

УДК 004.074

Г. Н. РОЗОРИНОВ, доктор техн. наук, професор;

О. В. БРЯГИН, канд. техн. наук, доцент,

Государственный университет телекоммуникаций, Киев

УВЕЛИЧЕНИЕ СРОКА СЛУЖБЫ НЕ-И ФЛЕШ-ПАМЯТИ

Предлагается устройство доступа, которое позволяет уменьшить время обработки, необходимое для изменения очищаемых блоков, а также формат хранения данных в полупроводниковой памяти, который позволяет увеличить ее срок службы. Важным элементом устройства доступа является полупроводниковая память, которая содержит область, состоящую из множества секторов, и оперирует данными в каждой группе секторов как кластером и одним или несколькими кластерами как файлом. Показано, что 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.

Ключевые слова: инструментальные средства; НЕ-И флеш-память; управление плохими блоками; уровневый алгоритм.

Введение

Твердотельные устройства памяти благодаря таким их преимуществам, как малые размеры и масса, заметно укрепили свои позиции в качестве носителей информации в широкой области применения [1–6]. Полупроводниковое твердотельное устройство памяти содержит встроенную энергонезависимую память, например электрически перепрограммируемое постоянное запоминающее устройство (ЭППЗУ) [7–12]. При этом в пустые секторы ЭППЗУ данные можно заносить непосредственно таким же образом, как при записи на магнитные или оптические диски.

Однако если секторы ЭППЗУ уже содержат данные, то прежде чем внести туда новую информацию, секторы необходимо очистить. В наиболее часто используемых ЭППЗУ типа НЕ-И операцию очистки секторов приходится осуществлять одновременно в 32 секторах, причем в составе такого рода памяти группа из 32 секторов образует так называемый *очищаемый блок* [9; 13]. Поэтому полупроводниковая память содержит *специализированную схему внутреннего управления*, при помощи которой осуществляется управление этой памятью с использованием очищаемых блоков в качестве элементарных областей доступа. Операции контроля статуса очищаемых блоков, считывания данных из таких блоков, а также записи в них данных выполняются под управлением указанной схемы.

Таким образом, твердотельное устройство памяти имеет уникальную аппаратную структуру — *физический уровень*, что коренным образом отличается от структуры, используемой в магнитных или оптических дисках [11; 12; 14].

Однако модель уровней полупроводниковой памяти, приведенная на рис. 1, не отличается от модели уровней для магнитного или оптического диска, предусматривая наличие *физического уровня, уровня файловой системы и уровня приложений*.

Уровень приложений	Прикладная программа
Уровень файловой системы	Файловая система (ISO/IEC9293)
Физический уровень	ЭППЗУ НЕ-И

Рис. 1. Модель уровней твердотельной полупроводниковой памяти

Подробная схема физического уровня, который содержит область тома, образованную совокупностью очищаемых блоков, приведена на рис. 2.

