

# Повышение Эффективности Перезаписи Данных в Энергонезависимую Память

Розоринов Г.Н., Брягин О.В.

Кафедра систем защиты информации  
Государственный университет телекоммуникаций  
Киев, Украина  
grozoryn@gmail.com

Спивак В.М.

Кафедра звукотехники и регистрации информации  
НТУУ "Киевский политехнический институт"  
Киев, Украина  
viktor\_m53@mail.ru

**Abstract – It was proposed the device of access, which allows to reduce processing time, needed for the change of the cleared blocks, and also the data storage format in the solid-state semiconductor memory, that allows to increase its life time.**

**Ключевые слова—** Время обработки, кластер, , перезапись данных, срок службы, твердотельная память, уровень файловой системы, физический уровень .

## I. ВВЕДЕНИЕ

Твердотельные устройства памяти, благодаря таким своим достоинствам, как малые размер и вес, заметно укрепили свои позиции в качестве носителей информации в широкой области применения [1]. Полупроводниковое твердотельное устройство памяти содержит встроенную энергонезависимую память, например, так называемое ЭППЗУ (электрически перепрограммируемое постоянное запоминающее устройство), доступ к которой осуществляют с помощью подключенного к ней устройства, что позволяет использовать твердотельное устройство памяти в качестве носителя информации. Данные можно непосредственно записывать в пустые сектора ЭППЗУ таким же образом, как при записи на магнитные или оптические диски.

При этом, если секторы ЭППЗУ уже содержат данные, то прежде чем записать в них новые данные, секторы необходимо очистить, удалив ранее записанные в них данные. В наиболее часто используемых ЭППЗУ типа НЕ-И, операцию очистки секторов приходится осуществлять одновременно в 32 секторах (в такого рода памяти группа из 32 секторов образует так называемый очищаемый блок) [2]. Поэтому полупроводниковая память содержит специализированную схему внутреннего управления, с помощью которой осуществляется управление ею, используя очищаемые блоки в качестве элементарных областей доступа. Операции контроля статуса очищаемых блоков, считывания данных из очищаемых блоков и записи данных в очищаемые блоки выполняются под управлением этой схемы управления.

Таким образом, твердотельное устройство памяти имеет уникальную аппаратную структуру (физический

уровень), которая коренным образом отличается от структуры, используемой в магнитных или оптических дисках.

Однако модель уровней полупроводниковой памяти не отличается от модели уровней для магнитного или оптического диска, и предусматривает наличие физического уровня, уровня файловой системы и уровня приложений (рис.1).

|                          |  |                                |
|--------------------------|--|--------------------------------|
| УРОВЕНЬ ПРИЛОЖЕНИЙ       |  | ПРИКЛАДНАЯ ПРОГРАММА           |
| УРОВЕНЬ ФАЙЛОВОЙ СИСТЕМЫ |  | ФАЙЛОВАЯ СИСТЕМА (ISO/IEC9293) |
| ФИЗИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ       |  | ЭППЗУ НЕ-И                     |

Рис. 1. Модель уровней твердотельной полупроводниковой памяти.

На рисунке 2 показана подробная схема физического уровня. Он содержит область тома, образованную совокупностью очищаемых блоков.

Каждый очищаемый блок состоит из 32 секторов и имеет длину данных 16 Кбайт.

На рисунке 3 показана схема уровня файловой системы, в качестве которой обычно выступает, так называемая, файловая система FAT (таблица размещения файлов).

FAT оперирует областью тома, как совокупностью, так называемых, кластеров. В начале области тома располагается информация управления томом, а непосредственно после информации управления томом идет пользовательская область, предназначенная для записи пользовательских данных. Информация управления томом включает головную загрузочную запись, таблицу разделов, загрузочный сектор раздела, дублированную таблицу размещения файлов (FAT) и элемент корневого каталога. Дублированная FAT указывает связи между множеством кластеров, из которых состоит область тома. Благодаря наличию такого рода уровня файловой системы, можно сохранять данные на уровне приложений в виде иерархической структуры, образованной каталогами и файлами.

