

04;07
©1993ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГОВКЛАДА
В ГАЗОВУЮ СРЕДУ*Э.П.Магда, С.Л.Мухин, В.А.Крыжановский, А.В.Бочков*

Величина энерговклада является одним из определяющих факторов для получения лазерной генерации при прямом преобразовании ядерной энергии в энергию оптического излучения. В последние годы появилось большое количество публикаций, посвященных теоретическому расчету и экспериментальному определению величины вкладываемой в газ осколками деления U^{235} энергии [1-31]. Расчеты, приводимые различными авторами, дают величину энерговклада в $\sim 1.7-2.0$ раза большую, чем прямые эксперименты по измерению величины энерговклада методом скачка давления. В различных публикациях обсуждаются несколько причин, которые могут вызывать расхождение между теоретическими и экспериментальными данными. В работе [2] путем численного моделирования показано, что учет шероховатости подложки, на которую нанесен активный слой, может привести к уменьшению величины энерговыделения в ~ 1.5 раза. Авторами работ [4,5] выдвигается гипотеза о том, что 30-50% энергии, вкладываемой в газ, может выноситься в виде излучения димеров инертных газов, которые эффективно образуются в процессе плазмохимической релаксации плазмы благородных газов. Но в реальных средах этот канал "утечки" естественным образом прервется в реакциях Пеннинга на атомах или молекулах примеси, генерирующей лазерное излучение. Поэтому становится актуальной задача определения величины "выносящейся" энергии в реальных лазерных средах.

Целью настоящей работы является оценка доли энергии, выносимой в виде оптического излучения димерами благородных газов. Она определялась по изменению величины скачка давления при добавлении небольшого количества примеси к исследуемому газу.

Эксперименты проводились на импульсном ядерном реакторе ЭБР-Л [6]. Лазерная кювета с активным слоем окиси-закуси U^{235} , окруженная полиэтиленовым замедлителем, помещалась во внутренний канал реактора. Максимальный поток нейтронов в окрестности кюветы составлял $\sim (1-5) \cdot 10^{16}$ т.н./см² · с при полуширине импульса накачки

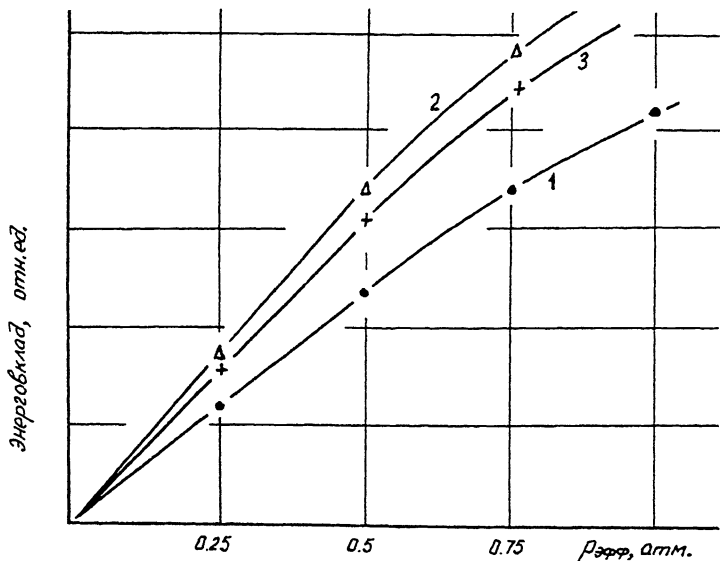


Рис. 1. Зависимость величины энерговклада осколками деления U^{235} от эффективного давления активной среды ($P_{\text{эфф. He}} = l_{\text{Ar}}/l_{\text{He}} \cdot P_{\text{He}}$, $P_{\text{эфф. Ar}} = P_{\text{Ar}}$, l_{He} , l_{Ar} — пробег осколка в газе).

1 — чистый инертный газ; 2,3 — He и Ar с примесью азота (23 Тор).

~ 0.4–0.8 мс. Перед каждым экспериментом кювета откачивалась до давления $5 \cdot 10^{-6}$ мм рт.ст. Определение величины энерговклада проводилось по методике скачка давления, подробно описанной в работе [7]. Ошибка в определении величины энерговклада при проведении измерений и обработке экспериментальных данных составила 15%.

