

Н.А. Сергеев, Д.С. Рябушкин

Кристаллофизика



2016

Москва

Университетская книга

УДК 548.0:53
ББК 22.37
С32

Рецензенты

М.Б. Стругацкий, доктор физико-математических наук,
профессор Физико-технического института Крымского
федерального университета им. В.И. Вернадского;

Н.А. Коришевский, доктор физико-математических наук,
профессор Национального университета «Львовская политехника»

Сергеев Н.А.

С32 Кристаллофизика: монография / Н.А. Сергеев, Д.С. Рябушкин. –
М.: Университетская книга, 2016. – 160 с.

ISBN 978-5-98699-182-5

Рассмотрены основополагающие аспекты физики кристаллов как одной из ведущих дисциплин, изучающих свойства твердых тел. Представлен анализ симметрии кристаллов. Раскрыты основные понятия и принципы кристаллофизики. Освещены упругие и оптические свойства кристаллов, изложена их термодинамика.

Представляет интерес для исследователей и специалистов, работающих в области физики кристаллов, а также для аспирантов и магистрантов, получающих высшее образование в области естественнонаучных и инженерно-технических направлений и специальностей с углубленным изучением физики.

УДК 548.0:53
ББК 22.37

ISBN 978-5-98699-182-5

© Сергеев Н.А.,
Рябушкин, Д.С., 2016
© Университетская
книга, 2016

Оглавление

Оглавление.....	3
Предисловие	5
Глава 1. Симметрия строения кристаллов	7
1.1. Кристаллические и аморфные тела.....	7
1.2. Элементы симметрии	8
1.3. Точечные группы.....	11
1.4. Кристаллографические системы	15
1.5. Элементарная ячейка. Решетки Бравэ.....	18
1.6. Пространственные элементы симметрии.....	20
1.7. Пространственные группы симметрии.....	23
1.8. Обозначения плоскостей и направлений в кристалле.....	24
1.9. Правила выбора осей кристаллофизической системы координат.....	26
Глава 2. Основные понятия и принципы кристаллофизики	27
2.1. Скаляры, векторы и тензоры.....	27
2.2. Принцип Кюри. Симметрия физических полей.....	36
2.3. Симметрия физических свойств. Принцип Неймана	41
Глава 3. Упругие свойства кристаллов	62
3.1. Тензор напряжений	62
3.2. Тензоры деформации и девиатор деформации.....	71
3.3. Закон Гука.....	82
3.4. Упругие волны в кристалле.....	92
3.5. Пьезоэлектрический эффект	98
Глава 4. Оптические свойства кристаллов.....	107
4.1. Явление двойного лучепреломления света	107
4.2. Фотоэластический эффект	122
4.3. Электрооптический эффект	128
4.4. Оптическая активность	134
Глава 5. Термодинамика кристаллов.....	141
5.1. Основы термодинамики	141
5.2. Термодинамика физических свойств диэлектриков	145
5.3. Связи между коэффициентами, измеряемыми при различных условиях.....	155
Литература.....	158

Задания

1. Показать, что между коэффициентами упругости электрически зажатого ($D_i = 0$) и электрически свободного ($E_i = 0$) кристаллов существует связь:

$$s_{ijkl}^{(D)} = s_{ijkl}^{(E)} - d_{mij} d_{nkl} \tilde{\eta}_{mn} \quad (T = \text{const}),$$

где $\tilde{\eta}_{kl} = \eta_0 \eta_{kl}$ – тензор диэлектрической непроницаемости (см. табл. 2.1).

2. Показать, что между коэффициентами диэлектрической проницаемости механически зажатого ($r_{ij} = 0$) и механически свободного ($t_{ij} = 0$) кристаллов имеется связь:

$$\tilde{\epsilon}_{ij}^{(r)} = \tilde{\epsilon}_{ij}^{(t)} - d_{ikl} d_{jmn} c_{klmn}^{(E)} \quad (T = \text{const}),$$

где $c_{klmn}^{(E)}$ – компоненты тензора жесткости, измеряемые в условиях постоянного электрического поля (см. табл. 2.1).

