

**НОВЫЕ ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ
ЭКСТРЕННОГО УНИЧТОЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ**

NEW PERSPECTIVE METHODS EMERGENCY DESTROYING INFORMATION

С.В. Жарков, Д.В. Назаров, Д.В. Полянцев

S.V. Zharkov, D.V. Nazarov, D.V. Polyantsev

РФЯЦ–ВНИИЭФ

В статье рассматриваются новые перспективные методы гарантированного уничтожения информации, записанной в микросхемах памяти, путём разрушения структуры микросхемы. Разрушение микросхемы возможно путём механического, термохимического, локального термобарического удара, либо их комбинаций. Проведены серии экспериментов с различными типами пиротехнических составов в специально разработанных для этого устройствах. Разработанные методы уничтожения позволяют уничтожать микросхемы в разных корпусных исполнениях и могут найти применение в гражданской продукции, например, внедрение в конструкцию носителя данных, содержащего конфиденциальные (коммерческие) сведения, системах беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), использование в составе устройств окрашивания банкнот при транспортировке в контейнерах.

Ключевые слова: уничтожение информации, пиротехнический состав, микросхема памяти.

The article discusses new promising methods of guaranteed destruction of information recorded in memory chips by destroying the chip structure. The destruction of the chip is possible by mechanical, thermochemical, local thermobaric shock, or a combination of them. A series of experiments with various types of pyrotechnic compositions were carried out in a specially designed for these devices. The developed methods of destruction make it possible to destroy microchips in different case designs and can be used in civilian products, for example, the introduction of a data carrier containing confidential (commercial) information into the design of unmanned aerial vehicles systems (UAVs), the use of banknote coloring devices during transportation in containers.

Keywords: destruction of information, pyrotechnic composition, memory chip.

Введение

При эксплуатации аппаратуры, носителей информации на основе флеш-памяти с коммерческой (закрытой) информацией, записанной в микросхемы памяти, одним из основных предъявляемых требований к данным изделиям является требование по нераспространению записанной на них информации и в критических

ситуациях (хищение носителя, вскрытие корпуса устройства и т.д.) возможность ее экстренного уничтожения.

Флеш-память — это разновидность полупроводниковой технологии электрически перепрограммируемой памяти, первичными ячейками которой являются полевые транзисторы с двумя изолирующими затворами: управляющим и плавающим. Исходным полупроводником для поле-

вых транзисторов обычно является кремний, а в качестве диэлектрика используется слой диоксида кремния SiO_2 , выращенный на поверхности кристалла кремния путем высокотемпературного окисления. На слой диэлектрика нанесен металлический электрод-затвор. В результате этого твердотельные накопители имеют своеобразную структуру, состоящую из металла, диэлектрика и полупроводника. По этим причинам экстренное гарантированное физическое уничтожение информации с таких накопителей является достаточно сложной задачей [1].

Известны способы программного стирания информации [2] с носителей данных (SSD, SD, Flash-память), но среди них эффективны только встроенные команды удаления данных в SSD-накопителе. Но в случае экстренного и полного удаления информации данные способы не эффективны и занимают много времени.

В наше время широкое применение получили БПЛА, которые позволяют вести фото- и видеосъемку, наблюдение за силами противника и координировать действия вооруженных сил в условиях военных действий. Но в случае сбоя БПЛА силами противника существует высокий риск получения ими закрытой информации (точка запуска БПЛА, маршрут полета, фото- и видеоматериалы и т.д.) с носителей данных, используемых на борту. Внедрение в систему сбора и хранения данных БПЛА компактного устройства уничтожения накопителя данных позволило бы в случае внештатной ситуации оперативно уничтожить ценную для противника информацию.

Термохимическое уничтожение кристаллов

Специалистами ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» в 2018 году был разработан перспективный метод уничтожения носителей информации, в том числе интегральных микросхем памяти. Для уничтожения микросхем в металлокерамическом корпусе типа 1632PT2 было разработано термохимическое устройство уничтожения микросхем (ТУУМ) [3].

