

В заключение отметим, что механизм электронной нелинейности, действующий при неколлинеарной генерации второй гармоники, сочетает эффективность 10^{-5} - 10^{-3} с субпикосекундными временами отклика [1], что позволяет кодировать цифровую информацию оптическими импульсами с длительностью $\tau = 0.1 \dots 10$ пс и реализовывать обширные сети оптически связанных вентилях с многократным использованием исходных световых пучков в последовательных актах взаимодействия, достигая в результате указанных выше значений производительности при энергетических затратах на каждое логическое умножение 10^{-15} - 10^{-11} Дж/бит.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] E i c h m a n n G., L i Y., H o P.P., A l f a n o R.R. // Appl. Opt. 1987. V. 26. N 14. P. 2726-2733.
- [2] L i Y., E i c h m a n n G., A l f a n o R.R. // Opt. Commun. 1987. V. 64. N 2. P. 99-104.
- [3] Б е р и ш е в И.Э., Р а к о в с к и й В.Ю., С е л и ш е в А.В., Щ е р б а к о в А.С. // Письма в ЖТФ. 1989. Т. 15. В. 8. С. 14-18.
- [4] Р а к о в с к и й В.Ю., Щ е р б а к о в А.С. // Оптические и оптоэлектронные средства обработки информации. Л.: ЛИЯФ-ФТИ. 1989. С. 68-76.
- [5] P s a l t i s D., A t h a l e R.A. // Appl. Opt. 1986. V. 25. N 18. P. 3071-3077.

Поступило в Редакцию
28 марта 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 10

26 мая 1990 г.

04; 07; 09

© 1990

ОПТОГАЛЬВАНИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ В ВЧ-РАЗРЯДЕ,
ВОЗБУЖДАЮЩЕМ CO_2 ЛАЗЕР

А.В. К а л м ы к о в, А.С. С м и р н о в

Оптогальванический эффект в разряде постоянного тока, возбуждающем CO_2 лазер, широко используется для стабилизации частоты генерируемого излучения [1]. Полезным сигналом в таких устройствах является изменение тока или напряжения на разряде, вызванное излучением. Характерное значение этого сигнала составляет доли процента. Использование метода ВЧ-возбуждения активной среды приводит к значительным трудностям при регистрации

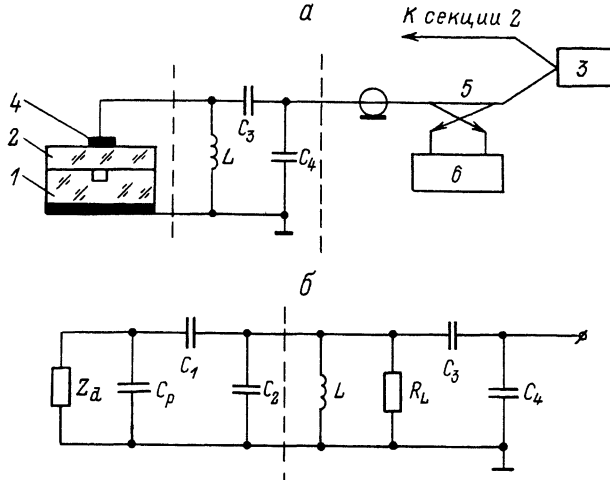


Рис. 1. Схема экспериментальной установки (а) и эквивалентная схема нагрузки генератора (б).

подобных сигналов: измерения тока и напряжения с высокой точностью являются в этом случае сложной самостоятельной задачей. Обычно используют измерения абсолютной величины коэффициента отражения в цепи источника ВЧ-мощности [2]. Полезный сигнал в этом случае также является малым. Повысить чувствительность можно, измеряя величину фазы коэффициента отражения, которая сильно зависит от характеристик разряда.

В настоящей работе описаны результаты исследований фазы коэффициента отражения в разряде на частоте 80–90 МГц, возбуждающем волноводный лазер. Все эксперименты проводились при давлении 100 Тор в газовой смеси $\text{CO}_2 : \text{N}_2 : \text{He} : \text{Xe} - 2 : 1 : 6.7 : 0.74$. Конструкция установки поясняется рис. 1, а. Разряд создавался в канале сечением 2x2 мм, длиной 196 мм. Детали разрядной камеры (1, 2) изготавливались из лейкосапфира. ВЧ-мощность поступала от транзисторного генератора (3) с выходным сопротивлением 50 Ом и мощностью до 100 Вт. Для повышения однородности разряда потенциальный электрод (4) состоял из двух секций, подключаемых к генератору с использованием индивидуальных схем согласования и делителей мощности. Характеристики разряда в каждой из секций являлись идентичными, поэтому все данные приводятся для одной секции. Система согласования включала в себя катушку индуктивности L и два конденсатора C_3 и C_4 . На рис. 1, б представлена эквивалентная схема нагрузки генератора. На этой схеме Z_d - импеданс разряда, C_p - емкость канала, C_1 - балластная емкость, C_2 - паразитная емкость прибора; L , C_3 , C_4 - детали системы согласования (рис. 1, а). R_L - приведенное сопротивление потерь в элементах схемы. Величина эквивалентного сопротивления нагрузки Z

