

Наиб. распространённый лазер этого типа — He—Cd-лазер. Линии с $\lambda=441,6$ нм и 325,0 нм возбуждаются процессом Пеннинга, все остальные — перезарядкой с ионом He⁺ или каскадами переходов с уровней, заселяемых перезарядкой (рис. 3). He—Cd-лазеры ср. размеров позволяют получить мощность генерации в непрерывном режиме $\sim 10\text{--}50$ мВт на линии $\lambda=141,6$ нм при кнд $\sim 0,1\%$ и неск. мВт на линии $\lambda=325,0$ нм. Близкими характеристиками обладает He—Se-лазер, генерирующий на мн. линиях гл. обр. в зелёной области спектра.

Для возбуждения ионных лазеров этого типа обычно используют тлеющий разряд, пары металла вводят с помощью катодореза. Часто используют также разряд в полом катоде и поперечный ВЧ-разряд. При этом хорошо заселяются уровни, возбуждаемые перезарядкой.

Рекомбинационные лазеры. Инверсия образуется в процессе рекомбинации ионов и электронов. В этом процессе уровни атомов или ионов заселяются не «снизу», а «сверху». Генерация возникает во время послесвечения импульсного разряда, когда происходит интенсивная рекомбинация. Рекомбинац. лазеры реализованы на мн. переходах атомов и атомарных ионов в УФ-, видимой и ИК-области спектра. Наилучшие характеристики генерации получены на линиях иона Sr⁺ ($\lambda=430,5$ и 416,2 нм) и Ca⁺ ($\lambda=373,7, 370,6$ нм). Скорость рекомбинации резко растёт с уменьшением энергии (охлаждением) электронов. Для ускорения охлаждения в разряд вводят легкий буферный газ Ne при давлении 200—600 мм рт. ст. На линиях Sr⁺ получена генерация со ср. мощностью до 2 Вт при кнд $\sim 0,1\%$. Предполагается, что с помощью рекомбинац. лазеров удастся получить генерацию в КВ-области спектра вплоть до рентгеновской.

Молекулярные лазеры

Электронные переходы молекул. Вероятность возбуждения электронных состояний молекул электронным ударом того же порядка, что и для возбуждения уровней атомов. Однако из-за наличия колебат. и вращат. возбуждений электронные уровни молекул расщепляются на большое число подуровней. При возбуждении в разряде инверсия населённости распределяется по большому числу переходов, в связи с чем на электронных молекулярных переходах труднее получить большое усиление. Эта трудность увеличивается при переходе от простых и лёгких молекул к более сложным и тяжёлым, а также с увеличением темп-ры.

Однако прямое электронное возбуждение позволило получить генерацию на электронных переходах молекул N₂, H₂, D₂, HD, CO, NO. Наиб. распространён N₂-лазер. Прямым электронным ударом наиб.

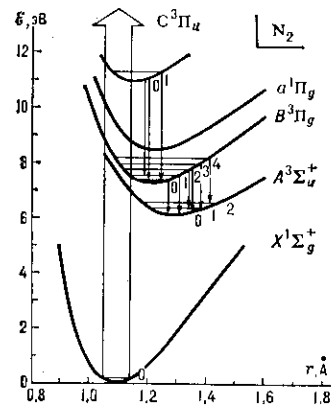


Рис. 4. Кривые потенциальной энергии молекулы N₂. r — расстояние между ядрами.

эффективно возбуждаются уровни, удовлетворяющие Франка — Кондона принципу. На рис. 4 этот переход показан широкой стрелкой (обозначения уровней см. в ст. Молекула, Молекулярные спектры). Генерация происходит на переходах, отмеченных стрелками вниз.

Широкое распространение получил УФ-лазер на N₂, генерирующий на многих переходах вращат. спектра 2⁺ системы полос азота, напр. C³Π_u → B³Π_g ($v'=0 \rightarrow v''=0$) ($\lambda=337,1$ нм; v', v'' — колебат. квантовые числа верх-

него и нижнего колебат. уровней). Лазер возбуждается, как правило, в поперечном разряде и имеет пиковую мощность ~ 1 мВт при кнд до 0,1% и длительности импульса в неск. нс.