Такая модель уровней дает возможность устройству доступа применять при обращении к полупроводниковой памяти ту же процедуру, что и при обращении к магнитному или оптическому диску, несмотря на различия на физическом уровне.

размера области тома по запросу пользователя, количество кластеров, входящих в область тома, соответственно увеличивается или уменьшается. При увеличении или уменьшении количества кластеров, FAT, образованная элементами, соответствующими этим кластерам, также, соответственно, увеличивается или уменьшается равно, как и размер информации управления томом, в состав которой входит FAT. При увеличении или уменьшении размера информации управления томом, начальный адрес пользовательской области, следующей за информацией управления томом, также изменяется. Начальный адрес пользовательской области изменяется соответственно размеру области тома. Поэтому, начальные адреса каждого кластера также изменяются в соответствии с размером пользовательской области.

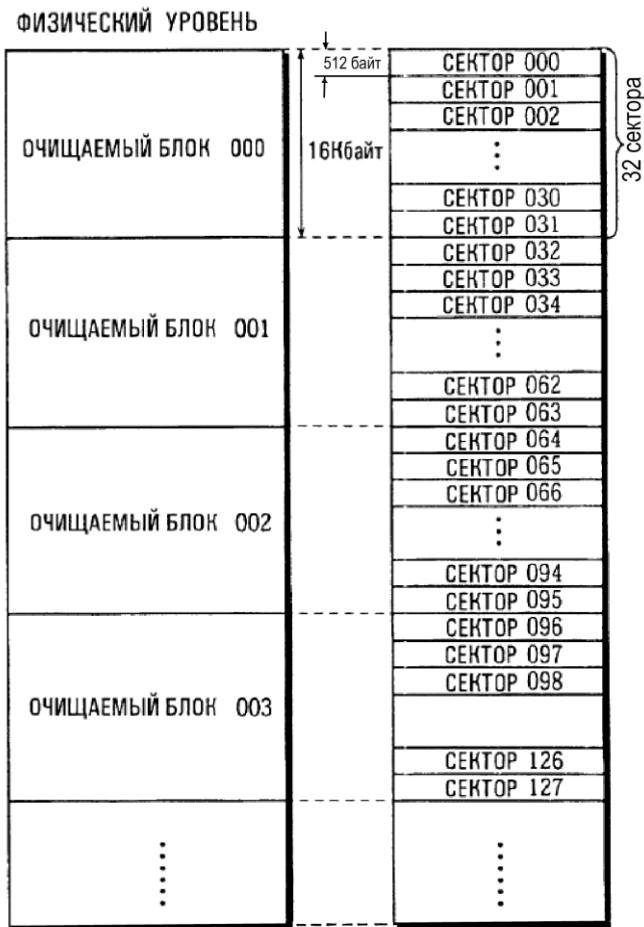


Рис.2. Схема физического уровня твердотельной полупроводниковой памяти.

При изменении начального адреса каждого кластера в соответствии с размером пользовательской области, кластеры могут перекрывать границы между двумя очищаемыми блоками, и конечной участок информации управления томом может размещаться в том же очищаемом блоке что и кластер, расположенный в начале пользовательской области.

Целью данной работы является разработка устройства доступа, которое позволяет снизить время обработки, необходимое для изменения очищаемых блоков, а также формирование формата хранения данных в полупроводниковой памяти, который позволяет увеличить ее срок службы.

## II. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Из схемы области тома, показанной на рис. 4 видно, что конечной участок информации управления объемом и кластер, находящийся в начале пользовательской области, располагаются в одном и том же очищаемом блоке. Когда кластеры расположены в соответствии с рис. 4, а пользователь желает изменить данные, хранящиеся в том или ином кластере, то два очищаемых блока, в которых размещается кластер, нужно считать, а затем вернуть в пустое состояние. Однако энергонезависимая память состоит из ячеек памяти, каждая из которых конструктивно содержит плавающий затвор, погруженный в изолирующий слой. Эти ячейки памяти можно очищать лишь несколько десятков раз на несколько тысяч обращений. Поэтому, если случается так, что для изменения одного кластера приходится часто очищать два блока, то срок службы энергонезависимой памяти заметно снижается.

