

10 атм и $6000^\circ \text{K} \leq T \leq 40\,000^\circ \text{K}$ пределы значений Λ находятся в границах от 6 до 40; для давления 100 атм в указанной области температур значение Λ лежит в пределах от 2.5 до 17. Из представленных на фиг. 3 значений $\Omega_{\pm}^{l,s}$ видно, что для всех значений l и s расхождение между $\Omega_{-}^{l,s}$ и $\Omega_{+}^{l,s}$ превышает 1%. Для Ω_{\pm}^{11} и Ω_{\pm}^{22} это различие составляет $\sim 30\%$.

Для всей рассматриваемой области температур и давлений квантовые поправки не превышают 0,3%.

Поступила 27 IV 1971

ЛИТЕРАТУРА

1. Гиршфельдер Дж., Кертисс Ч., Берд Р. Молекулярная теория газов и жидкостей, гл. 7. М., Изд-во иностр. лит., 1961.
2. Grad H. Modern kinetic theory of plasmas. In «Proc. of 5-th internat. conf. on ionization phenomena in gases», pt 2; Munich, 1961; Amsterdam, North-Holland Publ. Company, 1962.
3. Devoto R. S. Transport properties of ionized monatomic gas. Phys. Fluids, 1966, vol. 9, No. 6.
4. Spitzer L., Härm R. Transport phenomena in completely ionized gas. Phys. Rev., 1953, vol. 89, No. 5.
5. Williams R. H., Dewitt H. E. Quantum-mechanical plasma transport theory. Phys. Fluids, 1969, vol. 12, No. 11.
6. Devoto R. S. Transport coefficients of partially ionized argon. Phys. Fluids, 1967, vol. 10, No. 2.
7. Liboff R. L. Transport coefficients determined using the shielded coulomb potential. Phys. Fluids, 1959, vol. 2, No. 1.
8. Mason E. A., Munn R. J., Smith F. J. Transport coefficients of ionized gases. Phys. Fluids, 1967, vol. 10, No. 8.
9. Smith F. J., Munn R. J. Automatic calculation of the transport collision integrals with tables for the Morse potential. J. Chem. Phys., 1964, vol. 41, No. 11.
10. Предводителев А. С., Ступоченко Е. В., Плешанов А. С., Самуйлов Е. В., Рождественский И. Б. Таблица термодинамических функций воздуха (для температур от 12000 до 20000° К и давлений от 0.001 до 1000 атм). М., Изд-во АН СССР, 1959.
11. Neuman K. Thermodynamische Gleichgewichte bei hohen Temperaturen in Luft. Berichte Bunsen Ges. Physik Chem., 1963, Bd 67, Nr 4.

УДК 621.375.82

КВАЗИСТАЦИОНАРНЫЙ СО₂-ОКГ С «ИМПУЛЬСНЫМ» ВОЗБУЖДЕНИЕМ

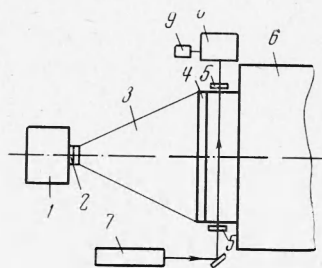
И. Ф. Канаев, Э. П. Кругляков, В. К. Малиновский

(Новосибирск)

В [1-3] обсуждался ряд методов, позволяющих получить значительные величины инверсной заселенности в оптических квантовых генераторах (ОКГ) на смеси СО₂-N₂-He. В данной работе описана модель ОКГ, сочетающая в себе преимущества импульсного возбуждения молекул в разряде [3] с неравновесным истечением в вакуум сверхзвуковой струи [1,2].

Схема эксперимента приведена на фиг. 1. Рабочая смесь газов СО₂-N₂-He (соотношение компонент 1 : 3 : 6 соответственно), предварительно приготовленная в камере 1, через быстродействующий клапан 2 (время открывания $5 \cdot 10^{-4}$ сек) поступила в сопло Лавала 3 и разогналась до скорости $5 \cdot 10^4$ см/сек. Начальный вакуум в системе $\sim 10^{-2}$ торр. Бустерный объем 6 играет роль насоса большой производительности, позволяя моделировать свободное истечение струи в вакуум в течение $20 \cdot 10^{-3}$ сек. Спустя $5 \cdot 10^{-3}$ сек после срабатывания клапана устанавливался стационарный режим течения и на разрядные промежутки, совокупность которых образовывала решетку 4, подавался прямоугольный импульс напряжения длительностью до $2 \cdot 10^{-2}$ сек. Длина отдельного разрядного канала в направлении потока 2 см, его диаметр 0.5 см. Суммарная прозрачность решетки 40%.

