

А.И. Каиниченко, В.Е. Стрельницкий

РАДИАЦИОННО- АКУСТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ В ТВЕРДЫХ ТЕЛАХ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
«ХАРЬКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ»

А.И. Калиниченко, В.Е. Стрельницкий

**РАДИАЦИОННО-
АКУСТИЧЕСКИЕ
ЭФФЕКТЫ
В ТВЕРДЫХ ТЕЛАХ**

Харьков
2013

УДК 538.97-405:539.1.043:534-16

P15

P15 Радиационно-акустические эффекты в твердых телах / А.И. Калиниченко, В.Е. Стрельницкий. — Харьков: ННЦ ХФТИ, 2013. -320 с.

В книге приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований в области радиационной акустики твердого тела — нового направления физики, изучающего звуковые явления, возникающие при взаимодействии частиц и пучков излучений с твердыми телами различной природы. Исследуется влияние больших локальных перегревов и дефектов, порождаемых отдельными частицами - ионами и нейтронами, на величину и форму акустического сигнала. Рассчитывается амплитуда акустического импульса при наличии тепловой нелинейности параметра генерации и для различных геометрий зоны взаимодействия. Исследуется влияние радиационно-акустических эффектов на процессы переноса, структурообразования и разрушения в облучаемом твердом теле. Освещается ряд практических приложений радиационной акустики в технике физического эксперимента, процессах радиационной обработки материалов и медицине.

Для научных сотрудников и инженерно-технических работников - специалистов в областях радиационного материаловедения, ускорительной техники, физической акустики и астрофизики.

Рис. 114, табл. 4, список лит. - 404 назв.

У книзі наведено результати теоретичних і експериментальних досліджень у галузі радіаційної акустики твердого тіла — нового напрямку фізики, вивчаючого звукові явища, що виникають при взаємодії частинок і пучків випромінювань з твердими тілами різної природи. Досліджується вплив великих локальних перегрівів і дефектів, що породжуються окремими частинками — іонами і нейтронами, на величину та форму акустичного сигналу. Розраховується амплітуда акустичного імпульсу при наявності теплової нелінійності параметра генерації для різних геометрій зони взаємодії. Досліджується вплив радіаційно-акустичних ефектів на процеси переносу, структуроутворення та руйнування в опромінюваному твердому тілі. Висвітлюється ряд практичних додатків радіаційної акустики в техніці фізичного експерименту, процесах радіаційної обробки матеріалів та медицині.

Для наукових співробітників та інженерно-технічних працівників - фахівців у галузях радіаційного матеріалознавства, прискорювальної техніки, фізичної акустики і астрофизики.

УДК 538.97-405:539.1.043:534-16

Национальный научный центр
«Харьковский физико-технический институт»
(ННЦ ХФТИ), 2013

ОГЛАВЛЕНИЕ

Список использованных обозначений.....	7
Предисловие.....	10
<i>Глава 1.</i> Генерация звука пучками излучений в твердых телах.	
Краткая предыстория.....	17
1.1. Первые эксперименты, модели и проекты.....	17
1.2. Механизмы генерации.....	32
1.3. «Плывем... Куда ж нам плыть?».....	41
<i>Глава 2.</i> Радиационная термоакустика.....	44
2.1. Уравнения радиационной термоакустики в случае тепловой нелинейности и/или пространственной неоднородности коэффициента генерации.....	45
2.2. Решения для сферических волн.....	49
2.2.1. Сферически-симметричный гауссов тепловой источник.....	52
2.2.2. Расчет термоакустического импульса на произвольном расстоянии.....	53
2.3. Решения для цилиндрических волн.....	55
2.3.1. Аксиально-симметричный гауссов тепловой источник... ..	56
2.4. Решения для плоских волн.....	58
2.4.1. Одномерный гауссов тепловой источник.....	59
2.5. Термоакустические колебания тонкого стержня/нити.....	59
2.6. Радиальные колебания тонкой пластины/мембраны.....	63
2.7. Нелинейные термоакустические эффекты при импульсном облучении твердых тел.....	67
2.8. Распространение акустического импульса в поглощающей среде.....	71
2.9. Радиационно-акустические эффекты в пластинах.....	76
2.9.1. Одномерные колебания толстой пластины.....	77
2.9.1.1. Возбуждение колебаний толстой пластины одиночным импульсом излучения.....	77
2.9.1.2. Возбуждение колебаний толстой пластины в резонансном режиме.....	79
2.9.2. Порог разрушения тонкой пластины при импульсном облучении.....	82
2.9.3. Радиационно-акустический резонанс в тонкой пластине... ..	87
2.10. Генерация упругой волны движущимся радиационно- акустическим источником.....	89
2.10.1. Амплитуда импульса в одномерном звуковом... ..	91
2.10.2. Спидрезонансный режим.....	92
2.10.3. Учет поглощения звука.....	95
2.10.4. Эффективность генерации.....	96

