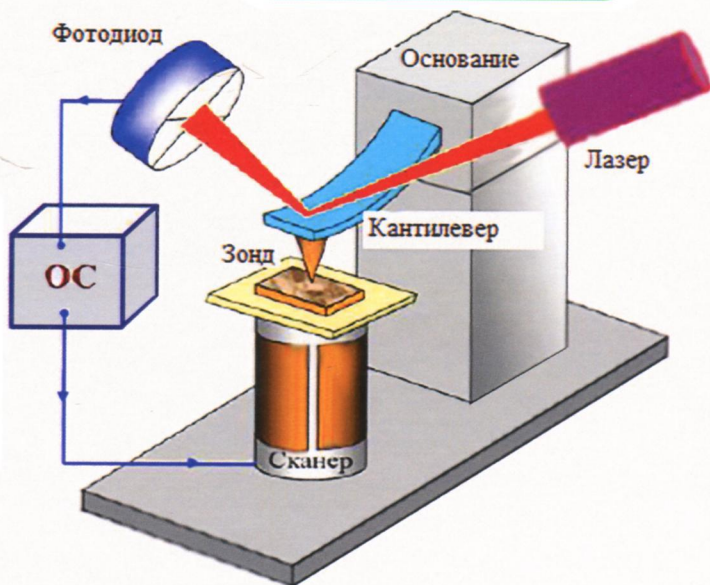


# СКАНИРУЮЩИЕ ЗОНДОВЫЕ МИКРОСКОПЫ

В. Д. КАЗАКОВ



**В. Д. Казаков**

**СКАНИРУЮЩИЕ ЗОНДОВЫЕ  
МИКРОСКОПЫ**

Справочник

Москва Вологда  
«Инфра-Инженерия»  
2024

7с

УДК 537.533.35

ББК 22.33

К14

Рецензенты:

д-р техн. наук, профессор (кафедра «Транспортно-технологические машины и комплексы», Чувашский государственный аграрный университет) *Казаков Ю. Ф.*;

канд. техн. наук, доцент *Медведев В. Г.*

**Казаков, В. Д.**

**К14** Сканирующие зондовые микроскопы : справочник / В. Д. Казаков. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2024. – 108 с. : ил.

ISBN 978-5-9729-1731-0

Кратко изложены основы сканирующей зондовой микроскопии. Рассмотрены принципы работы основных типов зондовых микроскопов (сканирующего туннельного микроскопа, атомно-силового микроскопа, электросилового микроскопа, магнитно-силового микроскопа, ближнепольного оптического микроскопа), наиболее широко используемых в научных исследованиях.

Для студентов факультета радиоэлектроники и автоматики. Может быть полезно специалистам, разрабатывающим наноустройства.

УДК 537.533.35

ББК 22.33

ISBN 978-5-9729-1731-0 © Казаков В. Д., 2024

© Издательство «Инфра-Инженерия», 2024

© Оформление. Издательство «Инфра-Инженерия», 2024

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Введение</b> .....	3
<b>Глава 1. Сканирующие зондовые микроскопы (СЗМ)</b> .....	5
1.1. Принципы действия, требования к ним и особенности работы .....	5
1.2. Сканирующие компоненты зондовых микроскопов .....	11
1.3. Сканирующая зондовая микроскопия (СЗМ) .....	23
1.4. Сканирующий электронный микроскоп .....	28
1.4.1. Устройство и принцип действия РЭМ .....	28
1.4.2. Формирование электронного зонда .....	30
1.4.3. Детекторы вторичных сигналов .....	32
1.4.4. Регистрация рентгеновского излучения .....	33
1.5. Атомно-силовая микроскопия (АСМ) .....	38
1.5.1. Технология изготовления зондовых датчиков АСМ ..	43
1.5.2. Система управления АСМ .....	46
1.6. Магнитосиловая зондовая микроскопия (МСМ) .....	50
1.7. Электросиловая микроскопия (ЭСМ) .....	51
1.8. Достоинства и недостатки сканирующих зондовых и электронных микроскопов .....	53
1.9. Сканирующий туннельный микроскоп (СТМ) .....	56
1.9.1. Структурная схема и принцип действия СТМ .....	56
1.9.2. Зонды для туннельных микроскопов .....	66
1.9.3. Система управления СТМ .....	69
1.10. Сканирующий ближнепольный оптический микроскоп .....	71
<b>Глава 2. Сканирующие зондовые микроскопы в будущем</b> .....	80
2.1. Перспективы развития и применения сканирующих зондовых микроскопов .....	80
2.2. Сканирующие зондовые микроскопы .....	81
2.2.1. Сканирующий туннельный микроскоп .....	81
2.2.2. Атомно-силовой микроскоп .....	84

2.2.3. Магнитно-силовой микроскоп .....	87
2.2.4. Магнитно-резонансный силовой микроскоп .....	87
2.2.5. Зонды МРСМ .....	91
2.3. Недостатки современных СЗМ .....	97
<b>Заключение</b> .....	100
<b>Рекомендуемая литература</b> .....	102