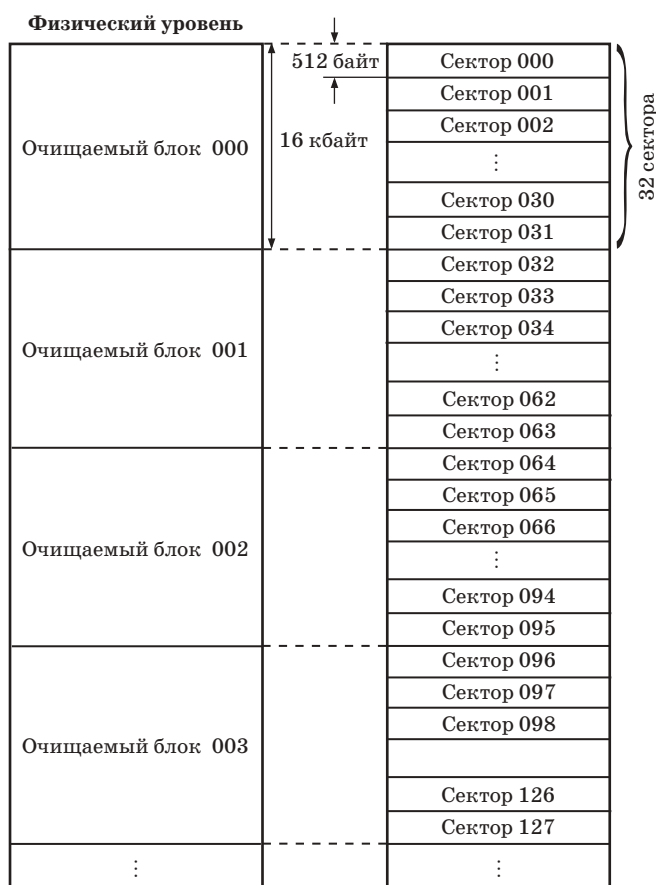


Рис. 2. Схема физического уровня твердотельной полупроводниковой памяти

Каждый очищаемый блок состоит из 32 секторов, имея длину данных, равную 16 кбайт.

Схема уровня файловой системы, в качестве которой обычно выступает так называемая *файловая система* — *таблица размещения файлов (FAT)*, представлена на рис. 3.

Информация управления томом	Головная загрузочная запись и таблица разделов
	Загрузочный сектор разделов
	Дублированная таблица размещения файлов
	Элемент корневого каталога
Пользовательская область	Кластер
	Кластер
	Кластер
	⋮

Рис. 3. Схема уровня файловой системы

Система FAT оперирует областью тома как *совокупностью кластеров*. В начале области тома располагается *информация управления томом*, а непосредственно после этой информации идет *пользовательская область*, предназначенная для записи пользовательских данных.

Информация управления томом включает в себя *головную загрузочную запись и таблицу разделов, загрузочный сектор раздела, дублированную FAT*, а также *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 позволяет 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 [15; 16].

Пользователь имеет много возможностей задавать размер данных области тома файловой системы с сохранением данных в указанной области. При изменении 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, в той же пропорции увеличивается или уменьшается, 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, изменяется соответственно размеру области тома.

Поэтому и начальные адреса каждого кластера изменяются в соответствии с размером пользовательской области. При этом кластеры *могут перекрывать границы между двумя очищаемыми блоками*, и концевой участок информации управления томом может размещаться в том же очищаемом блоке, что и кластер, расположенный в начале пользовательской области.

Цель статьи — разработка устройства доступа, которое позволило бы сократить время обработки, необходимое для изменения очищаемых блоков, а также формирование формата хранения данных в полупроводниковой памяти, позволяющего увеличить срок ее службы.

Основная часть

Из схемы области тома, изображенной на рис. 4, следует, что концевой участок информации управления объемом и кластер, находящийся в начале пользовательской области, располагаются в одном и том же очищаемом блоке.