определялась по амплитудам отраженной и подающей волн U , U_G и фазовому сдвигу φ между ними. Указанные величины измерялись направленным ответвителем (5) с измерителем разности фаз ФК2-12(6) (рис. 1, а).

В отсутствие лазерной генерации устанавливался стационарный режим с величиной комплексного коэффициента отражения K :

$$K(Z) = \frac{U}{U_G} \cdot e^{i\varphi} = \frac{Z - W}{Z + W}. \quad (1)$$

Здесь $W = 50$ Ом - волновое сопротивление тракта. При этом в разряд вкладывалась мощность Q :

$$Q \sim U_G^2 (1 - |K(Z)|^2). \quad (2)$$

На рис. 2, а приведены экспериментально полученные значения φ в зависимости от частоты ВЧ-поля $\frac{\omega}{2\pi}$ в диапазоне устойчивого горения разряда. Стрелкой показана резонансная частота ω_0 , при которой эквивалентное сопротивление нагрузки является чисто активным и коэффициент отражения минимален. В соответствии с (1) вид зависимости $\varphi(\omega)$ определяется величиной $\Delta = \text{Re} Z - W$. Кривые 1, 2 соответствуют различным значениям Δ . При $\Delta < 0$ фаза коэффициента отражения испытывает скачок от $-\pi$ до π при $\omega = \omega_0$ (кривая 1). При $\Delta > 0$ зависимость $\varphi(\omega)$ является монотонной (кривая 2). Так как $\text{Re} Z$ зависит от вкладываемой мощности Q и других характеристик разряда, то при малых коэффициентах отражения, которые соответствуют малым Δ , флуктуации параметров разряда могут привести к переходу с одной ветви зависимости $\varphi(\omega)$ на другую. Кривые 1 и 2 рис. 2, а получены в двух последовательных средах измерений при $Q \approx 50$ Вт, при этом все параметры разряда поддерживались неизменными в пределах точности измерений. Для кривой 1 минимальное значение коэффициента отражения составляло $|K|_{\min} = 0.02$; для кривой 2 - $|K|_{\min} = 0.05$. Таким образом, для корректных измерений фазы необходимо поддерживать $\Delta > 0$.

При наличии лазерной генерации мощность излучения Q_R возрастала с увеличением вкладываемой мощности. Максимальное значение $Q_R = 3.7$ Вт ограничивалось качеством используемых зеркал. При этом амплитуда отраженной волны снижалась до значения U_R , а значение φ уменьшалось до φ_R . При $Q_R = 3$ Вт относительное изменение амплитуды отраженной волны $\delta U = (U - U_R) / U$ составляло 1.5%. Величина δU практически не зависела от частоты и $|K|$ и определялась только Q_R и Q , в то время как изменение фазы $\Delta\varphi = \varphi - \varphi_R$ вело себя более сложным образом. Максимальные значения $\Delta\varphi$ отмечались вблизи минимума $|K|$. На рис. 2, б представлены зависимости $\Delta\varphi$ и Q_R от суммарной мощности, вкладываемой в обе секции разряда Q_{Σ} . Кривые

