



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **122492** (13) **C2**
(51) МПК
C12Q 1/68 (2018.01)
G11C 13/02 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
"УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

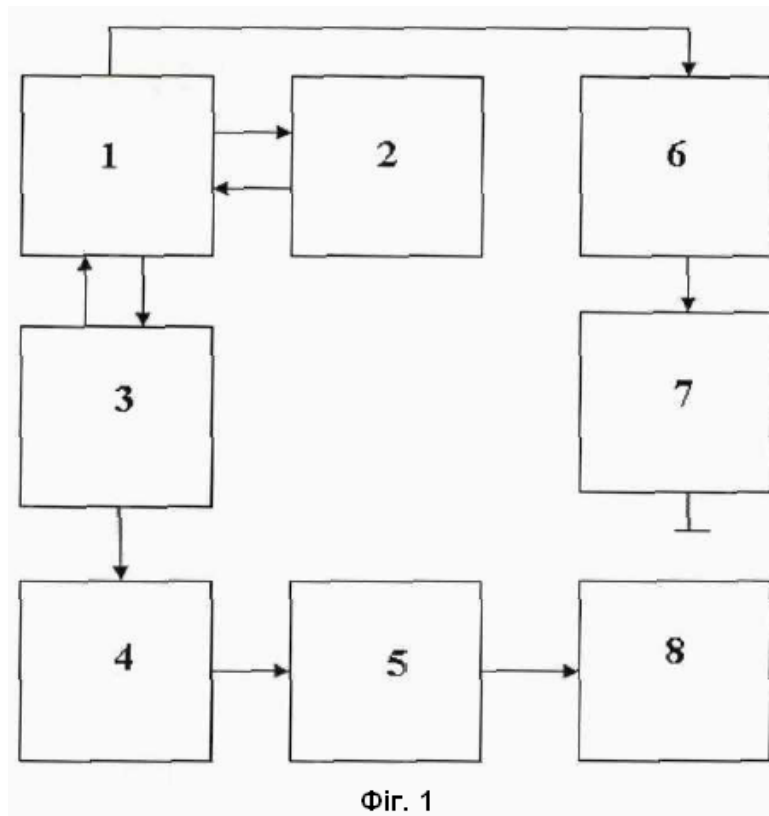
(21) Номер заявки:	а 2017 09666	(72) Винахідник(и):	Ходаковський Микола Іванович (UA)
(22) Дата подання заявки:	03.10.2017	(73) Володілець (володільці):	ІНСТИТУТ КІБЕРНЕТИКИ ІМ. В.М. ГЛУШКОВА НАН УКРАЇНИ,
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності:	26.11.2020		просп. Академіка Глушкова, 40, м. Київ-187, 03187 (UA)
(41) Публікація відомостей про заяву:	10.04.2019, Бюл.№ 7	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	US 2015/0261664 A1, 17.09.2015 US 08806127 B2, 12.08.2014 AU 2013/269536 B2, 18.12.2014 RU 0002539038 C1, 10.01.2015 EA 2010/01513 B1, 29.01.2016 Goldman, Nick et al. "Towards practical, high-capacity, low-maintenance information storage in synthesized DNA"/Goldman N, Bertone P, Chen S, et al. //Nature vol. 494,7435 –2013 – P. 77-80 Erlich Y, Zielinski D. DNA Fountain enables a robust and efficient storage architecture / Erlich, Yaniv, and Dina Zielinski // Science vol.355(6328): –2017 –P. 950-954
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію:	25.11.2020, Бюл.№ 22		

(54) ЗАПАМ'ЯТОВУЮЧИЙ ПРИСТРІЙ З НАДВИСОКОЮ ЩІЛЬНІСТЮ ЗАПИСУ ІНФОРМАЦІЇ

(57) Реферат:

Пристрій належить до мікро- та наноелектронної техніки і може бути використаний в технологічних процесах побудови запам'ятовуючих пристроїв. Запам'ятовуючий пристрій з надвисокою щільністю запису інформації містить об'єднану рідинну систему ДНК та РНК, вихід якої з'єднаний із входом блока детекції сенсорних МДП-структур, вихід якого зв'язаний з входом підсилювача струму, вихід якого з'єднаний з входом аналогово-цифрового перетворювача, інформація від якого в цифровому вигляді надходить в комп'ютерну систему; другий вихід рідинних систем, з'єднаний з входом джерела напруги зсуву, вихід якого зв'язаний з входом генератора шуму, та додатково містить набір нуклеотидів РНК для передачі інформації на місце постійного зберігання інформації в ДНК та РНК-залежну ДНК-полімеразу, розміщені в рідинній системі РНК.

