

Н. Я. ДОДОНОВА

ИНФРАКРАСНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО РАЗРЯДА В СО И СО₂

(Представлено академиком А. Н. Терениным 11 V 1954)

Инфракрасному излучению электрического разряда посвящено мало работ А. Н. Теренин и Г. Г. Неуймин ⁽¹⁾ в своем исследовании инфракрасного излучения разряда в молекулярных газах указали, что этот метод позволяет непосредственно наблюдать за процессами возбуждения и передачи колебательной энергии молекул.

Активирующее действие электрического разряда на протекание химических реакций известно давно. Рядом авторов было показано, что активирующее действие разряда усиливается с повышением частоты питающего разряда тока ⁽²⁾.

В развитие работы Теренина и Неуймина нами исследовалось инфракрасное излучение высокочастотного разряда в СО и СО₂ и их смесях с водородом и азотом, а также проведено сравнение выходов инфракрасного излучения разрядов различных частот одинаковой мощности.

В качестве источника излучения был выбран разряд в СО и СО₂ при давлении 10—150 мм рт. ст. Разрядная трубка, аналогичная примененной Терениным и Неуйминым, представляла собой сосуд, внутренний диаметр которого равен 40 мм и длина 12 см, снабженный рубашкой водяного охлаждения. Полые алюминиевые электроды с полушаровыми окончаниями диаметром 10 мм были вставлены на конических шлифах, уплотненных пицеином, и охлаждались проточной водой. На электроды разрядной трубки либо подавалось напряжение от повышающего трансформатора 120—12000 в, либо разрядная трубка включалась в связанный контур высокочастотных генераторов, собранных по двухтактной схеме и работающих на частотах $1,5 \cdot 10^6$ и $4 \cdot 10^7$ гц.

Для измерения спектра инфракрасного излучения использовался монокроматор с флюоритовой призмой, приемником служил термостолбик ФАИ чувствительностью 0,1 в/вт с гальванометром Цернике. В фотометрических опытах полосы инфракрасного излучения СО и СО₂ выделялись из общей радиации разряда при помощи светофильтра MgO, нанесенного на слюдяные листочки.

Спектр СО₂ в разрядах как высокой, так и низкой частот (50 гц) состоит из интенсивной полосы с максимумом 4,65 μ , принадлежащей асимметричному колебанию молекулы, и более слабой полосы с максимумом 2,8 μ , соответствующей одновременному изменению квантовых чисел асимметричного и симметричных валентных колебаний ⁽¹⁾. Спектр разряда с увеличением частоты не изменяется, за исключением соотношения интенсивности полос 2,8 и 4,65 μ . Последнее обстоятельство следует, повидимому, сопоставить с изменением электрических параметров разряда с увеличением частоты, как будет указано ниже.

Спектр разряда высокой и низкой частот в СО состоит из полосы с максимумом у $4,75 \mu$, соответствующей первому колебательному уровню этой молекулы. Спектр СО и СО₂ в разряде при частоте $4 \cdot 10^7$ гц представлен на рис. 1.

С увеличением давления газа в разрядной трубке интенсивность излучения возрастает как в случае разряда низкой, так и высокой частоты. Кривые роста излучения с давлением имеют одинаковый вид. На рис. 2 показана, например, зависимость инфракрасного излучения, выделенного фильтром окиси магния, от давления СО₂ в разряде при частоте $4 \cdot 10^7$ гц. Добавление к СО и СО₂ азота и водорода, не излучающих в инфракрасной области, оказывает на излучение первых одинаковое влияние как в случае разряда высокой, так и низкой частоты. Из кривых рис. 3 видно, что азот усиливает, а водород тушит излучение СО₂.

Приведенные выше результаты указывают на сходство инфракрасного излучения в разрядах различных частот.

Для сравнения интенсивности излучения разрядов различных частот необходимо было с одновременной регистрацией излучения провести измерения электрических параметров разряда: мощности, тока и напряжения на электродах.

Рис. 1. Спектр испускания СО (1) и СО₂ (2) в инфракрасной области при частоте разряда $4 \cdot 10^7$ гц

Для измерения мощности разрядов высокой и низкой частоты мы пользовались калориметрическим методом. Калориметр состоял из стеклянного сосуда, наполненного трансформаторным маслом и окруженного тепловой изоляцией. В сосуд погружалась разрядная трубка из пирекса той же конструкции, но без рубашки водяного охлаждения (диэлектрические потери в пирексе невелики). Масло в калориметре после каждого опыта охлаждалось до комнатной температуры проточной водой.

Для ускорения теплообмена между электродами и жидкостью калориметра внутрь алюминиевых электродов запрессовывались стержни красной меди, которые имели снаружи ребристые насадки. Температура масла в калориметре измерялось термометром Бекмана. Градуировка калориметра производилась при пропускании постоянного тока через нихромовую спираль, погруженную в калориметр. Точность калориметрических измерений в отдельных опытах составляла 5—10%.

