

ЛАЗЕРНО-ПЛАЗМЕННОЕ ДЕТЕКТИРОВАНИЕ РАЗНОСТНОЙ ЧАСТОТЫ ДВУХ СВЕТОВЫХ ВОЛН

Н.Г.Басов, Б.И.Васильев, А.З.Грасюк,
Л.Л.Лосев, Е.А.Мешалкин

Обнаружена высокочастотная составляющая тока, текущего с заряженной металлической мишени на плазму оптического поверхностного пробоя, с частотой равной частоте модуляции интенсивности световой волны, создающей плазму. (Эффект лазерно-плазменного детектирования разностной частоты двух световых волн).

1. При воздействии интенсивного лазерного излучения на поверхность заряженной проводящей мишени возникает электрический ток, связанный с перетеканием заряда с мишени на проводящую среду, возникающую у поверхности мишени. Проводящая среда образуется за счет плазмы светового пробоя вблизи поверхности мишени, а также за счет фотоионизации окружающего мишень газа. Это приводит к изменению (скачку) потенциала мишени ¹.

Нами установлено, что в течение наносекундного лазерного импульса величина тока с мишени примерно пропорциональна интенсивности лазерного излучения, т. е. импульс тока мишень-проводящая среда повторяет форму светового импульса (рис. 1). Такое свойство тока равносильно оптическому детектированию т. е. получению электрического сигнала (тока), пропорционального огибающей световых колебаний. Такое оптическое детектирование позволяет получать вблизи мишени токовые импульсы с частотой равной частоте амплитудной модуляции лазерного излучения.

Модуляция интенсивности лазерного излучения на поверхности мишени с частотой $|\nu_1 - \nu_2|$ может быть получена при одновременном воздействии на мишень двух световых пучков постоянной интенсивности с частотами ν_1 и ν_2 .

Для получения глубокой модуляции лазерного излучения необходимым условием является высокая степень пространственной и временной когерентности световых пучков с частотами ν_1 и ν_2 .

Эти требования можно выполнить, используя оптическую схему со смещением частоты узкополосного источника накачки при ВРМБ в различных активных веществах ^{2, 3}. В такой схеме две разные частоты получают за счет ВРМБ в двух разных средах с различными скоростями гиперзвука, а высокая степень пространственной когерентности достигается за счет обращения волнового фронта при ВРМБ. Используя два различных вещества и один источник накачки с частотой ν_H , можно получить световые поля с частотами $\nu_1 = \nu_H \left(1 - \frac{2n_1 v_1}{c}\right)$ и $\nu_2 = \nu_H \left(1 - \frac{2n_2 v_2}{c}\right)$ и, соответственно, модуляцию интенсивности лазерного излучения с частотой $\nu = \nu_H / c (2n_2 v_2 - 2n_1 v_1)$. Комбинируя различные вещества и источники накачки, в такой оптической схеме возможно получение частот в диапазоне $(10^8 \div 10^{10}) \text{ с}^{-1}$.

2. Принципиальная схема экспериментальной установки представлена на рис. 2. Она включает в себя задающий генератор. (Nd-лазер, $\lambda = 1,06 \text{ мкм}$), систему усилителей, "бриллиантовые" зеркала и мишень с системой регистрации токов.

Задающий генератор работал на основной поперечной TEM_{00} и одной продольной моде в режиме модуляции добротности просветляющимся красителем. Длительность импульса излучения по уровню половины интенсивности составляла $\tau_H \approx 70 \text{ нс}$, ширина спектра излучения $\Delta\nu_H \approx 10^{-2} \text{ см}^{-1}$.

ЛАЗЕРНО - ПЛАЗМЕННОЕ ДЕТЕКТИРОВАНИЕ
Получение импульсов тока с частотой огибающей
с.мплитудно - модулированной световой волны

