

Предварительные эксперименты показали, что путем замены растворителя максимумы полос поглощения у обоих классов исследованных красителей могут быть смещены в инфракрасную область вплоть до 1,9 мкм, что дает возможность использовать данные пассивные затворы в лазерах с длиной волны генерации до 2 мкм.

Л и т е р а т у р а

- [1] П а р ф и а н о в и ч И.А. – Изв. АН СССР, сер. физич., 1985, т. 49, с. 1954.
- [2] И ш е н к о А.А., К у ч м а И.Г., М а с л о в В.Г. и др. Тезисы докладов У Всес. конф. „Оптика лазеров-87“, Л., 1986, с. 156.
- [3] П р о х о р е н к о В.И., М е л и ш у к М.В., Т и х о н о в Е.А. – ЖТФ, 1981, т. 51, с. 955.
- [4] Н ь ю Г. – ТИИЭР, 1979, т. 67, с. 51.

Поступило в Редакцию
18 сентября 1987 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 1 12 января 1988 г.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СЕКЦИОНИРОВАННОГО СВЧ-ГЕНЕРАТОРА С РЕЛЯТИВИСТСКИМ ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ¹

В.Л. Б р а т м а н , В.П. Г у б а н о в , Г.Г. Д е н и с о в ,
С.Д. К о р о в и н , С.Д. П о л е в и н ,
В.В. Р о с т о в , А.В. С м о р г о н с к и й

Наиболее существенная трудность на пути повышения мощности релятивистских электронных СВЧ-генераторов (при сохранении когерентности сигнала) заключается в обеспечении селекции мод в сверхразмерных электродинамических системах генераторов [2]. Одним из направлений решения указанной проблемы может служить совмещение в одном СВЧ-приборе одномодового задающего генератора, имеющего относительно малое поперечное сечение и возбуждаемого сравнительно малой частью электронного пучка (первый каскад), а также мощного выходного устройства большого поперечного сечения, в котором при взаимодействии с основной частью электронного пучка происходит усиление сигнала (второй каскад). При этом излучение задающего генератора определяет частоту и поперечную структуру излучения в выходном устройстве. В качестве задающего генератора и выходного устройства могут использоваться

¹ Предварительные результаты работы доложены на У1 Всесоюзном симпозиуме по сильноточной электронике [1].

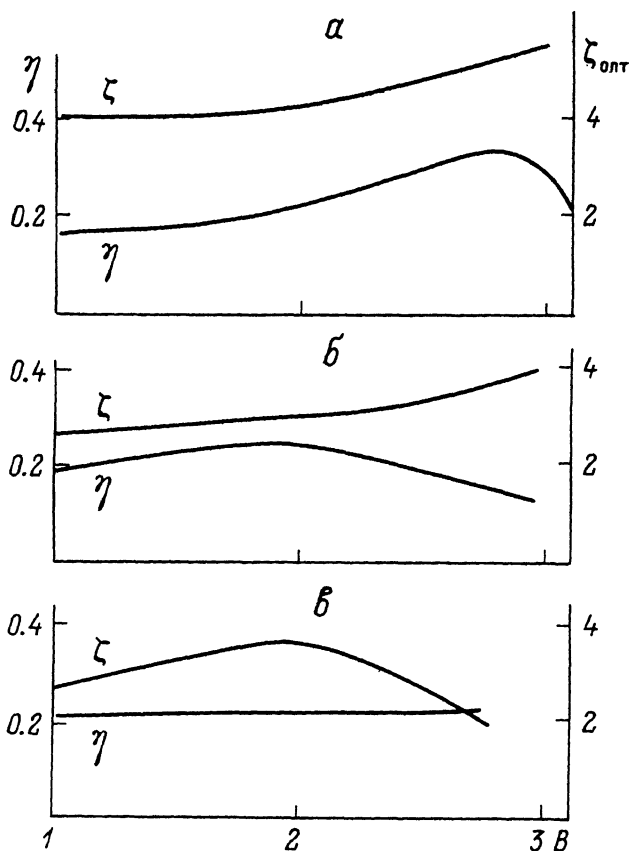


Рис. 1. Значения КПД η и оптимальной безразмерной длины выходной секции $\zeta_{\text{опт}}$ в зависимости от расстройки синхронизма B : а) $x=0.3$; б) $x=0.7$; в) $x=1.2$.

