивостей матеріалу під дією лазерного випромінювання. Запис інформації відбувається завдяки здатності прозорих середовищ, наприклад, скла і полімерів, пропускати світловий потік з найменшими втратами при його фокусуванні в об'ємі матеріалу. Концепція механізму запису полягає в тому, що інтенсивне лазерне випромінювання локально змінює оптичні властивості середовища, де кожна перетворена ділянка відповідає певному біту інформації.

До оптичних властивостей матеріалу належать показник заломлення та коефіцієнт поглинання. Зміна напрямку поширення світла описується показником заломлення, а кількісну характеристику послаблення світла при проходженні через речовину – коефіцієнтом поглинання. Оптичні властивості речовини залежить від її фізико-хімічних властивостей: структури, агрегатного стану, щільності, а також від зовнішніх факторів, як-от температура, тиск і довжина хвилі світла (дисперсія) [1]. Показник заломлення визначається тим, як речовина взаємодіє з електромагнітною хвилею. Для немагнітних середовищ $n = \sqrt{\epsilon_r}$, тобто показник заломлення визначається здатністю речовини поляризуватися під дією електричного поля світлової хвилі. Лазерне випромінювання змінює сприйнятливність матеріалу, а отже показник заломлення і коефіцієнт поглинання.

Під дією лазерного випромінювання високої інтенсивності виникає оптичний ефект Керра. Показник заломлення набуває залежності від інтенсивності $n = n_0 + n_2 I$, де n_0 – лінійний показник заломлення, n_2 –

коефіцієнт нелінійності, а I – інтенсивність лазерного пучка. В результаті світло індукує зміну оптичних параметрів середовища, в якому воно поширюється.

Зміна таких оптичних характеристик халькогенідного скла, як коефіцієнт поглинання і показник заломлення спостерігається внаслідок його освітлення хвилями, довжини яких наближаються до межі оптичного поглинання. Для отримання нелінійного поглинання інтенсивність лазерного випромінювання не повинна бути меншою за $10^{12} - 10^{14}$ Вт/см², для чого застосовують піко- або фемтосекундні лазерні імпульси, сфокусовані всередині матеріалу.

Явище збільшення інтенсивності випромінювання у фокальній області, зумовлене ефектом Керра, призводить до самофокусування лазерного пучка та більшої концентрації енергії в малому об'ємі. За таких умов відбувається процес нелінійного поглинання випромінювання, внаслідок якого електрони поглинають енергію лазерного імпульсу. Наступна передача енергії від електронів до структурної ґратки спричиняє локальне нагрівання та зміни матеріалу, локалізовані в області меншій за фокусну зону. Таким чином оптичні параметри середовища зазнають змін. Аналогічні процеси також застосовуються в різанні імпульсними лазерами або модифікації поверхні напівпровідникових пластин. У такий спосіб формуються мікроскопічні області, які виконують роль елементів об'ємних оптичних носіїв даних [2].

Однією з основних переваг використання лазерів є можливість створення багатошарових та об'ємних оптичних носіїв інформації. Об'ємний запис здійснюється шляхом фокусування лазерного променя на різній глибині зразка. Зчитування даних ґрунтується на вимірюванні змін коефіцієнта пропускання, показника заломлення або стану поляризації світла після проходження через модифіковану область. Такий підхід дозволяє створювати фотонні структури, елементи оптичних чіпів та інтегровані хвилеводи.

Отже лазерні технології залишаються одним із найперспективніших напрямів розвитку систем зберігання інформації. Вони поєднують фізичну точність, довготривалість зберігання цифрової інформації в щільнішому вигляді, реалізацію об'ємного запису, що визначає їхню важливість для інформаційних технологій.

Список використаних джерел:

1. Kovalenko E.N., Yunakova O.N., Yunakov N.N. Exciton absorption spectra of RbPb_2Cl_5 and $\text{Rb}_6\text{Pb}_5\text{Cl}_{16}$ thin films. *Functional Materials*. 2019. V. 26. № 2, P. 295-301.
2. Schaffer C. B., Glezer E. N., Nishimure N., Mazur E. Ultrafast laser-induced microexplosions: explosive dynamics and submicrometer structures. *Commercial Applications of Ultrafast Lasers*. 1998. Vol. 3269. P. 36–45.