В качестве примеси, на которой реакция Пеннинга конкурирует с реакцией конверсии в димер, был выбран азот. Это связано с достаточно большой величиной константы реакции Пеннинга инертных газов на азоте ($\sim 10^{-9} - 10^{-10}$ см³/с [18]).

Были проведены эксперименты с He и Ar. На рис. 1 представлены результаты измерения энерговклада в зависимости от давления инертного газа при отсутствии примеси (кривая 1) и при ее наличии (кривая 2, концентрация N₂ — 23 Тор).

Концентрация азота 23 Тор выбрана таким образом, чтобы азот оказывал максимальное влияние на кинетику образования димера, и в то же время не сказывался на величине энерговклада в активную среду. На рис. 2 представлена зависимость величины энерговклада от концентрации в гелии азота. Из него видно, что влияние азота (при его концентрации ~ 23 Тор) на скачок давления выходит на насыщение, и в то же время при таких концентрациях N₂ его влиянием на энерговклад можно пренебречь.

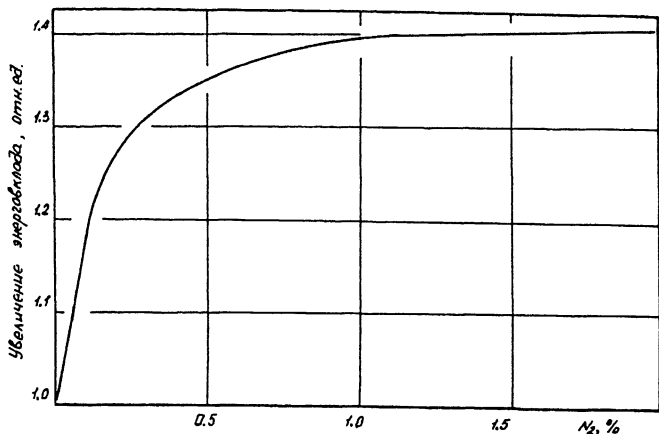


Рис. 2. Зависимость увеличения энерговыброса осколками деления U^{235} в гелий от концентрации N_2 . Давление гелия 3 атм.

В результате экспериментов получено, что поправка на излучение димера для гелия составляет 1.4, для аргона 1.3. Полученные величины находятся в хорошем соответствии с прямыми измерениями эффективности преобразования кинетической энергии осколков деления или электронного пучка в энергию оптического излучения димеров инертных газов [9–10]. В заключение необходимо отметить, что в качестве примеси для предотвращения “утечки” энергии, вкладываемой в газ, могут выступать водород, ксенон и другие инертные и молекулярные газы. Поэтому при расчете КПД реальных лазерных сред необходимо учитывать “утечку” вкладываемой энергии через оптическое излучение димеров инертных газов.

Список литературы

- [1] Ануцин М.Г., Гребенкин К.Ф., Кандиев Я.З., Черепанова Е.И. // ЖТФ. 1991. Т. 61. В. 1. С. 3–7.
- [2] Torczynski J.R., Gross R.J. // J. Appl. Phys. 1986. V. 64. N 9. P. 4323–4328.
- [3] Дьяченко П.П., Паращук А.В., Пупко В.Я. и др. Препринт ФЭИ. № 1745. Обнинск, 1985. 15 с.
- [4] Магда Э.П. // Тез. докл. межотраслевой конф. “Физика ядерно-возбуждаемой плазмы и проблемы лазеров с ядерной накачкой”. Обнинск, 1992.
- [5] Бойченко А.М., Тарасенко В.Ф., Фомин Е.А., Яковленко С.И. // Квантовая электроника. 1993. Т. 20. С. 7–30.
- [6] Крыжановский В.А., Магда Э.П. // Тез. докл. межотраслевой конф. “Физика ядерно-возбуждаемой плазмы и проблемы лазеров с ядерной накачкой”. Обнинск, 1992.
- [7] Магда Э.П., Гребенкин К.Ф., Крыжановский В.А. и др. // Письма в ЖТФ. 1992. В. 5.

- [8] *Басов Н.Г., Александров А.Ю., Долгих В.А.* // Квантовая электроника. 1985. Т. 12. С. 1327-1328.
- [9] *Boody F.P.* // Proc. Int. Conf. "Physics of nuclear induced plasmas and problems of nuclear pumped lasers". Obninsk, 1992.
- [10] *Jortner J., Meyer L., Rice S.A. et.al.* // J. Chem. Phys. 1965. V. 42. P. 4250-4255.

Поступило в Редакцию
11 сентября 1993 г.
