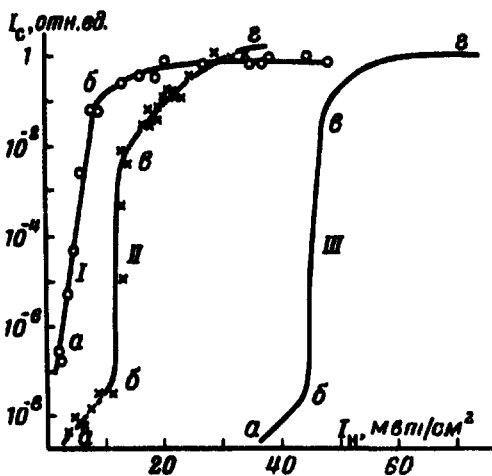


ЭФФЕКТИВНОЕ ВЫНУЖДЕННОЕ РАССЕЯНИЕ В УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЙ ОБЛАСТИ СПЕКТРА И ДИСПЕРСИЯ УСИЛЕНИЯ В ДИАПАЗОНЕ $1,06 + 0,26 \text{ мк}$

С. А. Азманов, Б. В. Жданов, А. И. Ковригин,
С. М. Першин

1. В работе получено эффективное вынужденное комбинационное и манделштам – бриллюэновское рассеяние в УФ области и исследованы некоторые их характеристики. Увеличение комбинационной восприимчивости в УФ области позволило создать эффективный раман-лазер на жидком азоте с накачкой на $\lambda = 0,26 \text{ мк}$ (при мощности накачки 10 кэВ в системе без зеркал удавалось возбуждать стоксову генерацию с КПД достигающим десятков процентов). Заметное возрастание усиления в УФ области зарегистрировано и для ВРМБ.

2. Возбуждающее излучение было получено от стабильного генератора четвертой гармоники неодимового лазера, работавшего в режиме генерации одной продольной и одной поперечной моды (см. [1]). Использование каскадной системы позволяло иметь одновременно одномодовое излучение на $\lambda_1 = 1,06 \text{ мк}$, $\lambda_2 = 0,53 \text{ мк}$, $\lambda_3 = 0,35 \text{ мк}$ и $\lambda_4 = 0,26 \text{ мк}$. Стабильность выходной мощности четвертой гармоники не хуже 10%; максимальная энергия четвертой гармоники до $0,1 \text{ Дж}$.



Экспериментальные графики зависимости интенсивности первой стоксовой компоненты ВКР в жидком азоте от интенсивности накачки, измеренные для различных длин волн накачки в параллельном пучке. Длина кюветы с азотом $l = 13 \text{ см}$. I – $\lambda_{\text{н}} = 0,26 \text{ мк}$, II – $\lambda_{\text{н}} = 0,53 \text{ мк}$. Для сравнения приведена заимствованная из [3] кривая для $\lambda_{\text{н}} = 0,69 \text{ мк}$ (III), измеренная в параллельном пучке в кювете длиной $l = 6 \text{ см}$

3. В качестве рабочего вещества для создания раман-лазера с УФ накачкой был выбран жидкий азот (ср. [2, 3]). Оказалось, что ВКР с $\lambda_{\text{н}} = 0,26 \text{ мк}$ идет весьма эффективно; при использовании линзы ($F = 17 \text{ см}$) нелинейный режим рассеяния (КПД преобразования в стоксовы компоненты превышал 10%) удавалось получить при $P_{\text{н}} = 100 \text{ кэВ}$ (одновременно возбуждались три интенсивные стоксовы компоненты). При $P_{\text{н}} = 1 \text{ МэВ}$ возбуждалось до 5 стоксовых и одна антистоксова компоненты.

Коэффициент усиления ВКР в УФ области измерялся в параллельном пучке. На рисунке показана экспериментальная зависимость интенсивности первой стоксовой компоненты I_c от интенсивности накачки I_H (длина кюветы с азотом $\ell = 13$ см). Считая, что прямолинейный участок кривой, измеренный при $I_c/I_H \ll 1$ описывается формулой

$$I_c = I_{c0} \exp(g I_H \ell), \quad (1)$$

можно определить фактор нарастания g . Для сравнения приведены результаты полученные нами на $\lambda_H = 0,53$ мк и результаты Стойчева и сотрудников [3] (см. табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Значения коэффициентов нарастания g
в жидком азоте для различных длин волн

λ , мк	$g_{\text{эксп}}$, см/Мвт	$g_{\text{теор}}$, см/Мвт
0,265	$15,0 \cdot 10^{-2}$	—
0,530	$3,0 \cdot 10^{-2}$	$2,4 \cdot 10^{-2}$
0,694	$1,6 \cdot 10^{-2}$	$1,7 \cdot 10^{-2}$

4. Помимо отмеченного уже возрастания фактора g в УФ области характерным является и различие в характере кривых усиления. В параллельных пучках на $\lambda_H = 0,53$ мк и $\lambda_H = 0,69$ мк кривая усиления состоит из трех характерных участков: участка "нормального" экспоненциального усиления ($a, б$) (на этом участке и определяются значения g), обусловленного не установленными однозначно (см., например, [3]) неустойчивостями, "скачка" ($б, в$), где эффективное значение $g_{\text{эфф}} \sim 10$ см·Мвт⁻¹ и участка насыщения ($в, г$). При $\lambda_H = 0,26$ мк "скачка" не наблюдается. Последнее, на наш взгляд, позволяет исключить из числа его возможных причин обратную связь за счет релеевского рассеяния. Вместе эти данные и проведенные нами опыты с фокусированными пучками свидетельствуют о том, что положение скачка на кривой усиления определяется полной мощностью накачки, и наиболее вероятным механизмом, объясняющим "скачок", является самофокусировка (см. также [4]¹⁾).

