

ОПТИЧЕСКИ НАКАЧИВАЕМЫЙ Vi_2 -ЛАЗЕР

Т. Л. Андреева, С. И. Канорский, В. М. Каплин, В. Н. Сорокин,
О. Ф. Якушев

УДК 621.375.826

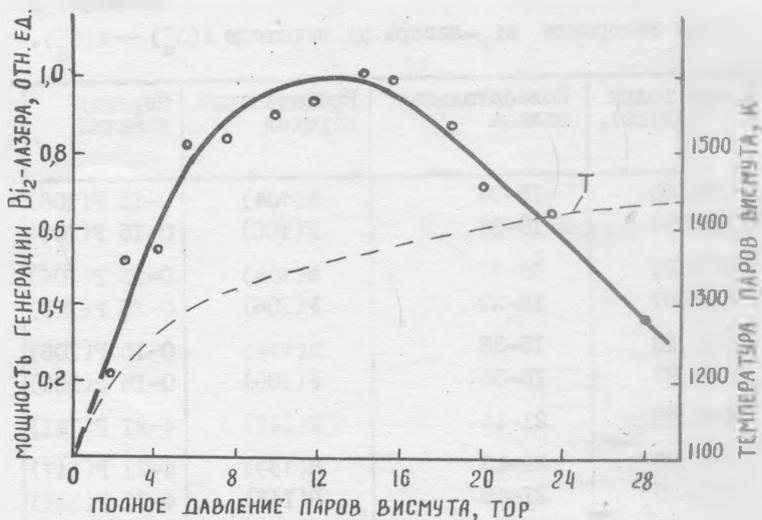
Излагаются результаты первых спектроскопических исследований нового лазера на парах молекул Vi_2 , оптически накачиваемого излучением лазера на парах меди. Vi_2 -лазер представляет интерес для ряда прикладных задач в связи с развиваемыми в нем большими усилениями.

Лазеры на электронных переходах димеров (двухатомных гомоядерных молекул), работающие при оптической накачке излучением других лазеров и обладающие большим набором узких линий генерации в широком спектральном диапазоне, все более и более привлекают внимание исследователей. Хорошие перспективы для оптической накачки молекул открывает использование импульсных лазеров на парах металлов /1/. Их высокая пиковая мощность (до сотен кВт) и короткая длительность генерации (5 - 40 нс) позволяют сравнительно легко превзойти порог молекулярной генерации, а большая частота повторения импульсов (5 - 20 кГц) позволяет достигнуть значительных уровней средней мощности. Наилучшими характеристиками среди лазеров на парах металлов обладает сейчас лазер на парах меди (Cu-лазер).

В первых экспериментах /1,2/ Cu-лазер использовался для накачки I_2 -лазера. В данной работе сообщается о получении с его помощью импульсной генерации на переходах электронной системы $\text{A}(\text{O}_u^-) - \text{X}(\text{O}_g^-)$ молекулы Vi_2 . Ранее генерация на этой системе наблюдалась в импульсном режиме при накачке лазером на красителе /3/ и в непрерывном режиме при накачке Ar-лазером /4/.

Интерес к висмуту обусловлен рядом причин. Существенным является тот факт, что в парах висмута наблюдается довольно высокое содержание димеров. По последним данным /5,6/, молекулы Bi_2 составляют 50% всего пара. Это должно способствовать эффективности лазерных систем на основе данного элемента. Кроме того, предварительные эксперименты продемонстрировали существенное поглощение линии 5106 Å - основной линии генерации Cu -лазера. Использование молекул висмута позволяет создать стабильный в работе лазер на узких линиях с перестройкой частоты в области 0,55 - 0,8 мкм, важной для многих практических в том числе и чисто спектроскопических приложений.

