

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНКУРЕНЦИИ НЕЛИНЕЙНЫХ ПРОЦЕССОВ В ГАЗООБРАЗНОМ SF₆ ПРИ НАКАЧКЕ ИМПУЛЬСАМИ ДЛИТЕЛЬНОСТЬЮ 2 нсек

*А.М.Дудов, С.Б.Кормер, С.М.Куликов,
Вик. Д.Николаев, В.В.Нортнягин, С.А.Сухарев*

Исследована конкуренция ВРМБ, ВКР и оптического пробоя в сжатом SF₆ при накачке излучением иодного лазера с длительностью импульса 2 нсек. Показано, что возникновение того или иного процесса в значительной степени определяется мощностью импульса накачки и формой его переднего фронта.

В работах [1 – 4] рассмотрена и экспериментально опробована возможность применения ВРМБ в системах ЛТС для повышения контраста, обострения переднего фронта и сокращения длительности импульса.

В существующих установках [5 – 7] длительность импульсов излучения составляет $\tau \lesssim 1$ нсек, поэтому процесс вынужденного рассеяния существенно нестационарен, и интенсивности накачки, требуемые для возбуждения ВРМБ, могут приближаться к пороговым значениям для других нелинейных эффектов таких, как ВКР [9, 11] и оптический пробой газа (см. работу [8] и литературу в ней).

Например, в экспериментах, соответствующих условиям работы первых каскадов установки, описанной в работе [7], интенсивность излучения в нелинейной среде (SF₆ при давлении около 20 атм) достигает $10 \div 100$ ГВт/см², и пороговые условия могут выполняться для всех трех типов нелинейных взаимодействий.

В настоящей работе исследовались условия возникновения ВРМБ и ВКР и их взаимная конкуренция при накачке короткими импульсами иодных лазеров ($\tau_{0,5J} \sim 2$ нсек) по схеме, аналогичной описанной в [2].

Спектр рассеянного излучения измерялся с помощью дифракционной решетки. Регистрация падающей, отраженной и прошедшей через кювету энергии осуществлялась калориметрами.

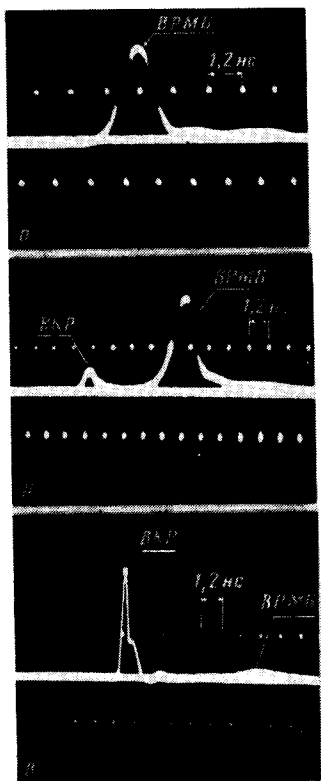
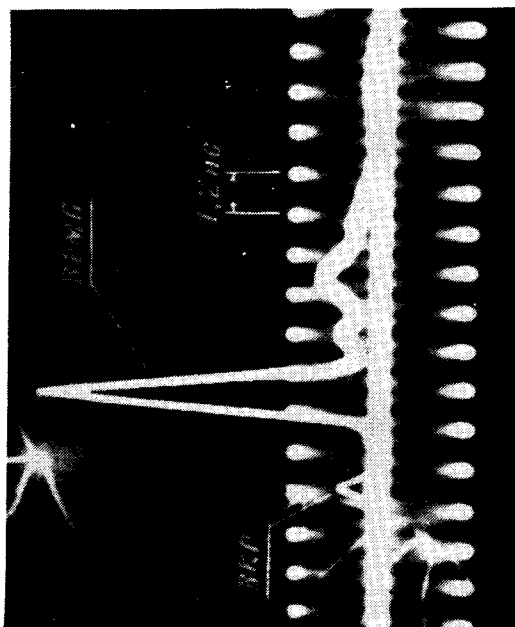
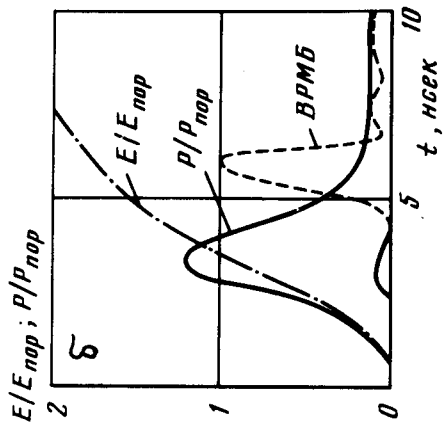
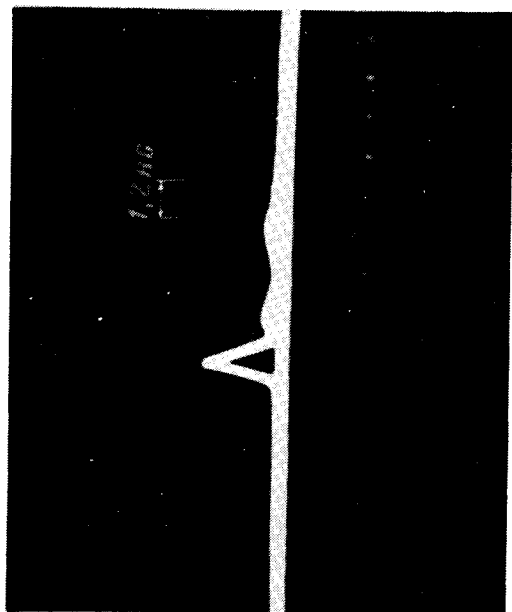
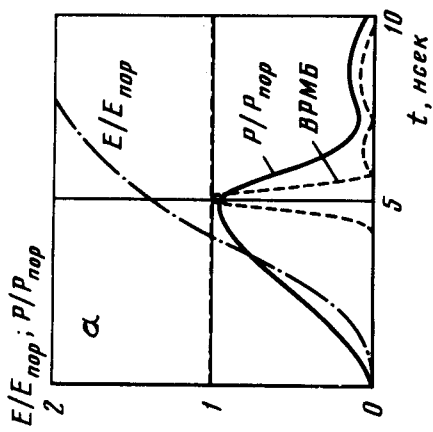


