

УДК 621

Метод вимірювання кількості перезаписів мемристора

Шовкопляс Д.Я., доц., к.т.н., Тугай С.Б.

Ключові слова: мемристор, закон Ома, гістерезис, кількість перезаписів мемристора.

Анотація - Розглянуто принцип роботи мемристора, метод вимірювання кількості його перезаписів.

Введення

В статті коротко розглянуто структуру мемристора, принцип його роботи та буде представлений метод вимірювання кількості перезаписів мемристора.

Актуальність

Мемристор планується використовувати в робототехніці, так як мемристор може імітувати людський синапс в нервовій системі [1]. Тому дуже важливо визначити кількість перезаписів в кожному елементі матриці. Також використання мемристорів в якості елементів пам'яті, використовують просту структуру паралельних провідників шириною 50 нм, які перетинаються с іншим набором нанопровідників. В Hewlett Packard очікують довести щільність «мемристивної» пам'яті до 20 Гбайт/см², що буде в два рази більше, ніж щільність флеш-пам'яті [1].

Теоретична частина

Мемристор – вважається четвертим пасивним елементом, в одному ряді з котушкою індуктивності, конденсатором та резистором. Виконуючи функцію пам'яті підвищуючи свій опір в залежності від струму, який через нього пройшов, саме тому мемристор є поєднання слів «memoгу» та «resistor».

Тож, опір мемристора залежить від того яка кількість заряджених часток пройде через мемристор за певний час, тобто $\frac{di}{dt}$.

Розглянемо архітектуру мемристора детальніше. Спрощена модель архітектури мемристора має наступний вигляд:

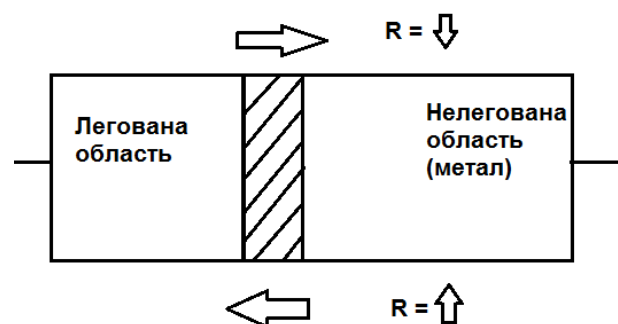


Рис.1 Спрощена модель мемристора

Принцип роботи мемристора можна пояснити, як електроміграція

іонів кисню під дією змінних електричних полів, що і є основною причиною виникнення двозначної залежності струму від напруги в контактах металевого електрода зі складним оксидом перехідних металів.

Розберемося у принципі «запам'ятовування опору». Коли струм протікає через мемристор у перший раз, іони дифундують з нелегованої області в леговану, таким чином мемристор набуває певного опору, який залежить від кількості заряджених частинок, що проходять через нього. При зворотному проходженні струму, іони дифундуються у зворотному напрямку у нелеговану область, але не всі іони можуть дифундувати назад, так як частина іонів в периферійних зонах не здійснює зворотної міграції, і опір мемристора повертається до номінального значення, але через неідеальне повернення всіх іонів кисню, цей опір буде менший ніж той, що був до ітерації перезапису. З великою кількістю перезаписів, можна спостерігати «поглинання» легованої області легованою, яка позначається заштрихованою областю на спрощеній моделі мемристора.

Далі, еквівалентно представимо мемристор як два послідовних резистора. [1].

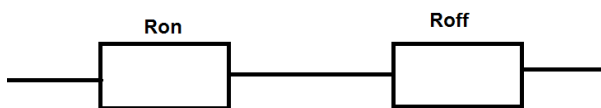


Рис. 2 Еквівалентне представлення мемристора

Також важливу роль відіграє і матеріал з якого виготовлений мемристор. Так як нагрів є важливим чинником при проходженні біполярного струму через мемристор, в ньому використовується великий спектр окислів металів. Розповсюдженим варіантом з них є окисел титану, та платина [1].