Разрушение кристалла происходит путём термохимического воздействия продуктов горения термитного пиротехнического состава (ПТС) на основе мелкодисперсного алюминия и оксида никеля (II) [4]. Результаты воздействия ПТС на микросхему при различных температурах представлены на рис. 1.

По результатам проведенных экспериментов было определено, что ТУУМ обеспечивает полное уничтожение кристалла микросхемы 1632PT2 в металлокерамическом корпусе.

Попытка применения этого принципа для уничтожения кристалла микросхемы в пластмассовом корпусе показала его низкую эффективность. При воздействии высокотемпературных продуктов горения термитного пиротехнического состава на микросхему корпус микросхемы защищает кристалл микросхемы от термохимического разрушающего воздействия.

На рис. 2 представлен внешний вид микросхемы памяти, взятой в качестве аналога микросхемы в пластмассовом корпусе, до и после срабатывания ТУУМ.

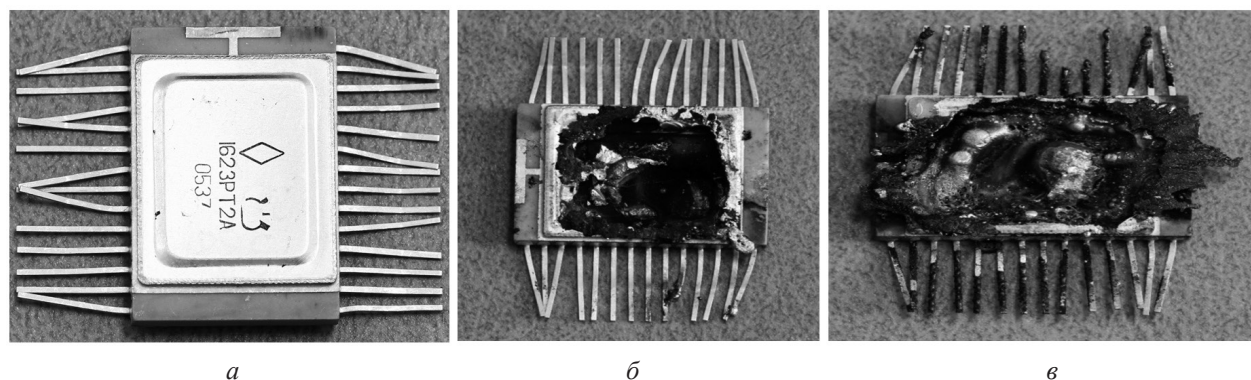


Рис. 1. Внешний вид микросхемы 1632PT2 до и после срабатывания ТУУМ при различных начальных температурах: а — до срабатывания; б — начальная температура 80 °С; в — начальная температура минус 65 °С

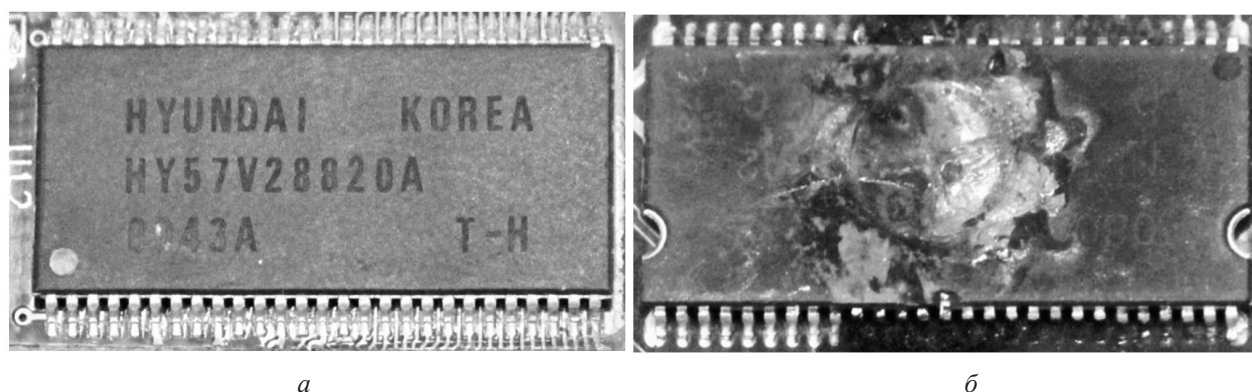


Рис. 2. Внешний вид микросхемы до (а) и после (б) срабатывания ТУУМ

В результате испытаний было установлено, что существующим методом термохимического воздействия продуктов горения термитного ПТС на основе алюминия и оксида никеля (II) не удалось уничтожить кристалл микросхемы в пластмассовом корпусе.

