

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 539.194

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛЕБАТЕЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ T_v МОЛЕКУЛ N_2 В СОСТОЯНИИ $B^3\Pi_g$ ПО ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ СЕКВЕНЦИЙ ПЕРВОЙ ПОЛОЖИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПОЛОС

А. М. Губанов и С. И. Куровский

К настоящему времени в литературе [1-3] имеются указания на то, что состояние $B^3\Pi_g$ может представлять особый интерес при ассоциации атомов азота в молекулу N_2 . К сожалению, полосы I^+ системы ($B^3\Pi_g - A^2\Sigma_u^+$) испытывают истинное переналожение и при $T_g \geq 1000^\circ K$ экспериментатор сталкивается с задачей их «разделения», что в значительной мере усложняет определение заселенностей n_v колебательных уровней состояния $B^3\Pi_g$. При этом в качестве интенсивности электронно-колебательного перехода, как правило, используют площадь $S_{v''}$ под кривой $I_{v''}^v(x)$, описывающей изменение наблюдаемой интенсивности соответствующей полосы вдоль координат спектрального прибора x . Но $I_{v''}^v(x)$ и $S_{v''}$ имеют сложные функциональные зависимости [4] как от T_g, v', v'' , так и от таких параметров, как класс точности регистрирующего устройства, отношение величины полезного сигнала к уровню фона, вид и ширина аппаратной функции и т. п. Пренебрежение анализом этих зависимостей может привести к дополнительным неучтенным статистическим и систематическим ошибкам.

Следует отметить, что значения n_v могут быть найдены непосредственно из $I^{\Delta v}(x)$ без использования тех или иных способов «разделения» полос I^+ системы N_2 . Используя результаты [4, 5], с учетом $\Delta v = v' - v'' = \text{const}$ наблюдаемая интенсивность в произвольной секвенции

$$I^{\Delta v}(x) = \sum_{v=n}^m \alpha_v^{\Delta v} \sum_i \sum_j I_{ij}^v A(x_{ij}^{v, \Delta v} - x), \quad (1)$$

$$\alpha_v^{\Delta v} \sim B_v n_v g_v^{\Delta v} | \text{Re}^{\Delta v, v}(r_{v', v''}) |^2,$$

(n, m) — интервал v для данной секвенции, остальные обозначения аналогичны [4, 5].

При достаточно больших значениях n_v и T_g уравнение (1) можно свести к интегральному уравнению Фредгольма 1-го рода заменой суммирования по v в (1) интегрированием

$$I^{\Delta v}(x) \simeq \int_{n-1/2}^{m+1/2} \alpha^{\Delta v}(v) K^{\Delta v}(v, x) dv,$$

$$K^{\Delta v}(v, x) = \sum_{i,j} I_{ij}^v(v) A[x_{ij}^{\Delta v}(v) - x]. \quad (1')$$

Значения n_v могут быть получены решением (1) или (1') [6, 7]. Данные, необходимые для расчета I_{ij}^v , содержатся в [8], а T_g может быть рассчитана по полосам других систем и молекул [4, 5, 9].

В данном сообщении предлагается следующий способ определения T_v . В предположении Больцмановского распределения молекул N_2 по колебательным уровням состояния $B^3\Pi_g$ нами были рассчитаны отношения $f_{ik}(T_v)$ интенсивностей I_i различных секвенций I^+ системы N_2 в зависимости от T_v

$$f_{ik}(T_v) = \frac{I_i}{I_k} = \frac{\sum_p b_{pi} \exp(-\epsilon_{pi})}{\sum_s b_{sk} \exp(-\epsilon_{sk})}, \quad (2)$$

где

$$b_{pi} = |\operatorname{Re}(r_{v'v''})|^2_{pi} q_{pi} v_{pi}^4, \quad \varepsilon_{pi} = \frac{E_{pi}}{kT_v}$$

Расчеты были выполнены для трех секвенций I⁺ системы N₂, включающих в себя переходы: I₁ (12-7, 11-6, 10-5, 9-4, 8-3, 7-2, 6-1, 5-0), I₂ (12-8, 11-7, 10-6, 9-5, 8-4, 7-3, 6-2, 5-1) и I₃ (4-0, 12-9, 11-8, 10-7, 9-6, 8-5, 7-4, 6-3, 5-2, 4-1, 3-0, 9-7).