UA 122492 C2



Винахід належить до мікро- та наноелектронної техніки і може бути використаний у технологічних процесах побудови запам'ятовуючих пристроїв з надвисокою щільністю запису інформації.

Значний практичний інтерес для створення технологій формування запам'ятовуючих пристроїв становлять можливості запису, читання та збереження інформації з використанням високополімерних сполук, зокрема ДНК та РНК.

Хоча теоретична щільність ДНК-запису, що досягається за допомогою подібної технології, становить 5,5 петабіт на кубічний міліметр, проте практичне використання цього методу сильно обмежене його громіздкістю, тривалістю циклу запис/читання і вартістю.

Однак необхідно враховувати, що вартість розшифровки ДНК щорічно падає приблизно в 5-12 разів - набагато швидше, ніж вартість цифрового електронно-оптичного мегабайта. Такий підхід до використання можливостей вказаного вище методу дозволяє ефективно спрощувати подальшу розшифровку і корекцію помилок, здійснених за допомогою автоматизованої полімеразно-ланцюгової реакції і паралельних ДНК-секвенаторів новітнього покоління. Секвенатор ДНК - це пристрій, за допомогою якого виконується автоматизоване визначення послідовності нуклеотидів (елементів) в ланцюгу ДНК. Малі фрагменти ДНК-ланцюгів після корегування помилок за допомогою "дзеркальних" ланцюжків та читання з'єднують в масив даних відповідно до адресних міток, нанесених на вказаних фрагментах.

Для кодування інформації в ДНК підходить той же спосіб, що і для перетворення інформації перед завантаженням на жорсткий диск. Але якщо для зашифровування даних для комп'ютера використовуються нулі і одиниці, то в ДНК задіяні чотири нуклеотиди, що є основою для її побудови: А, С, Т і G. Кожному з них відповідає певна послідовність компонентів, які за допомогою хімічних реакцій шикуються в певному порядку, утворюючи ланцюг. А при декодуванні даних застосовується спектрометр для зчитування послідовності ДНК. Найновішим доказом ефективності молекулярних носіїв даних є створення ДНК-дисків, розміщених в сферах з діоксиду кремнію - речовини, яка може зберігатися протягом століть.

На сьогодні створено лінійку пристроїв для запам'ятовування інформації на основі ДНК. Зокрема для запису, зберігання та перезапису даних можуть бути використані гібридні технології, а саме, з використанням синтетичних нуклеотидів та нуклеотидів та ферментів з живих клітин.

Відомий запам'ятовуючий пристрій на основі ДНК [N. Goldman, P. Bertone, S. Chen, C Dessimoz, E. M. LeProust, B. Sipos, E. Birney. Towards practical, high-capacity, low-maintenance information storage in synthesized DNA // Nature.- February 2013.- v.494.-P.77-80], який має блок формалізованого представлення ДНК в цифровому вигляді даних, секвенатор ДНК та блок з набором ферментів для розрізання та зшивання нуклеотидів ДНК.

Спільними ознаками аналога та пристрою, що заявляється є: блок формалізованого представлення ДНК в цифровому вигляді даних, секвенатор ДНК та блок з набором ферментів для розрізання та зшивання нуклеотидів ДНК.

В штучну ДНК записували п'ять файлів загальним обсягом 5,2 мегабіта. Використовуючи носієм пам'яті короткі одноланцюжкові ДНК було записано на масив таких ДНК п'ять різних файлів для представлення даних через послідовність азотистих основ ДНК. Дані кодувалися в чотирьох блоках по 25 нуклеотидів. У 17 нуклеотидах кодувалися адресні мітки, необхідні для збирання даних у вихідний файловий масив.

Кодування відбувалося в три етапи. Двійковий код, в якому були представлені дані, спочатку конвертувався на комп'ютері в трійчастий код, за допомогою якого восьмибітні блоки даних представлялися у вигляді послідовності з п'яти потрібних чисел або тритів (0,1,2). Далі блокова послідовність тритів конвертувалась в код з трьох нуклеотидів. Трійкове кодування дозволяло не тільки стиснути дані, але і зменшити ймовірність помилок при подальшому зчитуванні ДНК і реконструкції довільного масиву.