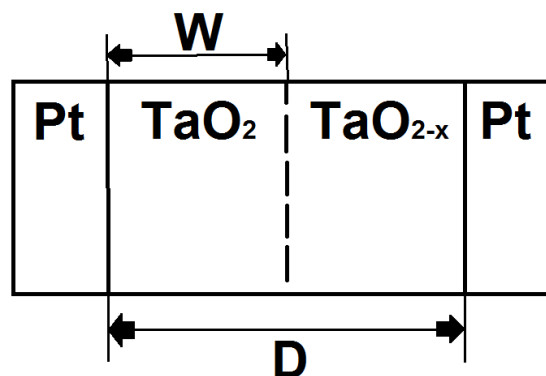


Рис. 3 Архітектура мемристора з окислу танталу та платини

На даний час, найефективнішою комбінацією матеріалів є окисел платини та окисел танталу [1]. В цих матеріалах найкраще спостерігається мемристивні властивості. Розміри легованої та нелегованої зони 50x50 нм, що позитивно впливає на щільність мемристора як елемента пам'яті.

Далі розглянемо ВАХ мемристора, при записі та зчитуванні. ВАХ мемристора має форму гістерезису [1].

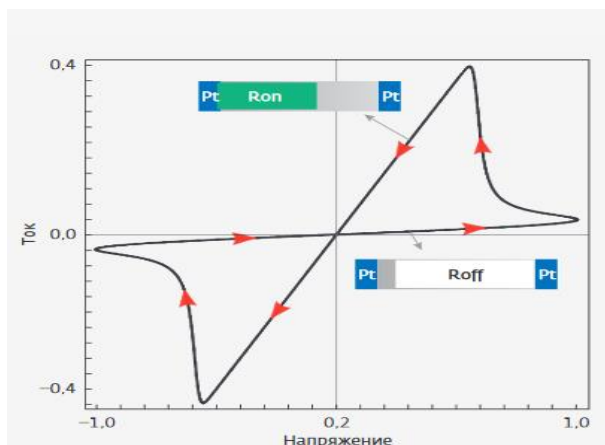


Рис. 4 Ідеальний ВАХ мемристора. [1]

Напруга запису/стирання мемристора (U_W/U_E) – 1 - 5 В. Напруга зчитування мемристора (U_R) – 0,1-0,5 В [1].

Звернемо увагу, що такий ВАХ має ідеальний мемристор. При перезаписі ВАХ реального мемристора піддається ефекту «ламання», даний ефект пов'язаний з неспроможністю іонів кисню дифундувати назад в нелеговану область мемристора.

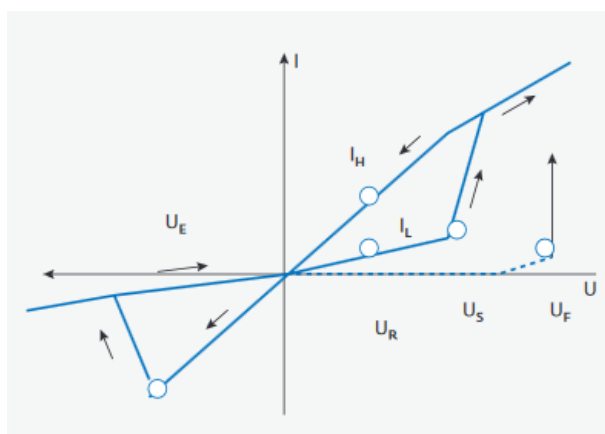


Рис. 5 ВАХ мемристора. [1]

Принцип вимірювання кількості перезаписів

Тож як саме можна виміряти номінальний опір мемристора, якщо він змінюється при протіканні через нього електричного струму? Внутрішній опір мемристора визначатиметься за формулою:

$$R_{mem} = R_{ON} \cdot x + R_{off}(1 * x) \quad [3]$$

$$\text{Де, } x = \frac{W}{D},$$

D – вся ширина точкової плівки мемристора.

W – Фактична ширина легованої області.

З формули бачимо, що номінальний опір мемристора напряму залежить від ширини усього мемристора, та його легованої зони.

Тож, теоретично існує залежність внутрішнього опору мемристора (R) від кількості циклів перезапису (N). І за цим графіком, теоретично, можна визначити скільки мемристора залишилось циклів перезапису до відмови компоненту.