Значения $q_{v'v''}$, ν , $E_{v'}$ брались из [10], а значения $|\operatorname{Re}(r_{v'v''})|^2 = f(\nu)$ рассчитывались по формуле

$$f(\nu) = 1.0111 - 0.9628(\nu - 1.3539)^2,$$

полученной в результате параболической аппроксимации данных [11, 12] в диапазоне ν 13500-18500 см⁻¹.

Анализ (2) приводит к следующему выражению для относительной погрешности E_T^{ik} при определении T_v данным способом:

$$E_T^{ik} = \eta_{ik}(T_v) (E_{fik}^{\text{эксп.}} + E_{fik}^E + E_{fik}^b) \approx \eta_{ik}(T_v) E_{fik}^{\text{эксп.}},$$

где

$$\eta_{ik}(T_v) = \frac{1}{\bar{\varepsilon}_i + \bar{\varepsilon}_k}, \quad \bar{\varepsilon}_i = \frac{\sum_p b_{pi} \varepsilon_{pi} \exp(-\varepsilon_{pi})}{\sum_p b_{pi} \exp(-\varepsilon_{pi})},$$

а $E_{fik}^{\text{эксп.}}$, E_{fik}^E и E_{fik}^b — относительные погрешности в f_{ik} , обусловленные погрешностями при определении f_{ik} , E_{pi} и b_{pi} соответственно. Значения $f_{ik}(T_v)$ и $\eta_{ik}(T_v)$ представлены в таблице.

T_v , см ⁻¹	$1/\eta_{12}$	$1/f_{12}$	$1/\eta_{13}$	$1/f_{13}$	$1/\eta_{23}$	$1/f_{23}$
1400	—	16.532	—	229.54	—	13.884
1500	16.200	15.203	13.983	180.37	12.777	11.864
1600	15.515	14.076	13.410	145.28	12.233	10.321
1700	14.889	13.121	12.885	119.55	11.743	9.1109
1800	14.314	12.306	12.400	100.26	11.298	8.1468
1900	13.781	11.608	11.949	85.458	10.892	7.3615
2000	13.285	11.007	11.530	73.911	10.517	6.7150
2200	12.389	10.037	10.771	57.389	9.8459	5.7178
2400	11.601	9.2939	10.103	46.401	9.2598	4.9927
2600	10.900	8.7140	9.5078	38.754	8.7404	4.4473
2800	10.275	8.2531	8.9767	33.224	8.2762	4.0256
3000	9.7131	7.8799	8.4994	—	7.8581	3.6921
3500	8.5346	7.2046	7.4967	22.368	6.9735	3.1048
4000	7.6024	6.7588	6.7013	18.438	6.2639	2.7280
4500	6.8476	—	6.0543	15.913	5.6819	2.4693
5000	6.2263	6.2133	5.5200	14.177	5.1967	2.2817
5500	5.7066	6.0358	5.0710	12.919	4.7866	2.1405
6000	5.2655	5.8967	4.6886	11.974	4.4351	2.0306
6500	4.8869	5.7835	4.3591	11.238	4.1310	1.9430
7000	4.5586	5.6916	4.1273	10.651	3.9162	1.8714
7500	4.2712	5.6142	3.8214	10.173	3.6316	1.8120
8000	4.0176	5.5484	3.5991	9.7759	3.4243	1.7619

Таким образом, по найденным в эксперименте значениям f_{ik} и $E_{fik}^{\text{эксп.}}$ можно, пользуясь таблицей, определить значения T_v и E_T^{ik} .

Следует, отметить, что рассогласование в температурах, определенных по различным f_{ik} , выходящее за пределы погрешностей E_T^{ik} , свидетельствует об отсутствии бальмановского распределения молекул N₂ по колебательным уровням состояния B³Π_g.

Литература

- [1] K. D. Bayes, G. B. Kustiakowsky. J. Chem. Phys., 32, 992, 1960.
- [2] I. M. Campbell, B. A. Thrush. Proc. Roy. Soc., A296, 242, 1967.
- [3] S. W. Benson. J. Chem. Phys., 48, 1765, 1968.
- [4] А. М. Губанов. Опт. и спектр., 31, 211, 1971.

