

УДК 621.391.82; 004.3

ЦЕЛОСТНОСТЬ ИНФОРМАЦИИ В USB ФЛЭШ-НАКОПИТЕЛЕ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ИМПУЛЬСНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ

З. М. Гизатуллин, Ф. М. Фазулянов, Л. Н. Шувалов, Р. М. Гизатуллин
Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева – КАИ

Статья получена 13 августа 2015 г.

Аннотация. Электромагнитные воздействия могут существенно сократить срок хранения информации в USB накопителях на основе флэш-памяти. Предложен стенд и методика для исследования нарушения целостности информации в USB накопителе при воздействии импульсного магнитного поля. Проведены экспериментальные исследования. Представлены результаты анализа целостности информации в USB накопителе при воздействии микросекундных импульсных магнитных полей.

Ключевые слова: USB накопитель, флэш-память, целостность информации, помехоустойчивость, импульсное магнитное поле, экспериментальное исследование, стенд, методика.

Abstract. Electromagnetic influences can significantly reduce data storage time in USB drives based on flash memory. Test bench and technique are proposed for the study of compromising the integrity of information in the USB drive under the influence of a pulsed magnetic field. We carried out experimental researches. The results of the information integrity analysis in the USB storage device under the influence of microsecond pulsed magnetic fields are presented.

Key words: USB drive, flash memory, data integrity, interference immunity, pulsed magnetic field, experimental research, test bench, technique.

Введение

Флэш-память (англ. flash memory) – разновидность полупроводниковой технологии электрически перепрограммируемой памяти со схемотехнической реализацией микросхем КМОП-типа. Принцип работы полупроводниковой

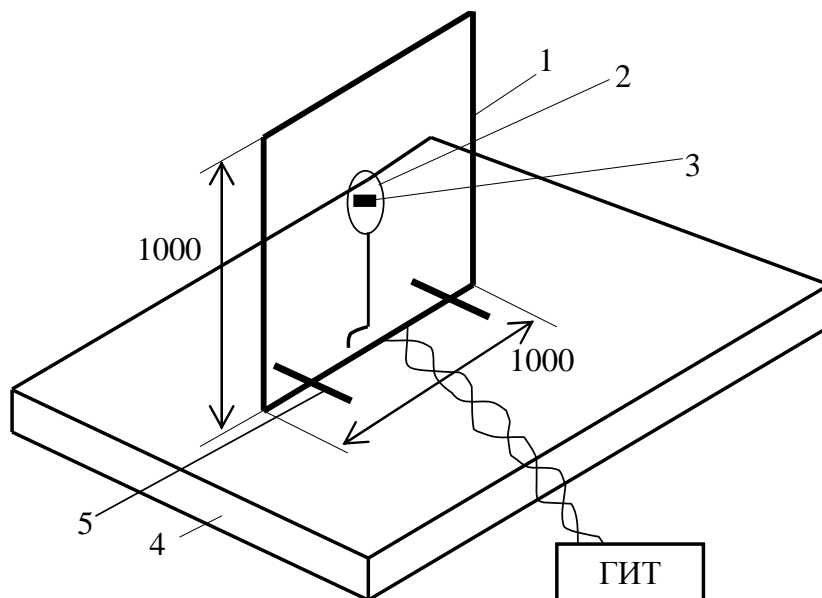
технологии флэш-памяти основан на изменении и регистрации электрического заряда в изолированной области («кармане») полупроводниковой структуры. Изменение заряда («запись» и «стирание») производится приложением между затвором и истоком большого потенциала, чтобы напряженность электрического поля в тонком диэлектрике между каналом транзистора и «карманом» оказалась достаточна для возникновения туннельного эффекта. Для усиления эффекта туннелирования электронов в «карман» при записи применяется небольшое ускорение электронов путём пропускания тока через канал полевого транзистора. Чтение выполняется полевым транзистором, для которого «карман» выполняет функцию затвора. Потенциал плавающего затвора изменяет пороговые характеристики транзистора, что и регистрируется цепями чтения [1].