Причиною, що перешкоджає вирішенню поставленої задачі є те, що в ньому не може бути реалізовано синтез ДНК з використанням РНК для передачі інформації від

джерела інформації: на місце постійного зберігання інформації в ДНК за допомогою РНК-залежної ДНК-полімерази.

Таким чином функціональні можливості даного пристрою-аналога обмежені.

Відомий запам'ятовуючий пристрій на основі ДНК [J. Bonnet, P.Subsoontorn, D. Endy. Rewritable digital data storage in live cells via engineered control of recombination directionality //Proceedings of the National Academy of Sciences. - april 2012.- vol. 109, N 23.- P.8884-8889], який має блок формалізованого представлення ДНК в цифровому вигляді даних, секвенатор ДНК та блок з набором ферментів для розрізання та зшивання нуклеотидів ДНК.

Спільними ознаками аналога та пристрою, що заявляється є: блок формалізованого представлення ДНК в цифровому вигляді даних, секвенатор ДНК та блок з набором ферментів для розрізання та зшивання нуклеотидів ДНК.

Пристрій, який записує і стирає інформацію, включає комбінацію двох клонованих вірусних ензимів - інтеграли і ексцизнази, запозичених у бактеріофага Vxb1 (вірусу, що використовує для реплікації свого генома ДНК бактерій). Запис інформації здійснювався на ДНК кишкових паличок. Використовувався алгоритм "адресації даних за допомогою рекомбінази" в складі модуля RAD-recombinase addressable data module. За допомогою вказаного пристрою можна модифікувати ділянки ДНК - записувати, стирати і знову записувати біти на одних і тих же хромосомах.

Причиною, що перешкоджає вирішенню поставленої задачі є те, що в ньому не може бути реалізовано синтез ДНК з використанням РНК для передачі інформації від

Джерела інформації: на місце постійного зберігання інформації в ДНК за допомогою РНК-залежної ДНК-полімерази.

Таким чином функціональні можливості даного пристрою аналога обмежені. Відомий запам'ятовуючий пристрій на основі ДНК [G. M. Church, Y. Gao, S.Kosuri. Next-Generation Digital Information Storage in DNA // Science.- September, 2012.-Vol. 337, Issue 6102.- P.1628], який має блок формалізованого представлення ДНК в цифровому вигляді даних, секвенатор ДНК та блок з набором ферментів для розрізання та зшивання нуклеотидів ДНК.

Спільними ознаками аналога та пристрою, що заявляється є: блок формалізованого представлення ДНК в цифровому вигляді даних, секвенатор ДНК та блок з набором ферментів для розрізання та зшивання нуклеотидів ДНК.

Для кодування 5,27-мегабітного масиву було використано штучно синтезовані послідовності нуклеотидів (олігонуклеотидів) у вигляді 96-бітного блока даних (96 нуклеотидів), 19-бітову адресу, за якою визначалося місце блока в загальному масиві (19 нуклеотидів), і 22-бітові технічні послідовності основ, необхідні для подальшої ампліфікації - збільшення числа копій ДНК при полімеразній ланцюговій реакції (ПЛР) та фінальної розшифровки молекулярного запису за допомогою ДНК-секвенатора. Олігонуклеотидні блоки були синтезовані звичайним чином за допомогою автоматизованих установок, при цьому аденін і цитозин приймалися за умовний нуль, а гуанін і тимін - за умовну одиницю. Таким чином, розбивши масив на відносно невеликі 96-бітові блоки олігонуклеотидів, вдалося уникнути необхідності синтезувати довгі ДНК-послідовності для кодування великих обсягів інформації, тим більше, що сучасні установки здатні вибудовувати точні ланцюжки не більше 200 нуклеотидів.

Все це спростило подальшу розшифровку і корекцію помилок, також здійснених за звичайною схемою за допомогою автоматизованої полімеразно-ланцюгової реакції і паралельних ДНК-секвенаторів новітнього покоління. Теоретична щільність ДНК-запису, що досягається за допомогою подібної технології, становить до 5 петабіт на кубічний міліметр.

Причиною, що перешкоджає вирішенню поставленої задачі, є те, що в ньому не може бути реалізовано синтез ДНК з використанням РНК для передачі інформації від

Джерела інформації: на місце постійного зберігання інформації в ДНК за допомогою РНК-залежної ДНК-полімерази.

Таким чином функціональні можливості даного пристрою аналога обмежені.