Термохимическое уничтожение кристаллов с использованием бинарного заряда

По результатам анализа было предложено повысить эффективность уничтожения кристалла микросхемы в пластмассовом корпусе ТУУМ за счёт использования в нём бинарного заряда. Первая, ближняя к корпусу микросхемы компонента заряда представляла собой спрессованный до относительной плотности перхлорат калия общей массой 0,2 г, вторая компонента заряда массой 0,8 г изготавливалась из штатного ПТС на основе мелкодисперсного алюминия и оксида никеля (II).

Согласно предложенной физико-химической модели срабатывания ТУУМ, основной функцией первой компоненты заряда являлось термохимическое удаление слоя компаунда над кристаллом за счёт его окисления горячим кислородом, образующимся при термическом распаде перхлората калия. Вторая компонента заряда, попав на оголённый кристалл, должна была его расплавить и деструктурировать за счёт воздействия раскалённых, химически активных по отношению к кремнию, продуктов сгорания термитного ПТС. Результат срабатывания ТУУМ с бинарным зарядом приведен на рис. 3.

В результате испытаний произошло успешное удаление слоя компаунда корпуса над кри-

сталлом, однако, по всей видимости, малое разнесение по времени поступления на микросхему химически активных компонентов для очистки кристалла и его разрушения, привело к тому, что вторая часть заряда не обеспечила требуемого эффекта.

Возможной причиной низкой эффективности срабатывания термитной части заряда явилось образование интенсивного встречного потока газообразных продуктов сгорания материала корпуса микросхемы, который «сдувал» продукты сгорания ПТС.

Анализ результатов показал, что для уничтожения микросхем необходимо наличие дополнительного механического воздействия.

Источником такого комбинированного разрушающего воздействия может являться высокоамплитудный импульс давления нагретых до высокой температуры легко конденсирующихся веществ, часть из которых может вступать с материалами элементов конструкции микросхем в химическое взаимодействие. Воздействие на корпус микросхемы разных по природе разрушающих факторов позволит получить синергети-

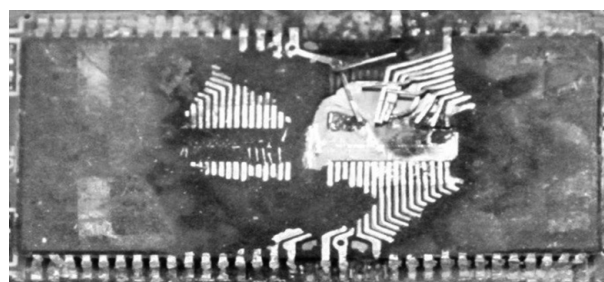


Рис. 3. Внешний вид микросхемы в пластмассовом корпусе после срабатывания ТУУМ с бинарным зарядом

ческий эффект и тем самым существенно повысить интенсивность общего разрушения кристалла. При этом масса заряда пиротехнического состава в устройстве может быть значительно уменьшена по сравнению с требуемой массой заряда при термохимическом уничтожении [5].

После проведения анализа характеристик существующих пиротехнических составов был выбран ПТС на основе перхлората калия в качестве кислородсодержащего окислителя и титана в качестве высококалорийного горючего [6].

Испытания состава производились в приспособлении, конструкция которого приведена на рис. 4.

Масса навески ПТС, запрессованной в электровоспламенитель (ЭВ), составляла 0,11 г. Расстояние между алюминиевым колпачком (толщина стенки — 0,15 мм) и поверхностью микросхемы составляло ≈ 3 мм.

