

ОПТИЧЕСКОЕ ГЕТЕРОДИНИРОВАНИЕ СТОКОВЫХ КОМПОНЕНТ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КАК СПОСОБ СВЧ МОДУЛЯЦИИ ФОТОТОКА

Ю. В. Бакин, М. Г. Лившиц, Я. И. Мишкель, А. А. Тарасов

В последнее время уделяется значительное внимание созданию лазерных фотоинжекторов для лазеротронов и ускорителей ЛСЭ [1-3]. Засветка фотокатода модулированным по мощности излучением обеспечивает в подобных инжекторах модуляцию электронного потока. Требуемые значения частоты модуляции в большинстве случаев соответствуют СВЧ диапазону. Для модуляции лазерного излучения в указанном диапазоне разработано большое число способов и устройств на их основе (см., например, [4]), в основном электрооптических. Недостатком подобных устройств является большая величина мощности управляющего сигнала (≥ 100 Вт при глубине модуляции $\geq 20\%$), что приводит к значительному выделению тепла и термооптическим эффектам в модулирующих элементах.

Более приемлемым для возбуждения фотоинжекторов представляется комбинированный способ модуляции, использованный в [1-3]. В нем сочетаются электрооптическая внутрирезонаторная модуляция лазера для активной синхронизации мод, обеспечивающая генерацию пуга пикосекундных импульсов длительностью 60 пс и частотой следования в пуге 100 МГц, и оптическое умножение частоты следования до 3000 МГц при многократном отражении импульсов излучения от системы зеркал или эталона Фабри—Перо.

Здесь требования к мощности управляющего модулятором сигнала снижаются, так как для синхронизации мод достаточна глубина модуляции в несколько процентов.

В настоящей работе исследована возможность СВЧ модуляции излучения без дополнительных управляющих устройств. Способ основан на оптическом гетеродинамировании пучков, разность частот между которыми создается при вынужденном рассеянии Мандельштама—Бриллюэна (ВРМБ). Схема экспериментальной установки приведена на рис. 1. Здесь 1 — одномодовый одночастотный моноимпульсный лазер на АИГ: Nd³⁺ с длиной волны 1.064 мкм, энергией излучения 0.1 Дж, длительностью импульса 20 нс, диаметром пучка 6 мм. Излучение расщеплялось светоделителем 2 на два пучка равной мощности, которые фокусировались линзами 3 и 5 в кюветы 4 и 6, содержащие ВРМБ активные среды. В наших экспериментах в качестве ВРМБ сред использовались бензол, толуол, четыреххлористый углерод и их смеси. Отраженные пучки когерентно складывались на плоском фотокатоде фотоэлемента ФК-26. Биения регистрировались осциллографом С7-19.

На рис. 2 приведены осциллограммы биений с частотой 400 (а) и 1500 МГц (б). Видно, что в случае (а) глубина модуляции m

$$m = \frac{A_{\max} - A_{\min}}{A_{\max} + A_{\min}},$$

где A_{\max} и A_{\min} — величины, пропорциональные максимальной и минимальной интенсивностям модулированного фототока, составляет около 50%. При увеличении частоты биений до 1500 МГц наблюдалось уменьшение m до 26%. Снижение глубины модуляции связано преимущественно с искажением сигнала в кабеле РК-50-4-11 между фотоэлементом и осциллографом. С учетом коррекции результатов, выполненных на основе непосредственных измерений АЧХ кабеля, реальная глубина модуляции фототока составила не менее 75%. При этом глубина модуляции не зависит от частоты биений в исследованном диапазоне.