В общем случае, когда 32 секторами управляют как одним кластером, запись данных в кластер можно осуществить за 32x200 мкс (200 мкс – это время, необходимое для записи каждого сектора), если место под запись уже очищено. Если же место под запись нужно сначала очистить, то добавляется период очистки примерно 2 мс. Если кластер перекрывает границу между двумя очищаемыми блоками, то нужно очищать оба блока, и очистка места под запись

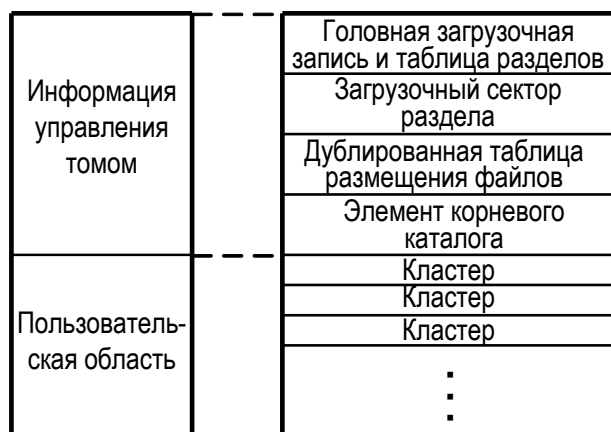


Рис. 3. Схема уровня файловой системы.

Пользователь имеет много возможностей задавать размер данных области тома, при сохранении данных в области тома файловой системы. При изменении

занимает 4 мс. В результате, время, затрачиваемое на запись данных, заметно возрастает.

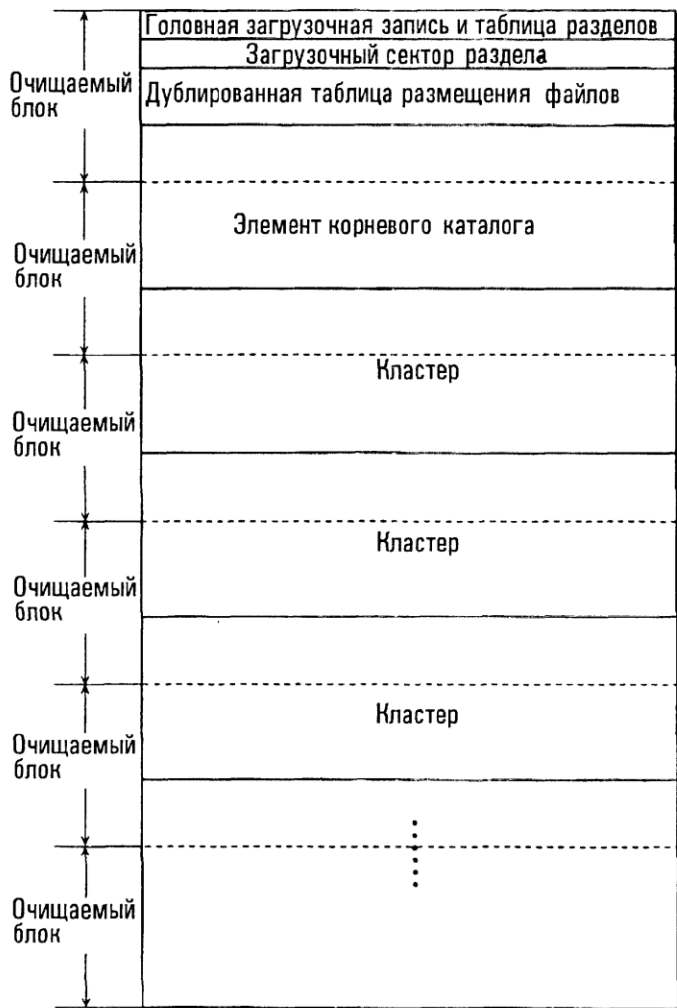


Рис. 4. Схема области тома.

Полупроводниковая память типа SD (цифровая защита) позволяет серьезно продвинуться в решении задачи снижения времени обработки и повышения срока службы энергонезависимой памяти по следующим причинам.