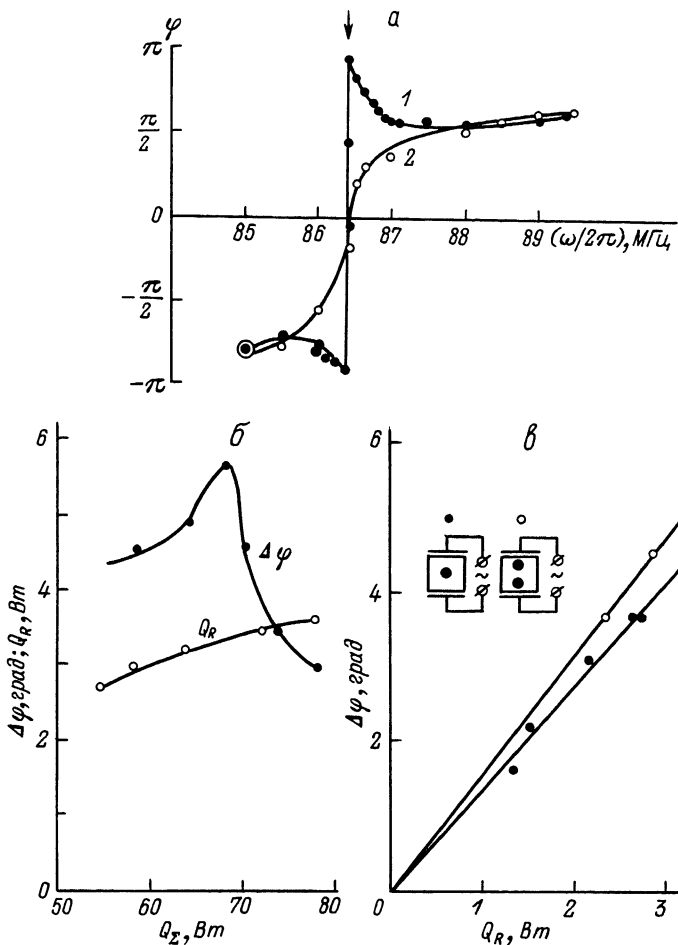


Рис. 2. Зависимости фазы коэффициента отражения от частоты (а), фазового сдвига от вкладываемой мощности (б) и от мощности генерации (в).

снимались при фиксированной частоте, изменение Q_{Σ} обеспечивалось изменением выходной мощности генератора. Видно, что зависимость $\Delta\varphi$ от Q_{Σ} имеет хорошо выраженный максимум при $Q_{\Sigma} \approx 65$ Вт, в то время как соответствующие значения Q_R монотонно возрастали от 3 до 3.7 Вт при увеличении вкладываемой мощности от 60 Вт до 80 Вт. В тех случаях, когда изменение Q_R обеспечивалось чисто оптическими методами без нарушения электрических режимов работы отмечался монотонный линейный рост $\Delta\varphi$ с ростом мощности генерации. На рис. 2, в приведена зависимость $\Delta\varphi$ от Q_R , полученная для двух поперечных мод,

отличающихся расположением максимумов светового поля относительно электродов. Изменение фазы для основной волноводной моды несколько меньше, чем для моды высшего порядка. Возможная причина этого в большем объеме активной среды, занимаемом такой модой. Кроме того, максимумы светового поля вблизи электродов могут оказывать влияние на приэлектродные слои разряда, вклад которых в Σ является значительным [3]. Следует отметить, что с повышением точности измерений возможна индикация поперечных мод, основанная на величине фазового сдвига.

Таким образом, экспериментально установлено, что лазерная генерация в ВЧ-разряде приводит к изменению фазы коэффициента отражения. В режимах работы вблизи резонанса это изменение достигает нескольких градусов, что делает фазовые измерения весьма чувствительным методом изучения оптогальванического эффекта.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] О ч к и н В.Н., П р е о б р а ж е н с к и й Н.Г. и др. // УФН. 1986. Т. 148. В. 3. С. 473-507.
- [2] А н у ф р и е в Э.В., Б и р ю л и н В.П. и др. // Квантовая электроника. 1988. № 8. С. 1664-1669.
- [3] К а л м ы к о в А.В., С м и р н о в А.С. В кн.: Всесоюзный семинар по высокочастотному пробоем газом. Тезисы докладов, Тарту, 1989, С. 183-185.

Ленинградский
политехнический институт
им. М.И. Калинина

Поступило в Редакцию
19 марта 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 10

26 мая 1990 г.

05.2; 05.3

© 1990

ЭФФЕКТ ИОННОЙ КОМПЕНСАЦИИ В ВОССТАНОВЛЕННОЙ КЕРАМИКЕ ТИТАНАТА СТРОНЦИЯ

А.Е. Г е л я с и н, И.А. Ш к р о б

В работе сообщается об эффекте ионной компенсации при легировании ниобием сильновосстановленной керамики титаната стронция, приводящем к переходу от металлического типа проводимости к полупроводниковому.

Известно, что керамический титанат стронция, легированный ниобием, являющейся донорной примесью, обладает полупроводниковым типом проводимости с проявляющимися при температуре ниже 500 К аномалиями [1]. При сильном восстановлении титанат