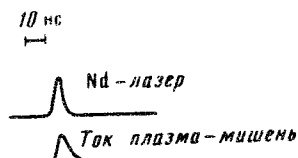


Рис. 1

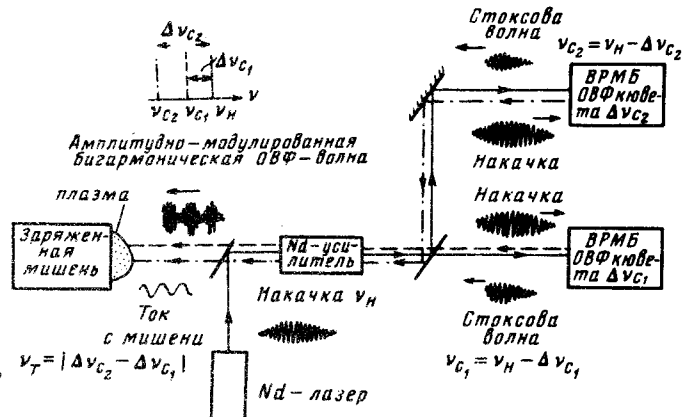


Рис. 2

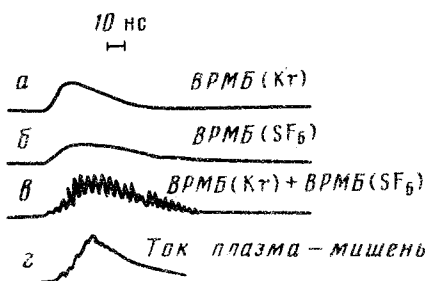


Рис. 3

Рис. 1. Импульсы лазерного излучения и тока плазма-мишень

Рис. 2. Блок-схема экспериментальной установки

Рис. 3. Осциллограммы импульсов стоксовых компонент и осциллограмма импульса тока

Отражением от грани стеклянной пластины часть излучения задающего генератора вводилась в систему усилителей. Усиление всего каскада на один проход варьировалось в пределах $(1 \div 3) \cdot 10^{-2}$. Усиленное излучение делилось полупрозрачным зеркалом на два световых пучка равной интенсивности и фокусировалось линзами в кюветы длиной $L_1 = L_2 = 70$ см, заполненные сжатым SF_6 и Kr. Давление SF_6 составляло 21 атм, Kr - 33 атм. Рассеянные назад при ВРМБ излучения совмещались на полупрозрачном зеркале и усиливались в системе усилителей. Энергия излучения на выходе усилительного каскада достигала величины $E \approx 1$ Дж.

На рис. 3, а, б представлены осциллограммы импульсов стоксовых компонент при ВРМБ в SF_6 и Kr. В данной оптической схеме при заданных энергиях накачки реализовывался режим обращения волнового фронта (ОВФ) при ВРМБ в каждой из кювет. Этот режим обеспечивал пространственную когерентность световых пучков на разных частотах.

На рис. 3, в показана осциллограмма интенсивности излучения на выходе усилительного каскада при одновременной генерации стоксовых компонент в двух кюветах. Период осцилляций интенсивности равен 5 нс, что соответствует периоду биений двух стоксовых компонент при ВРМБ в SF_6 ($v = 113$ м/с) и Kr ($v = 224$ м/с) излучения Nd-лазера ($\lambda = 1,06$ мкм). Не стопроцентная модуляция интенсивности связана с разными значениями интенсивностей стоксовых компонент, вследствие разных значений величин коэффициентов отражения при ВРМБ в SF_6 и Kr. Излучение накачки фокусировалось на заряженную мишень линзой с фокусным расстоянием $F = 0,5$ м.

Мишенью в экспериментах служила латунная пластина диаметром 18 мм. Форма импульса тока в системе плазма-мишень регистрировалась осциллографом С7-10Б, подсоединенным к мишени через разделительную емкость $C = 1000$ пФ.

3. На рис. 3, г показана осциллограмма импульса тока в системе мишень-проводящая среда при воздействии на мишень импульса лазерного излучения модулированного по интенсивности (рис. 3, в). Мишень в этом опыте располагалась на расстоянии $L = 33$ см от линзы, что соответствует размеру пятна фокусировки $d = 2$ мм и плотности энергии излучения на поверхности мишени $P = 10$ Дж/см². Потенциал мишени равнялся $U = 15$ кВ.

Как видно из рисунка, импульс тока промодулирован по амплитуде с частотой соответствующей частоте модуляции интенсивности лазерного излучения $\nu \sim 200$ МГц. Т. е. воз-

никает высокочастотная составляющая в токе текущем с мишени. Максимальная амплитуда высокочастотной составляющей тока достигала в наших экспериментах ~ 3 мА.

Таким образом обнаружена высокочастотная модуляция тока с заряженной мишени с частотой модуляции интенсивности световой волны, создающей плазму (эффект лазерно-плазменного детектирования разностной частоты двух световых волн).

Литература

1. Васильев Б.И., Грасюк А.З., Дядькин А.П., Суханов А.Н. Квантовая электроника, 1981, 8, 2390.
2. Васильев М.В., Гюламерян А.Л., Мамаев А.В., Рагульский В.В., Семенов П.М., Сидорович В.Г. Письма в ЖЭТФ, 1980, 31, 673.
3. Басов Н.Г., Зубарев И.Г., Миронов А.Б., Михайлов С.И., Окулов А.Ю. Письма в ЖЭТФ, 1980, 31, 685.

Физический институт им. П.Н.Лебедева
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
29 июня 1984 г.