

В. Л. Тальрозе. Химические лазеры.

Современное состояние исследований и достигнутые результаты в области химических лазеров по сравнению с другими существующими типами лазеров довольно скромны, хотя самой идее химических лазеров почти столько же лет, сколько лазерам вообще. Неравновесное возбуждение и связанная с ним хемиллюминесценция продуктов большого числа химических реакций являются давно известным и достаточно подробно изученным фактом. Образование же инверсной заселенности колебательных уровней, по-видимому, впервые было обнаружено Поляни в 1961 г. в молекуле HCl, образующейся в реакции атомарного водорода с молекулой хлора. Именно эта реакция в конечном счете привела к созданию в 1965 г. Каспером и Пиментелом первого химического лазера.

Что же привлекает исследователей в химических лазерах? По-видимому, следующее: 1) Большой запас энергии на единицу объема и веса реагирующего вещества. 2) Практическая неограниченность объема, в котором можно организовать процесс такого выделения энергии. 3) Возможность прямого преобразования химической энергии в энергетически совершенную световую форму энергии и создание на этой основе лазерной энергетики, которая пока, конечно, относится к области фантастики.

В СССР работы по химическим лазерам опубликованы четырьмя группами ученых: Н. Г. Басовым, А. Н. Оравским и сотр. (ФИАН АН СССР), Долговым-Савельевым и сотр. (ИЯФ СО АН СССР), Р. В. Хохловым и сотр. (МГУ) и группой докладчика в Институте химической физики АН СССР. Пока все реально действующие химические лазеры основаны на химических реакциях, в которых имеются элементарные акты, приводящие к образованию колебательно-возбужденных молекул HCl, DCl, HF и DF. В 1963 г. автором были даны основы кинетической теории химического лазера. Одним из выводов этой теории был вывод о преимуществах цепных и особенно разветвленно-цепных химических реакций как рабочего процесса в химическом лазере. Имеются по крайней мере два таких преимущества: возможность перевода системы из относительно стабильного состояния в состояние быстрой реакции относительно небольшим изменением температуры или давления — ввод системы в область воспламенения — и спонтанное увеличение скорости реакции в этой области за счет разветвления цепи до значений скорости, при котором создание инверсии настолько обгоняет релаксацию, что ставится возможной генерация со значительным к. п. д. Впервые генерация на разветвленно-цепной химической реакции была осуществлена в 1968 г. докладчиком совместно с Г. К. Васильевым и О. М. Батовским. Рабочей смесью служила не использовавшаяся ранее смесь $H_2 + F_2 + O_2$. Разветвленно-цепной характер химической реакции в этой смеси был ранее открыт Н. Н. Семеновым, А. Е. Шиловым и сотр. в Институте химической физики. Само разветвление является здесь энергетическим ($HF^* + F_2 \rightarrow HF + 2F$). С помощью малоомного и короткого электрического разряда удавалось вводить смесь в область самовоспламенения как через первый, так и через второй пределы, причем получались короткие, длительностью в несколько микросекунд, импульсы генерации с пиковой мощностью порядка 10 *квт* и химическим к. п. д. до 2%.

Независимо были измерены константы скорости всех элементарных актов реакции, что дало возможность построить уже полуквантитативную теорию данного лазера, выводы которой удовлетворительно согласуются с экспериментом.

В докладе были проанализированы литературные данные по хемиллюминесценции на электронных переходах, на основе которой пока никому не удалось создать химический лазер. В частности, были рассмотрены сильно люминесцирующие реакции в жидкостях, особенно реакции того типа, которые определяют люминесценцию биологических объектов (например, окисление люциферина, где выход света достигает 88 фотонов на 100 прореагировавших молекул). Главной проблемой, пути решения которой пока не известны, является проблема «быстрого» осуществления этих реакций.