Рис.1. Импульсы стоковского излучения при различных плотностях энергии накачки: *a* — $\mathcal{E}_{\text{нак}} = 16 \text{ Дж/см}^2$; *b* — $\mathcal{E}_{\text{нак}} = 26 \text{ Дж/см}^2$; *в* — $\mathcal{E}_{\text{нак}} = 73 \text{ Дж/см}^2$

Форма импульсов накачки и стоковского излучения регистрировалась фотодиодами (временное разрешение аппаратуры 380 псек). Регистрация стоковского излучения в одном канале осуществлялась за фильтром ИКС, а в другом — за интерференционным фильтром с максимумом пропускания на $\lambda = 1,315 \text{ мкм}$ и полушириной полосы пропускания $\Delta\lambda = 0,01 \text{ мкм}$. Это позволяло разделять временные картины развития ВКР и ВРМБ.

Подпись к рис.2 на стр.365

Рис.2. Зависимость формы импульса рассеянного излучения от формы импульса накачки: *a* — пологий фронт накачки, *b* — крутой фронт накачки



Энергия накачки достигала 2 Дж при расходимости излучения $\theta_{0,1J} = 5 \cdot 10^{-4}$ рад.

В спектре рассеянного назад излучения наблюдались две спектральные компоненты, составляющие ВРМБ ($\lambda \sim 1,31$ мкм) и ВКР ($\lambda \sim 1,46$ мкм).

Как показали эксперименты, преимущество того или иного процесса в значительной степени определяется энергией импульса накачки и формой его переднего фронта.

При плотности энергии накачки $\mathcal{E}_{\text{нак}} \lesssim 20$ Дж/см² идет только ВРМБ (рис.1, а). При $\mathcal{E}_{\text{нак}} \gtrsim 30$ Дж/см² вначале возникает относительно короткий импульс ВКР, а затем ВРМБ (рис.1, б). При $\mathcal{E}_{\text{нак}} \gtrsim 80$ Дж/см² наблюдается практически полное подавление ВРМБ за счет пробоя газа в кювете и наблюдается только ВКР (рис.1, в). Отметим, что во всех проведенных экспериментах ВКР опережал развитие пробоя газа, а возможно и способствовал его развитию, так как при ВКР локальная плотность энергии в среде возрастает. На рис.2 показана зависимость развития ВКР и ВРМБ от формы импульса накачки.

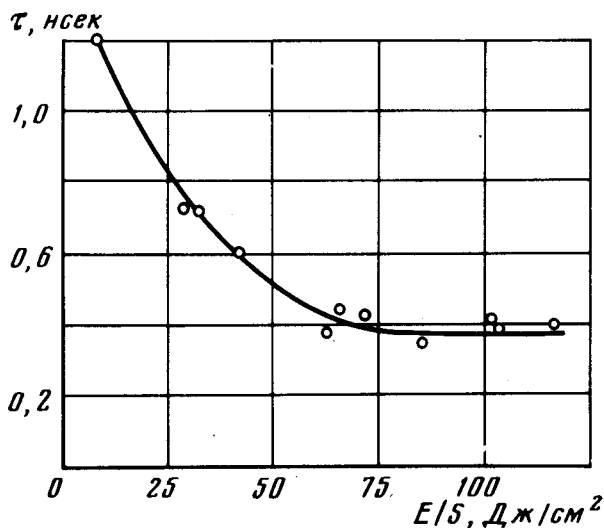


Рис.3. Зависимость регистрируемой длительности импульса ВКР от плотности энергии излучения накачки