Відомий спосіб побудови запам'ятовуючого середовища на основі ДНК [Alberini CM. Transcription factors in long-term memory and synaptic plasticity // Physiol. Rev.- 2009.-N 89(1).- P. 121-145], який має блок формалізованого представлення ДНК в цифровому вигляді даних, секвенатор ДНК та блок з набором ферментів для розрізання та зшивання нуклеотидів ДНК.

Спільними ознаками аналога та пристрою, що заявляється, є: блок формалізованого представлення ДНК в цифровому вигляді даних, секвенатор ДНК та блок з набором ферментів для розрізання та зшивання нуклеотидів ДНК.

Виходячи з того, що синтез РНК на матриці ДНК є молекулярною основою для довгострокової синаптичної пластичності та формування довгострокової пам'яті, було досліджено ряд сімей факторів транскрипції, які беруть участь в обох цих процесах. Робота транскрипційних факторів у вигляді білків, які контролюють процес синтезу мРНК, дозволяє їм виконувати функції зниження (репресори) або підвищення (активатори) константи зв'язування РНК-полімерази з регуляторними послідовностями ділянки на матриці ДНК. Оскільки всі клітинні організми використовують матричну РНК для програмування синтезу білків, було доведено наявність корелятивних змін експресії, генетичних мутацій та цілеспрямованих молекулярних інгібіцій експресії генів при дослідженні сімей транскрипційних факторів, а саме CREB, C/EBP, Egr, AP-1 та Rel. Таким чином, останні дослідження проливають світло на функцію транскрипції, яка відповідає за синаптичну пластичність та формування пам'яті. Результатом досліджень є

визначення та обґрунтування закономірностей регулювання транскрипції при одержанні молекулярних запам'ятовуючих структур, як автографів довгострокових синаптичних змін і, відповідно етапів формування пам'яті.

Причиною, що перешкоджає досягненню поставленої мети є те, що в ньому не може бути реалізовано синтез ДНК з використанням РНК для передачі інформації від

Джерела інформації: на місце постійного зберігання інформації в ДНК за допомогою РНК-залежної ДНК-полімерази.

Таким чином функціональні можливості даного пристрою аналога обмежені.

Відомий запам'ятовуючий пристрій на основі ДНК [K.S. Boles, K.Kannan, J. Gill, M.Felderman, H.Gouvis, B.Hubby, K.I. Kamrud, J. C. Venter, D.G. Gibson. Digital-to-biological converter for on-demand production of biologics // Nature Biotechnology.- May 2017.- v.35.- P. 672-675], який має блок формалізованого представлення ДНК в цифровому вигляді даних, секвенатор ДНК та блок з набором ферментів для розрізання та зшивання нуклеотидів ДНК.

Спільними ознаками аналога та пристрою, що заявляється є, блок формалізованого представлення ДНК в цифровому вигляді даних, секвенатор ДНК та блок з набором ферментів для розрізання та зшивання нуклеотидів ДНК.

Попередники нуклеотидів і самі нуклеотиди синтезувалися за допомогою вказаного пристрою, а потім об'єднувалися в короткі ланцюжки і остаточний синтез ДНК з цих ланцюжків довірили пивним дріжджам. "Чорнилом" для цього біопринтера служать розчини нуклеотидів, а на виході виходять точно такі біомолекули, які описані в інструкції, яку апарат отримує через інтернет.

Причиною, що перешкоджає вирішенню поставленої задачі, є те, що в ньому не може бути реалізовано синтез ДНК з використанням РНК для передачі інформації від

Джерела інформації: на місце постійного зберігання інформації в ДНК за допомогою РНК-залежної ДНК-полімерази.

Таким чином функціональні можливості даного пристрою аналога обмежені.

Найбільш близьким технічним рішенням по сукупності співпадаючих вузлів пристрою є пристрій побудови запам'ятовуючого середовища на основі ДНК [Мантуров А.О., Гуторов М.А. Способ секвенирования ДНК и устройство для его осуществления.- Патент РФ № 2539038, опубл. 10.01.2015г.], який має блок формалізованого представлення ДНК в цифровому вигляді даних, секвенатор ДНК та блок з набором ферментів для розрізання та зшивання нуклеотидів ДНК.