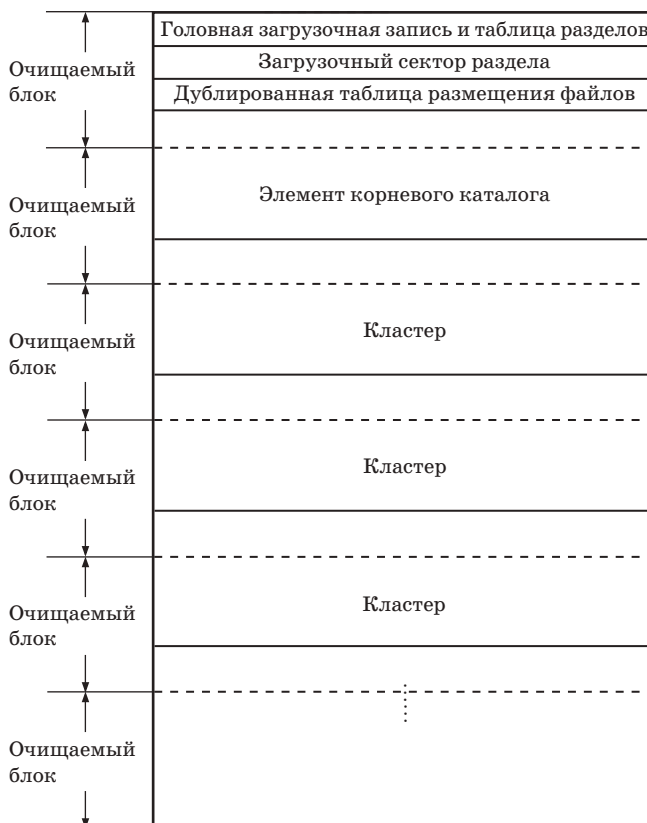


Рис. 4. Схема области тома

Когда кластеры расположены в соответствии с рис. 4, а пользователь намеревается изменить данные, хранящиеся в том или ином кластере, то следует осуществить считывание двух очищаемых блоков, в которых размещается кластер, возвратив эти блоки в пустое состояние. Однако энергонезависимая память состоит из ячеек памяти, каждая из которых конструктивно содержит плавающий затвор, погруженный в изолирующий

слой. Эти ячейки 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 тридцатью двумя секторами управляют как одним кластером, запись данных в кластер можно осуществить за $32 \cdot 200$ 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 занимает 4 мс. В результате время, затрачиваемое на запись данных, заметно возрастает.

Полупроводниковая память типа SD (цифровая защита) позволяет серьезно продвинуться в решении задачи по сокращению времени обработки и увеличению срока службы энергонезависимой памяти. Способствуют этому следующие факторы.

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, применяемого для шифрования данных, информации по счетам, привлекаемой с целью 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 означает, 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 избежания 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 и оперирует данными в каждой группе из 2^i секторов (j равно нулю или положительному целому числу) как кластером, а одним или несколькими кластерами как файлом. Каждая группа из 2^i последовательных секторов области памяти образует блок (i равно нулю или положительному целому числу), который является наименьшей областью памяти, где 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 требуется оперировать.

В данном случае информация управления томом содержит таблицу размещения файлов, которая указывает для каждого файла связи между кластерами, соответствующими этому 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, оперируя 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 позволяет при сохранении кластера перекрывать границу между двумя очищаемыми блоками. Границы кластеров можно выравнивать по границам очищаемых блоков, и границы информации управления томом — по границам очищаемых блоков. Поэтому при перезаписи кластера приходится очищать только один блок, благодаря чему снижается количество операций очистки блока. Это, в свою очередь, способствует сокращению времени записи данных в полупроводниковую память, увеличивая срок службы энергонезависимой памяти.

Кроме того, **записывающий модуль** формирует головную загрузочную запись и таблицу разделов в первый сектор первой области, пропускает определенное количество секторов, а далее записывает информацию загрузочного сектора раздела, таблицу размещения файлов и элемент корневого каталога в последующие секторы. Это позволяет выравнивать конец первой области с концом элемента корневого каталога. Количество секторов между головной загрузочной записью, указывающей начало накопителя, и загрузочным сектором раздела, указывающим начало области раздела, можно отрегулировать таким образом, чтобы ограничить размещение информации управления томом первой областью, состоящей из m кластеров, сохранив 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 следующего равенства: $NOM + SUM = 2^i \cdot m$. При этом NOM — это количество секторов. Записывающий модуль вычисляет определенное количество секторов, вычитая единицу из количества секторов NOM . Даже если размер таблицы размещения файлов изменяется, то первая область, размер которой превышает размер информации управления томом, кратный размеру очищаемого блока, остается постоянной. Таким образом, для первой области резервируют 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 единицы из количества секторов NOM , можно получить из таблицы разделов. Благодаря этому устройство доступа может точно осуществлять доступ к пользовательской области, обращаясь к таблице разделов.

В соответствии с изложенным был разработан вариант **устройства доступа к файлам**, хранящимся в **полупроводниковой памяти** (рис. 5).