5.1.3. Расчет температуры в НТП.....	172
5.1.4. Расчет упругих напряжений в окрестностях НТП.....	175
5.1.4.1. Термоупругие напряжения.....	175
5.1.4.2. Деформационные напряжения.....	178
5.1.4.3. Результаты вычислений упругих напряжений в НТП.....	179
5.2. Ускорение кинетических процессов в аморфных и нанокристаллических материалах при ионном облучении.....	182
5.3. Структурная перестройка углеродной мишени в термоупругих пиках ионов C^+ , благородных газов и углеводородов.....	187
5.3.1. P , T -траектории НТП ионов на фазовой диаграмме углерода.....	188
5.3.2. Эффективность образования $ta-C$ в НТП различных ионов.....	190
5.3.3. Образование $ta-C$ в термоупругих пиках углеводородов.....	191
5.4. Возникновение внутреннего напряжения в твердом теле при ионном облучении.....	196
5.4.1. Вывод формулы для внутренних напряжений.....	198
5.4.2. Влияние температуры подложки на внутренние напряжения и структуру $ta-C$ -покрытия при ионном осаждении.....	202
5.5. Осаждение $ta-C$ -покрытия в режиме импульсного потенциала.....	204
5.6. Образование кубического нитрида бора в термоупругих пиках ионов B^+ при ионном осаждении.....	209
5.7. Упругие волны, возбуждаемые при ионной имплантации, и их влияние на процессы в облучаемом веществе.....	210
5.7.1. Расчет компонентов импульса напряжений.....	211
5.7.2. Учет поглощения звука.....	215
5.7.3. Дистанционное действие на дефекты.....	216
5.8. Хрупкое разрушение поверхности твердого тела при облучении ионами низких энергий.....	219
5.9. Термомеханическое действие нейтронов.....	225
5.9.1. Характеристики ядер отдачи.....	226
5.9.2. Фазовые превращения в НТП нейтрона в железе.....	228
5.9.3. Термомеханическое воздействие нейтронов на биогенные материалы.....	231
5.10. Капельное распыление и кратерообразование при ионной бомбардировке.....	234
5.10.1. Критерий капельного распыления.....	235

5.10.2. Формообразование кратеров при ионной бомбардировке.....	240
5.11. Пределы применимости модели нелокального термоупругого пика.....	247
<i>Глава 6. Прикладные аспекты радиационной акустики твердого тела.....</i>	<i>252</i>
6.1. Акустическая дозиметрия и мониторинг импульсных пучков.....	252
6.1.1. Уравнения термоакустической дозиметрии.....	254
6.1.2. Акустическая гамма-дозиметрия.....	256
6.1.3. Акустические дозиметры на основе тонких мишеней.....	258
6.1.4. Радиационно-акустический мониторинг терапевтического пучка.....	264
6.2. Определение термоупругих характеристик твердых тел в радиационно-акустических экспериментах.....	267
6.3. Радиационно-акустические исследования материалов с нелинейными термоупругими характеристиками.....	272
6.4. Радиационно-акустическая термометрия.....	276
6.5. Определение координаты фазового перехода.....	280
6.6. Генерация механических импульсов.....	282
Библиографический список.....	284