Молекулы получались испарением висмута в цилиндрической тепловой трубе из ниобия. Достоинствами тепловых труб, как известно /7,8/, являются возможность создания однородного столба пара с постоянными давлением и температурой, возможность плавно менять и контролировать длину зоны паров. Кроме того, в тепловых трубах



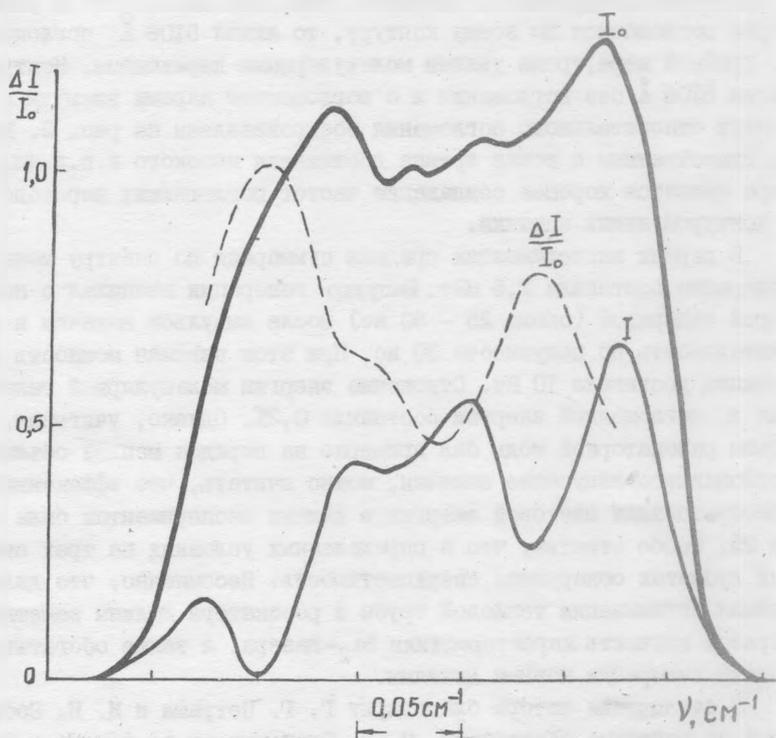
Р и с. 1. Зависимость выходной мощности Bi_2 -лазера от давления паров висмута. Пунктирная кривая - зависимость давления насыщенных паров висмута от температуры пара

металлические пары не достигают оптических окон. В использованной тепловой трубе внутренний диаметр рабочей ячейки составлял 2 см, а длина зоны паров могла достигать 40 см. Буферным газом служил Хе. Роль фитиля играли хорошо смачиваемые висмутом жгуты хромеля или сетка из нержавеющей стали. Торцы трубки были скошены под углом Брюстера и закрыты кварцевыми окнами. Оптическая накачка паров висмута осуществлялась вдоль оси ячейки. Лазер накачки с неустойчивым резонатором работал на линиях 5106 \AA и 5782 \AA с частотой 3 кГц и длительностью светового импульса на подвысоте 30 нс. Средняя мощность зеленой линии накачки 5106 \AA на входе в зону паров составляла 1,8 Вт. Резонатор W_2 -лазера состоял из двух диэлектрических зеркал радиусом кривизны 2 м, расположенных на расстоянии 1,2 м друг от друга. Отражение входного зеркала в области молекулярной генерации (0,6 - 0,75 мкм) достигало 90%, а выходного - 70%.

Таблица I
Линии генерации W_2 -лазера на переходе $\Delta(\text{O}_u^-) \rightarrow \text{X}(\text{O}_g^-)$.

Длина волны (в воздухе), \AA	Колебательная полоса	Вращательный переход	Переход накачки
7183,40	I5-36	R(104)	0-15 P(106)
7187,94	I5-36	P(106)	0-15 P(106)
7257,24	I5-37	R(104)	0-15 P(106)
7261,87	I5-37	P(106)	0-15 P(106)
7332,13	I5-38	R(104)	0-15 P(106)
7336,83	I5-38	P(106)	0-15 P(106)
7401,95	2I-44	P(141)	4-2I P(141)
7469,36	2I-45	R(139)	4-2I P(141)
7475,73	2I-45	P(141)	4-2I P(141)
7471,92	2I-45	R(150)	4-2I R(150)
7478,78	2I-45	P(152)	4-2I R(150)
7543,92	2I-46	R(139)	4-2I P(141)
7550,39	2I-46	P(141)	4-2I P(141)

Генерация молекул Bi_2 наблюдалась на различных колебательно-вращательных переходах электронной системы $\Lambda(0_{\text{u}}^-) - \chi(0_{\text{g}}^-)$. Зависимость средней мощности генерации от парциального давления молекулярных паров представлена на рис. 1. Оптимальное суммарное давление паров висмута (13 тор) достигалось при температуре 1100 °С. Длины волн линий генерации, предварительное отождествление лазерных переходов и каналов накачки приведены в табл. 1.



