

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	6
Введение	8
Глава 1. Термодинамические основы флуоресцентного охлаждения	13
1.1. Люминесценция	14
1.1.1. Компоненты вторичного свечения кристаллов (14).	
1.1.2. Квазитермодинамическое равновесие (20).	
1.1.3. Положительная и отрицательная люминесценция (21).	
1.1.4. Правило Стокса (23).	
1.1.5. Энергетический выход (25).	
1.1.6. Возможные значения энергетического выхода (26).	
1.1.7. Оптическое охлаждение (27).	
1.1.8. Квантовый выход люминесценции (28).	
1.2. Энтропия излучения	29
1.2.1. Бозе-газ (30).	
1.2.2. Энтропия излучения (31).	
1.2.3. Фотолюминесценция (32).	
1.2.4. Интенсивность антистоксового излучения (34).	
1.3. Электролюминесценция	36
1.4. Фотолюминесценция	38
1.5. Парадигма антистоксового охлаждения	42
1.5.1. Антистоксовое охлаждение (42).	
1.5.2. Доплеровское охлаждение (45).	
1.5.3. Газы (46).	
1.5.4. Растворы красителей (48).	
1.5.5. Полупроводники (50).	
1.5.6. Рубин (55).	
1.5.7. Ионы редких земель (56).	
Глава 2. Теория лазерного охлаждения	60
2.1. Основные типы кинетических уравнений	61
2.1.1. Уравнение Паули (61).	
2.1.2. Уравнение Цванцига (62).	
2.1.3. Неравновесный статистический оператор (64).	
2.1.4. Скоростные уравнения (67).	
2.1.5. Выводы (68).	
2.2. Метод иерархий кинетических уравнений Боголюбова	69
2.3. Элементарная теория антистоксовой флуоресценции	74
2.3.1. Трёхуровневая модель (75).	
2.3.2. Энергетический выход и эффективность охлаждения (76).	
2.3.3. Температура (77).	
2.4. Лазерное охлаждение примесных твёрдых тел	78
2.4.1. Лазер в обращённом режиме. Кристалл YAG:Nd ³⁺ (78).	
2.4.2. Охлаждение рубина. Кристалл Al ₂ O ₃ :Cr ³⁺ (80).	
2.4.3. Об-	

щий подход. Кинетические уравнения (88). 2.4.4. Построение уравнений (91). 2.4.5. Стационарное решение (92).	
2.5. Сверхизлучательный режим охлаждения	94
2.5.1. Сверхизлучение (94). 2.5.2. Лазерное охлаждение (95).	
2.5.3. Система уравнений (97). 2.5.4. Интенсивность (100).	
2.5.5. Общие замечания (101).	
2.6. Явление Пельтье	102
2.6.1. Полупроводниковые холодильники Пельтье (104).	
2.6.2. Сравнение с антистоксовым охлаждением I (106). 2.6.3. Скоростные уравнения (107). 2.6.4. Стационарное решение (109).	
2.6.5. Два частных случая (109). 2.6.6. Потоки охлаждения (110).	
2.6.7. Эквивалентные величины (112). 2.6.8. Сравнение с антистоксовым охлаждением II (115).	
Глава 3. Экспериментальные исследования и ограничения фундаментального характера	119
3.1. Методика Лос-Аламосского эксперимента	119
3.1.1. История вопроса (119). 3.1.2. Эксперимент (120).	
3.2. Первые разработки твердотельного лазерного рефрижератора	124
3.3. Обобщённая холодильная машина	128
3.4. Минимальная температура	130
3.5. Максимальная мощность охлаждения	133
Глава 4. Самоохлаждение активных элементов твердотельных лазеров.	138
4.1. Радиационно сбалансированный лазер.	139
4.1.1. Рабочая среда для радиационно-сбалансированного лазера (139). 4.1.2. Протяжённость среды (144). 4.1.3. Термодинамика (146).	
4.2. Двухпримесной лазер.	153
4.2.1. Скоростные уравнения лазера (156). 4.2.2. Эффективность охлаждения (157). 4.2.3. Условия генерации лазера (158).	
4.2.4. Коэффициент потерь на второй примеси (159). 4.2.5. Самоохлаждение (164).	
Глава 5. Лазерное охлаждение твердотельных носителей информации оптических эхо-процессоров	167
5.1. Магнитное охлаждение.	168
5.1.1. Адиабатическое размагничивание спиновой подсистемы (168).	
5.2. Спин-локинг	171
5.2.1. Многоимпульсный спин-локинг (172).	
5.3. Фотонный локинг	173
5.3.1. Акустооптический модулятор (174). 5.3.2. Фотонный локинг (175).	

5.4. Сужение однородной ширины спектральных линий с помощью многоимпульсных последовательностей для улучшения функционирования эхо-процессоров	177
5.4.1. Постановка задачи (177). 5.4.2. Многоимпульсное сужение однородной ширины спектральных линий в магнитном резонансе (177). 5.4.3. Многоимпульсное сужение однородной ширины спектральных линий оптических переходов (179). 5.4.4. Подавление дипольной ширины спектральной линии оптического перехода ионов в кристалле путём радиочастотного воздействия на ядра кристаллической решётки (180).	
5.5. Возможность создания самоохлаждающегося оптического процессора.	182
5.5.1. Двухпримесный парамагнетик (182). 5.5.2. Холодный «бит» (182). 5.5.3. Ионы трёхвалентного тулия (185). 5.5.4. Другие способы улучшения функционирования оптических эхо-процессоров (187).	
Глава 6. Проблемы охлаждения твердотельных квантовых процессоров	189
6.1. От классических оптических процессоров к квантовым	190
6.2. Процессоры, функционирующие на основе использования поляризационных состояний бифотонов	191
6.3. Твердотельные оптические квантовые эхо-процессоры	194
6.4. Многоуровневые твердотельные квантовые процессоры	197
6.5. Лазерное охлаждение полупроводникового ЯМР-квантового компьютера	199
Заключение	204
Приложение	206
Список литературы	211