Генерация получена и на др. электронных переходах N₂ видимой и ближней ИК-области спектра, а также на переходах CO в видимой и УФ-области спектра, на переходах H₂, D₂ и HD в ближней ИК- и УФ-области спектра, на молекуле NO в ИК-области спектра. Мощности генерации на этих переходах значительно меньше, чем УФ-лазера на N₂.

Мощная генерация получена в смеси N₂+Ar в поперечном разряде высокого давления. В этом случае накачка верхних рабочих уровней молекулы N₂ происходит за счёт процесса передачи энергии от метастабильных атомов Ar. Наиб. мощность получается на переходе C³Π_u → B³Π_g ($v'=0 \rightarrow v''=1$), $\lambda=357,7$ нм. В смеси N₂+He при высоких давлениях получена генерация на переходах BΣ_u⁺ → XΣ_g⁺ молекулярного иона N₂⁺. Это пока единств. случай генерации на электронных переходах молекулярного иона. Наиб. интенсивна генерация с $\lambda=427,8$ нм. Осн. механизм накачки верхних лазерных уровней — перезарядка на ионе He⁺.

Экимерные и эксиплексные лазеры генерируют на электронных переходах молекул, существующих в виде прочных соединений только в возбуждённых состояниях и распадающихся или слабо связанных в осн. состоянии (такие молекулы, состоящие из одинаковых атомов или атомных групп, напр. Xe₂, Kr₂, Ar₂, наз. эксимерами, а из разл. атомов XeF, KrF и др. — эксиплексами). Часто все лазеры этого типа наз. эксимерными. Для этих г. л. характерны сложные процессы заселения верхних рабочих состояний, включающие обычно столкновит. и хим. процессы, приводящие к эффективной передаче энергии от ионов и возбуждённых атомов буферного и рабочего газа на верхние рабочие уровни эксимерной (эксиплексной) молекулы, к-рые затем распадаются с излучением. Эффективность преобразования энергии в эксиплексное излучение для мн. молекул $\sim 10\%$. Нижние рабочие состояния лазерного перехода — «отгалкивательные» или слабо связанные, скорость их распада велика, в результате чего на таких переходах легко образуется инверсия населённости (см. Экимерный лазер).

Г. л. на колебат. переходах молекул — наиб. мощные и эффективные. Они генерируют в ср. ИК-ди-

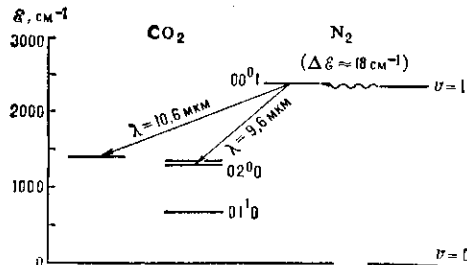


Рис. 5. Схема нижних колебат. уровней молекул CO₂ и N₂, участвующих в генерации CO₂-лазера; 00⁰1, 02⁰0, 01¹0 обозначают колебат. квантовые числа (верхний индекс — степень вырождения деформационных колебаний).

апазоне. Наиб. распространён — лазер на CO₂. В обычных условиях генерация получается на переходах с уровня 00⁰1 на уровни 10⁰0 и 02⁰0 (рис. 5), что соответствует двум полосам с длинами волн 10,4 мкм и 9,4 мкм. В каждой полосе генерация может быть получена на мн. переходах вращат. спектра. Накачка на верхний рабочий уровень в основном осуществляется столкновит. передачей энергии от колебат. возбуждённой молекулы N₂, находящейся на первом колебат. уровне $v=1$, энергия к-рого близка к энергии уровня 00⁰1 молекулы CO₂. Нижние рабочие уровни быстро опустошаются.