Після секвенування копії молекули ДНК поміщають в чотири розчини, кожен з яких характеризується зниженою концентрацією одного з нуклеотидів, в порівнянні з іншими трьома нуклеотидами. Під час проведення полімеризації ДНК в кожному з розчинів реєструють факти виділення іонів за допомогою сенсорів на основі МДП-структур. Вимірюють проміжки часу між моментами виділення іонів і за наявності більшого проміжку часу роблять висновок про приєднання нуклеотиду зі зниженою концентрацією і далі визначають розташування даного нуклеотиду в ДНК, яка секвенується. Визначення моменту приєднання нуклеотиду до зростаючого ланцюга ДНК за рахунок вимірювання сигналу від кожного сенсора проводять в режимі стохастичного резонансу. Режим стохастичного резонансу забезпечують за рахунок вибору робочої точки МДП-структури посередині ділянки бістабільності, а також за рахунок введення сигналу шуму від додаткового генератора шуму на катод МДП-структури.

Спільними ознаками прототипу та пристрою, що заявляється, є блок формалізованого представлення ДНК в цифровому вигляді даних, секвенатор ДНК та блок з набором ферментів для розрізання та зшивання нуклеотидів ДНК.

Причиною, що перешкоджає вирішенню поставленої задачі, є те, що в ньому не може бути реалізовано синтез ДНК з використанням РНК для передачі інформації від

Джерела інформації: на місце постійного зберігання інформації в ДНК за допомогою РНК-залежної ДНК-полімерази.

Таким чином функціональні можливості даного пристрою аналога обмежені.

В основу винаходу поставлена задача створити такий пристрій, в якому через введення нових елементів було б можливо реалізувати синтез ДНК з використанням РНК для передачі інформації від

Джерела інформації: на місце постійного зберігання інформації в ДНК за допомогою РНК-залежної ДНК-полімерази, що дозволить суттєво розширити функціональні можливості пристрою, що пропонується.

Розв'язання поставленої задачі досягається тим, що, запам'ятовуючий пристрій з надвисокою щільністю запису інформації, який пропонується і включає в себе блок формалізованого представлення ДНК в цифровому вигляді даних, секвенатор ДНК та блок з

набором ферментів для розрізання та зшивання нуклеотидів ДНК, додатково містить набір нуклеотидів РНК для передачі інформації від

Джерела інформації: на місце постійного зберігання інформації в ДНК за допомогою РНК-залежної ДНК-полімерази.

5 Відмінною ознакою запам'ятовуючого пристрою є введення набору нуклеотидів РНК для передачі інформації від

Джерела інформації: на місце постійного зберігання інформації в ДНК за допомогою РНК-залежної ДНК-полімерази.

10 Ця відмінна ознака пристрою, що пропонується, дозволяє запам'ятовувати та передавати отриману інформацію на місце постійного зберігання інформації в ДНК, що дозволить суттєво розширити функціональні можливості пристрою, що пропонується.

15 На фіг. 1 представлена структурна схема запам'ятовуючого пристрою з надвисокою щільністю запису інформації. Структурна схема запам'ятовуючого пристрою з надвисокою щільністю запису інформації (фіг. 1) містить об'єднану рідинну систему ДНК 1 та РНК 2, вихід якої з'єднаний із входом блока детекції 3 сенсорних МДП-структур, вихід якого зв'язаний з входом підсилювача струму 4, вихід якого з'єднаний з входом аналогово-цифрового перетворювача 5, інформація від якого в цифровому вигляді надходить в комп'ютерну систему 8; другий вихід рідинних систем 1 та 2, з'єднаний з входом джерела напруги зсуву 6, вихід якого зв'язаний з входом генератора шуму 7.

20 Рідинні системи ДНК 1 та РНК 2 мають в своєму складі підсистему детекції 3 на основі МДП-сенсорів, чутливих до викидів іонів водню в розчин. Підсистема детекції має чотири планарні матриці, на поверхні яких розміщено від 1 до N сенсорів, містить джерело напруги зсуву 6 і генератор шуму 7. При цьому як сенсор використовують структуру з можливістю формування режиму стохастичного резонансу, яка виконана на основі МДП-діода, що дозволяє забезпечити роботу сенсора посередині ділянки бістабільності на його ВАХ за рахунок зміщення робочої точки МДП-діода, для чого один вихід джерела зсуву 6 підключений до катода пристрою, а інший вихід підключений до генератора шуму, при цьому анод МДП-діода є виходом сенсора і підключений до одного з N входів підсилювача струму 4, вихід якого підключений до входу аналогово-цифрового перетворювача 5, пов'язаного зі входом комп'ютерної системи 8, при цьому МДП-діод складається з багатошарової конструкції, що включає з'єднаний з анодом перший металевий контакт, який розміщений на нижньому шарі p-Si, верхня поверхня якого з'єднана з нижньою поверхнею шару n-Si, верхня поверхня якого покрита шаром діелектрика, що складається з алмазоподібної плівки, на верхній поверхні якого утворена робоча зона для іммобілізації фрагментів ДНК.