Для измерения тока на частоте $1,5 \cdot 10^6$ гц мы пользовались высокочастотным тепловым миллиамперметром. При переходе к более высоким частотам обычные приборы мало пригодны вследствие относительно большой самоиндукции и большой распределенной емкости. Поэтому

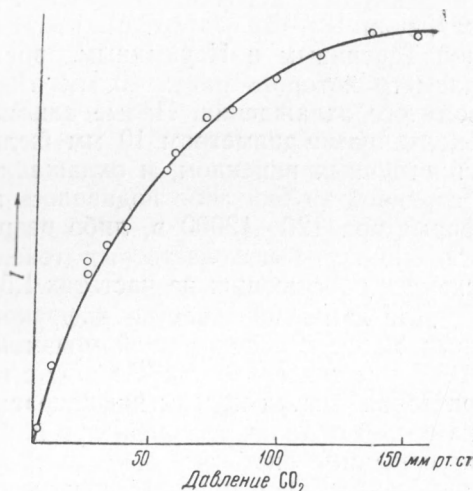


Рис. 2. Зависимость инфракрасного излучения СО₂, выделенного фильтром MgO на слюде, при частоте $4 \cdot 10^7$ гц и силе разрядного тока 630 ма

му для измерения силы тока в разряде частоты $4 \cdot 10^7$ гц нами был сконструирован специальный прибор, позволивший производить измерения, не внося искажений в настройку связанного контура. Этот прибор, обладающий ничтожно малой емкостью и самоиндукцией, представляет собой вакуумную лампу с прямой вольфрамовой нитью диаметром 80μ . Лампа включалась в связанный контур последовательно с разрядной трубкой, перед лампой помещался селеновый фотоэлемент. По отклонению стрелки гальванометра, на который был включен фотоэлемент, можно было судить о накале нити лампочки, а следовательно, и о токе через разрядную трубку. Градуировка такого амперметра производилась на постоянном токе, что, как показал расчет, допустимо.

Напряжение на электродах при частоте $1,5 \cdot 10^6$ гц измерялось ламповым вольтметром с делителем напряжения, а при частоте $4 \cdot 10^7$ гц следующим образом: лампа-амперметр, соединенная последовательно с двумя конденсаторами переменной емкости C_0 , включалась параллельно разрядной трубке. Напряжение на электродах вычислялось по формуле $V = i / \pi \nu C$, где i — сила тока через амперметр, ν — частота колебаний тока, питающего разряд, C — емкость, складывающаяся из емкости амперметра и переменной емкости конденсаторов C_0 . Конденсаторы переменной емкости тщательно градуировались.

Результаты измерений для давления CO_2 50 мм рт. ст. представлены на рис. 4. Подобные результаты были получены для других давлений CO и CO_2 .

Из рис. 4 следует, что при частоте $4 \cdot 10^7$ гц интенсивность инфракрасного излучения значительно выше, чем при частотах 50 и $1,5 \cdot 10^6$ гц в том же интервале мощностей. Таким образом, имеет место сходство в поведении разрядов частот 50 и $1,5 \cdot 10^6$ гц и различие для частоты $4 \cdot 10^7$ гц.

Из наших измерений следует также, что в случае разрядов частот $1,5 \cdot 10^6$ и 50 гц ток и напряжение имеют практически одинаковое значение, а в разряде частоты $4 \cdot 10^7$ гц при том же напряжении, что и в низкочастотном разряде, сила тока значительно выше. Так, в разряде низкой частоты при давлении $\text{CO}_2 = 10$ мм рт. ст. при измерении мощности от 35 до 90 вт сила тока изменяется от 170 до 250 ма, а в разряде частоты $4 \cdot 10^7$ гц в том же интервале мощностей сила тока изменяется от 580 до 900 ма.

Эти результаты, несомненно, указывают, что усиление инфракрасного излучения с увеличением частоты в разрядах одинаковой мощности следует связать с возрастанием силы тока через разрядную трубку при пе-

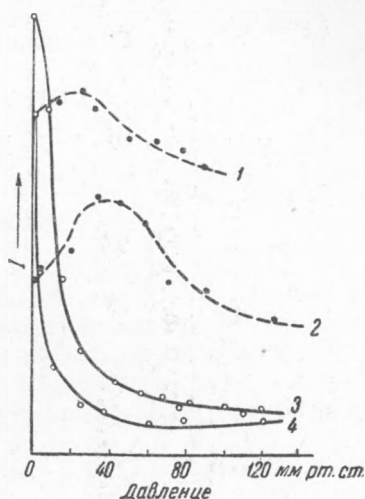


Рис. 3. Зависимость инфракрасного излучения CO_2 от давления N_2 (1, 2) и H_2 (3, 4) при частоте $4 \cdot 10^7$ гц и силе разрядного тока 630 ма. Давление CO_2 : 1 и 4 — 20 мм, 2 — 10 мм, 3 — 40 мм

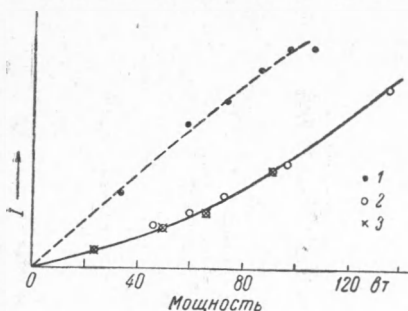


Рис. 4. Зависимость инфракрасного излучения от мощности разряда при давлении CO_2 50 мм рт. ст. и при частотах: 1 — $4 \cdot 10^7$ гц, 2 — 50 гц, 3 — $1,5 \cdot 10^6$ гц

переходе от частоты 10^6 гц к частотам порядка 10^8 гц и с изменяющимися в связи с этим условиями возбуждения.

Настоящая работа выполнена под руководством акад. А. Н. Теренина, которому автор и приносит свою глубокую благодарность.

Ленинградский государственный университет
им. А. А. Жданова

Поступило
15 XII 1953

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ А. Н. Теренин, Г. Г. Неуймин, Изв. АН СССР, сер. хим., № 5, 247 (1942). ² Е. Н. Еремин, С. С. Васильев, Н. И. Кобозев, ЖФХ, 7, 814 (1936); 9, 48 (1937).