Р и с. 2. Спектральный контур линии накачки $\lambda = 5106 \text{ \AA}$ Си-лазера $I_0(\lambda)$ (жирная линия) и спектр света, прошедшего через пары висмута, $I(\lambda)$ (тонкая линия). Пунктирной кривой показано относительное поглощение парами висмута излучения с $\lambda = 5106 \text{ \AA}$, $(I_0 - I)/I_0$

Измерения длин волн выполнены на дифракционном спектрографе ДФС-13 с обратной линейной дисперсией $1,9 \text{ \AA/мм}$. Отождествление спектра генерации указывает на то, что накачка молекул Vl_2 осуществляется линией 5106 \AA с состояния $x(0_2^-)$ по переходам $P(106) 0-15$, $R(141) 4-21$ и $R(150) 4-21$ в состояние $A(0_2^-)$.

Наблюдение спектральных контуров линий Cu -лазера 5106 и 5782 \AA , выполненное с помощью системы с высоким спектральным и временным разрешением, показало, что если линия 5782 \AA равномерно поглощается по всему контуру, то линия 5106 \AA поглощается, в крайней мере, тремя узкими молекулярными переходами. Контур линии 5106 \AA без поглощения и с поглощением парами висмута и контур относительного поглощения воспроизведены на рис. 2. Весьма существенным с точки зрения достижения высокого к.п.д. Vl_2 -лазера является хорошее совпадение частот поглощающих переходов с контуром линии накачки.

В первых экспериментах средняя суммарная по спектру мощность генерации составила $2,5 \text{ мВт}$. Импульс генерации возникал с некоторой задержкой (около $25 - 30 \text{ нс}$) после импульса накачки и имел длительность по полувысоте 30 нс . При этом пиковая мощность генерации достигала 10 Вт . Отношение энергии молекулярной генерации к поглощенной энергии составило $0,2\%$. Однако, учитывая, что объем резонаторной моды был примерно на порядок меньше объема, поглощавшего излучение накачки, можно считать, что эффективность преобразования световой энергии в данных экспериментах была около 2% . Особо отметим, что в определенных условиях на трех сильных дублетах обнаружена сверхсветимость. Несомненно, что дальнейшая оптимизация тепловой трубы и резонатора должны заметным образом улучшить характеристики Vl_2 -лазера, а также обогатить спектр генерации новыми линиями.

В заключение авторы благодарят Г. Г. Петраша и И. И. Собельмана за полезные обсуждения, М. С. Ельчанинову за помощь в экспериментах.

Поступила в редакцию
8 февраля 1980 г.

Л и т е р а т у р а

1. В. М. Каслин, Г. Г. Петраш, О. Ф. Якушев, Квантовая электроника, 6, 1086 (1979).
2. В. М. Каслин, Г. Г. Петраш, О. Ф. Якушев, КЭТФ, 78, 1349 (1980).
3. W. P. West, H. P. Broida, Chem. Phys. Lett., 56, 283 (1978).
4. B. Wellegehausen, D. Friede, G. Steger, Opt. Comm., 26, 391 (1978).
5. L. Rovner, A. Drovart, J. Drovart, Trans. Faraday Soc., 63, 2906 (1967).
6. A. K. Fisher, J. Chem. Phys., 45, 375 (1966).
7. C. R. Vidal, J. Cooper, J. Appl. Phys., 40, 3370 (1969).
8. C. R. Vidal, F. B. Haller, Rev. of Sci. Instr., 42, 1779 (1971).