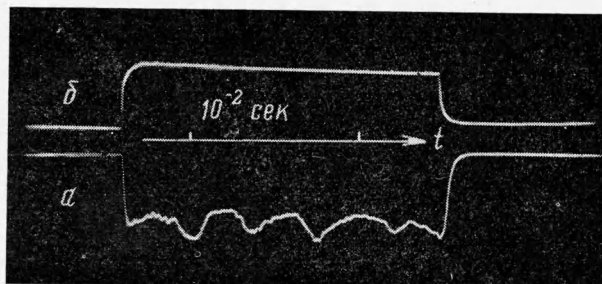
Принципиальным отличием рассматриваемой модели от работ [4], использующей повышенные скорости прокачки газа для увеличения энерговклада в разряд, является то обстоятельство, что время пролета молекулы газа через разрядный промежуток для типичных условий данных экспериментов (суммарная плотность смеси в области разряда $\sim 4 \cdot 10^{17} \div 1.5 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$) значительно меньше характерного времени жизни уровня $00^0 1 \text{ CO}_2$ (τ_*) и в этом смысле процесс возбуждения имеет импульсный характер. Как следует из [3], эффективность возбуждения молекул коротким импульсом накачки ($\tau < \tau_*$) значительно выше, чем длинным ($\tau > \tau_*$). Запас колебательной энергии и величина инверсии в случае $\tau < \tau_*$ значительно (более чем на порядок) превышают аналогичные величины при длинном импульсе возбуждения и должны быть пропорциональны току разряда. Использование запасенной энергии в предложенной модели облегчается тем, что в области, ограниченной зеркалами резонатора 5, возбужденный газ быстро расширяется и разница во временах колебательной релаксации уровня $00^0 1$ и системы уровней 00^0 молекулы CO_2 приводит к росту полной инверсии.



Фиг. 1

На фиг. 2 приведены типичные осциллограммы мощности генерации *a* и напряжения на разряде *б*. Генерация достигает максимума спустя $\sim 10^{-4} \text{ сек}$ с момента подачи напряжения и поддерживается на одном уровне в течение всего импульса. При концентрации смеси в области разряда $\sim 10^{18} \text{ см}^{-3}$ и длительности импульса приложенного напряжения $t = 2 \cdot 10^{-2} \text{ сек}$ измеренная энергия стимулированного излучения составила 21 Дж .

Резонатор 5 образован сферическим ($R = 10 \text{ м}$) и плоским металлическими зеркалами, покрытыми алюминием. Излучение выводилось сквозь щели в плоском зеркале (геометрическая прозрачность зеркала 15%). Расстояние между зеркалами резонатора 30 см .



Фиг. 2

Изменение рабочей концентрации смеси в диапазоне $4 \cdot 10^{17} \div 1.5 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$ приводило к пропорциональному росту мощности генерации, что согласуется с расчетами, выполненными в [3].

Коэффициент усиления измерялся с помощью маломощного стационарного лазера 7 на смеси $\text{CO}_2\text{-N}_2\text{-He}$, излучение которого проходило через исследуемый объем, монохроматор ИКМ-1 8 и регистрировалось приемником Ge-Au 9. Зеркала резонатора в этом случае заменялись пластинами из NaCl, установленными под углом одна к другой во избежание самовозбуждения. На длине пути луча в среде, равном 30 см (концентрация смеси в разряде 10^{18} см^{-3}), мощность зондирующего сигнала возрастает вдвое, что соответствует усилению 2.3 м^{-1} .

