

лена зависимостью массы электронов от скорости, к-рая проявляется уже при небольших скоростях электронов  $v_e \sim 0,1 c$ .

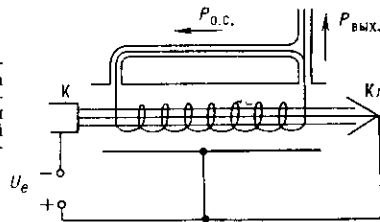
В особый класс мощных генераторов СВЧ выделяют приборы с релятивистскими электронными пучками (скорость электронов  $v_e \ll c$ , ускоряющее напряжение  $U \geq 100$  кВ), имеющие большой ток  $I \geq 10^8$  кА и соответственно большую мощность в течение импульсов огранич. длительности.

**Оптические квантовые генераторы (ОКГ, лазеры).** Колебат. системами ОКГ являются открытые резонаторы с размерами  $l \gg \lambda$ , образованные двумя или более отражающими поверхностями. Семейство *газовых лазеров* многочисленно, они перекрывают диапазон длин волн от УФ области спектра до субмиллиметровых волн. В *твердотельных лазерах* активной средой являются диэлектрич. кристаллы и стёкла. Особый класс твердотельных ОКГ составляют *полупроводниковые лазеры*, в к-рых используются излучательные квантовые переходы между разрешёнными энергетич. зонами, а не дискретными уровнями энергии. *Жидкостные лазеры* работают на неорганических активных жидкостях, а также на растворах органич. красителей (см. *Лазеры на красителях*).

Родственными эл.-вакуумным приборам СВЧ являются *лазеры на свободных электронах*, в к-рых активной средой служит релятивистский электронный поток.

**Генераторы случайных сигналов** представляют собой класс Г. э. к., предназначенных для генерирования непрерывных шумов или последовательностей импульсов со случайными значениями амплитуд, длительностей импульсов, интервалов между ними. Независимо от диапазона частот, в к-ром генерируются случайные сигналы, работа таких Г. э. к. основана на одном из двух физ. принципов: использовании естеств. источников шумов и случайных импульсов либо возбуждении стохастич. автоколебаний в Г. э. к. В качестве источников широкополосных шумов применяются шумовые полупроводниковые и вакуумные диоды, обладающие высоким уровнем шума электронного потока, тирантроны, помещённые в поперечное магн. поле, дробовые шумы входных ламп, транзисторов или фотодиодов в виде усилителей, фотоумножителей и др.; первичными источниками случайных импульсных последователь-

Рис. 6. Генератор стохастических колебаний на ЛБВ со спиральной замедляющей системой и цепью запаздывающей обратной связи; К — катод, Кл — коллектор.



ностей могут служить газоразрядные или сцинтилляц. счётчики продуктов радиоактивного распада. Производя усиление и преобразование создаваемых источником шумов с помощью разл. линейных и нелинейных устройств (усилителей, ограничителей, ждущих мультивибраторов, блокинг-генераторов, триггеров, работающих в режиме счета выбросов шума, и т. д.), можно получать непрерывные шумовые колебания или случайные последовательности импульсов с определ. законами распределения параметров в разл. диапазонах (низких, радио- и сверхвысоких частот).

Непосредств. возбуждение шумовых (стохастич.) автоколебаний без использования естеств. источников шума возможно в Г. э. к., колебат. система к-рых имеет не менее 1,5 степеней свободы, в том числе Г. э. к. с запаздывающей обратной связью (см. *Странный аттрактор*). В лампе бегущей волны (ЛБВ), охваточной петлей запаздывающей обратной связи (рис. 6), при достаточной величине запаздывания сигнала и

коэф. усиления ЛБВ возбуждаются стохастич. автоколебания с широким спектром. В ЛОВ стохастич. колебания возникают без введения дополнит. цепей обратной связи при увеличении тока электронного пучка примерно на порядок по сравнению с пусковым током, при к-ром происходит возбуждение гармонич. колебаний. Такие колебания получаются также в нек-рых схемах Г. э. к. с электронными лампами и полупроводниковыми активными элементами, причём имеется общая закономерность, присущая и др. динамич. си-

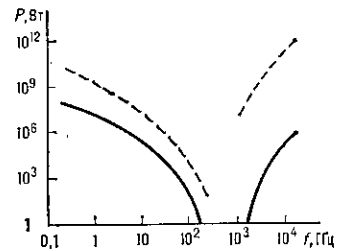


Рис. 7. Достигнутые выходные мощности генераторов в непрерывном (сплошная кривая) и импульсном (пунктир) режимах работы.

стемам: вместе с ростом параметра, характеризующего эффективность передачи энергии активным элементом в колебат. цепь, в системе возбуждаются сначала гармонич. колебания, затем двух- или многочастотные и, наконец, стохастич. колебания.

Представление о достигнутой макс. мощности генерируемых гармонич. колебаний даёт рис. 7, причём в области СВЧ и более низких частот она получается при использовании вакуумных приборов, а в оптич. диапазоне — газовых лазеров.

Лит.: Горелик Г. С., *Колебания и волны*, 2 изд., М., 1959; Кукарин С. В., *Электронные СВЧ приборы*, 2 изд., М., 1981; Вайнштейн Л. А., Солнцев В. А., *Лекции по сверхвысокочастотной электронике*, М., 1973; Справочник по радиоэлектронным устройствам, т. 1, М., 1978; Тарасов Л. В., *Физика процессов в генераторах когерентного оптического излучения*, М., 1981; Радиотехнические цепи и сигналы, М., 1982; Тигде У., Шенк К., *Полупроводниковая схемотехника*, пер. с нем., М., 1982; Рабинович М. И., Трубецков Д. И., *Введение в теорию колебаний и волн*, М., 1984. В. А. Солнцев.

**ГЕНЕРАТОРЫ ПЛАЗМЫ** — устройства, создающие из нейтральных веществ потоки низкотемпературной плазмы, т. е. плазмы с кинетич. энергией частиц  $\ll$  их энергии ионизации. Иногда термин «Г. п.» применяют и к др. источникам плазменных потоков, напр. плазменным ускорителям. К Г. п. естественно примыкают ионные и электронные источники, из к-рых электрич. полем вытягиваются потоки ионов и электронов соответственно. (О получении высокотемпературной плазмы см. в ст. *Термоядерный реактор*.)

Функциональную основу Г. п., как правило, составляет газовый разряд (дуговой, тлеющий, высокочастотный, СВЧ-разряд, лазерный, пучково-плазменный). Для генерации плазмы пока ещё редко используется ионизация рабочего вещества резонансным излучением, но в будущем, в связи с развитием лазеров, такие Г. п. могут получить значит. распространение. Г. п., работающие на газах при давлениях, сравнимых с атмосферным, обычно наз. *плазмотронами*. Г. п., работающие на газах низких давлений, как правило, входят в состав более крупных устройств, напр. двухступенчатых плазменных ускорителей или ионных источников. Если в плазмотроне одной из основных конструктивных трудностей является защита стенок газоразрядного канала от больших тепловых потоков, то в Г. п. низкого давления возникает проблема предотвращения гибели заряж. частиц на стенках. С этим борются, используя экранировку стенок магн. и электрич. полями (см. *Ионный источник*), а также совмещая ионизацию и ускорение в одном объёме, благодаря чему поток плазмы попадает преим. в выходное отверстие Г. п. (см. *Плазменные ускорители*). В связи с задачами плазменной технологии большое внимание уделяется разработке Г. п., непосредственно генерирующих плазму из твёрдых веществ. Наиб. распространение для этих целей получили вакуумные дуги с холодным катодом. Воз-