Срабатывание снаряженного ЭВ производилось на микросхемах с корпусами обоих типов. Во всех испытаниях произошло полное разрушение микросхем. Внешний вид микросхем после срабатывания ПТС приведен на рис. 5.

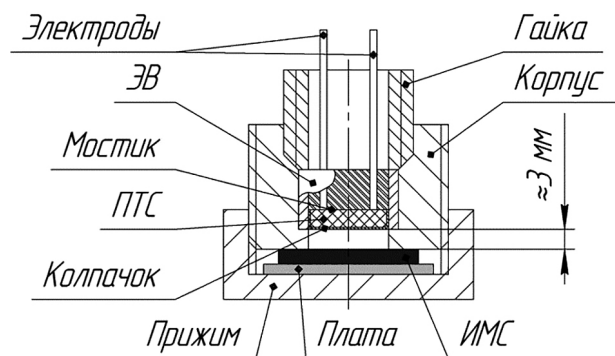


Рис. 4. Приспособление для испытаний состава

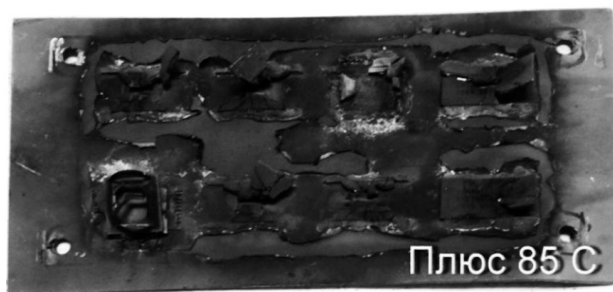
Таким образом, в результате проведенных испытаний экспериментально была подтверждена эффективность применения комплексного разрушающего воздействия для уничтожения микросхем обоих типов.

Однако при определении характеристик безопасности состава было получено, что состав имеет первый класс относительной опасности ручных работ при воздействии трением по ОСТ 3-6609-90, степень относительной опасности — очень высокая.

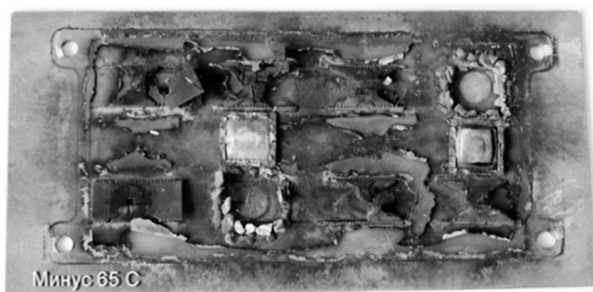
В качестве флегматизирующей добавки был использован фторопласт, что привело к снижению чувствительности ПТС к трению до 4 класса относительной опасности ручных работ, в результате чего повысилась безопасность приготовления состава. Также произошло улучшение прессуемости и формуемости состава.

Разрушение кристалла памяти путем локального термобарического удара

Специалистами института экспериментальной газодинамики и физики взрыва (ИФВ) ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» было разработано малогабаритное устройство экстренного уничтожения радиоэлементов (МУЭУР), представляющее собой конструктивно законченное изделие, выполняющее функцию разрушения радиоэлементов, носителей информации. Принцип действия устройства основан на комбинированном воздействии термохимического и механического способа вследствие термобарического воздействия продуктов разложения пиротехнических веществ. Конструктивное исполнение МУЭУР представлено на рис. 6.



а



б

Рис. 5. Внешний вид микросхем после срабатывания при различных начальных температурах: а — начальная температура 85 °С; б — начальная температура минус 65 °С

