

УДК 530.143:519.72(075.8)  
И 468

Рецензенты:

д-р физ.-мат. наук, профессор *Я.С. Гринберг*  
д-р физ.-мат. наук, профессор *В.В. Рязанов*

**Ильичёв Е.В.**

И 468 Введение в динамику сверхпроводниковых квантовых цепей:  
учебник / Е.В. Ильичёв. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2018. –  
174 с. (Серия «Учебники НГТУ»).

ISBN 978-5-7782-3675-2

Учебник посвящен изложению основ слабой сверхпроводимости и ее существующим и потенциальным применениям. Особое внимание уделено описанию недавно открытых джозефсоновских квантовых битов, называемых кубитами. По уровню изложения он доступен студентам старших курсов и аспирантам физико-технических направлений высших учебных заведений. Начальные знания квантовой механики необходимы. Изложены основы физики джозефсоновских контактов. Подробно рассмотрена динамика квантовых двухуровневых систем, приводятся примеры описания открытых квантовых систем. Обсуждаются особенности измерения и контроля сверхпроводниковых кубитов.

Учебник предназначен для магистрантов и аспирантов физико-технических направлений вузов, специализирующихся в области квантовой информатики и физики конденсированного состояния.

УДК 530.143:519.72(075.8)

ISBN 978-5-7782-3675-2

© Ильичёв Е.В., 2018  
© Новосибирский государственный  
технический университет, 2018

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие .....	7
<b>Глава 1. Явление сверхпроводимости .....</b>	<b>9</b>
Введение .....	9
1.1. Эффект Мейснера .....	13
1.2. Кинетическая индуктивность .....	20
1.3. Проводимость сверхпроводника .....	23
1.4. Квантование магнитного потока .....	28
1.5. Эффект Джозефсона .....	30
1.6. Полупроводниковая модель джозефсоновского контакта .....	35
1.7. Свойства джозефсоновского тока .....	38
1.8. Квантовая механика джозефсоновского контакта .....	41
1.9. О системах единиц .....	45
Библиографический список к главе 1 .....	46
<b>Глава 2. Примеры сверхпроводниковых устройств .....</b>	<b>47</b>
2.1. Основы пленочной сверхпроводниковой технологии .....	47
2.2. Болометры .....	49
2.3. Сквиды .....	51
2.4. Стандарт вольты .....	65
2.5. Подходы к реализации стандарта тока .....	67
2.6. Сверхпроводниковая электроника .....	72
Библиографический список к главе 2 .....	76
<b>Глава 3. Элементы сверхпроводниковых квантовых цепей .....</b>	<b>77</b>
Введение .....	77
3.1. Двухуровневая квантовая система .....	80
3.2. Одноконтактный квантовый интерферометр .....	85
3.3. Поточковый кубит .....	88
3.4. Поточковый кубит как двухуровневая квантовая система .....	98
3.5. Копланарный сверхпроводящий резонатор линии передачи .....	102
3.6. Система «сверхпроводящий резонатор–кубит» .....	108
Библиографический список к главе 3 .....	111



## ОГЛАВЛЕНИЕ

---

<b>Глава 4. Основы динамики сверхпроводниковых квантовых цепей</b> .....	113
4.1. Матрица плотности.....	113
4.2. Уравнение Блоха .....	117
4.3. Раби-осцилляции.....	122
4.4. Приближение вращающейся волны .....	127
4.5. Уравнение Блоха двухуровневой системы с периодическим возбуждением.....	133
4.6. Элементы квантовой теории релаксации.....	137
Библиографический список к главе 4 .....	146
<b>Глава 5. Современные методы изготовления, инициализации и считывания системы сверхпроводниковых кубитов</b> .....	147
5.1. Основы технологии изготовления сверхпроводниковых кубитов.....	148
5.2. Низкие температуры.....	153
5.3. Считывание .....	155
5.4. Усилители на основе СКВИДА .....	157
5.5. Параметрические усилители.....	159
5.6. Импульсные генераторы .....	164
5.7. Использование сверхпроводниковой электроники .....	166
Библиографический список к главе 5 .....	172