5. Для раман-лазера, наряду с величиной усиления g , важной характеристикой является пороговое значение мощности накачки $P_{\text{пор}}$. Для схемы без зеркал порог ярко выражен, если кривая усиления имеет "скачок". В табл. 2 приведены измеренные нами значения $P_{\text{пор}}$ для четырех длин волн накачки (геометрия неизменна).

¹⁾ Помимо [4], сильная самофокусировка в жидком азоте при мощности накачки не превышающей 10 Мвт отчетливо наблюдалась в опытах с пикосекундными импульсами УФ диапазона [5], где ее легко регистрировать по специфической структуре уширенных спектров.

Т а б л и ц а 2

Пороговые мощности, необходимые для получения нелинейного режима в раман-лазере на жидком азоте работающем в режиме суперлюминесценции ($l = 13$ см)

$\lambda, \text{ мк}$	1,06	0,53	0,35	0,26
$P, \text{ Мвт}$	13,00	4,00	1,60	0,50

6. Существенное снижение порога при переходе в ультрафиолетовую область спектра наблюдалось и для обратного ВРМБ в кристаллическом и плавленном кварце. Полученные результаты суммированы в табл. 3. Данные для $\lambda_n = 1,06 \text{ мк}$ и $\lambda_n = 0,35 \text{ мк}$ удовлетворительно согласуются с данными работы [6].

Т а б л и ц а 3

Пороговые энергии накачки (дж) для обратного ВРМБ возбуждаемого фокусированным лазерным пучком ($F = 5$ см).

Материал	$\lambda = 1,06 \text{ мк}$	$\lambda = 0,53 \text{ мк}$	$\lambda = 0,35 \text{ мк}$	$\lambda = 0,26 \text{ мк}$
Кварц кристаллический (луч оси)	$7 \cdot 10^{-3}$	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$	$1,2 \cdot 10^{-3}$
Кварц кристаллический (необычн. волна)	$12 \cdot 10^{-3}$	$5,0 \cdot 10^{-3}$	$2,0 \cdot 10^{-3}$	$1,2 \cdot 10^{-3}$
Кварц КУ (плавленый)	$12 \cdot 10^{-3}$	$3,0 \cdot 10^{-3}$	$3,0 \cdot 10^{-3}$	нет (до $5 \cdot 10^{-2}$)
ADP (необычн. волна)	нет (до 2,5 дж)	$1,4 \cdot 10^{-3}$	$3,2 \cdot 10^{-3}$	нет (до $5 \cdot 10^{-2}$)

Заслуживает внимания не объясненный пока факт отсутствия ВРМБ на $\lambda_n = 0,26 \text{ мк}$ в прозрачных на этой волне плавленом кварце и ADP. Аналогичное явление наблюдалось и при исследовании частотной зависимости комбинационной восприимчивости. Мы не смогли наблюдать ВКР при $\lambda_n = 0,26 \text{ мк}$ в циклогексане, метилциклогексане и некоторых других жидкостях.

Причиной этих явлений может быть конкуренция нелинейного поглощения.

7. Одновременно с изучением ВРМБ мы исследовали частотную зависимость пороговых характеристик и характера светового пробоя в веществах, перечисленных в табл. 3.

При переходе от $\lambda = 1,06 \text{ мк}$ к $\lambda = 0,26 \text{ мк}$ особенно отчетливо наблюдается изменение характера пробоя от "точечных" разрушений на длинных волнах к нитевидным на коротких (ранее этот факт был отмечен Зверевым и сотрудниками [7], выполнившим исследования в интервале $1,06 + 0,35 \text{ мк}$).

Порог пробоя с сокращением длины волны быстро снижается; вместе с тем в диапазоне $1,06 \pm 0,53 \text{ мк}$ мы могли наблюдать ВРМБ без разрушения материала.

8. Авторы благодарны А.З.Грасюку любезно предоставившему криостат, Л.Павлову и В.И.Кузнецову – за помощь в экспериментах.

Московский
государственный университет
Им. М.В.Ломоносова

Поступила в редакцию
31 января 1972 г.

Литература

- [1] С.А.Ахманов, Б.В.Жданов, А.И.Ковригин. Труды II Вавиловской конференции по нелинейной оптике, Новосибирск, 1971 г.
 - [2] А.З.Грасюк, В.Ф.Ефимков, И.Г.Зубарев, В.М.Мишин, В.Г. Смирнов. Письма в ЖЭТФ, 8, 474, 1968.
 - [3] I.V.Grun, A.K.McQuillan, V.P.Stoicheff. Phys. Rev., 180, 61, 1969.
 - [4] А.Д.Кудрявцева, А.И.Соколовская, М.М.Сушинский. ЖЭТФ, 59, 1556, 1970.
 - [5] С.А.Ахманов, Р.Ю.Орлов, И.Б.Скидан, Л.И.Телегин. Труды II Вавиловской конференции по нелинейной оптике. Новосибирск, 1971.
 - [6] Г.М.Зверев, А.Д.Мартынов. Письма в ЖЭТФ, 6, 931, 1967.
 - [7] Г.М.Зверев, Э.К.Малдутис, В.А.Пашков. Письма в ЖЭТФ, 9, 108, 1969.
-