В полупроводниковой памяти типа SD предусмотрена так называемая защищенная область, которую обычный пользователь не может использовать. Эта защищенная область предназначена для хранения секретной информации, например, шифровального ключа, используемого для шифрования данных, информации по счетам, используемой для предоставления пользователю счета за воспроизведение материала, охраняемого авторским правом, и т.п. Объем данных, подлежащих засекречиванию, варьируется в зависимости от типа используемой прикладной программы, так что размер защищенной области должен изменяться в соответствии с типом

прикладной программы. Если размер защищенной области изменяется, это значит, что схема области тома также изменяется в соответствии с типом прикладной программы. При подобном изменении схемы области тома, кластеры перекрывают границы между очищаемыми блоками.

Для устранения такой ситуации целесообразно применить следующую структуру устройства доступа к полупроводниковой памяти. Устройство осуществляет доступ к файлам, хранящимся в полупроводниковой памяти, которая содержит область памяти, состоящую из множества секторов, оперируя данными в каждой группе из  $2^j$  секторов ( $j$  равно 0 или положительному целому числу) как кластером, и оперируя одним или несколькими кластерами как файлом. Каждая группа из  $2^i$  последовательных секторов области памяти образует блок ( $i$  равно 0 или положительному целому числу), который является наименьшей областью памяти, в которой можно стирать данные. Устройство доступа содержит вычислительный модуль, резервирующий модуль и записывающий модуль. Вычислительный модуль вычисляет размер информации управления томом на основании количества кластеров в области памяти, которыми нужно оперировать.

В данном случае, информация управления томом содержит таблицу размещения файлов, которая указывает для каждого файла связи между кластерами, соответствующими файлу.

Резервирующий модуль резервирует первую область для записи информации управления томом и вторую область для записи пользовательских данных. Первая область характеризуется размером данных, превышающим вычисленный размер информации управления томом, и состоит из  $m \cdot 2^i$  секторов ( $m$  – положительное целое число), тогда как вторая область состоит из блоков, следующих за первой областью.

Записывающий модуль записывает информацию управления томом в первую область, пользовательские данные – во вторую область и оперирует информацией управления томом и пользовательскими данными как совокупностью кластеров. Устройство доступа резервирует в области тома область размером в  $m$  кластеров для записи информации управления томом, что не дает возможности, при сохранении кластера, перекрывать границу между двумя очищаемыми блоками. Границы кластеров можно выравнять по границам очищаемых блоков, и границы информации управления томом можно выравнять по границам очищаемых блоков. Поэтому при перезаписи кластера требуется очищать только один блок, что позволяет снизить количество операций очистки блока. Снижение количества операций очистки блока дает возможность сократить время записи данных в полупроводниковую память, и увеличить срок службы энергонезависимой памяти.

Информация управления томом может содержать, помимо таблицы размещения файлов, головную загрузочную запись, таблицу разделов, информацию загрузочного сектора раздела и элемент корневого каталога. Кроме того, записывающий модуль формирует головную загрузочную запись и таблицу разделов в первый сектор первой области, пропускает определенное количество секторов и записывает информацию загрузочного сектора раздела, таблицу размещения файлов и элемент корневого каталога в последующие секторы. Это дает возможность выравнивать конец первой области с концом элемента корневого каталога. Количество секторов между головной загрузочной записью, указывающей начало накопителя, и загрузочного сектора раздела, указывающего начало области раздела, можно отрегулировать таким образом, чтобы ограничить размещение информации управления томом первой областью, состоящей из  $m$  кластеров, и сохранить совместимость с устройствами, которые используют файловую систему FAT.

Вычислительный модуль может вычислять сумму  $SUM$ , суммируя количество секторов, используемых для записи информации загрузочного сектора раздела, таблицы размещения файлов и элементов корневого каталога. Резервирующий модуль резервирует первую область, вычисляя значение  $m$  на основании равенства:

$NOM + SUM = 2^j \cdot m$ . При этом  $NOM$  – это количество секторов. Записывающий модуль вычисляет определенное количество секторов, вычитая 1 из количества секторов  $NOM$ . Даже если размер таблицы размещения файлов изменяется, первая область, размер которой превышает размер информации управления томом, кратный размеру очищаемого блока, остается постоянной. Таким образом, для первой области резервируется необходимый минимальный размер, не зависящий от вычисленного размера таблицы размещения файлов.

