

DETERMINAREA CONSTANTEI DE TIMP VIBRAȚIONAL – TRANZIȚIONALĂ DE RELAXAȚIE A MOLECULEI DE HIDROGEN, UTILIZÂND DIFUZIA COMBINATĂ

Hârbu Arefa

În acest articol este descrisă o metodă de cercetare a proceselor de relaxare în gaze. Metoda propusă pentru determinarea constantei de timp vibrațional-tranzițională de relaxație a moleculelor de hidrogen este bazată pe înregistrarea întârzierii descărcării prin scânteie în mediul dat față de impulsul generatorului cuantic. Cu ajutorul generatorului cuantic cu rubin se efectuează pompajul primului nivel oscilatoriu în moleculele H_2 . Măsurarea primei componente Stokes la ieșirea din celula supusă experimentului oferă posibilitatea de a determina mărimea energiei oscilatorii acumulate de moleculele H_2 . Durata impulsului de pompaj este cu mult mai mică decât timpul de relaxare. Aceasta oferă posibilitatea acumulării unei rezerve de energie numai în primul nivel oscilatoriu. Măsurarea energiei primei componente Stokes permite de a determina mărimea energiei oscilatorie acumulată de moleculele H_2 în regiunea focală. Durata impulsului de pompaj este cu mult mai mic decât timpul caracteristicii de relaxare, fapt care permite de a crea o rezervă inițială de energie, excitând numai primul nivel oscilatoriu.

В этой статье описан новый метод применения искрового разряда для исследования процессов релаксации в газах в сильнонеравновесных условиях. Предложенный способ состоит в следующем. Область накачки расположена между двумя электродами. С помощью ВКР осуществляется накачка первого колебательного уровня молекул H_2 путём выбора условий, при которых генерируется первая компонента ВКР. В процессе термализации запасенной колебательной энергии происходит уменьшение плотности газа n в пространстве между электродами. Измерение энергии первой стоксовой компоненты ВКР позволяет определить величину колебательной энергии, запасаемой молекулами H_2 в области фокальной перетяжки. Длительность импульса накачки при этом много меньше характерных времён релаксации, что позволяет создать начальный запас энергии, возбудив только первый колебательный уровень.

In this paper a new method of initiation of the electric discharge in gases by nonresonant laser radiation. The method proposed is the following. The LR is focused in the middle between two electrodes. The first vibration level of H_2 is effectively populated due to the conversion into the first Stokes. The gas density decrease caused by the thermalization of the vibration energy leads to the spark discharge. There is a delay between the LR pulse and the current pulse since the heating time evolution is defined by the relaxation of the deposited vibration energy. The measuring of the delay allows one to estimate the time constant of the vibration-translation relaxation. The results from first experiments on measuring the vibration-translation relaxation time constant in H_2 at room temperature are obtained.

Cercetarea proceselor cinetice pentru moleculele de hidrogen excitate oscilatoriu prezintă interes practic la crearea noilor generatoare cuantice avînd ca mediu activ mediul alcătuit din molecule de hidrogen. Pentru folosirea acestor medii se cere de creat o rezervă relativ mare de energie oscilatorie într-o unitate de volum fără creșterea esențială a temperaturii gazului [1]. Problema de bază constă în cercetarea procesului de relaxație a energiei expediate mediului. Caracteristic procesului de relaxație a energiei oscilatorii în sistemele anarmonice de molecule, printre care și molecula de H_2 , constă în faptul că în condiții puternic neechilibrate la procesul de relaxare participă un număr mare de nivele oscilatorii de energie [2]. Una din metodele experimentale de determinare a constantei de timp vibrațional-tranzițională de relaxare în H_2 , sub presiune se descrie mai jos.

