

Рис.4. Движение электронов в ЭВП со скрещенными полями при взаимодействии с электромагнитной волной

ны закручиваются вокруг продольной оси и, из-за наличия у электрического поля осевой составляющей, начинают дрейфовать к выходу из магнетронной пушки. При равенстве магнитной и электрической сил электроны будут вращаться по окружностям, точнее – по спиральям. Поток, выходящий из магнетронной пушки, получается, естественно, винтовым. Это не мешает использовать его в любом ЭВП СВЧ, например в клистроне. Он может быть использован и в приборе со скрещенными полями. Такой прибор будем называть митроном.

Теперь перейдем к принципу генерации и усиления в приборах со скрещенными полями (магнетронах, митронах и т.п.). Приборов таких существует очень много, и после рассмотрения принципа их работы мы узнаем, например, почему так обширно и разнообразно семейство магнетронов.

Есть ли разница, куда падать?

Напомним, что в лампе бегущей волны электрон падает на участке от катода до начала замедляющей системы. Падает в том же смысле, в котором падает камень, оторвавшийся от вертикальной скалы, – двигаясь по силе, уменьшая потенциальную энергию и увеличивая кинетическую. Электроны входят в замедляющую систему, набрав скорость, и уже в ней отдают кинетическую энергию электромагнитной волне.

Посмотрим, как ведут себя электроны между катодом и анодом в электронно-вакуумном приборе со скрещенными полями (рис.4). Поведение электронов описывается двумя процессами – сортировкой и фазировкой. Сортировка происходит так. Электрон 1, который вышел из катода в такой момент, что потом он должен отдавать энергию

волне, падает на анод, падает и отдает энергию, отдает и отдает... Это – хороший электрон. Плохой электрон, который вышел из катода в такой момент, что волна должна отдавать ему энергию, тут же завершает свою биографию, врезавшись в катод. Заметьте, что теперь ток на анод будет идти даже при таких больших магнитных полях, при которых раньше (в отсутствие электромагнитного поля) ток не шел.

Но процессом сортировки дело не исчерпывается. Хорошие электроны не только отделяются от плохих, но и фазированы, собираются в сгустки, как в ЛБВ. Только сгустки эти называют спицами, и понятно почему – представьте себе, как они движутся в системе, показанной на рисунке 2. Позже мы узнаем, что и от плохих электронов есть польза.

Заметим, что электронам не обязательно двигаться по сложным траекториям, показанным на рисунках 1 и 2. Если, например, на рисунке 1 электрон летит вдоль катода (горизонтально), причем поля подобраны так, что сила, действующая на него со стороны электрического поля, равна силе, действующей со стороны магнитного поля, то электрон будет продолжать лететь по прямой. Легко понять, что и круговую траекторию можно организовать таким же способом.

При взгляде на рисунок 2 бросаются в глаза два главных отличия магнетрона от ЛБВ – «круглость» и «смешанность». Первое, если выражаться точнее, это замкнутость замедляющей системы и электронных траекторий. Обе эти «замкнутости» не обязательны – есть приборы с одной из этих замкнутостей или даже вовсе без них. Но именно возможность наличия или отсутствия этих замкнутостей делает семейство магнетронов столь обширным.

Далее, «смешанность». Она тоже может быть выражена в разной степени. Например, в клистроне все отдельно – катод, входной резонатор, пролетное или «дрейфовое» пространство, выходной резонатор и коллектор. Функции всех пяти узлов вам уже известны. Правда, промежуточные резонаторы делают отчасти то, что выходной, и отчасти то, что входной. Но в ЛБВ средние три элемента всегда смешаны в

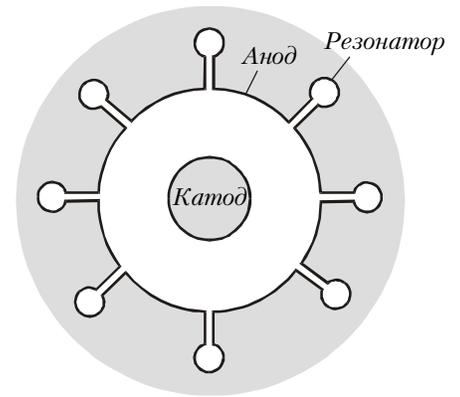


Рис.5. Магнетрон с резонаторами типа «цель-отверстие»

спирали: входная ее часть в основном модулирует пучок, выходная в основном снимает сигнал с пучка и вся она – пролетное пространство. В магнетроне (рис.5) смешано все вместе – все его сечения эквивалентны, все они содержат кусочек катода, кусочек пролетного простран-

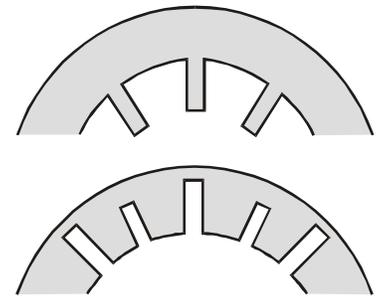


Рис.6. Замедляющие системы магнетронов: вверху – лопаточного типа, внизу – щелевого типа

ства, кусочек анода и, конечно, кусочек замедляющей системы. Замедляющая система в магнетроне состоит из резонаторов, а резонаторы могут быть разными (рис.6).

В отличие от лампы бегущей волны и лампы обратной волны в магнетронах замедляющие системы часто делают состоящими из резонаторов, настроенных на две резонансные частоты. На рисунке 6 внизу показан разнорезонаторный «анодный блок» с резонаторами щелевого типа. Такая конструкция называется романтично – «восходящее солнце». Одни и те же вещи можно называть по-разному. Можно: «резонаторный щелевой блок», а можно: «восходящее солнце». Для того чтобы назвать красиво, надо иметь возможность хотя бы на пять минут задуматься о восходе солнца и