

621.378.33(049.3)

**ЭКСИМЕРНЫЕ ЛАЗЕРЫ**

*Excimer Lasers*/Ed. Ch. K. Rhodes.— Berlin; Heidelberg; New York; Springer-Verlag, 1979.—194 p.—(Topics in Applied Physics. V. 30).

В настоящее время наибольшей средней мощностью и эффективностью обладают химические,  $\text{CO}_2$  и  $\text{CO}$ -лазеры, работающие на колебательных переходах молекул в инфракрасной области спектра. Средняя мощность этих лазеров может превышать десятки киловатт, а к.п.д. может достигать значений 30—50%. По этим параметрам газовые лазеры ультрафиолетового и видимого диапазонов до последнего времени уступали инфракрасным лазерам на несколько порядков величин. С появлением эксимерных лазеров открылась возможность резкого увеличения средней мощности и к.п.д. источников когерентного излучения в ультрафиолетовой и видимой областях спектра, вплоть до значений, характерных для мощных лазеров инфракрасного диапазона.

Эксимеры — это молекулы типа  $\text{Ar}_2$ ,  $\text{Xe}_2$ ,  $\text{ArF}$ , и т. п., которые существуют только в возбужденном электронном состоянии. При излучении кванта света такие молекулы переходят в основное отталкивательное состояние, распадающееся за время разлета атомов  $\sim 10^{-13}$  с. Эксимеры образуются из возбужденных атомов или ионов при трехчастичных столкновениях, которые достаточно эффективно происходят только при высоких давлениях газа  $\sim 1$  атм и выше. Быстрая дезактивация нижнего уровня и широкие однородные спектральные полосы излучения эксимеров дают возможность

генерации мощных ультразвуковых импульсов света и широкой перестройки частоты эксимерных лазеров.

Рассматриваемая книга является, по существу, первой в мировой литературе монографией, в которой систематически излагаются основные характеристики и применения лазеров.

Помимо краткого введения (P. W. Hoff, Ch. K. Rhodes) книга содержит пять статей: 1. Электронная структура и излучательные переходы в эксимерах (M. Krauss, F. H. Mies), 2. Эксимеры инертных газов (M. V. McCusker), 3. Инертно-галлоидные эксимеры (Ch. A. Brau), 4. Эксимеры паров металлов (A. Gallagher), 5. Применение эксимерных систем (Ch. K. Rhodes, P. W. Hoff).

В первой статье рассматриваются электронные структуры всевозможных двухатомных эксимеров, состоящих из элементов 2-й и 8-й групп при соединении их с остальными элементами периодической таблицы. Наряду с хорошо известными эксимерами, такими, как  $\text{Ar}_2$ ,  $\text{KrF}$ ,  $\text{XeO}$ , на которых уже работают лазеры, рассмотрены также эксимеры  $\text{XeHg}$ ,  $\text{TlXe}$ ,  $\text{Cd}_2$ , и т. д., генерация на которых ожидается в ближайшем будущем. Большое место в статье уделено теоретическому исследованию величин вероятностей оптических переходов и анализу формы полос излучения эксимеров с учетом колебательной структуры и эффектов самопоглощения из нижних невозбужденных состояний.