35 Підсилювач струму 4 представлений мікросхемою MAX4209 фірми MAXIM Integrated; АЦП 5-представлений мікросхемою MAX 11905 фірми MAXIM Integrated; джерело напруги зсуву 6 виконано на основі мікросхеми 544УД12У3 фірми "Західприлад"; генератор шуму 7 представлений операційним підсилювачем КР140УД1208 та підсилювачем потужності К174ХА10 фірми "Західприлад".

40 Пристрій працює наступним чином: а) готують чотири види розчинів для полімеризації фрагментів ДНК (по числу видів нуклеотидів: аденіну, тиміну, гуаніну, цитозину), при цьому кожен розчин містить, як мінімум, всі чотири види нуклеотидів, причому концентрація одного з нуклеотидів менше концентрації трьох інших. Коли в якомусь із розчинів концентрація будь-якого виду нуклеотиду знижена, то в трьох інших розчинах концентрація цього виду нуклеотидів має нормальне значення. Таким чином, в кожному з підготовлених чотирьох розчинів знижена концентрація або нуклеотиду аденіну, або тиміну, або гуаніну, або ж цитозину;

45 б) фрагменти ДНК, що секвенуються, за допомогою рідинної системи з використанням автоматизованої піпетки поміщають на поверхню чотирьох напівпровідникових сенсорів-структур "метал-діелектрик-напівпровідник", на поверхню діелектричного шару, з іммобілізацією на ньому в заздалегідь нанесені розчини чотирьох видів, для проведення реакції полімеризації ДНК;

в) за допомогою рідинної системи, описаної вище, в розчин додають молекули ДНК полімерази;

55 г) проводять робочий цикл секвенування фрагмента ДНК, при цьому здійснюють детектування моменту приєднання нуклеотиду до зростаючого ланцюга ДНК за рахунок вимірювання сигналу від кожного сенсора, виконаного на МДП-діоді з можливістю реєстрації або зміни концентрації іонів водню на фрагменті ДНК, що полімеризується в розчині полімеризації, в режимі стохастичного резонансу. Режим стохастичного резонансу забезпечують вибором робочої точки МДП-структури сенсора посередині ділянки бістабільності і введенням сигналу шуму від генератора шуму 7 на катод МДП-діода;

д) реєструють чотири сигнали з виходів підсилювачів МДП-сенсорів, розміщених на чотирьох матрицях, і проводять обробку даних за допомогою комп'ютера, при цьому визначають моменти затримки сигналу при включенні кожного виду нуклеотиду в молекулу ДНК на кожній окремій сенсорі.

5 е) відновлюють послідовність нуклеотидів в ДНК, що секвенується шляхом поєднання отриманих даних про розташування нуклеотидів зі зниженою концентрацією, в кожному з чотирьох розчинів кожного сенсора на чотирьох матрицях.

е) реєстрацію факту розділення зарядів, зокрема реєстрацію виділення іона водню в розчин при приєднанні ДНК-полімеразою чергового нуклеотиду здійснюють за допомогою вимірювання провідності розчину при проведенні в ньому реакції полімеризації ДНК, реєстрацію факту виділення іона водню в розчин здійснюють за допомогою напівпровідникового сенсора, що являє собою МДП-діод.

ж) записані в пам'ять комп'ютера чотири сигнали-циклограми (по одному від кожного з чотирьох МДП-діодів) матимуть відмінності у вигляді затримок (відсутність зміни сигналу) в ті моменти часу, коли молекула полімерази ДНК у відповідному розчині, дійшовши до того фрагмента ДНК, концентрація комплементарного нуклеотиду якого в розчині знижена, чекатиме його підходу з розчину, для вбудовування у фрагмент ДНК. Реконструкцію інформаційної послідовності секвенуючої ДНК по затримках в ході реакції полімеризації фрагментів ДІЖ здійснюють наступним чином;

