УДК 004.3:004.9

Прототип базы данных по структурам и их свойствам дляСозданиЯ энергонезависимой памяти на основе технологии ReRAM

*Гаврилов Евгений Сергеевич, к.т.н., научный сотрудник1*

*eugavrilov@gmail.com*

*Абгарян Каринэ Карленовна,*

*д.ф.-м.н., главный научный сотрудник, заведующая отделом**1,*

*профессор2*

[*kristal83@mail.ru*](mailto:kristal83@mail.ru)

*Кулешов Игорь Александрович, инженер-исследователь1,*

*аспирант2*

*alpkuleshov@gmail.com*

*Ерещенко Алексей Владимирович, младший научный сотрудник1*

*ereshchenko.alexey@gmail.com*

*1ФИЦ ИУ РАН, г. Москва*

*2ВМК МГУ, г. Москва*

**Аннотация:** Элементы энергонезависимой памяти сегодня применяются в качестве перспективной элементной базы для хранения информации, создания вычислительных систем, искусственных нейронных сетей, имитирующих функции мозга. Работа посвящена вопросам, связанным с разработкой прототипа базы данных – составной части системы автоматизированного проектирования ЭКБ для создания ячеек энергонезависимой памяти на основе технологии ReRAM. Она предназначена для хранения информации по структурам и их свойствам, полученной в ходе вычислительных экспериментов, в ходе лабораторных исследований, из других источников. Представлены основные характеристики разработанного прототипа документоориентированной Базы данных. Отмечено, что функционал реализованного прототипа Базы данных может быть расширен, и в дальнейшем аналогичные системы могут быть использованы для хранения информации по другим типам устройств энергонезависимой памяти.

**Ключевые слова:** документоориентированная База данных, система автоматизированного проектирования, энергонезависимая память, электронная компонентная база (ЭКБ), система управления базой данных (СУБД).

Введение

В последнее время в области микроэлектроники наблюдается повышенный интерес к элементам энергонезависимой памяти, выступающим в качестве перспективной элементной базы для хранения информации, создания вычислительных систем, искусственных нейронных сетей, имитирующих функции мозга. В ходе разработки программных средств системы автоматизированного проектирования ЭКБ для создания ячеек энергонезависимой памяти на основе технологии ReRAM, FeRAM, MRAM (САПР «СоВа») был построен прототип Базы данных, предназначенный для хранения информации по структурам и их свойствам для ячеек ReRAM. Данная система предусматривает расширение функционала и в дальнейшем возможность использования разработанных программных средств для хранения данных по структурам и их свойствам для энергонезависимой памяти на основе технологии FeRAM и MRAM.

*Описание прототипа базы данных по структурам и их свойствам для энергонезависимой памяти на основе технологии ReRAM*

В архитектуре разработанного прототипа базы данных, имеются следующие ключевые особенности:

- программный интерфейс (API), позволяющий автоматизировать загрузку и другие операции с данными при помощи внешнего инструментария на различных языках программирования;

- веб-интерфейс пользователя;

- автоматическая валидация импортируемых данных;

- возможность ручного контроля качества данных;

- обязательная ссылка на источники данных.

Кроме того, из особенностей, продиктованных использованием базы данных в составе обслуживающей подсистемы САПР необходимо отметить следующие:

- возможность хранения различных объектов (например, устройств ReRAM);

- возможность расширения списка хранимых типов данных без или с небольшой доработкой системы.

Другой архитектурной особенностью реализации является использование документной СУБД вместо реляционной, что обусловлено рядом преимуществ для данной предметной области, описанных в [1,2]. В частности, документная СУБД оперирует *коллекциями* документов, имеющих структуру [дерева](https://ru.wikipedia.org/wiki/Дерево_(теория_графов)). Такая структура хранения позволяет работать даже с достаточно разветвленной и динамично меняющейся схемой данных, а также индексировать документы для быстрого поиска по отдельным атрибутам. Применение программного интерфейса [API](https://ru.wikipedia.org/wiki/API) для поиска позволяет не только работать с оперативными данными, но и определять новые типы хранимых данных без изменения программного кода.

Приведем перечень отдельных типов хранимых данных, которые определяются потребностями САПР «СоВА» и будут расширяться в процессе развития и подключения новых видов памяти и расчетов:

– материалы, используемые в составе устройства ReRAM (для дрейф-диффузионной и квантово-механической моделей);

– структура устройства ReRAM (для дрейф-диффузионной модели);

– химические элементы, используемые в материалах ReRAM;

– кристаллическая система групп симметрии кристаллов;

