

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Теплова Георгия Сергеевича «Разработка модели искусственного нейрона с динамической функцией активации на базе мемристивных компонентов», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.27.01 – твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нанoeлектроника, приборы на квантовых эффектах.

Диссертационная работа посвящена исследованию методов и способов аппаратной реализации искусственного нейрона, включая разработку модели биполярного мемристора на языке Verilog-A с учетом применения в структурной схеме искусственного нейрона. В диссертации представлены исследования применения в структурной схеме искусственного нейрона элементов ReRAM на основе оксида металлов с биполярным механизмом переключения, которые имеют филаментарный механизм переключения с управлением импульсами напряжения. Актуальность темы работы обусловлена стремительным развитием схемотехнических разработок с использованием мемристоров и высоким потенциалом их практического применения при создании систем искусственного интеллекта.

Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка терминов и определений, списка сокращений, списка работ, опубликованных по теме диссертации, списка цитируемой литературы из 143 наименований, двух приложений и содержит 156 страниц, в том числе 41 рисунок и 4 таблицы.

В первой главе приводится аналитический обзор существующих результатов исследований в области моделей искусственных нейронов и искусственных нейронных сетей. Отмечается, что имеющиеся модели описания искусственных нейронов учитывают влияние структуры синапсов, типа и вида функции агрегации и активации на вычислительную мощность единичного нейрона, но не в состоянии описать динамическое изменение функции активации, в том числе и в процессе работы сети.

Автором формулируется математический аппарат описания искусственного нейрона, базирующееся на теории автоматов в терминах конечных множеств, производится оценка влияния мощностей конечных множеств на вычислительную мощность предлагаемой модели нейрона, на основе предложенной модели

демонстрируется возможность построения модели нейрона с суммирующей функцией агрегации эквивалентной модели нейрона с n-мерной операцией умножения. В завершении главы автор осуществляет построение обобщенной схемы имплементации искусственного нейрона.

Во второй главе автор уделяет значительное внимание способам и методам, применяемым при схемотехнической реализации искусственных нейронов и искусственных нейронных сетей. В процессе аналитического обзора существующих подходов автор производит обоснованный выбор типов мемристивных компонентов, которые будут применяться в структурной схеме искусственного нейрона. Критериями выбора биполярных мемристоров являются количество дискретных состояний получаемых на элементе, масштабируемость элемента и механизм переключения между состояниями проводимости, позволяющий избежать ряда технических проблем при использовании архитектуры кросс-бар.


Математическая формулировка модели биполярных мемристоров на основе оксидов металлов производится автором с учетом известных девиаций экспериментально наблюдаемых параметров. Верификация предложенной модели выполняется путем сопоставления полученных расчетных данных с экспериментальными данными о параметрах процессов в аналогичных структурах. В рамках разработанных модельных представлений проведено исследование скорости переключения мемристора от амплитуды и продолжительности импульса. Построенная модель позволяет задавать диапазоны разбросов параметров высокорезистивного и низкорезистивного состояний, а также разбросы границ девиаций порогов переключения. Разработанный подход позволил показать эффективность переключения короткими малоамплитудными управляющими импульсами, а также учесть различные виды отказа мемристоров в процессе работы.

В третьей главе приводится описание структурной схемы искусственного нейрона на базе мемристивных компонентов, а также приводится алгоритм работы предлагаемой структурной схемы. Представленная структурная схема позволила реализовать модель искусственного нейрона с динамической функцией активации. Предложенный алгоритм функционирования позволяет учитывать влияние уровня возбуждений на входах нейрона в каждый момент времени процесса активации. Автор производит уточнение блоков, использующих мемристоры в своем составе, а также указывает линии управляющих сигналов в структуре нейрона.

На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа Теплова Г.С. полностью удовлетворяет требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.27.01 – твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах.

Официальный оппонент


Начальник отдела
Научно-технического обеспечения,
главный научный сотрудник,
Института нанотехнологий
микроэлектроники РАН,
доктор физ.-мат. наук, профессор,
профессор РАН

 Яковлев Виктор Борисович

119991 г. Москва, Ленинский проспект, д. 32А,
Тел.: +7 (916) 1288169
E-mail: yakvb@mail.ru

Подпись В.Б.Яковлева заверяю:

*Зам. директора
по научной работе*

 *Стабров А.А.*

