

ВРАЩАТЕЛЬНАЯ СТРУКТУРА УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЙ ГЕНЕРАЦИИ МОЛЕКУЛЯРНОГО АЗОТА

В.М.Каслин, Г.Г.Петраш

Лазер с генерацией ультрафиолетового излучения на молекулярном азоте впервые описан в [1]. Однако до сих пор нет почти никаких данных о спектре генерации. Между тем такие данные необходимы как для выяснения физических механизмов, приводящих к инверсии и генерации, так и для практических приложений. В настоящем сообщении приводятся результаты исследования спектра генерации.

Использовался лазер обычного типа с внешними зеркалами и окнами под углом Брюстера. Разряд возбуждался высоковольтными импульсами напряжением до 40 кВ в трубке с внутренним диаметром 3 мм и разрядной длиной около 90 см. Длительность импульса тока была около 1,5 мксек. Использовались зеркала с многослойными диэлектрическими покрытиями, имевшие в области $\lambda \approx 3370 \text{ \AA}$ пропускание $\sim 40\%$, а также зеркала, напыленные алюминием.

Генерация наблюдалась на двух полосах (0-0 и 0-1) второй положительной системы азота $C^3\text{X}_u \rightarrow B^3\text{X}_g$. Мощность генерации на полосе 0-0 (кант 3371 \AA) намного превышает мощность генерации на полосе 0-1 (кант 3577 \AA). На полосе 0-0 наблюдался значительный эффект сверхсветимости¹). Излучение с одним зеркалом практически не отличается по спектру от излучения генерации и лишь незначительно отличается по мощности. При исследовании излучения трубки без зеркал было замечено резкое усиление некоторых линий по сравнению с нормальным спектром спонтанного излучения, связанное, по-видимому, также с эффектом сверхсветимости.

Приведенные ниже результаты получены при давлениях азота, близких к оптимальным: ~ 2 тора для полосы 0-0 и ~ 1 тор для полосы 0-1. В опытах использовался спектрально чистый азот, однако примеси играют, видимо, малую роль, так как практически такую же генерацию можно было получить при заполнении разрядной трубки воздухом.

Спектр генерации исследовался с помощью спектрографа ДФС-13 с решеткой 600 штрихов/мм. Спектр полосы 0-0 фотографировался в третьем порядке с дисперсией $\sim 1,3 \text{ \AA/мм}$, полосы 0-1 во втором порядке с дисперсией $\sim 2,0 \text{ \AA/мм}$. Кроме спектра генерации, для облегчения расшифровки линий фотографировался спектр спонтанного излучения. В качестве линий сравнения использовались линии железа и титана. Для устранения случайных сдвигов спектр генерации промерялся на большом количестве пластинок. Оцениваемая точность измерения длин волн $\Delta\lambda \approx 0,02 \text{ \AA}$ для полосы 0-0 и $\Delta\lambda \approx 0,04 \text{ \AA}$ для полосы 0-1.

Результаты измерений приведены в табл. 1 и 2.

Т а б л и ц а I

Спектр генерации на полосе 0-0 второй
положительной системы азота $C^3\text{F}_u \rightarrow B^3\text{F}_g$