Используя полученные данные, можно оценить нижний предел величины полной инверсии. Поскольку число излучивших энергию частиц есть $nsvt$ (n — плотность излучающих частиц, s — произведение длины резонатора (30 см) на его высоту (4 см), v — скорость потока, t — время работы системы), то, зная энергию, измеренную калориметром, можно определить величину n . Вычисления дают $n \sim 10^{16} \text{ см}^{-3}$, что удовлетворительно согласуется с полной инверсией, определенной по измеренному

усилению. Величина полной инверсии $\sim 10^{16} \text{ см}^{-3}$ типична для мощных импульсных ОКГ и больше чем на порядок превышает значения ΔN , достижимые в стационарных разрядах.

Описанная модель весьма чувствительна к газодинамическим характеристикам и конфигурации резонатора и в настоящее время, по-видимому, далека от оптимальной.

Поступила 19 II 1971

ЛИТЕРАТУРА

1. Конохов Б. К., Прохоров А. М. Инверсная населенность при адиабатическом расширении газовой смеси. Письма в ЖЭТФ, 1966, т. 3, вып. 11.
2. Басов Н. Г., Ораевский А. Н., Щеглов В. А. Тепловые методы возбуждения лазеров. Ж. техн. физ., 1968, т. 37, вып. 2.
3. Бирюков А. С., Гордиев Б. Ф., Шелепин Л. А. Колебательная релаксация и инверсная населенность уровней молекулы CO_2 в нестационарных условиях. ЖЭТФ, 1969, т. 57, вып. 2.
4. Tiffany W. V., Targ R., Foster J. D. Kilowatt CO_2 gas-transport laser. Appl. Phys. Letters, 1969, vol. 15, No. 3.

УДК 536.24

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОТДАЧИ В ДИНАМИЧЕСКОМ ДВУХФАЗНОМ СЛОЕ ПРИ ПОНИЖЕННЫХ ДАВЛЕНИЯХ

А. Н. Хозе

(Новосибирск)

При проектировании аппаратов химической и нефтяной промышленности, теплообменников для транспортных установок и ряда других задач необходимо располагать закономерностями изменения коэффициента теплоотдачи от поверхностей, помещенных в динамический двухфазный слой при пониженных давлениях.

Результаты исследований, приведенных в [1-4], выполнены при атмосферном давлении и их обработка произведена при упрощенных предпосылках. Данная работа посвящена изучению теплоотдачи на цилиндрическом калориметре при приведенной скорости легкой фазы $W_0'' = (0.5 + 3.5) \text{ м/сек}$, удельном тепловом потоке $q = (20 - 120) \text{ ккал/м}^2$, начальной температуре воздуха $t_1'' = 15 - 90^\circ \text{ С}$ в диапазоне давлений $(0.8 - 0.1) \text{ бар}$. Легкой фазой является воздух, тяжелой — вода.

Необходимо отметить, что при пониженных давлениях существенно уменьшается расход воздуха на 1 ккал/час рассеиваемой мощности и возрастает его паросодержание. При этом если при $p = 1.0 \text{ бар}$ скорость легкой фазы W_0'' определяется величиной только объемного расхода воздуха, то при пониженном давлении необходимо учитывать и объемный расход пара.

На фиг. 1 изображена принципиальная схема экспериментальной установки. Колонна 1 из органического стекла через вентиль 11 и ловушку 14 подключалась к вакуумному насосу ВН-4Г. В верхней части колонны установлен щелевой сепаратор 12 для уменьшения уноса жидкости. Калориметр 2 ($d = 8 \text{ мм}$, $l = 80 \text{ мм}$) питался через автотрансформатор 18. Подогрев воздуха осуществлялся электронагревателем 26, который питался через автотрансформатор 25. Расход воздуха измерялся калориметрическим расходомером 27. Расходомер получал энергию через автотрансформатор 20. При малых расходах воздуха применялся объемный метод с использованием газгольдера 19. Вода поступала в колонну через вентиль 3; ее слив производился через спускной кран 29 в бак 28.

Для измерения влажности паровоздушной смеси на выходе из колонны использовался психрометрический зонд 4 [5]. Реометром 8 измерялась скорость воздуха, протекающего через зонд. Ртутный вакуумметр 13 предназначался для измерения давления в колонне. Барометр 17 и психрометр Ассмана 16 применялись для измерения параметров окружающей среды.