Характеризується гістерезис мемристорів співвідношенням опорів

$$\left(\frac{R_{ON}}{R_{OFF}}\right),$$

де

$$R_{ONN/OFF} = \frac{U_{ON/OFF}}{I_{ON/OFF}}.$$

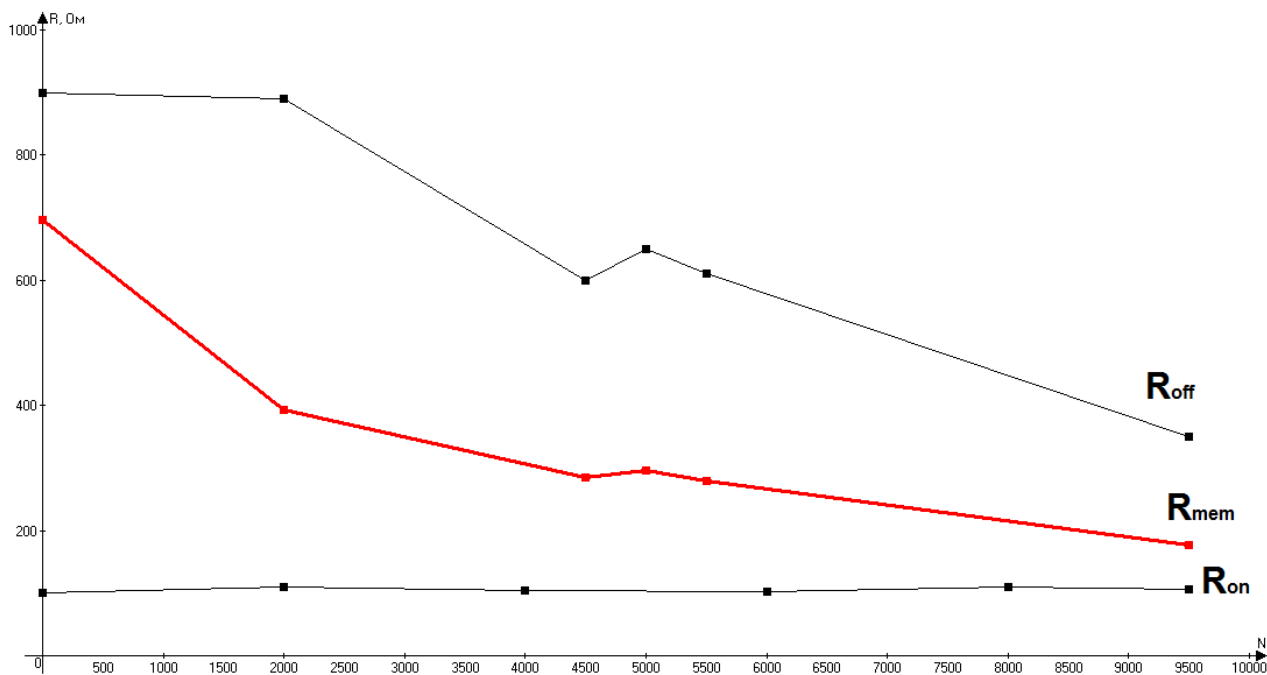


Рис. 6 Графік Залежності опорів R_{on} та R_{off} , і R_{mem} мемристора від кількості перезаписів.

Висновки

Детально розглянувши архітектуру, поведінку, принцип роботи та принцип вимірювання мемристора бачимо залежність кількості перезаписів від номінального опору мемристора за допомогою якого можна прогнозувати скільки часу можна експлуатувати даний компонент в приладі де він використовується. Це є актуально на даний час, так як мемристор стане основним компонентом для зберігання інформації, а мемристорні матриці будуть активно використовуватись у робототехніці.

Література

1. «Перспективная элементная база нанозлектроники - мемристоры – новый тип

элементов резистивной памяти для нанозлектроники; А.Гудков1gudkov@niifp.ru, А.Гогин1, М.Кик1, А.Козлов1, А.Самусь2 ».

2. Электроника и связь: научно-технический журнал. - 2013. - № 2(73). - С. 9-15. Белоголовский, М. А., Нанозлектронные устройства с памятью на основе эффекта электромиграции кислородных вакансий в сложных оксидах переходных металлов / М. А. Белоголовский, С. Ю. Ларкин,
3. Electronics and Communications : научно-технический журнал. - 2015. - Т. 20, № 1(84). - С. 27-35. Артюхов, В. Г. Схемотехнічне моделювання мемристора в

- середовищі MicroCap / В. Г. Артюхов, І. В. Коноваленко.
4. Письма в ЖТФ, 2014 год, том 40, выпуск №7; Ю.В. Храповницкая, Н.Е. Маслова, Ю.В. Грищенко, В.А. Демин, М.Л. Занавескин – Исследования влияния материала контакта мемристора на его устойчивость к деградации при циклических переключениях. ; Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Москва.