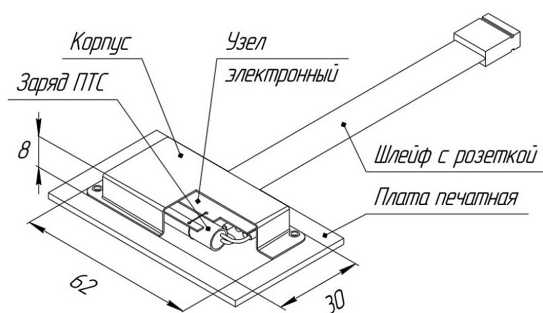


Рис. 6. Конструктивное исполнение МУЭУР

Малые габариты позволяют внедрять данное устройство в различные приборы и системы. Через шлейф с розеткой на печатную плату электронного узла подается напряжение на накопительные конденсаторы. Конденсаторы заряжаются до необходимого уровня напряжения. При подаче команды (двух сигналов ТТЛ уровня) на задействование МУЭУР происходит открытие МОП-ключей. Накопительные конденсаторы начинают разряжаться на ЭВ, расположенный внутри трубки с ПТС. Разогретый проволочный мостик ЭВ (рис. 7) поджигает ПТС в трубке, который, сгорая, выделяет большое количество газов. При достижении определенного давления латунная трубка раскрывается в месте ослабляющей проточки. Осколки и продукты сгорания ПТС с большой скоростью целенаправленно ударяют по объекту воздействия, вызывая значительные деформации его корпуса и разрушая содержимое. Структурная схема МУЭУР представлена на рис. 7.

В качестве ПТС, сгорание которого приводит к разрушению корпуса заряда, рассматрива-

лись составы на основе перхлората калия и нанодисперсного алюминия:

- ПТС «хлорал» — смесь $KClO_4$ и нанодисперсного алюминия;
- ПТС «хлореаль» — смесь $KClO_4$, нанодисперсного алюминия и газообразующей добавки — дициандиамида.

Эксперименты, проведенные на опытных образцах, показали, что наличие газообразующей добавки не даёт преимущества по разрушающему действию заряда, в связи с чем для использования был выбран состав «хлорал».

Проведён комплекс работ по определению свойств ПТС «хлорал». Показано, что разработанный состав имеет высокую термостойкость (температура воспламенения составляет более $500\text{ }^\circ\text{C}$), стабилен при длительном хранении, но при этом хорошо воспламеняется от ЭВ. Скорость горения состава в металлической цилиндрической трубке внутренним диаметром 5 мм составляет $\sim 320\text{ м/с}$.

Как показали эксперименты, окружение заряда компаундом дополнительно локализует термобарическое воздействие в направлении проточки.

Внешний вид одного из опытных образцов МУЭУР с мишенью перед опытом представлен на рис. 8.

В результате срабатывания МУЭУР произошла значительная деформация металлических пластин (корпуса микросхемы) и кристалл микросхемы между пластин разрушился на мелкие осколки. Результат задействования МУЭУР представлен на рис. 9.