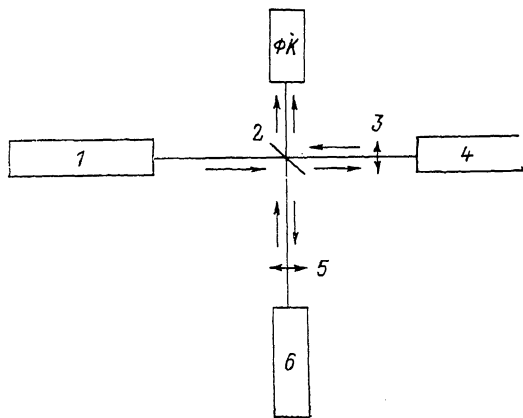


Рис. 1.

Как известно, для получения большой глубины модуляции при оптическом гетеродинаровании необходима высокая степень пространственно-фазового согласования (ПФС) складывающихся пучков, что на практике обеспечить сложно. В лазерных информационных системах для улучшения ПФС применяется, например, метод диска Эйри [6], что, однако, сопряжено со значительной потерей мощности светового пучка. В предложенной нами схеме ПФС достигается автоматически вследствие обращения волнового фронта обоих пучков при ВРМБ. В тех случаях, когда складывались стоков пучок и исходный лазерный пучок, глубина модуляции была значительно меньше. Даже при использовании метода диска Эйри

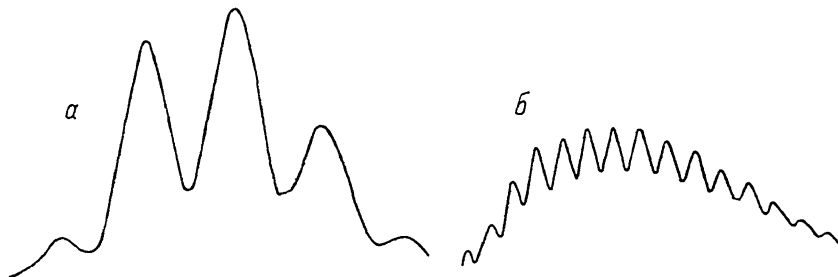


Рис. 2.

и диафрагмировании фотокатода до $\varnothing 1$ мм m не превышала 10 %. Естественно, в этом случае модуляция наблюдалась лишь при юстировке пучков с точностью не хуже $20''$.

Верхняя граница диапазона частот в описанном способе модуляции определяется разностью частот стокового сдвига используемых ВРМБ сред

$$(\nu_m)_{\max} = \nu_1 - \nu_2 = 2 \frac{\nu_1}{c} (v_1 n_1 - v_2 n_2),$$

где ν_1 и ν_2 — частоты стокового сдвига, ν_1 — частота излучения лазера, c и v — соответственно скорости света и звука, n — показатель преломления среды.

Например, при использовании излучения II гармоники неодимового лазера и пары бензол—метанол в качестве ВРМБ сред $(\nu_m)_{\max} = 2900$ МГц. Любое значение ν_m может быть получено при смешивании компонент пары в одной из кювет.

Представляется, что увеличение ν_m до 10^{10} Гц и более возможно на основе сдвига частоты при обратном вынужденном комбинационном рассеянии. Здесь, однако, проблематичной представляется возможность плавной перестройки ν_m .

Список литературы

- [1] Fukushima Y., Kamei T., Matsumoto H. et al. // IEEE Trans. Nucl. Sci. 1985. Vol. 32. N 5. P. 2831—2833.
- [2] Fraser J. S., Sheffield R. L., Gray E. R. // Nucl. Instr. and Meth. Phys. Res. 1986. Vol. A250. P. 71—76.
- [3] Boussoukaya M., Bergeret M., Chehab R., Leblond M. // Proc. 1987 Part. Accel. Conf. Washington, 1987. Vol. 1. P. 325—327.
- [4] Мустель Е. Р., Парыгин В. Н. Методы модуляции и сканирования света. М.: Наука, 1970.
- [5] Росс М. Лазерные приемники. М.: Мир, 1969.

Научно-исследовательский институт
ядерных проблем
при Белорусском государственном университете
им. В. И. Ленина
Минск

Поступило в Редакцию
9 апреля 1990 г.