разнообразные варианты приборов, основанных на любом из известных механизмов стимулированного излучения частиц (причем не обязательно одинаковых в обоих каскадах).

В описываемом эксперименте были выбраны наиболее простые варианты, основанные на стимулированном черенковском излучении прямолинейного электронного пучка. В качестве задающего генератора использовалась релятивистская ЛОВ, а второй каскад состоял из модулирующей секции, пространства дрейфа и короткого отрезка ЛБВ.

Согласно кинематической теории [3], КПД второго каскада может достигать 50% при оптимальном значении параметра группировки $X_{\text{кин}}=1.84$. Однако для сильнооточных пучков при разумной модуляции пучка кинематическая теория справедлива лишь при относительно малых длинах пространства дрейфа, которым соответствуют значения параметра группировки, существенно меньшие, чем

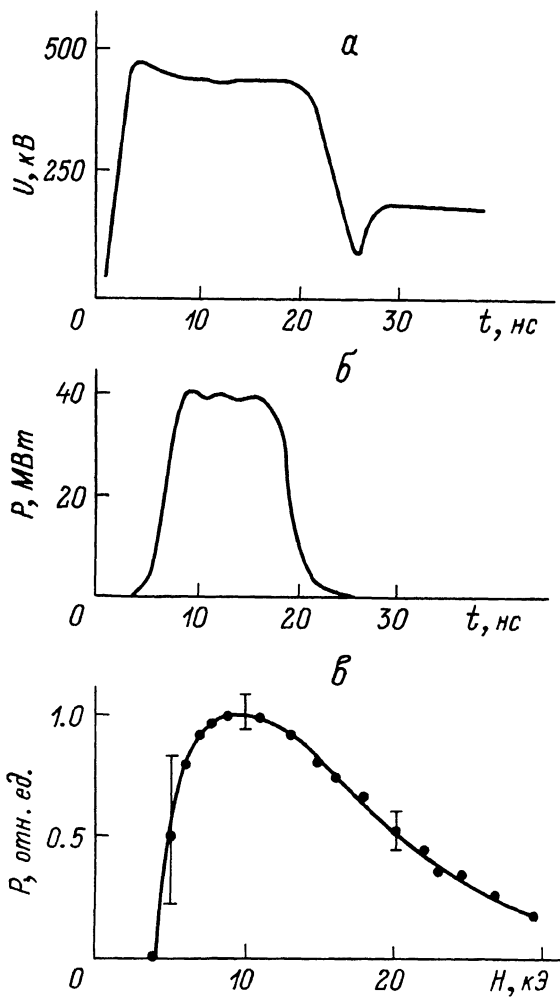


Рис. 2. Характеристики задающего генератора (ЛОВ): а) осциллограмма напряжения; б) осциллограмма СВЧ-сигнала; в) зависимость выходной мощности от фокусирующего магнитного поля.

$\chi_{кин}$. Дополнительные расчеты показывают, что и в таких условиях, когда догруппировка частиц происходит прямо в выходной секции, в присутствии сильного вихревого поля, может быть получен высокий КПД. В расчетах, результаты которых представлены на рис. 1, для параметра тока было принято значение $i = 0.1$, близкое к тому, которое ожидалось в эксперименте (выражение для i см. в работе [3]).

Экспериментальное исследование СВЧ-генератора проводилось на ускорителе „Синус-6” ИСЭ СО АН СССР [4]. Генератор рас-

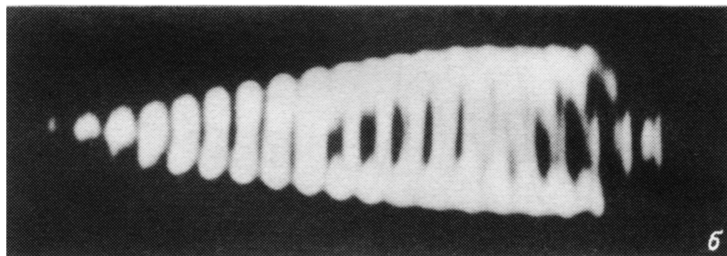
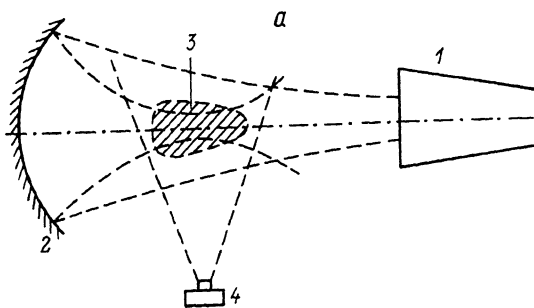