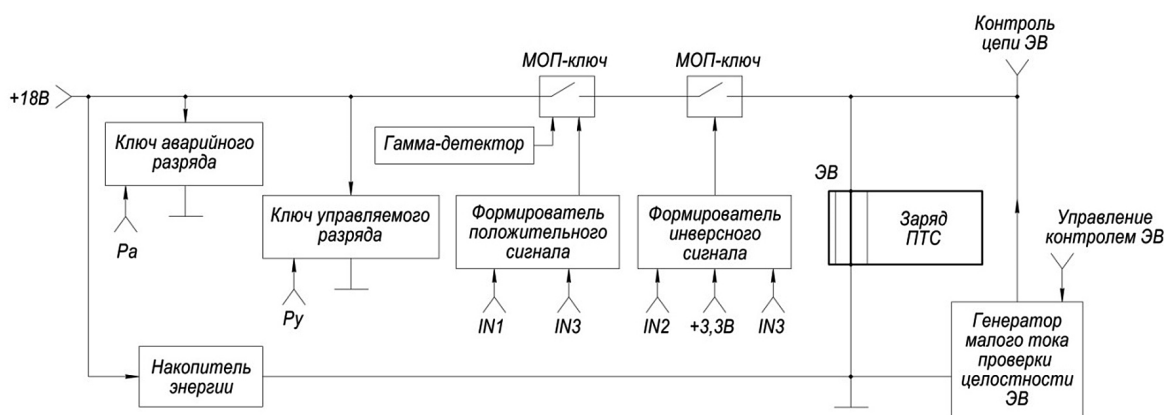
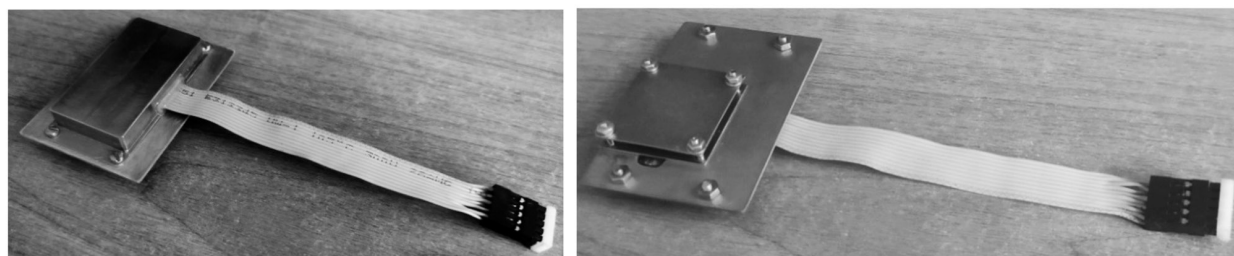
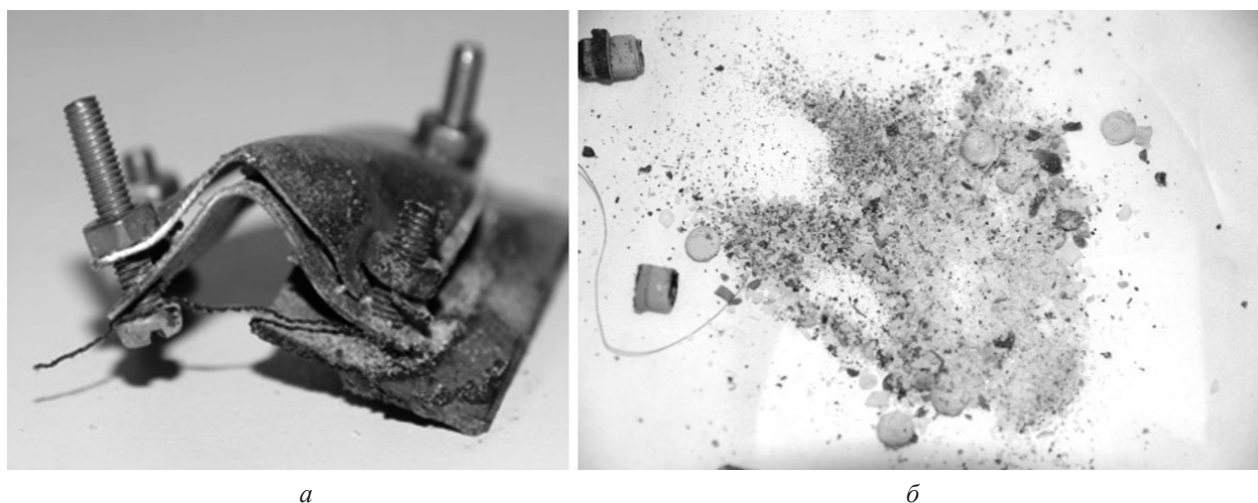


Рис. 7. Структурная схема МУЭУР:

R_a — вход аварийного разряда; R_u — вход управляемого разряда; $IN1$ — прямой сигнал; $IN2$ — инверсный сигнал; $IN3$ — сигнал на разблокировку формирователей



а б
Рис. 8. Внешний вид опытного образца с мишенью перед опытом



а б
Рис. 9. Результат задействования МУЭУР. Деформированная мишень после опыта (а) и осколки кристалла микросхемы (б)

Серия опытов показала, что мишени-имитаторы, расположенные со стороны паза, в опытах разрушались до состояния, исключающего возможность восстановления: металлические пластины изгибались, а кристалл микросхемы разбивался на осколки размером не более 2 мм.

Таким образом, в результате проведенных испытаний экспериментально была подтверждена эффективность применения МУЭУР для экстренного и полного уничтожения микросхем без возможности восстановления.