Записывающий модуль может задавать предварительно определенное количество секторов в таблице разделов, записывая информацию управления томом. При такой структуре, даже в случае изменения размера первой области, влекущего за собой изменение начального адреса второй области, количество секторов, получаемое вычитанием 1 из количества секторов  $NOM$ , можно получить из таблицы разделов, благодаря чему, устройство доступа может точно осуществлять доступ к пользовательской области, обращаясь к таблице разделов.

В соответствии с вышеизложенным был разработан вариант устройства доступа к файлам, хранящимся в полупроводниковой памяти (рис. 5). Оно содержит область памяти, состоящую из множества секторов, причем устройство доступа управляет данными в каждой группе из  $2^j$  секторов как кластером и оперирует одним или несколькими кластерами как файлом.

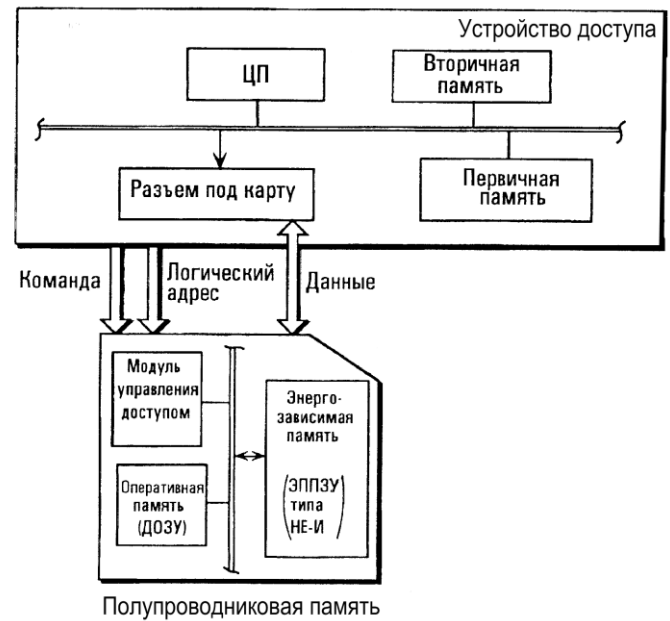


Рис. 5. Устройство доступа к файлам.

При этом каждая группа из  $2^i$  последовательных секторов области памяти образует блок, который является наименьшей областью памяти, в которой можно осуществлять операцию стирания данных. Это устройство доступа включает в себя вычислительный модуль, выполненный с возможностью вычислять размер информации управления томом на основании количества кластеров в области памяти, которыми нужно оперировать. Информация управления томом содержит головную загрузочную запись, таблицу разделов, информацию загрузочного сектора раздела, таблицу размещения файлов и элемент корневого каталога, а таблица размещения файлов указывает для каждого файла связи между кластерами, соответствующими этому файлу. Устройство доступа также включает в себя резервирующий модуль, выполненный с возможностью резервировать первую область, используемую для записи информации управления томом, и вторую область, используемую для записи пользовательских данных. Первая область характеризуется размером данных, превышающим вычисленный размер информации управления томом, и включает два или более блоков, а вторая область состоит из блоков, следующих за первой областью. Устройство доступа также включает в себя записывающий модуль, выполненный с возможностью записывать информацию управления томом в первую область, а пользовательские данные - во вторую область, и записывать головную загрузочную запись и таблицу разделов в первый сектор первого блока первой области, пропуская предварительно определенное количество секторов и затем записывать информацию загрузочного сектора раздела, таблицу размещения файлов и элемент корневого каталога в последующие секторы для выравнивания конца первой

области с концом элемента корневого каталога. При этом информация загрузочного сектора раздела, таблица размещения файлов и элемент корневого каталога записываются в по меньшей мере один блок, который отличается от первого блока.