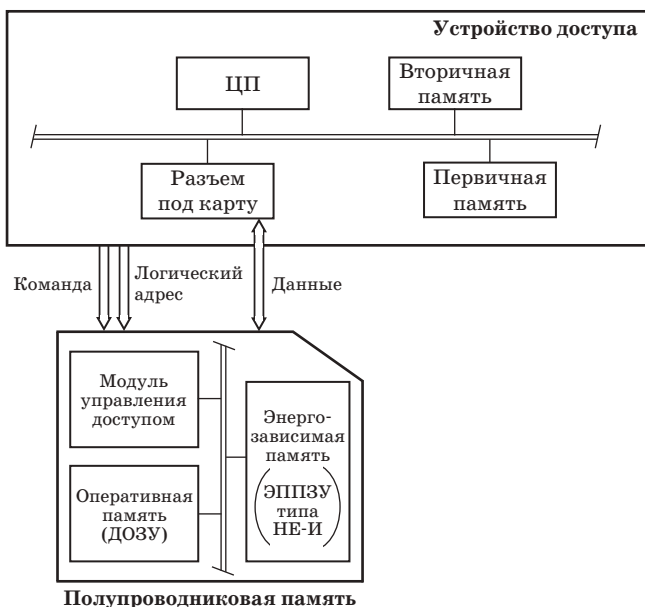


Рис. 5. Устройство доступа к файлам

Указанное устройство содержит область памяти, состоящую из множества секторов, и управляет данными в каждой группе из 2^i секторов как кластером, оперируя одним или несколькими кластерами как файлом. При этом каждая группа из 2^i последовательных секторов области памяти образует блок, являющийся наименьшей областью памяти, где можно осуществлять операцию

стирания данных. Эта полупроводниковая память включает в себя первую область, содержащую не менее чем два блока и задействованную для записи информации управления томом, и вторую область, состоящую из блоков, следующих за первой областью, и предназначенную для записи пользовательских данных.

Кроме того, устройство доступа включает в себя **вычислительный модуль**, выполненный с возможностью вычислять размер информации управления томом на основании количества кластеров в области памяти, которыми требуется оперировать.

Устройство доступа включает в себя и **резервирующий модуль**, выполненный с возможностью резервировать первую область, применяемую для записи информации управления томом, и вторую область, применяемую для записи пользовательских данных. Первая область характеризуется размером данных, превышающим вычисленный размер информации управления томом, и содержит два или более блоков, а вторая область состоит из блоков, следующих за первой областью.

В состав устройства доступа входит также **записывающий модуль**, обладающий возможностью записывать информацию управления томом в первую область, а пользовательские данные — во вторую область; вносить головную загрузочную запись и таблицу разделов в первый сектор первого блока первой области; пропускать предварительно определенное количество секторов, а 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 не менее чем один блок, отличный от первого блока.

Преимущественно количество секторов, используемых для записи таблицы размещения файлов, вычисляется на основании количества кластеров в области памяти, которыми требуется оперировать.

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, позволяющее сократить время обработки, необходимое для изменения очищаемых блоков, а также формат хранения данных в полупроводниковой памяти, обеспечивающий продление срока ее службы.

Литература

1. **Chang, L.** A hybrid approach to NAND-flash-based solid-state disks / L. Chang // Proc. of the IEEE.— 2010.— Vol. 59, №10.— P. 1337–1349.