з) після запису реалізацій зміни провідності по часу всіх чотирьох розчинів проводять порівняння реалізацій шляхом вирівнювання початку реалізацій між собою і виявлення моментів затримок в появі сигналів зміни провідності того чи іншого розчину. Зазначені затримки (або ж фази відсутності) зміни сигналу провідності даного розчину будуть вказувати на наявність в даному місці в інформаційній послідовності секвенуючої ДНК того нуклеотиду, концентрація якого істотно знижена в порівнянні з іншими в цьому розчині, для підвищення достовірності реконструкції ДНК-послідовності вказаний досвід необхідно повторити з кратністю, пропорційною необхідного ступеня достовірності результату секвенування;

і) потім в рідинну систему РНК 2, що містить нуклеотиди: аденін, урацил, гуанін, цитозин додають розчин РНК-залежної ДНК-полімерази, в рідинній системі РНК 2 відбувається синтез ДНК на матриці РНК, що і є ефектом реалізації запам'ятовуючого пристрою з надвисокою щільністю запису інформації.

Таким чином відмінна ознака пристрою, що пропонується, дозволяє запам'ятовувати та передавати отриману інформацію на місце постійного зберігання інформації в ДНК, а саме через введення набору нуклеотидів РНК для передачі отриманого досвіду на місце постійного зберігання інформації в ДНК та РНК-залежної ДНК-полімерази, що дозволяє суттєво розширити функціональні можливості пристрою, що пропонується.

Відповідно до експериментальних даних, довготривала пам'ять може бути результатом виникнення нових синапсів [Todorova K.A., Anokhin K.V., Tiunova A.A. Blockade of Histone Deacetylation in the Brain Modulates the Expression of Transcription Factors c-FOS and ZENK and Potentiates the Formation of Long-Term Memory in Neonatal Chicks // Neuroscience and Behavioral Physiology.- 2016.-v.46, № 3.-P. 256-263; Gallistel C, Balsam P. Time to rethink the neural mechanisms of learning and memory//Neurobiology.- 2014.-V.108.-P.136-144; Chen S., Cai D., Pearce K., Sun P., Roberts A., Glanzman D.L.Reinstatement of long-term memory following erasure of its behavioral and synaptic expression in Aplysia // Neuroscience.-November, 2014.-N17.-P.1-14], які, в свою чергу, фіксуються по зворотному зв'язку в ДНК згідно з механізмом, запропонованому в даній заявці на винахід.

Це підтверджує, що всякий раз при заучуванні нового матеріалу в мозку виникають фізичні зміни. Після того, як були відкриті хімічні процеси, що лежать в основі запам'ятовування, експериментально досліджувались самі механізми запам'ятовування на молекулярному рівні за участі ДНК. Оскільки ДНК містить пам'ять для розвитку організму, а також для функціонування останнього при різних життєвих обставинах, зокрема при навчанні, є дуже важливим дослідження можливостей ДНК, РНК та білків в процесі передачі набутого досвіду на місце постійного зберігання інформації в ДНК за допомогою механізмів, реалізованих через введення набору нуклеотидів РНК для передачі отриманого досвіду на місце постійного зберігання інформації в ДНК та РНК-залежної ДНК-полімерази.

Інструкції для синтезу білка, що переносяться молекулою РНК, укладені в специфічній послідовності органічних основ, приєднаних до остова молекули, оскільки саме вони служать матрицями для синтезу білків. Різна послідовність призводить до синтезу різних білків. Можна стверджувати, що ця послідовність змінюється в результаті досвіду, набутого при навчанні.

Сучасний рівень мікро- та наноелектроніки дозволяє розробити та побудувати запам'ятовуючий пристрій з надвисокою щільністю запису інформації, що заявляється.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

5

Запам'ятовуючий пристрій з надвисокою щільністю запису інформації, який містить об'єднану рідинну систему ДНК та РНК, вихід якої з'єднаний із входом блока детекції сенсорних МДП-структур, вихід якого зв'язаний з входом підсилювача струму, вихід якого з'єднаний з входом аналогово-цифрового перетворювача, інформація від якого в цифровому вигляді надходить в комп'ютерну систему; другий вихід рідинних систем, з'єднаний з входом джерела напруги зсуву, вихід якого зв'язаний з входом генератора шуму, який **відрізняється** тим, що додатково містить набір нуклеотидів РНК для передачі інформації на місце постійного зберігання інформації в ДНК та РНК-залежну ДНК-полімеразу, розміщені в рідинній системі РНК.

10

