

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗЛУЧЕНИЯ ИМПУЛЬСНОГО
CO₂-ЛАЗЕРА С ПОПЕРЕЧНЫМ РАЗРЯДОМ ПРИ АТМОСФЕРНОМ
ДАВЛЕНИИ

Б. Косма, А. Г. Свиридов,

Н. Н. Соболев, Л. И. Шумская

УДК 537.525.1; 621.373.029; 621.378.385

Получены зависимости энергии выходного импульса от состава и давления рабочей смеси (CO₂+N₂+He) и зарядного напряжения.

Введение

Технические возможности ТЕА-лазера характеризуются допустимыми пределами изменения его параметров, за которыми разряд переходит в дуговой и генерация срывается. Такими параметрами являются: состав и давление рабочей смеси, зарядное напряжение накопительных конденсаторов, энергия, вкладываемая в предварительный разряд, интервал времени между предварительным и основным разрядом и др.

Целью нашего экспериментального исследования являлось определение зависимости выходного импульса излучения CO₂-лазера от изменения некоторых его параметров, а именно, от состава и давления рабочего газа, от напряжения на электродах.

Экспериментальная установка

Разряд возбуждался между двумя алюминиевыми электродами длиной 40 см, шириной 4 см, изготовленными с профилем, описанным Роговским /1/. Ширина центральной части электродов 0,7 см, расстояние между электродами 2,5 см. Между электродами и параллельно им на равном расстоянии от центральной плоскости находились две вольфрамовые проволоочки диаметром 0,2 мм, которые соединялись с катодом посредством двух конденсаторов емкостью 470 пф. Такая схема поджига использовалась в работе /2/.

Принцип работы такой схемы состоит в том, что первоначально на вольфрамовых проволочках возникает коронный разряд. Испускаемое этим разрядом ультрафиолетовое излучение инициирует тлеющий разряд между основными электродами. Энергия, вкладываемая в предварительный разряд, определяется выбором величины соединительных конденсаторов.

Питание лазера осуществляется от генератора, собранного по схеме умножения и состоящего из пяти секций. В каждой секции находится накопительный конденсатор емкостью 0,022 мкф. Так как накопительные конденсаторы соединены последовательно, то общая емкость системы оказывается в пять раз меньше, что позволяет получить более короткие импульсы накачки за счет уменьшения RC системы. Разрядники генератора изготовлены из шариков диаметром 1 см и работают в воздухе при атмосферном давлении. Они более удобны в эксплуатации, чем разрядники, работающие в сжатом азоте. Частоту повторения импульсов можно было изменять от 0,5 до 20 гц. Импульс напряжения имел фронт 0,2–0,4 мксек при длине 1–2 мксек.

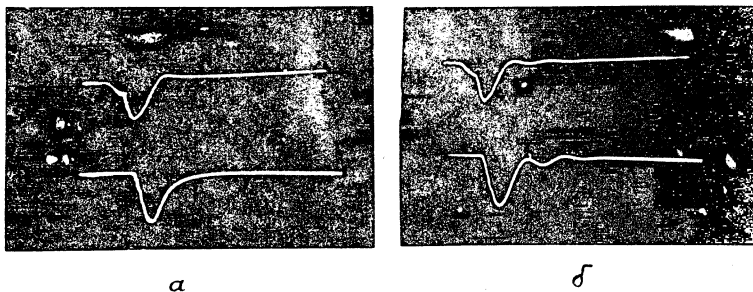
Для оптического резонатора использовались одно зеркало с золотым покрытием на кварцевой подложке с радиусом кривизны 1,7 м и второе плоское зеркало из GaAs, покрытое диэлектриком с коэффициентом отражения 80%.

Для измерения вкладываемой энергии и для измерения электрических характеристик разряда мы использовали двухлучевой осциллограф, заэкранированный клеткой Фарадея. Для измерения тока использовался резисторный безиндуктивный шунт. Форму импульса напряжения мы получили с помощью делителя напряжения, изготовленного из высокоомного сопротивления и коаксиального кабеля РК-75, согласованного на выходе. Форма импульса излучения наблюдалась нами с помощью охлаждаемого германиевого фотосопротивления, легированного золотом. В качестве приемника энергии излучения был использован калориметр ИМО-2.