Această metodă este bazată pe înregistrarea întârzierii descărcării prin scânteie în mediul dat față de impulsul generatorului cuantic. Cu ajutorul generatorului cuantic cu rubin ($\lambda = 0,6943 \mu m$) se efectuează pompajul primului nivel oscilatoriu în moleculele H_2 [3]. Măsurarea primei componente Stokes la ieșirea din celula supusă experimentului dă posibilitate să determinăm mărimea energiei oscilatorii acumulate de moleculele de H_2 . Durata impulsului de pompaj este cu mult mai mică decât timpul de relaxare. Aceasta dă posibilitate de a acumula o rezervă de energie numai în primul nivel oscilatoriu.

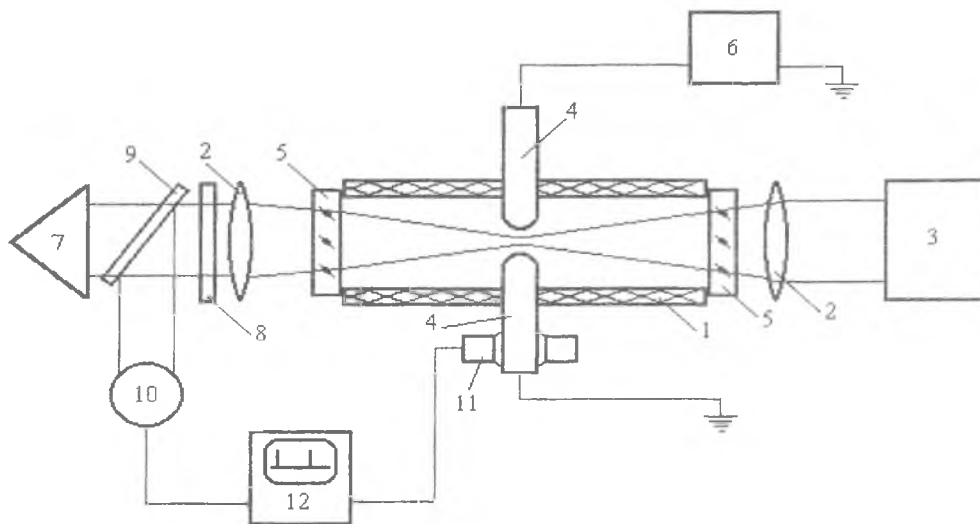


Fig. 1. Schema instalației experimentale pentru determinarea constantei de timp vibrațional-tranzițională de relaxație a moleculelor de hidrogen

- | | |
|--------------------------------|------------------------------------|
| 1 – celula cu hidrogen; | 7 – calorimetru; |
| 2 – lentile; | 8 – filtru optic; |
| 3 – laserul; | 9 – placă plan paralelă de quartz; |
| 4 – electrozii; | 10 – fotoreceptor; |
| 5 – ferestre optice; | 11 – centura Rogovski; |
| 6 – sursa de tensiunea înaltă; | 12 – oscilograf cu memorie. |

În centrul celulei supuse exeperimentului sunt instalați doi electrozi. Regiunea de pompaj este focalizată între acești electrozi. La acești electrozi este aplicată o diferență de potențial mărimea căreia este aproape de străpungerea statică. La încălzirea mediului dintre electrozi și dilatarea adiabatică a gazului, are loc micșorarea densității (n). Străpungerea mediului are loc pentru condiția:

$$U/n > (U/n)_b \quad (1)$$

unde U – tensiunea aplicată între electrozi,
 n – densitatea gazului,
 $(U/n)_b$ – raportul dintre tensiunea la electrozi și densitatea gazului pentru care are loc străpungerea mediului.

Procesul de disipație a energiei oscilatorii acumulate este descrisă de următoarea relație:

$$E(t) = E_0 \exp(-t/\tau) \quad (2)$$

unde E – energia oscilatorie acumulată,
 E_0 – valoarea inițială a energiei expediată în mediul gazos,
 τ – valoarea efectivă a constabtei de timp de relaxare oscilator-tranzițională,
 t – timpul socotit de la momentul excitării primului nivel oscilatoriu.