Рис. 3. СВЧ-пробой воздуха при атмосферном давлении излучением секционированного генератора, сфокусированным сферическим зеркалом: а) расположение элементов при фотографировании 1 - излучающий рупор, 2 - фокусирующее зеркало, 3 - область СВЧ-пробоя, 4 - фотоаппарат; б) фотография светящейся области.

считывался на энергию электронов 450 кэВ и полный ток пучка 6 кА, из которого $I_p = 1$ кА предполагалось использовать для возбуждения ЛОВ и $I = 5$ кА - для усиления сигнала. Расчетная мощность задающего генератора $P_r = 50$ МВт, второго каскада - $P = 500$ МВт. Длина волны генератора $\lambda = 1$ см; при указанной длине волны возможно управление мощностью ЛОВ приближением к зоне циклотронного поглощения [2] в фокусирующем магнитном поле импульсного соленоида, обеспечивающего $H \approx 30$ кЭ. Выходная секция второго каскада (ЛБВ) была выполнена в виде отрезка сверхразмерного гофрированного волновода круглого сечения диаметром порядка 3λ , в котором рабочей была замедленная волна E_{01} .

Исследование ЛОВ показало, что ее стартовый ток (0.5 кА), выходная мощность (40 МВт) и длина волны (1.04 см) близки к расчетным значениям. Форма СВЧ-импульса излучения ЛОВ (рис. 2, б) была близка к трапецевидной с длительностями фронтов 2-3 нс и полочки 10-12 нс. Ширина спектра излучения, измеренная с помощью интерферометра Фабри-Перо с добротностью 500, соответствовала длительности импульса: $\Delta f \sim \tau^{-1}$. При фиксированной энергии электронов частота излучения от импульса к импульсу сохраня-

лась. В соответствии с ожиданиями, мощность ЛОВ снижалась при приближении магнитного поля к значению $H_{рез} = 35$ кЭ, определяемому из условия резонансного поглощения волны (рис. 2, в).

Излучение от задающего генератора поступало в модулирующую секцию, где электронам сообщалась модуляция по скорости $|\Delta v|/v \approx 0.006-0.01$. При длине пространства дрейфа, ограниченной четвертью плазменной длины волны ($L_{др} \approx \frac{\lambda_p}{4} \approx 3\lambda$), такая модуляция обеспечивала значение параметра группировки на входе ЛБВ $X = 0.3-0.5$. Параметры выходной секции (ЛБВ) выбирались на основе численного расчета дисперсии волны E_{01} .

Измеренная в эксперименте мощность излучения секционированного генератора при энергии электронов 500 кэВ составляла 600 ± 100 МВт при КПД 20%.

При удалении из секционированного генератора задающей ЛОВ или замене выходной секции отрезком гладкой трубы мощность излучения становилась пренебрежимо малой. Частота излучения секционированного генератора в пределах точности измерений Δf совпала с частотой ЛОВ. Пространственная структура излучения, выведенного из генератора через плавно расширяющийся конус и вакуумное окно, была близка к диаграмме направленности волны E_{01} .

Для дополнительного качественного подтверждения измеренного высокого значения выходной мощности был проведен эксперимент по пробую воздуха при атмосферном давлении. Для этого излучение фокусировалось сферическим металлическим зеркалом, соосным излучающему рупору. Наблюдавшаяся картина СВЧ-пробоя имела вид сходящегося конуса протяженностью около 10 см при максимальном диаметре около 2.5 см (рис. 3).

Таким образом, в эксперименте продемонстрирована работоспособность предлагаемого метода генерации и получены высокие значения выходной мощности излучения и электронного КПД.