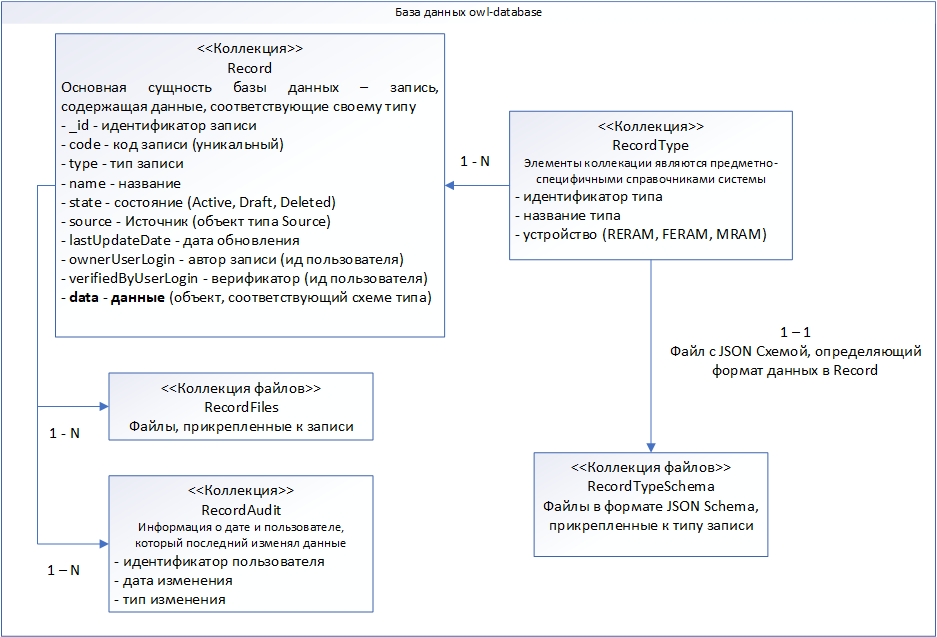
– пространственные группы, используемые в кристаллических структурах ReRAM;

– псевдопотенциалы для квантово-механических расчетов материалов, используемых в составе устройства ReRAM;

– компактные модели устройства ReRAM (результаты обучения модуля компактной модели ReRAM).

Все данные в рамках одного типа объединены в виде единого табличного представления на уровне интерфейса прототипа БД (имеют единую структуру, описанную схемой).

Схема данных документной модели базы данных представлена на рисунке 1.

Рисунок 1 – Схема документной модели базы данных

Ключевым объектом (коллекцией) на схеме является Record, хранящий все записи базы данных. Тип данных определяется полем «type» и от схемы типа зависит содержимое поля Record.data. При добавлении и обновлении записи производится проверка соответствия данных в поле data JSON-схеме данных, определенной в RecordType – RecordTypeSchema.

Построенный прототип Базы данных существенно учитывает информационную совместимость проектирующих и обслуживающих подсистем САПР и обеспечивает независимость данных на логическом и физическом уровнях, в том числе:

- инвариантность к программному обеспечению, а также возможность одновременного использования данных, импортируемых из различных БД различными пользователями;

- возможность наращивания БД;

-контролируемую избыточность данных.

**Выводы**

В докладе рассматриваются актуальные методы и средства компьютерного моделирования, применяемые при создании прототипа Базы данных для создания ячеек энергонезависимой памяти на основе технологии ReRAM. Представлены основные особенности и проектируемые возможности построенного программного продукта. Приведен перечень типов хранимых данных, которые определяются потребностями САПР «СоВА» и могут расширяться в процессе развития и подключения новых видов памяти и расчетов. Представлена схема документной модели базы данных.

*Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект №23-91-01012*

Список использованных источников

[1] Абгарян К.К., Сеченых П.А. Е.С. Гаврилов. Применение документно-ориентированной СУБД для хранения данных вычислительных экспериментов. // Материалы XX Международной конференции по механике и прикладным программным системам (ВМСППС’2017), 24-31 мая 2017 г., Алушта. с.125-127.

[2] Абгарян К.K., Гаврилов Е.С. Интеграционная платформа для многомасштабного моделирования нейроморфных систем// Информатика и её применение, 2020.Том 14, выпуск 2. С.104–110. DOI: 10.14357/19922264200215

**PROTOTYPE OF A DATABASE ON STRUCTURES AND THEIR PROPERTIES FOR CREATING NON-VOLATILE MEMORY BASED ON RERAM TECHNOLOGY**

Gavrilov Evgeny Sergeevich, Candidate of Technical Sciences, Research collaborator1

eugavrilov@gmail.com

Karine Karlenovna Abgaryan,

PhD, Chief Researcher, Head of the Department1,

Professor2,

kristal83@mail.ru

Kuleshov Igor Alexandrovich, Research Engineer1,

graduate student2,

alpkuleshov@gmail.com

Alexey Vladimirovich Ereschenko, Junior Researcher 1,

graduate student

ereshchenko.alexey@gmail.com

1Federal Research Centre "Computer Science and Control"(FRCCSC), of the Russian Academy of Sciences, (FRC CSC RAS). Vavilov st. 44, 119333 Moscow, Russia

2The faculty of Computational Mathematics and Cybernetics of [Lomonosov Moscow State University](http://www.msu.ru/en/)

(СMC MSU)

**Abstract:** Non-volatile memory cells are nowadays used as a promising element base for information storage, creation of computing systems, artificial neural networks imitating brain functions. The work is devoted to the issues related to the development of a prototype of a database - a component of the system of computer-aided design of ECB for the creation of non-volatile memory cells based on ReRAM technology. It is intended for storing information on structures and their properties obtained during computational experiments, in the course of laboratory research, from other sources. The main characteristics of the developed document-oriented prototype of the Database are presented. It is noted that the functionality of the realized prototype of the Database can be extended, and in the future similar systems can be used to store information on other types of non-volatile memory devices.

**Keywords:** document-oriented Database, computer-aided design system, non-volatile memory, electronic component base, database management system**.**