3. Показать, что между теплоемкостями электрически зажатого ($D_i = 0$) и электрически свободного ($E_i = 0$) кристаллов имеется связь:

$$C^{(D)} = C^{(E)} - T p_i p_j \tilde{\eta}_{ij}^T \quad (t_{ij} = \text{const}).$$

4. Показать, что между теплоемкостями механически зажатого ($r_{ij} = 0$) и механически свободного ($t_{ij} = 0$) кристаллов существует связь:

$$C^{(r)} = C^{(t)} - T \alpha_{ij} \alpha_{kl} c_{ijkl}^{(T)} \quad (E_i = \text{const}).$$

5. Показать, что между коэффициентами, описывающими пьезоэлектрический эффект механически зажатого ($r_{ij} = 0$) и механически свободного ($t_{ij} = 0$) кристаллов, имеется связь:

$$p_i^{(r)} = p_i^{(t)} - \alpha_{jk}^{(E)} c_{jklm}^{(E,T)} d_{ilm}^{(T)}.$$

6. Показать, что между коэффициентами теплового расширения электрически зажатого ($D_i = 0$) и электрически свободного ($E_i = 0$) кристаллов существует связь:

$$\alpha_{ij}^{(D)} = \alpha_{ij}^{(E)} - d_{kij}^{(T)} \tilde{\eta}_{kl}^{(T,t)} p_l^{(t)}.$$

Литература

1. Шубников А.В., Флинт Е.Е., Бокий Г.Б. Основы кристаллографии. – М.: Изд-во АН СССР, 1940.
2. Займан Дж. Принципы теории твердого тела. – М.: Мир, 1974.
3. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. – М.: Физматгиз, 1962.
4. Переломова Н.В., Тагиева М.М. Задачник по кристаллофизике. – М.: Наука, 1982.
5. Най Дж. Физические свойства кристаллов. – М.: Мир, 1967.
6. Бирман Дж. Пространственная симметрия и оптические свойства твердых тел. – М.: Мир, 1978. Т. 1, 2.
7. International Tables for Crystallography, Dordrecht-Boston-London: Kluwer Academic Publishers. – 2002; <http://www.iucr.org>.
8. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела. – М.: Мир, 1979. Т. 1, 2.
9. Загальская Ю.Г., Литвинская Г.П. Геометрическая кристаллография. – М.: Изд-во МГУ, 1973.
10. Попов Г.М., Шафрановский И.И. Кристаллография. – М.: Высшая школа, 1972.
11. Современная кристаллография / под ред. Б.К. Вайнштейна, А.А. Чернова, Л.А. Шувалова. – М.: Наука, 1981.
12. Curie M. Pierre Curie. – Printed in USA. – Copyright, 1923.
13. Любарский Г.Я. Теория групп и ее применение в физике. – М.: Гостехиздат, 1957.
14. Хаммермеш М. Теория групп и ее применение к физическим проблемам. – М.: Мир, 1966.
15. Rymarz Cz. Mechanika ośrodków ciągłych. – Warszawa : PWN, 1993.
16. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Механика сплошных сред. – М.: Гостехиздат, 1954.
17. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Электродинамика сплошных сред. – М.: Гостехиздат, 1957.

18. Джексон Дж. Классическая электродинамика. – М.: Мир, 1965.
20. Wood E.A. Crystals and Light, an Introduction to Optical Crystallography. – Princeton, NJ: Van Nostrand, USA, 1964.
21. Васильев Д.М. Физическая кристаллография. – М.: Металлургия, 1972.
22. Сиротин Ю.И., Шаскольская М.П. Основы кристаллофизики. – М.: Наука, 1975.

Научное издание

Сергеев Николай Александрович
Рябушкин Дмитрий Сергеевич

Кристаллофизика

Монография

Редактор *Е.В. Комарова*
 Корректор *А.А. Нотик*
 Верстка и оформление *А.М. Моисеева*

ООО Литературное агентство «Университетская книга»
 Юридический адрес: 105120, г. Москва,
 ул. Нижняя Сыромятническая, д. 5/7, стр. 8.
 Почтовый адрес: 111024, г. Москва,
 ул. Авиамоторная, д. 55, корп. 31.
 Тел.: (495) 221-50-16, 981-51-12

Подписано в печать 01.06.2016. Формат 60×90/16.
 Печать офсетная. Бумага офсетная. 10 печ. л.
 Тираж 500 экз.

По вопросам приобретения и издания литературы обращайтесь:
 111024, Москва, ул. Авиамоторная, д. 55, корп. 31
 Тел.: (495) 981-51-12, 955-78-30
 Электронная почта: universitas@mail.ru