Cantitatea de energie termică degajată în momentul de timp t ca rezultat a relaxației vibrațional-tranzițională este egală:

$$Q(t) = E_0(1 - \exp(-t/\tau)) \quad (3)$$

unde Q – energia termic degajată în momentul de timp t .

După cum se vede din această relație viteza de extindere a căldurii între electrozi este determinată de mărimea τ . De aceea între impulsul de pompaj și apariția descărcării prin scânteie există o întârziere de timp t_d ce este legată dfe mărimea τ prin următoarea relație:

$$t_d = -\tau \ln(1 - q/E^0) \quad (4)$$

unde q – cantiatea de energie termică ce se degajă între electrozi,
 E^0 – rezerva energiei oscilatorie într-o unitate de volum,
 t_d – întârzierea de timp între impulsul de pompaj și apariția descărcării prin scânteie.

Variind cu mărimea energiei expediate în mediul pe baza variației energiei impulsului generatorului cuantic duce la variația lui t_d . Condiția de apariție a descărcării prin scînteie dintre electrozi nu este altceva decît cantitatea de energie termică expediată q . Mărimea q poate fi exclusă dintr-un sistem de ecuații ce descriu o serie din două măsurări a întârzierilor de timp a descărcărilor prin scînteie t_1 și t_2 și a două mărimi de energie rezervată E_1 și E_2 :

$$t_1 = -\tau \ln(1 - q/E_1) \quad (5)$$

$$t_2 = -\tau \ln(1 - q/E_2) \quad (6)$$

Acest sistem dă posibilitate de determinat τ dacă sunt măsurate t_1 și t_2 , E_1 și E_2 .

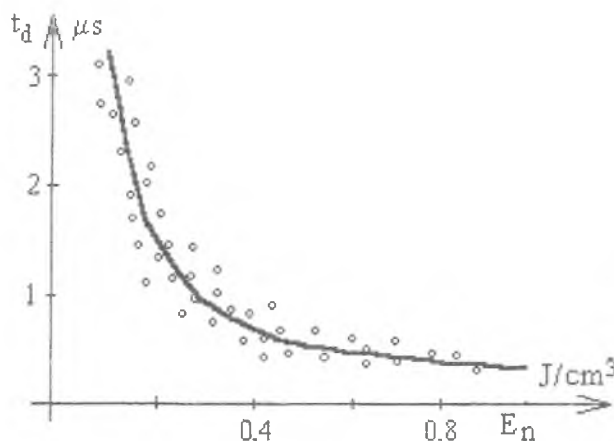


Fig. 2. Dependența timpului de întârziere t_d a impulsului prin scînteie față de impulsul generatorului cuantic și energie oscilatorie rezervată E_n .

Linia continuă – calculul, punctele – datele experimentale.

Presiunea $0,8 \text{ atm.}$,

Temperatura inițială 300 K.

Pe acest grafic sunt date rezultatele experimentale a întârzierilor de timp t_d a descărcării prin scînteie față de impulsul de pompaj ce poate fi variat de la $0,1$ pînă la 1 J/cm^3 . Din acest grafic se vede că t_d crește cu micșorarea lui E_n .

Bibliografie

1. Гордиец В. Ф., Осипов А. И., Шелепин Л. А. Кинетические процессы в газах и молекулярные газы. - М.: Наука, 1980. - С.138.
2. Ананьев В. Ю., Лобанов А. Н., Лыткин А. П., Хырбу А. В. Изменение постоянной времени колебательно-поступательной релаксации в сжатом водороде с использованием ВКР // Известия АН. Сер. Физическая. – 1995. – Т. 59, № 6. – С. 100 – 108.
3. Ananiev V. Yu., Lytkin A. P., Suchkov A. F., Hyrbu A. V. Initiated by Stimulated Raman Scattering Spark Discharge in H_2 // Int. Conf. On Phenomena in Ionized Gases ICPIG XX. – PISA, 1991.

Prezentat la 16.04.2004