Результаты эксперимента

На рис. 1 приведены типичные осциллограммы напряжения и тока разряда CO_2 -лазера. Как видно из сопоставления осциллограмм а и б, разряд во втором случае отличается тем, что в конце основ-

ного импульса тока наблюдаются затухающие колебания тока и напряжения. Эти колебания связаны с образованием дуговых разрядов и переходом однородного по объему разряда в неоднородный. Импульс излучения по отношению к импульсу тока имеет задержку порядка



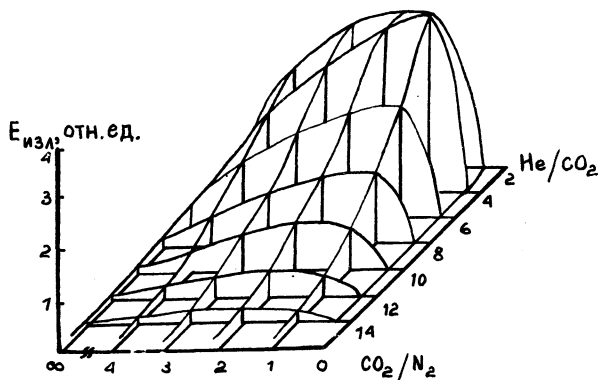
Р и с.1. Осциллограммы импульсов напряжения γ и тока I . а) Тлеющий (однородный) разряд. б) Тлеющий разряд с переходом в дуговой. Длительность развертки 3 мсек

1,5–1,7 мсек. Фронт импульса излучения по нашим наблюдениям составляет 0,2 мсек при общей длительности 1,2–2,0 мсек.

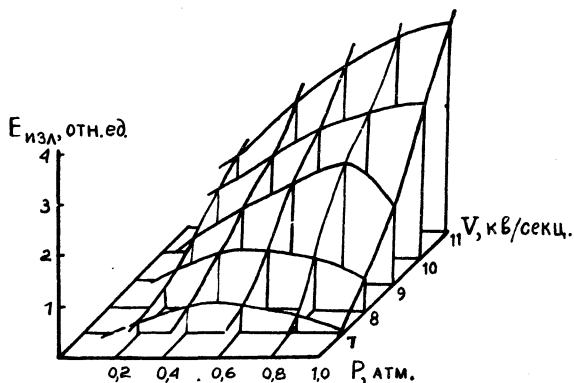
На рис.2 в трехкоординатном представлении показана зависимость энергии выходного импульса от состава смеси, в пределах которого наблюдается однородный разряд при атмосферном давлении и зарядном напряжении 9 кв на каждую из пяти секций генератора Маркса, питающего разряд. На одной из осей отложено отношение CO_2 к N_2 , на другой – отношение He к CO_2 , на третьей, вертикальной оси – энергия выходного импульса генерации в относительных единицах. Из рассмотрения рис.2 видно, что энергия выходного импульса значительно возрастает при уменьшении отношения He к CO_2 . При значениях He/CO_2 меньше двух энергия выходного импульса резко падает из-за образования в разряде дуг, что подтверждается осциллограммами (см., например, рис.1б).

Энергия выходного импульса зависит также от соотношения CO_2 к N_2 . Максимальная выходная мощность имеет место, когда это отношение лежит в интервале от единицы до двух. При значениях CO_2/N_2

меньше единицы энергия выходного импульса резко падает. На основании наших измерений можно сказать, что наилучшие условия ге-



Р и с.2. Зависимость энергии выходного импульса от состава смеси (давление 1 атм., зарядное напряжение 9 кв на секцию)



Р и с.3. Зависимость энергии выходного импульса от давления смеси и зарядного напряжения. Состав смеси: $\text{CO}_2:\text{N}_2:\text{He} = 1:1:4$.

нерации имеют место, когда отношения CO_2/N_2 и He/CO_2 соответственно равны единице и четырем.

Рассмотрим теперь влияние давления рабочей смеси и зарядного напряжения на накопительных конденсаторах, то есть вкладывае-

мой в разряд энергии, на энергию выходного импульса генерации. Для опытов была приготовлена рабочая смесь с соотношением компонентов $\text{CO}_2:\text{N}_2:\text{He} = 1:1:4$. Зарядное напряжение измерялось в пределах от 7 до 11 кв на каждую секцию генератора Маркса. Как видно из рис.3, максимальная энергия выходного импульса для 7 кв приходится на давление 0,4 атм, для 9 кв - 0,8 атм., а для 10 кв - 1 атм. То есть по мере увеличения напряжения максимум выходной энергии сдвигается в область более высоких давлений. Или иначе: для получения наилучших условий генерации при повышенных давлениях нужно увеличивать зарядное напряжение.

Повышение зарядного напряжения при постоянстве всех остальных условий ведет к резкому увеличению энергии выходного импульса. Нами это было проведено на двух смесях с соотношением $\text{CO}_2:\text{N}_2:\text{He} = 1:0,5:6$ и $\text{CO}_2:\text{N}_2:\text{He} = 1:0,33:8$. Увеличение напряжения на секции от 9 кв до 16 кв увеличивает импульс в 6 раз в первом случае и в 10 раз во втором случае.

Поступила в редакцию
10 июля 1975 г.

Л и т е р а т у р а

1. W. Rogowski. Arch. Electrotech., 20, 101 (1928).
2. H. M. Lamberton, P. R. Pearson. Electr. Lett., 7, 141 (1971).