

Данилин С.Н., Щаников С.А., А.Д. Зуев, Борданов И.А.  
*Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»*  
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23  
E-mail: dsn-55@mail.ru

### **Новые возможности исследования электрофизических свойств энергонезависимых мемристоров**

Современный уровень нанотехнологий позволил реализовать элемент, предложенный в 1971 году профессором Л. Чуа [1] – энергонезависимый мемристор. Это наноразмерный пассивный аналоговый элемент с эффектом памяти. Область его применения - новые более емкие и эффективные энергонезависимые виды памяти, коммутаторы, RFID-компоненты, сенсоры и т.д. Мемристор изменяет свое сопротивление в зависимости от протекающего через него заряда. Данное свойство позволяет использовать мемристор, как синапс искусственной нейронной сети (ИНС) при её аппаратной реализации. Как показывают исследования, ИНС на основе мемристоров (ИНСМ) открывают возможности для перехода вычислительной техники на более высокий (эксафлопный) уровень производительности, при снижении уровня энергопотребления на несколько порядков [2].

Одной из нерешённых проблем в данном научном направлении является разработка методов и алгоритмов создания ИНСМ с необходимой точностью функционирования. Теоретические и экспериментальные исследования процессов и закономерностей изменения точности электрофизических параметров и характеристик мемристоров, проведенные многими научными коллективами [3-8], показали наличие специфических явлений, препятствующих работе мемристоров и технических средств на их основе с необходимой точностью.

Л.Чуа в работе [9] составил список из пяти уникальных свойств произвольных энергонезависимых мемристоров, показал причину их появления и привел математические доказательства их природы.

Авторы доклада приступили к углубленному исследованию электрофизических свойств и характеристик энергонезависимых мемристоров на основе стабилизированного диоксида циркония [10-11] и технических средств на их основе [12].

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №18-38-00592.

### **Литература**

1. Chua L.O. Memristor – the missing circuit element // IEEE Trans. Circuit Theory. 1971. Vol. 18. PP. 507-519.
2. Галушкин А.И. На пути к нейрокомпьютерам с использованием мемристоров // «Нейрокомпьютеры с использованием мемристоров» - приложение к журналу «Информационные технологии». 2014. №4. С. 3-48.
3. T.W. Hickmott, Low frequency negative resistance in thin oxide films. J. Appl. Phys. 33, 2669–2682 (1962). <https://doi.org/10.1063/1.1702530>
4. J.F. Gibbons, W.E. Beadle, Switching properties of thin NiO films. Solid-State Electron. 7, 785–797 (1964). [https://doi.org/10.1016/0038-1101\(64\)90131-5](https://doi.org/10.1016/0038-1101(64)90131-5)
5. J.G. Simmons, R.R. Verderber, New conduction and reversible memory phenomena in thin insulating films. Proc. Roy. Soc. A. 301, 77–102 (1967). <https://doi.org/10.1098/rspa.1967.0191>
6. Y.G. Kriger, N.F. Yudanov, I.K. Igumenov, S.B. Vashchenko, Study of test structures of a molecular memory element. J. Struct. Chem. 34, 966–970 (1993). <https://doi.org/10.1007/BF00752875>
7. A. Beck, J.G. Bednorz, C.H. Gerber, C. Rossel, D. Widmer, Reproducible switching effect in thin oxide films for memory applications. Appl. Phys. Lett. 77, 139–141 (2000). <https://doi.org/10.1063/1.126902>

8. C.J. O'Kelly, H.N.M. Abunahla, M.A. Jaoude, D. Homouz, Sub-threshold continuum conductance change in NbO Pt memristor interfaces. *J. Phys. Chem. C* 120, 18971–18976 (2016). <https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.6b05010>

9. Chua, L. Five non-volatile memristor enigmas solved // *Applied Physics*. 2018. 124. PP. 563-606. doi:10.1007/s00339-018-1971-0.

10. Koryazhkina M.N., Tikhov S.V., Mikhailov A.N., Belov A.I., Korolev D.S., Antonov I.N., Karzanov V.V., Gorshkov O.N., Tetelybaum D.I., Karakolis P., Dimitrakis P. Bipolar resistive switching in metal-insulator-semiconductor nanostructures based on silicon nitride and silicon oxide // *Journal of Physics: Conference Series*. V. 993. 2018. P. 012028.

11. Тихов С.В., Горшков О.Н., Антонов И.Н., Михайлов А.Н., Белов А.И., Морозов А.Е., Р. Karakolis Особенности поведения МДП-мемристоров с нанослоем Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, изготовленных на основе проводящей подложки из кремния // *Физика и техника полупроводников*. № 12. Т. 52. 2018. С. 1436–1442.

12. Данилин С.Н., Щаников С.А. Исследование точности функционирования нейросетевых компонентов РТС на основе мемристоров // *Радиотехнические и телекоммуникационные системы*. 2015. №1. С. 39-48.