

ВИКОРИСТАННЯ ГОЛОГРАФІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ЗБЕРЕЖЕННЯ ДАНИХ

Кислий М. М.

e-mail: maksym.kyslyi@nure.ua

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

The principle of operation of a holographic drive that uses laser beam interference to record data is considered. The advantages of the technology, in particular, high density and access speed, are revealed. The ways to improve the stability of the media are considered.

Впродовж індустріальної та постіндустріальної епох суспільство розвивається значними темпами, і не дивно, що прогрес у сфері комп'ютеризованих технологій за 80 років пройшов шлях від колосальної за розмірами з елементарними функціями обчислювальної машини до невеликих, але потужних багатофункціональних радіоелектронних пристроїв. Паралельно, з'являється проблема перенавантаження зберігачів інформації – у світі щорічно накопичується близько 30 ЗБ (30×10^{21} Байт) даних, що вимагає створення нових ємних і надійних носіїв. Науковці та інженери активно працюють над вдосконаленням існуючих технологій зберігання даних та створенням нових, які дозволять вирішити це питання. Однією із них є технологія голографування інформації (голографічні накопичувачі даних).

Принцип роботи голографічного накопичувача відносно нескладний. Лазерний промінь розщеплюється на два промені: опорний та інформаційний (об'єктний). Об'єктний промінь приймає дані, проходячи через просторово-світловий модулятор, далі зустрічається у кристалі з опорним променем, який записує результуючу інтерференційну картину. Механічний сканер змінює кут опорного променя, після чого може бути записана інша сторінка (рис.1).



Рисунок 1. Схема голографічної системи пам'яті.

Для зчитування достатньо висвітлити носій опорним променем, що відтворює записані дані. На відміну від традиційних методів, інформація рівномірно розподілена по всьому носію, тож навіть при поділі носія на частини кожна містить повний набір даних [1]. Голографія дозволяє зберігати дані в трьох вимірах, що забезпечує високу точність відтворення, швидке зчитування та тривалий термін зберігання інформації. Для досягнення цього були використані нанокмпозитні пористі плівки з TiO_2/Ag , експерименти з якими підтвердили їхню придатність для запису голограм з високою роздільною здатністю. Однак УФ-випромінювання стирає дані, що унеможливує їхнє довготривале збереження.

Дослідники з Північно-Східного Нормального Університету (Китай) представили нові стійкі до зовнішніх впливів плівки. Вони зберігають великі обсяги інформації навіть при УФ-опроміненні та дозволяють зчитування зі швидкістю до 1 ГБ/с. Для запобігання стиранню даних вчені використали молекули-акцептори, що блокують відновлювальну реакцію. Стільникова структура нанопор забезпечує ефективну взаємодію молекул-акцепторів, наночастинок і напівпровідника без порушення їхньої структури. Товщина плівки не перевищує 620 нм. Дослідники довели, що новий електронний транспортний потік покращує швидкість оптичного відгуку металевих наночастинок, зберігаючи їх переваги у зберіганні інформації [2].

У голографічній пам'яті використовується поняття об'ємної щільності запису. Для зберігання кількох сторінок даних в одному обсязі застосовують мультиплексування. Традиційні методи (кутове, хвильове, фазове мультиплексування) потребують складних оптичних систем і товстих носіїв, що обмежує їх комерційне застосування. Компанія Bell Labs розробили три нові методи: зсувне, апертурне та кореляційне мультиплексування. Вони базуються на зміні положення носія щодо світлових пучків. Кореляційне мультиплексування дозволило створити експериментальний носій на основі ніобату літію (LiNbO_3) зі щільністю запису 226 ГБ/дюйм². Головною проблемою стало знаходження відповідного носія. Традиційні фотореактивні матеріали, зокрема ніобат літію, дорогі та мають низьку чутливість. Було розроблено новий клас фотополімерів, що забезпечують тривале зберігання, стійкість до температур і підходять для одноразового запису.

Багато характеристик голограм залежать від параметрів просторово-часових модуляторів світла, які виготовляються електрично- чи оптичнокеруваними. В основі сучасних просторово-часових модуляторів світла лежать електрооптичні, магнітооптичні та інші ефекти. Прикладом є модулятори на основі полікристалу цирконату-титанату свинцю, які змінюють поляризацію світла під дією електричного поля. Вони мають відносно високу контрастність та швидкість спрацьовування [3].

Компанія Microsoft запустила проєкт Holographic Storage Device (HSD) для адаптації голографічного зберігання в хмарних центрах даних. Голографічний накопичувач використовує синьо-зелений лазер. Дані кодуються на РК-дисплеї, потрапляють у світлочутливий кристал і зберігаються у вигляді інтерференційного візерунка. Для зчитування еталонний промінь відновлює зображення, яке передається на ПЗЗ-камеру та комп'ютер. HSD забезпечує щільність зберігання в 1,8 рази вищу за попередні прототипи, використовує технології штучного інтелекту для покращення точності [4].

Але у технології голографічного зберігання даних також є недоліки. Існуючі технології зберігання даних, такі як жорсткі диски, теоретично можуть конкурувати з прогнозованими можливостями голографічного зберігання. Також для зчитування даних сканування має відбуватися під точно тим самим кутом, під яким відбувався запис даних: навіть з різницею лише в тисячну частку міліметра, кристал не зможе відновити дані. Надійність голограми знижується, якщо в одному кристалі зберігається забагато сторінок.

Технологія голографічного зберігання даних має пройти довгий шлях від фази дослідження, яка досі триває, до широкого комерційного використання, коли з'являться доступні продукти, що будуть набагато кращими за перші носії даних, які на ринку вже досить довгий час. Розробникам доводиться створювати абсолютно нові середовища для створення пристроїв зберігання інформації, які вимагають високого ступеня точності для забезпечення чіткого і точного вирівнювання компонентів системи накопичувачів [4].

Голографічна пам'ять є перспективним напрямом у сфері зберігання даних, пропонуючи високу ємність, швидкість доступу та довгий час збереження порівняно з традиційними носіями інформації. Її розвиток призведе до революційних змін в індустрії зберігання даних і знайде широке застосування.

Список використаних джерел:

1. Laddha S., Sepaha B. Holographic Data Storage URL: <http://www.123seminaronly.com/Seminar-Reports/017/6988150-Holographic-Data-Storage.pdf>

2. Liu S., Fu S., Zhang X., Wang X., Kang L., Han X., Chen X., Wu J., Liu Y. UV-resistant holographic data storage in noble-metal/semiconductor nanocomposite films with electron-acceptors // Optical Materials Express. 2018. Vol. 8. Issue 5. P. 1143-1153. URL: <https://doi.org/10.1364/OME.8.001143>

3. Holographic storage comes of age. URL: <https://spie.org/news/spie-professional-magazine-archive/2007-october/sp---holographic-data-storage>

4. Gillis A. Holographic storage (holostorage). URL: <https://www.techtarget.com/searchstorage/definition/holographic-storage>