

А.В. Мостовщиков

ВИДЫ ЗАПАСЕННОЙ ЭНЕРГИИ В ТВЕРДЫХ ТЕЛАХ



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

А.В. Мостовщиков

ВИДЫ ЗАПАСЕННОЙ ЭНЕРГИИ В ТВЕРДЫХ ТЕЛАХ

Монография

Под редакцией А.П. Ильина

Издательство
Томского политехнического университета
2017

УДК 539.2:539.1
ББК 22.37
М84

Мостовщиков А.В.

М84 Виды запасенной энергии в твердых телах : монография / А.В. Мостовщиков ; под. ред. А.П. Ильина ; Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2017. – 119 с.

ISBN 978-5-4387-0745-5

В монографии рассмотрены вопросы запасаения энергии в твердых телах, показаны возможные физические механизмы этих процессов, проблемы устойчивости состояний с высокой запасенной энергией. Представлены экспериментальные результаты исследования влияния на запасенную энергию в нанопорошке алюминия высокоэнергетических воздействий (потoki ускоренных электронов, СВЧ-излучение). Показано, что перспективным направлением запасаения энергии являются возбужденные электронные состояния атомов и молекул (лазеры, ридберговские атомы).

Монография представляет интерес для научно-технических работников, преподавателей, аспирантов и магистрантов, исследующих взаимодействие концентрированных потоков энергии с материалами, специалистов, использующих электронное и СВЧ-излучение в различных технологических процессах, а также для всех интересующихся проблемами запасаения энергии.

УДК 539.2:539.1
ББК 22.37

Рецензенты

Доктор физико-математических наук, профессор
заведующий кафедрой физики
Сибирского федерального университета
А.И. Лямкин

Доктор технических наук, профессор
заведующий кафедрой неорганической химии НИ ТГУ
В.В. Козик

В монографии частично представлены научные результаты, полученные в рамках выполнения Государственного задания «Наука», проект № 11.1928.2017/ПЧ «Технология модифицирования микро- и нанопорошков металлов высокоэнергетичным СВЧ-излучением с импульсами наносекундной длительности»

ISBN 978-5-4387-0745-5

© ФГАОУ ВО НИ ТПУ, 2017
© Мостовщиков А.В., 2017
© Оформление. Издательство Томского политехнического университета, 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
ГЛАВА 1. ДЕЙСТВИЕ ЭНЕРГИИ ВЫСОКОЙ ПЛОТНОСТИ МОЩНОСТИ НА ТВЕРДОЕ ТЕЛО.....	7
1.1. История понятия «энергия» в механике и термодинамике.....	7
1.2. Запасание энергии структурными дефектами кристаллической решетки твердого тела.....	8
1.2.1. Запасенная энергия в галогенидах щелочных металлов.....	8
1.2.2. Запасенная энергия в графите, облученном потоками нейтронов.....	10
1.2.3. Напряженно-деформированное состояние, объемная плотность запасенной энергии деформации.....	11
1.2.4. Запасенная энергия в земной коре и процессы ее релаксации	14
1.3. Влияние электромагнитного излучения СВЧ-диапазона на микроструктуру меди.....	15
1.4. Результаты воздействия потоков ускоренных электронов на твердые тела	17
1.5. Связь накопления зарядов с запасенной энергией в диэлектриках при облучении	19
1.6. Метод электрического взрыва проводников как способ получения энергонасыщенных структур.....	22
1.7. Проблемы измерения запасенной энергии в нанопорошках металлов.....	26
1.8. Диагностика устойчивости двойного электрического слоя с помощью измерения электропроводности при нагревании.....	27
ГЛАВА 2. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЭЛЕКТРОВЗРЫВНОГО НАНОПОРОШКА АЛЮМИНИЯ КАК ЭНЕРГОНАСЫЩЕННОЙ СТРУКТУРЫ.....	35
2.1. Особенности строения металлической наночастицы	35
2.2. Преобразование энергии в процессе электрического взрыва и при пассивировании нанопорошков алюминия добавками воздуха.....	36
2.3. Физико-химическая сущность параметров химической активности нанопорошка алюминия и их связь с запасенной энергией.....	40

2.4. Влияние примесей на запасенную энергию в электровзрывном нанопорошке алюминия.....	43
2.5. Запасенная энергия в наночастице и нанопорошке	46
ГЛАВА 3. РОЛЬ ЗАПАСЕННОЙ ЭНЕРГИИ В СИНТЕЗЕ МИКРОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ СТРУКТУР.....	50
3.1. Образование нитрида алюминия при сгорании нанопорошка алюминия в режиме теплового взрыва.....	50
3.2. Формирование AlN в условиях теплового взрыва при действии магнитного и электрического полей.....	52
3.2.1. Микромонокристаллы нитрида алюминия, синтезированные при сгорании нанопорошка алюминия в воздухе в однородном магнитном поле.....	55
3.2.2. Синтез микрокристаллов в условиях сгорания нанопорошка алюминия в воздухе в неоднородном магнитном поле.....	58
3.2.3. Влияние электрического поля на образование микрокристаллов AlN при сгорании нанопорошка алюминия в воздухе.....	60
3.2.4. Микронапряжения в кристаллической решетке продуктов сгорания нанопорошков алюминия в воздухе	61
3.3. Фазообразование в процессе горения компактированного нанопорошка алюминия в воздухе	65
3.4. Модель образования монокристаллических веществ в процессах теплового взрыва и детонации.....	71
3.5. Выводы по главе 3	73
ГЛАВА 4. ПОВЫШЕНИЕ ЗАПАСЕННОЙ ЭНЕРГИИ НАНОПОРОШКОВ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ИЗЛУЧЕНИЙ	75
4.1. Воздействие потоков ускоренных электронов с энергией до 360 кэВ на структурно-энергетическое состояние нанопорошка алюминия	76
4.2. Воздействие потоков ускоренных электронов с энергией до 4 МэВ на нанопорошки Al, Fe, Ni, Mo и Cu	81
4.3. Феноменологическая модель прохождения электронного пучка при облучении частиц нанопорошка «на прострел»	82
4.4. Влияние СВЧ-излучения на термохимические свойства нанопорошка алюминия.....	84
4.5. Выводы по главе 4	87

ГЛАВА 5. ПРОБЛЕМЫ ПОЛУЧЕНИЯ ЭНЕРГОНАСЫЩЕННЫХ СТРУКТУР С ЗАПАСЕННОЙ ЭНЕРГИЕЙ, ВЕЛИЧИНА КОТОРОЙ БОЛЬШЕ СТАНДАРТНОЙ ТЕПЛОТЫ ПЛАВЛЕНИЯ	89
5.1. Электрическая емкость электронно-дырочного (<i>p-n</i>) перехода между двумя полупроводниками.....	89
5.2. Структуры «металл–диэлектрик–металл» (в том числе тонкопленочные металлооксидные структуры).....	90
5.3. Молекулярные конденсаторы (ионисторы, суперконденсаторы и др.) и запасенная ими энергия.....	92
5.4. Запасание энергии электронной подсистемой вещества и ридберговские атомы	94
5.5. Эффект малых доз ионизирующего излучения и релаксация запасенной энергии.....	98
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	100
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ, УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ И ТЕРМИНОВ	103
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	106