- [5] А. М. Губанов. Тез. докл. IV Всесоюз. конф. по физике и генераторам низкотемпературной плазмы. Алма-Ата, 1970.
 [6] А. Н. Тихонов. ДАН СССР, 151, 501, 1963.
 [7] В. Н. Страхов. Ж. выч. мат. и мат. физ., 10, 204, 1970.
 [8] I. Kovács. Rotational structure in the spectra of diatomic molecules. Akadémiai kiadó, Budapest, 1969.
 [9] А. М. Губанов. Ж. прикл. спектр., 12, 794, 1970.
 [10] W. Benesch, J. T. Wanderslice, C. G. Tilford, P. G. Wilkinson. Astrophysical J., 144, 408, 1966.
 [11] W. Benesch, J. T. Wanderslice. Astrophysical J., 142, 1227, 1965.
 [12] В. С. Афанасьев, А. Н. Варгин, Е. С. Трехов. Сб. «Физика газоразрядной плазмы», вып. 2, 62. Атомиздат, М., 1969.

Поступило в Редакцию 22 сентября 1970 г.

УДК 535.317.1

ДИФРАКЦИОННАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОТБЕЛЕННЫХ ГОЛОГРАММ

А. А. Вербовецкий и В. Б. Федоров

Дифракционная эффективность амплитудных голограмм на фотослоях обычно не превосходит нескольких процентов. Один из методов ее увеличения основан на получении из амплитудных голограмм фазовых голограмм [1-4] путем отбеливания фотоэмульсионного слоя. Он заключается в преобразовании проявленных серебряных зерен эмульсии в прозрачные компаунды с показателем преломления, отличающимся от показателя преломления желатины. Эффективность восстановления таких голограмм теоретически может достигать 100% [1, 2].

Для выявления влияния различных типов отбеливателей и проявителей на максимально достижимую эффективность на фотопластинках записывалась дифракционная решетка, получающаяся методом интерференции двух плоских волн. В качестве когерентного источника использовался одномодовый гелий-неоновый лазер ЛГ-36 с длиной волны излучения 0.63 мкм. Интенсивность интерферирующих пучков была одинаковой. Фотопластинки ориентировались перпендикулярно биссектрисе угла между пучками. При восстановлении голограммы освещались одним из этих пучков. Дифракционная эффективность η определялась как отношение интенсивности дифрагированного света в максимуме первого порядка к падающему на голограмму.

В экспериментах использовались отечественные высокопропускающие фотопластинки типа ВР, сенсibilизированные к красному свету. Химическая обработка фотопластинок сводилась к следующему. После экспонирования фотопластинки проявлялись при температуре 21°С (5 мин.) в проявителе Д-19 или в проявителе Д-94 (12 мин.), промывались в дистиллированной воде (2 мин.), полностью отбеливались, окончательно промывались в проточной воде (10 мин.) и затем высушивались на воздухе. Стадия фиксирования из процесса химической обработки фотопластинок исключалась. Были исследованы три различных типа отбеливателей, рецепты которых приводятся ниже.

1. Хромовый отбеливатель: 5 г $K_2Cr_2O_7$ и 5 мл концентрированной H_2SO_4 на 1 л дистиллированной воды [3].

2. Железосинеродистый отбеливатель: 8 г $K_3Fe(CN)_6$ и 7 г KBr на 1 л дистиллированной воды [4].

3. Отбеливатель R-10: раствор А—20 г $(NH_4)_2Cr_2O_7$ и 14 мл концентрированной H_2SO_4 на 1 л дистиллированной воды; раствор Б—92 г KBr на 1 л дистиллированной

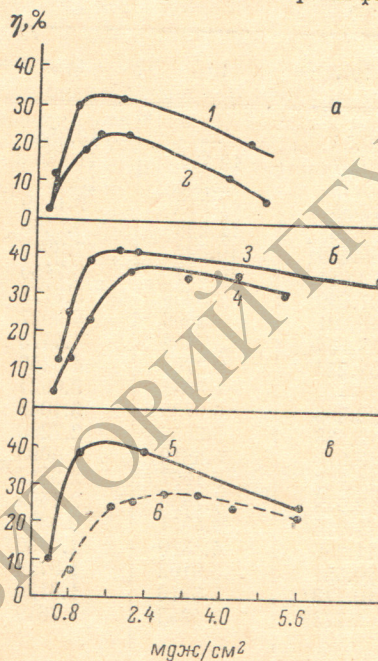


Рис. 1. Дифракционная эффективность отбеленных голограмм в зависимости от экспозиции.

а — хромовый отбеливатель: 1 — проявитель Д-19, 2 — проявитель Д-94; б — железосинеродистый отбеливатель: 3 — проявитель Д-19, 4 — проявитель Д-94; в — проявитель Д-19, 5 — отбеливатель R-10, 6 — железосинеродистый отбеливатель, угол между лучами при съемке 50°.