$\lambda_{\text{изм}}, \text{Å}$ воздух	$\lambda_{\text{табл}}, \text{Å}$ воздух	$\nu_{\text{табл}}, \text{см}^{-1}$ вакуум	Ω		
			0	I	2
3371,437*	3371,437	29652,46			P8, P9
71,408	71,403	652,76			P7
71,379*	71,377	652,98			PI0
71,318	71,320	653,48			P6
71,276	71,278	653,85			PII
71,181	71,185	654,67			P5
71,145*	71,151	654,97		P9	PI2
71,087	71,088	655,53		PII	
71,038	71,048	655,88		P7	
3370,992	3370,997	656,33		PI2	P4
70,928	70,932	656,90		P6	PI3
70,841	70,841	657,70		PII	PI3
	{ 70,824	657,85	PII, PI0		
70,817*	{ 70,807	658,00	P9		
70,760	70,767	658,35		P5	P3
70,717	70,728	658,69	P8		PI4
70,666	70,665	659,25		PI4	
70,625	70,623	659,58	P7		
70,557	70,567	660,11	PI4	P4	
70,527	70,537	660,37	PI4		
70,470	70,480	660,87	P6		
70,441*	70,438	661,24		PI5	PI5
70,376	70,381	661,75	PI5		
70,302	70,302	662,44	P5		
70,161	70,174	663,57	PI6	PI6	
70,134	70,137	663,90	PI6		
70,082	70,088	664,33	P4		
3369,905	3369,907	665,92	PI7		
69,838	69,844	666,47	P3	PI7	
69,760	69,769	667,13	-	-	-
69,256	69,257	671,64	PI	Q1	
3368,432	3368,428	678,94	P2I		P20
3366,912	3366,913	692,30		R4	R4
3365,478	3365,478	704,95			R6
65,425	-	-	-	-	-
3364,903	3364,909	709,98	R7	R7	

* Наиболее сильные линии.

Т а б л и ц а 2

Спектр генерации на полосе 0-I второй
положительной системы азота $C^3\mathcal{K}_u \rightarrow B^3\mathcal{K}_g$

$\lambda_{\text{изм.}}^0, \text{ \AA}$ воздух	$\lambda_{\text{расч.}}^0, \text{ \AA}$ воздух	$\nu_{\text{расч.}}, \text{ см}^{-1}$ вакуум	Ω		
			0	I	2
3576,950	{ 3576,950 3576,948	27948,80			P8
		948,82			P7
3576,892	{ 3576,898 3576,891	949,21			P9
		949,26			P6
3576,613*	{ 3576,615 3576,612 3576,611	951,42		P8, P9	
		951,44			P11
		951,45	P9		
3576,112*	{ 3576,119 3576,109 3576,107	955,29	P7		
		955,37		P4	
		955,39	P7	P4	
3575,790	3575,798	957,80	P5		
3575,460	-	-	-	-	-

* Наиболее сильные линии.

Кроме измеренных нами длин волн генерации в них указаны соответствующие длины волн и частоты спонтанного спектра азота по данным работы [3]. Отнесение наблюдавшихся линий к определенным вращательным переходам, приведенное в последних столбцах, сделано также по данным [3]. В этих столбцах указано, к какой ветви относится данная линия и вращательное квантовое число J нижнего состояния. Для двух линий соответствия найти не удалось. Значения $\lambda_{\text{расч}}$ и $\nu_{\text{расч}}$ в табл. 2 получены расчетом по таблицам уровней, приведенным в [3].

Из таблиц видно, что в генерации участвуют, главным образом, P-ветви и что максимум интенсивности генерации соответствует примерно $J = 9$. Следует отметить, однако, что в отличие от обычной ситуации в полосе 0-0 наблюдается генерация, хотя и гораздо менее интенсивная, на ряде линий R-ветвей.

Более детально исследования генерации и механизма образования
инверсии будут обсуждены в другом месте.

Физический институт

им. П.Н.Лебедева

Академии наук СССР

Поступило в редакцию

1 декабря 1965 г.

Литература

- [1] H.Heard. Nature, 16, 667, 1963.
- [2] A.D.White, J.D.Rigden. Appl. Phys. Lett., 2, 211, 1963 ;
W.R.Bennett, J.W.Knutson, G.N.Mercer, J.L.Detch. Appl.
Phys.Lett., 4, 180, 1964.
- [3] G.H.Dieke, D.F.Heath. Johns Hopkins spectroscopic report, I7,
Baltimore, Maryland, 1959.

1) Эффект сверхсветимости состоит в том, что в отсутствие резонатора, т.е. без зеркал или только с одним зеркалом, наблюдается направленный пучок излучения, подобного излучению лазера [2].