2. **Kgil, T.** Improving NAND flash based disk caches / T. Kgil, D. Roberts, T. Mudge // *Computer Architecture 2008. ISCA'08. 35th International Symposium.*— 2008.— P. 327–338.
3. **Li, Y.** NAND Flash Memory: Challenges and Opportunities / Y. Li, K. N. Quader // *Computer.*— Aug. 2013.— P. 23–29.
4. **Flash Memories** / [P. Cappelletti, C. Golla, P. Olivo, E. Zanon] // Boston: Kluwer, 2000.— 526 p.
5. **Wellekens, D.** The future of flash memory: Is floating gate technology doomed to lose the race? / D. Wellekens, J. Van Houdt // *ICICDT 2008. IEEE International Conference, 2008.*— P. 189–194.
6. **Pavan, P.** Floating gate devices: operation and compact modeling / P. Pavan, L. Larcher, A. Marmiroli // Boston: Kluwer Academic Publisher, 2004.— 131 p.
7. **Lai, S. K.** Flash memories: successes and challenges / S. K. Lai // *IBM Journal of Research and Development.*— 2004.— Vol. 52.— P. 529–535.
8. **An overview of flash architectural developments** / [G. Campardo, M. Scotti, S. Scommegna a. o.] // *Proc. of the IEEE.*— 2003.— Vol. 91, №4.1.— P. 523–536.
9. **Севрюков, А. Н.** КМОП флэш ЗУ с произвольной выборкой: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук / А. Н. Севрюков.— М., 2008.— 26 с.
10. **Васильев, А. Л.** Устройство контроля микросхем флэш памяти / А. Л. Васильев // *Электроника, микро- и нанoeлектроника: сб. науч. тр.*— М.: МИФИ, 2005.— С. 214–215.
11. **Кузьмин, А. В.** Flash-память и другие современные носители информации / А. В. Кузьмин.— М.: Горячая линия – Телеком, 2005.— 80 с.
12. **Flash Memories** / [P. Cappelletti, C. Golla, P. Olivo, E. Zanon].— Kluwer Academic Publishers, 1999.— 556 p.
13. **Sharma, A.** Advanced Semiconductor Memories: Architectures, Designs, and Applications / A. Sharma.— John Wiley & Sons, Inc., 2002.— 672 p.
14. **Brewer, J.** Nonvolatile Memory Technologies with Emphasis on Flash: A Comprehensive Guide to Understanding and Using Flash Memory Devices / J. Brewer, M. Gil // *Wiley-IEEE Press.*— 2008.— 792 p.
15. **An overview of flash architectural developments** / [G. Campardo, M. Scotti, S. Scommegna, S. Pollara a. o.] // *Proc. of the IEEE.*— 2003.— Vol. 91, №4.— P. 523–536.
16. **Севрюков, А. Н.** Блок резервирования флэш ЗУ 1 Мбит / А. Н. Севрюков // *Автоматика, электроника, микро- и нанoeлектроника: сб. науч. тр.*— М.: МИФИ, 2008.— С. 93–94.

Г. М. Розорінов, О. В. Брягін

ЗБІЛЬШЕННЯ ТЕРМІНУ СЛУЖБИ НІ-АБО ФЛЕШ-ПАМ'ЯТІ

Пропонується пристрій доступу, який дозволяє зменшити час обробки, необхідний для зміни очищуваних блоків, а також формат зберігання даних у напівпровідниковій пам'яті, який дозволяє збільшити термін її служби. Важливим елементом пристрою доступу є напівпровідникова пам'ять, яка містить область, що складається з множини секторів, і оперує даними в кожній групі секторів як кластером, а одним чи кількома кластерами як файлом. Показано, що модель рівнів напівпровідникової пам'яті не відрізняється від моделі рівнів для магнітного або оптичного диска і передбачає наявність фізичного рівня, рівня файлової системи та рівня додатків.

Ключові слова: інструментальні засоби; НІ-АБО флеш-пам'ять; рівневий алгоритм; управління поганими блоками.

H. N. Rozorinov, O. V. Bryagin

INCREASE OF A LIFE TIME FOR NAND FLASH MEMORY

This paper is suggested an access terminal, that allows to decrease a life time, needed for the change of the cleared blocks, and also a data storage format in a semiconductor memory, which allows to increase its life time. The important element of the access terminal is the semiconductor memory, that contains an area, consisting of great number of sectors, and operates data in every group of sectors as by a cluster and one or a few clusters as by a file. It is noticed that the level model of semiconductor memory does not differ from the level model for a magnetic or optical disk, and foresees the presence of a physical level, a file system level and an application level.

Keywords: workbench; NAND flash-memory; level algorithm; bad blocks management.

ЗВ'ЯЗОК

Наукове видання

Редакційна обробка та коректура
О. П. Бондаренко, Т. В. Ількевич

Комп'ютерна верстка да дизайн
Г. С. Тимченко, О. Ю. Апухтіна

Підписано до друку 28.01.2015 р.
Формат 60×84/8. Друк офсетний. Папір друкарський.
Гарнітура SchoolBookC. Наклад 100 прим.

Редакційно-видавничий центр
Державного університету телекомунікацій
03110, м. Київ, вул. Солом'янська, 7
Тел. 249-25-75
E-mail: zviaz-ok@ukr.net