Авторы благодарят М.И. Петелину и Н.Ф. Ковалеву за полезные обсуждения, а также Э.Б. Абубакирову, А.С. Сергееву и С.Е. Фильченкову за помощь в расчете электродинамических систем генератора.

Л и т е р а т у р а

- [1] Б р а т м а н В.Л., Г у б а н о в В.П., Д е н и с о в Г.Г., К о р о в и н С.Д., М о в ш е в и ч Б.З., П о л е в и н С.Д., Р о с т о в В.В., С м о р г о н с к и й А.В. В кн.: У1 Всесоюзный симпозиум по сильноточной электронике. Тезисы докладов, Томск: СО АН СССР, 1986, ч. III, с. 6-8.
- [2] К о в а л е в Н.Ф., П е т е л и н М.И. В кн.: Релятивистская высокочастотная электроника. Проблемы повышения мощности и частоты излучения. Горький: ИПФ АН СССР, 1981, с. 62-100.
- [3] К о в а л е в Н.Ф., К о л ь ч у г и н Б.Д., К р о т о в а З.Н. Радиотехника и электроника, 1975, т. 20, №12, с. 2636-2637.

- [4] Ельчанинов А.С., Загулов Ф.Я., Корovin С.Д., Месяц Г.А., Ростов В.В. В кн.: Релятивистская высокочастотная электроника. Проблемы повышения мощности и частоты излучения. Горький: ИПФ АН СССР, 1981, с. 5-21.

Поступило в Редакцию
22 сентября 1987 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 1

12 января 1988 г.

ГИГАНТСКОЕ КОМБИНАЦИОННОЕ РАССЕЯНИЕ И ЛАЗЕРНО-ИНДУЦИРОВАННАЯ ДЕСОРБЦИЯ

О.А. Акципетров, Е.Д. Мишина

В работе впервые методом спектроскопии гигантского комбинационного рассеяния света (ГКР) исследована лазерно-индуцированная десорбция органических молекул непосредственно на границе металл/жидкость.

Сечение комбинационного рассеяния молекул, адсорбированных на шероховатой поверхности серебра, возрастает на 5-6 порядков [1]. Это позволяет исследовать адсорбционные процессы для субмолекулярных: слоев адсорбата. Важным преимуществом спектроскопии ГКР по сравнению, например, с методами электронной спектроскопии является возможность изучения адсорбционных процессов непосредственно на границе раздела металл/жидкость. Нужно отметить, что традиционные физико-химические методы исследования поверхности (измерение емкости двойного слоя, контактной разности потенциалов, фотоэмиссии и др.) дают мало информации о количестве и состоянии молекул, адсорбированных на поверхности металла в контакте с жидкостью. Все это делает спектроскопию ГКР удобным методом изучения адсорбционно-десорбционных процессов, протекающих непосредственно на границе раздела.

Нами исследовалось влияние лазерного воздействия на интенсивность линии ГКР пиридина для молекулярного колебания с частотой $\nu = 1010 \text{ см}^{-1}$. Пиридин (C_5H_5N) адсорбировался на поверхности чистого (0.9999) поликристаллического серебра из водного раствора электролита, содержащего 0.1 моль/л KCl и 0.05 моль/л пиридина. Для наблюдения ГКР поверхность подвергалась анодному травлению при потенциале $\varphi \sim 0.05 \text{ В}$ (относительно насыщенного хлорсеребряного электрода сравнения) и при плотности пропущенного заряда $q \sim 200 \text{ мКл/см}^2$. Область возбуждения ГКР подвергалась десорбирующему воздействию либо излучения квазинепрерывного азотного лазера с длиной волны $\lambda_D = 337 \text{ нм}$, длительностью импульса $\tau_D \sim 7 \text{ нс}$, частотой повторения $\nu_n \sim 1 \text{ кГц}$, либо излучения импульсного $YAG:Na^{2+}$ -лазера $\lambda_D = 1064 \text{ нм}$, $\tau_D \sim 15 \text{ нс}$, $\nu_n = 12.5 \text{ Гц}$. В зависимости от характера десорбирующего излучения спектр ГКР возбуждался либо непрерывным $He-Ne$ -лазером, либо излучением второй гармоники $YAG:Na^{2+}$ -