

Терабайти даних у міліметровому кристалі: революція в технологіях зберігання даних

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У цій доповіді розглянуто новітні дослідження в галузі зберігання даних, проведені в Чиказькому університеті. Вчені розробили метод використання дефектів кристалів атомного масштабу для запису та зчитування інформації. Це відкриття дозволяє створювати надкомпактні пристрої зберігання пам'яті, здатні вміщувати терабайти даних у кристалі розміром лише кілька міліметрів. Технологія заснована на оптичному збудженні іонів рідкісноземельних елементів, що створює нові можливості для розвитку мікроелектроніки та підвищення ефективності збереження інформації.

Ключові слова : зберігання даних, кристалічна пам'ять, дефекти кристалів, нанофотоніка, рідкоземельні елементи, дозиметрія радіації, терабайти даних, квантові технології, оптичне зберігання даних, мікроелектроніка.

Abstract

This report examines the latest research in data storage conducted at the University of Chicago. Scientists have developed a method of using atomic-scale crystal defects for recording and reading information. This discovery enables the creation of ultra-compact memory storage devices capable of holding terabytes of data in a crystal only a few millimeters in size. The technology is based on optical excitation of rare-earth element ions, opening new opportunities for microelectronics development and increasing data storage efficiency.

Keywords: Data storage, crystal memory, crystal defects, nanophotonics, rare earth elements, radiation dosimetry, terabytes of data, quantum technologies, optical data storage, microelectronics.

Мета

Метою даної доповіді є дослідження новітніх методів використання дефектів кристалів для зберігання інформації, що дозволить створювати енергоефективні, компактні та високощільні запам'ятовуючі пристрої нового покоління.

Вступ

Інформаційні технології постійно розвиваються, і одним із ключових аспектів цього розвитку є збереження даних. Сучасні обчислювальні системи потребують високої швидкості обробки інформації, великого обсягу пам'яті та низького енергоспоживання. Традиційні методи, такі як транзистори, магнітні диски та флеш-пам'ять, мають фізичні обмеження, що обмежують можливість подальшого підвищення щільності запису та ефективності роботи.

Нові технології зберігання даних стають необхідними для підтримки розвитку штучного інтелекту, великих даних та інших передових обчислювальних процесів. Вчені Чиказького університету запропонували новаторський підхід, що дозволяє використовувати дефекти у кристалах для зберігання бітів інформації. Це дослідження відкриває можливості створення принципово нових запам'ятовуючих пристроїв, що мають потенціал перевершити традиційні методи в аспекті щільності запису, швидкодії та енергоефективності.

Результати дослідження

Дослідження, проведене в Чиказькому університеті, демонструє новий підхід до зберігання інформації, що базується на використанні дефектів кристалів атомного масштабу. Основна ідея полягає в тому, що кожна комірка пам'яті представлена одним відсутнім атомом – дефектом у кристалічній структурі. Це дозволяє записувати та зчитувати бітові значення, використовуючи оптичні методи.

Робота дослідників базується на попередніх дослідженнях у галузі дозиметрії радіації, де подібні матеріали використовувалися для фіксації отриманих доз випромінювання. Використовуючи іони рідкісноземельних елементів, зокрема празеодим та оксид ітрію, вдалося створити систему, яка здатна зберігати великі обсяги даних на площі, що в тисячі разів менша за традиційні носії інформації.

Експериментально підтверджено, що активація пам'яті здійснюється за допомогою ультрафіолетового лазера, який стимулює рідкісноземельні елементи, викликаючи вивільнення електронів. Ці електрони потрапляють у пастки – дефекти кристалічної решітки – і залишаються там, створюючи стійкі стани, які можна інтерпретувати як одиниці та нулі у двійковому коді.

Ключовим досягненням є той факт, що у кристалі розміром лише один міліметр міститься понад мільярд таких комірок пам'яті. Це означає, що нова технологія дозволяє створити запам'ятовуючі пристрої, які в десятки разів перевершують сучасні флеш-накопичувачі за щільністю збереження інформації.

Окрім високої щільності запису, нова пам'ять є надзвичайно стабільною та енергоефективною. Відсутність рухомих частин значно підвищує довговічність та надійність пристрою. Крім того, технологія є перспективною для використання у середовищах з підвищеною радіацією, наприклад, у космічних місіях та військових застосуваннях.

Висновки

Дослідження, проведене в Чиказькому університеті, демонструє революційний підхід до зберігання інформації, використовуючи дефекти кристалів для створення високощільної та енергоефективної пам'яті. Запропонована технологія дозволяє значно зменшити фізичні розміри пристроїв зберігання даних, що відкриває перспективи для нових застосувань у сфері мікроелектроніки та квантових обчислень.

У майбутньому подальші дослідження можуть зосередитися на оптимізації матеріалів та розширенні можливостей технології. Зокрема, можливе використання інших рідкісноземельних елементів, а також інтеграція з іншими квантовими методами. Це може призвести до появи гібридних квантово-класичних запам'ятовуючих пристроїв, що значно покращить продуктивність та швидкість доступу до інформації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

- 1.França, L., Zhong, T., et al. (2025). "All-optical control of charge-trapping defects in rare-earth doped oxides." Nanophotonics, DOI: 10.1515/nanoph-2024-0635.
- 2.Zhong Lab, University of Chicago Pritzker School of Molecular Engineering. (2025). "Terabytes of data in a millimeter crystal." UChicago News.
- 3.Dailing, P. (2025). "From radiation dosimetry to optical storage: The future of microelectronics." UChicago Research Highlights.

Слизькоухий Максим Сергійович — студент групи 1КН-24Б, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: Slizkoyxiumaks@gmail.com

Шквира Каріна Олександрівна — студентка групи 1КН-24Б, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: shkvyra.karina@gmail.com

Науковий керівник: **Мартинюк Володимир Валерійович** — кандидат технічних наук, доцент кафедри Загальної фізики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Slizkoukhyi Maksym Serhiiovych – student of group 1KN-24B, Faculty of Intelligent Information Technologies and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: Slizkoyxiumaks@gmail.com

Shkvyra Karina Oleksandrivna – student of group 1KN-24B, Faculty of Intelligent Information Technologies and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: shkvyra.karina@gmail.com

Supervisor: **Martyniuk Volodymyr Valeriiovych** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of General Physics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.