USB накопитель – технологически законченное запоминающее устройство, использующее в качестве носителя флэш-память и подключаемое к компьютеру или иному считывающему устройству по интерфейсу USB (Universal Serial Bus – универсальная последовательная шина). Основное назначение USB накопителей – хранение, перенос и обмен данными, резервное копирование, загрузка операционных систем и др. Срок хранения данных в данных накопителях, заявляемый большинством производителей для бытовых изделий, составляет 10 – 20 лет. Специфические внешние условия, например, повышенные температуры, радиационное облучение или электромагнитные воздействия могут существенно сократить срок хранения информации в связи с нарушением его целостности. Целостность информации означает, что данные не были изменены при выполнении какой-либо операции над ними или хранении.

Целью данной работы является исследование целостности информации в USB накопителе при воздействии импульсного магнитного поля. Наиболее вероятными источниками данных импульсных магнитных полей являются разряд молнии, контактная сеть электротранспорта, технологические сильноточные устройства, преднамеренные источники и др.

1. Стенд и методика для экспериментальных исследований

Для проведения экспериментальных исследований целостности информации в USB накопителе при воздействии импульсного магнитного поля предлагается стенд, представленный на рис. 1. Параметры создаваемого импульсного магнитного поля соответствует разряду молнии в ближней зоне.



а)



б)

Рис. 1. Стенд для экспериментальных исследований (а – схема стенда; б – фотографии оборудования; 1 – индукционная катушка; 2 – рамочная антенна; 3 – USB накопитель; 4 – изоляционная подставка; 5 – изоляционные фиксаторы индукционной катушки; ГИТ – генератор импульсного тока)

В качестве источника импульсного магнитного поля используются генератор микросекундных импульсов тока и одновитковая индукционная

катушка для создания однородного импульсного магнитного поля [2]. Микросекундные импульсы тока имеют следующие параметры: длительность фронта/длительность импульса на уровне 50% – $6,4/16 \pm 20\%$ мкс; амплитуда тока – $(0,25; 0,5; 1; 2) \pm 10\%$ кА; частота повторения 1 раз в минуту. Индукционная катушка имеет размеры 1x1 м; коэффициент катушки 0,87; максимальная напряженность магнитного поля – $(0,125; 0,25; 0,5; 1)$ кА/м. Измерительное устройство – осциллограф Tektronix TDS2022B с полосой пропускания до 200 МГц. Для измерения параметров импульсного магнитного поля используется рамочная антенна $\varnothing 100$ мм. Объектом исследования в данной работе является USB накопитель на флэш-памяти марки Silicon Power Ultima U03 объемом 8 Гбайт (рис. 2). Данный накопитель имеет контролер SW3257EN и непосредственно микросхему памяти 0664MT1L5SN (P0210020-1).



Рис. 2. Исследуемый USB накопитель

Результаты экспериментальных исследований классифицируются по следующим критериям качества функционирования: А - нормальное, в соответствии с заданными требованиями; В – временное ухудшение качества функционирования с последующим восстановлением без вмешательства оператора; С – временное ухудшение качества функционирования с последующим восстановлением с вмешательством оператора; D – ухудшение качества функционирования или прекращение выполнения установленной функции, которая не подлежит восстановлению оператором из-за повреждения оборудования (компонентов). Оценка критерия качества функционирования USB накопителя осуществляется с помощью бесплатной программы Check Flash. Программа проверяет целостность информации в накопителе путем

физического чтения и записи. Представленные ниже результаты исследования являются показателями для 20-и повторных измерений с одними исходными данными.

2. Результаты исследования целостности информации в USB накопителе при воздействии импульсного магнитного поля

На рис. 3 представлены результаты измерения напряжения наводки на рамочной антенне при воздействии импульсного магнитного поля. Данная наводка соответствует следующей форме импульсного магнитного поля (рис. 4). Например, данные параметры импульсного магнитного поля возможны при воздушном разряде молнии на расстоянии нескольких километров от объекта.