При относительно пологом фронте (см. рис.2, а), раньше набирает пороговая энергия нестационарного ВРМБ [10]

$$(E_{\text{пор}})_{\text{ВРМБ}} = \frac{\tau_{\Phi} \left(20 + \frac{\tau}{\tau_{\Phi}} \right)^2}{4 g_{\text{ВРМБ}} \int_l \frac{dx}{S}}, \quad (1)$$

где τ_{Φ} — время жизни акустического фона; τ — длительность импульса накачки; $g_{\text{ВРМБ}}$ — стационарный коэффициент усиления стоксовой компоненты, l — длина взаимодействия; S — площадь поперечного сечения по длине взаимодействия. Пороговая мощность ВКР еще не достигнута и в экспериментах наблюдалось только ВРМБ.

При относительно крутом фронте импульса (рис.2, б) раньше достигается пороговая мощность стационарного ВКР [9]

$$(P_{\text{пор}})_{\text{ВКР}} = \frac{20}{\xi_{\text{ВКР}} \int \frac{dx}{S}} \quad (2)$$

поэтому сначала развивается ВКР. После достижения пороговой энергии ВРМБ происходит подавление ВКР и в дальнейшем стоксово излучение содержит практически только ВРМБ-компоненту. Длительность импульса ВКР оказалась также зависящей от плотности энергии накачки (см. рис.3) и сокращалась от 0,7 до 0,38 нсек (предел разрешения аппаратуры 0,38 нсек). Оценка длительности импульса ВКР с учетом разрешения аппаратуры дает значение $\tau \sim 100$ псек при $\mathcal{E} > 75$ Дж/см².

В заключение отметим, что в условиях конкуренции стационарного ВКР и нестационарного ВРМБ, как следует из соотношений (1), (2), существует некоторая предельная длительность фронта импульса, когда возможно получение ВРМБ на фронте импульса без ВКР

$$\tau_{\text{фр}} \geq K \frac{(E_{\text{пор}})_{\text{ВРМБ}}}{(P_{\text{пор}})_{\text{ВКР}}}$$

где K – числовой множитель ($K = 2$ для треугольного импульса).

Поступила в редакцию
19 февраля 1981 г.

Литература

- [1] Ю.В. Долгополов, В.А. Комаревский, С.Б. Кормер, Г.Г. Кочемасов, С.М. Куликов, В.М. Муругов, В.Д. Николаев, С.А. Сухарев. ЖЭТФ, 76, 908, 1979.
- [2] С.Б. Кормер, С.М. Куликов, В.Д. Николаев, А.В. Сенник, С.А. Сухарев. Письма в ЖТФ, 5, 213, 1979.
- [3] С.Б. Кормер, Г.Г. Кочемасов, С.М. Куликов, Вал. Д. Николаев, Вик. Д. Николаев, С.А. Сухарев. ЖТФ, 50, 1319, 1980.
- [4] Ю.В. Долгополов, Г.А. Кириллов, В.А. Комаревский, С.Б. Кормер, Г.Г. Кочемасов, С.М. Куликов, В.М. Муругов, Вал. Д. Николаев, Вик. Д. Николаев, С.Н. Певный, С.А. Сухарев. Тезисы докладов II Всесоюзной конференции "Оптика лазеров" Ленинград (4 – 8 января 1980 г.).
- [5] Г. Бредерлов, Е. Филл, В. Фусс, К. Хола, В. Фольк, К.И. Витте. Квантовая электроника, 3, 906, 1976.
- [6] А.В. Белоцерковец, В.А. Гайдаш, Г.А. Кириллов и др. Письма в ЖТФ, 5, 204, 1979.
- [7] С.Б. Кормер. Доклад на II Всесоюзной конференции "Оптика лазеров", Ленинград (4 – 8 января 1980 г.); С.Б. Кормер. Изв. АН СССР, 44, 2002, 1980.

- [8] Ю.П.Райзер. Лазерная искра и распространение разрядов, Изд. Наука, М., 1974.
- [9] R.W.Minck, E.E.Hagenlocker, W.G.Rado. J. of Appl. Phys., 38, 2254, 1967.
- [10] E.E.Hagenlocker, R.W.Minck, W.G.Rado. Phys. Rev., 154, 226, 1967.
- [11] В.С.Авербах, А.А.Бетин, В.А.Гапонов, А.И.Макаров, Г.А.Пасманник, В.И.Таланов. Изв. высш. уч. зав., серия радиофизика, 21, 1077, 1978.
-