Вторая статья представляет собой обзор физических характеристик трех типов лазеров — на чистых инертных газах, на оксидах инертных газов и на двухатомных молекулах галогенов. Последний тип автор относит к эксимерным лазерам вследствие большого сходства электронной структуры и процессов заселения верхних рабочих уровней молекул  $\text{I}_2$ ,  $\text{Br}_2$ ,  $\text{Cl}_2$  и  $\text{F}_2$  с инертно-галлоидными эксимерами. Исторически первый тип эксимерных лазеров на чистых инертных газах, работающих в вакуумной ультрафиолетовой области спектра, рассмотрен сравнительно кратко. Приводятся в основном выходные характеристики некоторых лазерных установок, типичным представителем которых может служить лазер на ксеноне, имеющий при накачке электронным пучком к. п. д. 6%, выходную мощность 400 МВт и энергию в импульсе 10 Дж. Отмечается, что инертные газы высокого давления с электронной накачкой могут служить мощными источниками спонтанного излучения с удельной мощностью 1 МВт/см<sup>3</sup> и к. п. д., равным 20%. В статье подробно рассмотрена кинетика основных процессов в лазерах видимого диапазона ( $\lambda = 558$  нм) на оксидах инертных газов  $\text{ArO}$ ,  $\text{KrO}$  и  $\text{XeO}$ , а также лазеров ультрафиолетового диапазона на молекулах галогенов. Показано, что благодаря высокому флуоресцентному выходу (выше 50%), излучение молекул галогенов можно использовать для эффективной накачки лазеров видимого диапазона. В третьей статье содержится детальное описание наиболее распространенного в настоящее время типа эксимерных лазеров на инертно-галлоидных молекулах, работающих в ультрафиолетовой области спектра. Подробно перечисляются процессы образования и тушения эксимеров как в чистых инертных газах, так и в смесях инертных газов с галогенами. Рассмотрены различные способы накачки и параметры некоторых лазерных установок. В частности, приведены характеристики  $\text{KrF}$ -лазера, возбуждаемого электронным пучком, который имеет в настоящее время наибольшую энергию излучения 350 Дж в импульсе длительностью 600 нс и к. п. д. 10%.

В четвертой статье анализируется электронная структура и спектральные характеристики эксимеров паров металлов. Полосы излучения этих эксимеров занимают широкий спектральный диапазон от ультрафиолетового до инфракрасного и обычно соответствуют длинноволновым крыльям резонансных линий паров металла. Основная трудность создания лазеров на этих эксимерах связана с высокой температурой газа, которая, с одной стороны, необходима для поддержания достаточно высокой концентрации металла, а с другой стороны, — ведет к разрушению эксимеров и увеличению поглощения среды. В статье приведены расчеты коэффициентов усиления и поглощения в зависимости от длины волны излучения и температуры газа для эксимеров  $\text{NaXe}$ ,  $\text{LiHe}$ ,  $\text{LiXe}$ ,  $\text{TlXe}$ ,  $\text{NaHg}$ ,  $\text{Mg}_2$ ,  $\text{TlHg}$  и  $\text{Hg}_2$ .

В пятой, заключительной статье кратко рассмотрены применения эксимерных лазеров в фотохимии, генерации коротковолнового излучения, спектроскопии высоковозбужденных электронных состояний и разделении изотопов.

В целом книга представляет собой достаточно подробное введение в физику эксимеров и, в то же время, содержит массу информации (в том числе взятую из неопубликованных отчетов) о современном состоянии и перспективах развития эксимерных лазеров. К сожалению, в книге отсутствуют ссылки на работы советских авторов, внесших существенный вклад в создание и исследование эксимерных лазеров. Широко известно, что первый эксимерный лазер был разработан и запущен в физическом институте им. П. Н. Лебедева АН СССР в лаборатории, руководимой Н. Г. Басовым, в результате цикла исследований по возбуждению электронным пучком конденсированных инертных газов. Приоритет этих исследований и их основополагающее значение признается во всех первых оригинальных работах по запуску эксимерных лазеров на инертных газах. В такой бурно развивающейся области, какой в настоящее время является область исследований по эксимерным лазерам, трудно в книге охватить самые последние дости-

жения. В частности, в книге не отражены последние успехи в запуске новых эксимерных лазеров видимого диапазона, а также интересные возможности применения ультрафиолетовых эксимерных лазеров в лазерном термоядерном синтезе (см. по этому поводу специальный выпуск IEEE J.Q.E, v. 15, No 5 (1979)), целиком посвященный эксимерным лазерам). Несмотря на эти замечания, книга представляет несомненный интерес для широкого круга читателей:— студентов, аспирантов и научных сотрудников, специализирующихся в областях квантовой электроники и физической оптики.

*Л. А. Г. Молчанов*