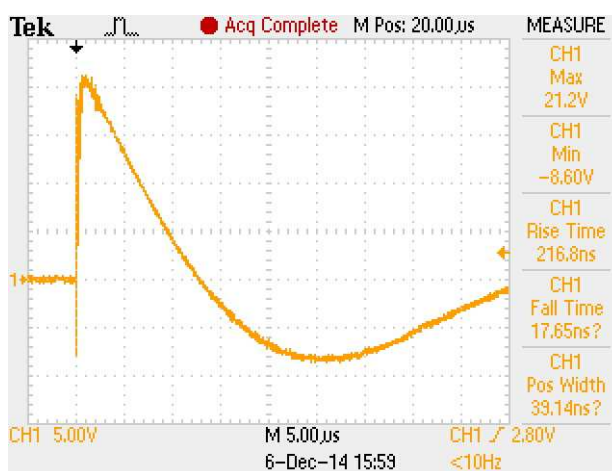


Рис. 3. Измеренное напряжение на рамочной антенне

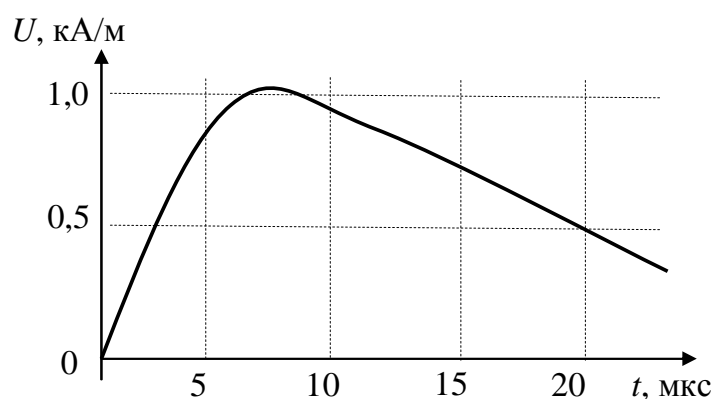


Рис. 4. Импульс магнитного поля

При максимальном значении напряженности импульсного магнитного поля (1 кА/м) при 20 повторных экспериментальных исследованиях зафиксировано три случая нарушения качества функционирования USB

накопителя по критерию «С». Программа проверки целостности информации в USB накопителе при чтении выдает сообщение «Обнаружена ошибка CRC» (рис. 5).

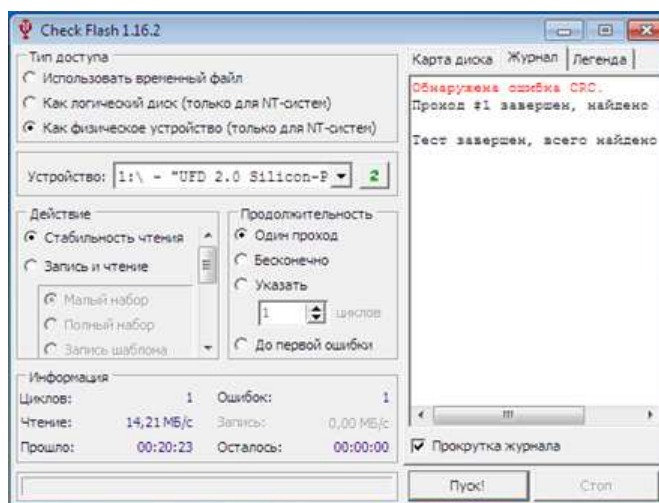


Рис. 5. Сообщение программы "Ошибка данных CRC"

Ошибка CRC (ошибка контрольной суммы - Cyclic Redundancy Check) – возникает тогда, когда контрольная сумма файла не совпадает с прочитанной при его открытии. Далее программа проводит попытку провести физическую запись на носитель информации, но выводится сообщение об ошибке записи в блоки накопителя (рис. 6).