Вывод

В статье рассмотрены новые перспективные методы уничтожения микросхем памяти, носителей информации, на примере двух параллельно друг другу проведенных исследований.

Для обеспечения гарантированного уничтожения кристаллов микросхем в металлокерамическом и пластмассовом корпусах специалиста-

ми ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» было применено комплексное воздействие термохимического метода уничтожения микросхем и бинарного заряда. Апробация созданного пиротехнического состава в макете показала, что он обеспечивает быстрое и эффективное разрушение кристалла микросхемы памяти. Было разработано устройство уничтожения, выбрана рецептура ПТС, способная обеспечить работоспособность ТУУМ.

Разработано и испытано МУЭУР, принцип действия, которого основан на комбинированном воздействии термохимического и механического способа, вследствие термобарического воздействия продуктов разложения пиротехнических веществ.

Мишени в опытах разрушались до состояния, исключающего возможность восстановления: металлические пластины (корпус микросхемы) изгибались, а кристалл микросхемы разбивался на осколки размером не более 2 мм.

Таким образом, оба метода уничтожения являются перспективными для применения в приборах и системах разного, в том числе специального назначения. Разработанные устройства уничтожения позволяют уничтожать микросхемы в разных корпусных исполнениях.

Литература

1. Смуров С.В., Салько А.Е., Загарских В.И., Кузин Е.Н. Экстренное уничтожение твердотельных носителей информации термическим методом // Известия института инженерной физики. 2019. № 4. С. 93–94.

2. Уточка Р.А., Фадин А.А., Шахалов И.Ю. Проблемные вопросы гарантированного уничтожения информации на носителях с полупроводниковой энергонезависимой перезаписываемой памятью // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия: Приборостроение. 2011. Специальный выпуск. Технические средства. С. 7–19.

3. Патент РФ № 201810357, 15.01.2018. Белоусова Т.Е., Воробьев В.И., Власова Е.В., Гаин И.П., Горькаев Д.А., Пронин С.В., Шадиёв Р.Б. Устройство уничтожения кристалла микросхемы памяти // Патент России № 2690781. 2019. Бюл. № 16.

4. Боборыкин С.Н., Рыжиков С.С. Термохимическое уничтожение носителей информации // Специальная техника. 2003. № 4. С. 46–49.

5. Левашов Е.А., Рогачев А.С., Юхвид В.И. Физико-химические и технологические основы самораспространяющегося высокотемператур-

ного синтеза: учеб. пособие. — М.: ЗАО «Издательство БИНОМ», 1999. 176 с.

6. Мельников В.Э. Современная пиротехника. — М.: Наука, 2014. 480 с.

References

1. Smurov S.V., Salko A.E., Zagarskikh V.I., Kuzin E.N. Emergency destruction of solid-state data carriers by thermal method // Proceedings of the Institute of Engineering Physics. 2019. № 4. P. 93–94.

2. Utochka R.A., Fadin A.A., Shakhlov I.Y. Problematic issues of guaranteed destruction of information on media with semiconductor non-volatile rewritable memory // Bulletin of the Bauman Moscow State Technical University. Series: Instrumentation. 2011. Special Issue Technical means. P. 7–19.

3. Patent of the Russian Federation No. 201810357, 15.01.2018. Belousova T.E., Vorobyev V.I., Vlasova E.V., Ganin I.P., Gorkaev D.A., Pronin S.V., Shadiev R.B. Device for destroying a memory chip crystal // Patent of Russia No. 2690781. 2019. Byul. No. 16.

4. Boborykin S.N., Ryzhikov S.S. Thermochemical destruction of information carriers // Special equipment. 2003. No. 4. P. 46–49.

5. Levashov E.A., Rogachev A.S., Yukhvid V.I. Physico-chemical and technological bases of self-propagating high-temperature synthesis: textbook. stipend. — М.: CJSC «BINOM Publishing House», 1999. 176 p.

6. Melnikov V.E. Modern pyrotechnics. — М.: Science, 2014. 480 p.