Важным элементом устройства является полупроводниковая память, которая содержит область, состоящую из множества секторов, и оперирует данными в каждой группе из  $2^j$  секторов как кластером и одним или несколькими кластерами как файлом, причем каждая группа из  $2^j$  последовательных секторов области памяти образует блок, который является наименьшей областью памяти, на которой можно осуществлять операцию стирания данных. Эта полупроводниковая память включает в себя первую область, содержащую два или более блока, используемую для записи информации управления томом, и вторую область, состоящую из блоков, следующих за первой областью, и используемую для записи пользовательских данных. При этом информация управления томом включает в себя головную загрузочную запись, таблицу разделов, информацию загрузочного сектора раздела, таблицу размещения файлов и элемент корневого каталога, причем таблица размещения файлов указывает для каждого файла связи между кластерами, соответствующими этому файлу, причем головная загрузочная запись и таблица разделов записаны в первый сектор первого блока первой области с пропуском предварительно определенного количества секторов, информация загрузочного сектора раздела, таблица размещения файлов и элемент корневого каталога записаны в последующие секторы для выравнивания конца первой области с концом элемента корневого каталога. При этом информация загрузочного сектора раздела, таблица размещения файлов и элемент корневого каталога записываются в по меньшей мере один блок, который отличается от первого блока.

Предлагается целесообразный вариант инициализации компьютера, позволяющий осуществлять доступ к файлам, хранящимся в полупроводниковой памяти, которая содержит область, состоящую из множества секторов, оперируя данными в каждой группе из  $2^j$  секторов как кластером, и оперируя одним или несколькими кластерами как файлом, причем каждая группа из  $2^j$  последовательных секторов области памяти образует блок, который является наименьшей областью памяти, в которой можно осуществлять операцию стирания данных. Согласно данному варианту вычисляют размер информации управления томом на основании количества кластеров в области памяти, которыми нужно оперировать. Причем информация управления томом включает головную загрузочную запись, таблицу разделов, информацию загрузочного сектора раздела, таблицу размещения файлов, элемент корневого каталога, причем таблица размещения файлов указывает для каждого файла связи между кластерами,

соответствующими файлу. Также резервируют первую область, используемую для записи информации управления томом, и вторую область, используемую для записи пользовательских данных, причем первая область характеризуется размером данных, превышающим вычисленный размер информации управления томом, и включает два или более блоков, а вторая область состоит из блоков, следующих за первой областью. Кроме того, записывают информацию управления томом в первую область, а пользовательские данные - во вторую область, и записывают головную загрузочную запись и таблицу разделов в первый сектор первого блока первой области, пропускают предварительно определенное количество секторов и затем записывают информацию загрузочного сектора раздела, таблицу размещения файлов и элемент корневого каталога в последующие секторы для выравнивания конца первой области с концом элемента корневого каталога. При этом информацию загрузочного сектора раздела, таблицу размещения файлов и элемент корневого каталога записывают в, например, один блок, который отличается от первого блока.

Область памяти включает в себя защищенную область, доступную устройству, подключенному к полупроводниковой памяти, только после подтверждения подлинности подключенного устройства, и область пользовательских данных, доступную устройству, подключенному к полупроводниковой памяти, вне зависимости от результата проверки подлинности подключенного устройства.

При этом принимаются от источника, внешнего по отношению к устройству доступа, установочные значения количества секторов, подлежащих выделению защищенной области и области пользовательских данных.

### III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Показано, что твердотельное устройство памяти имеет уникальную аппаратную структуру (физический уровень), которая коренным образом отличается от структуры, используемой в магнитных или оптических дисках.

2. Разработано устройство доступа, которое позволяет снизить время обработки, необходимое для изменения очищаемых блоков, а также формат хранения данных в полупроводниковой памяти, который позволяет увеличить ее срок службы.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1] 1. V. A. Gritsenko, K.A. Nasyrov, Yu.N. Novikov, A.L.Aseev, High-Permittivity-Insulator EEPROM Cell Using Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and ZrO<sub>2</sub> // Russian Microelectronics, 2003, 32, № 2, p. 90.
- [2] 2. Y. Li, K.N. Quader, "NAND Flash Memory: Challenges and Opportunities", Computer, Aug. 2013, P. 23–29.