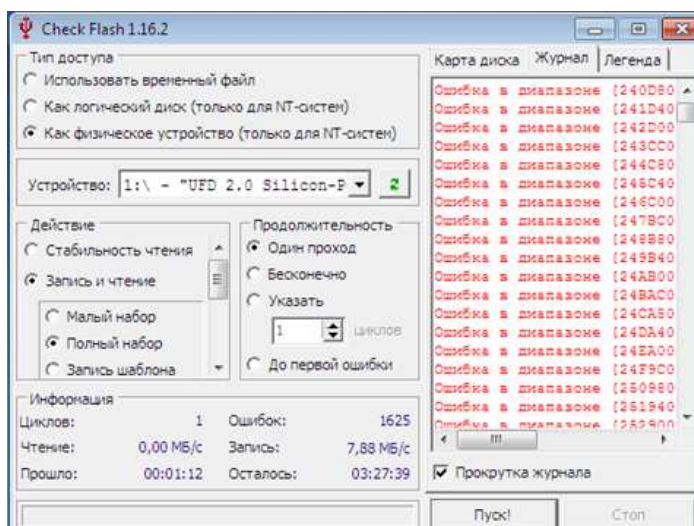


Рис. 6. Сообщение об ошибке записи в USB накопитель

Только после полного форматирования USB накопитель пришел в исходное нормальное состояние, пригодное к дальнейшей работе (записи, хранению, чтению). При меньших значениях напряженности импульсного

магнитного поля (0,125; 0,25; 0,5) кА/м нарушение качества функционирования USB накопителя не зафиксировано.

Очень часто разъем подключения USB накопителя в системном блоке компьютера находится в неудобном для пользователя месте и для повышения удобства его подключения используется кабель удлинитель. Поэтому в данной работе также проведено исследование целостности информации при воздействии импульсного магнитного поля на USB накопитель, подключенный к компьютеру (ноутбуку) через кабель удлинитель длиной 0,8 м (Transcend). В данном случае при значении напряженности импульсного магнитного поля 0,5 и 1 кА/м при 20 повторных экспериментальных исследованиях зафиксировано по два случая нарушения качества функционирования USB накопителя по критерию «С». Программа проверки целостности информации в USB накопителе при чтении выдает сообщение «Обнаружена ошибка CRC» и чтение отдельных файлов в накопителе становится невозможным. Далее программа проводит попытку провести физическую запись на носитель информации, но выводится сообщение об ошибке записи в сектора накопителя. После полного форматирования USB накопитель пришел в исходное нормальное состояние.

Выводы

В настоящее время флэш-память, и, в частности, её реализация в виде USB накопителя, являются надежным и удобным носителем информации, но часто внешние электромагнитные воздействия могут катастрофически сократить срок её хранения. Результаты проведенных экспериментальных исследований показывают, что для конкретной реализации накопителя граничным максимальным уровнем напряженности импульсного магнитного поля, которое может привести к нарушению целостности информации, составляет примерно 1 кА/м. В соответствии с принятыми критериями наблюдается временное ухудшение качества функционирования USB накопителя с последующим восстановлением с вмешательством оператора.

Также, по результатам исследования целостности информации в USB накопителе подключенного через кабель удлинитель можно предположить, что

снижение уровня устойчивости (до 0,5 кА/м) и качества функционирования происходит из-за электромагнитных помех, наводимых на данный кабель.

Литература

1. Кузьмин А.В. Flash память и другие современные носители информации. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 80 с.
2. Кравченко В.И., Болотов Е.А., Летунова Н.И. Радиоэлектронные средства и мощные электромагнитные помехи / Под ред. В. И. Кравченко. – М.: Радио и связь, 1987. – 256 с.
3. Бондарев Ю. С., Фесенко М. В., Хлопов Б. В., Шпак А. В. Методы электромагнитного и магнитного воздействия на электронные носители информации и их реализация // Журнал радиоэлектроники: электронный журнал. – 2014. - №12. URL: <http://jre.cplire.ru/jre/dec14/10/text.pdf>
4. ГОСТ Р 50649-94. Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к импульсному магнитному полю. Технические требования и методы испытаний. – М.: Издательство стандартов, 1994. – 23 с.