

АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОННО-ВОЛНОВЫХ ПРОЦЕССОВ В УСИЛИТЕЛЕ НА ЭФФЕКТЕ СМИТА-ПАРСЕЛЛА С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Рыбалко А.А. — студент

Научный руководитель — доц. Кривец А.С.

В данной работе развита линейная самосогласованная теория усилителя на эффекте Смита-Парселла при взаимодействии электронного потока (ЭП) с полями периодической металлической структуры. Получено дисперсионное уравнение, позволяющее исследовать электронно-волновые процессы, протекающие в открытом волноводе при конечном значении фокусирующего магнитного поля.

Модель усилителя на эффекте Смита-Парселла образована параллельно расположенными периодической структурой типа "гребенка" и металлическим зеркалом. Ленточный нерелятивистский ЭП конечной толщины движется вдоль продольной оси над "гребенкой". Вся система в плоскости периодической структуры предполагается бесконечной [1].

Решение самосогласованной электродинамической задачи проводится методом частичных областей [1-3]. Поле в каждой области определяется из уравнений Максвелла, трехмерного уравнения движения ЭП и соответствующих граничных условий. Затем, в линейном приближении, определялось уравнение, связывающее переменную составляющую плотности конвекционного тока с полем в пучке, путем сведения его к однородному. Результатом совместного решения уравнения для электромагнитного поля во всем пространстве взаимодействия с электронным потоком, и в его отсутствии, было получено общее дисперсионное уравнение. Выделяя три слагаемых,

соответствующих нулевой гармонике, первой гармонике и сумме всех остальных гармоник, и используя приближение максимального взаимодействия ЭП с полем замедляющей структуры, было получено упрощенное трансцендентное дисперсионное уравнение, позволяющее учитывать влияние конечного значения величины напряженности магнитного поля на электронно-волновые процессы в объеме усилителя.

Для случая малой плотности пространственного заряда, применяя разложение в ряд Тейлора по степеням малости волнового числа дифракционной гармоники и метод графической аппроксимации, трансцендентное дисперсионное уравнение преобразуется в удобное для численного и физического анализа дисперсионное уравнение в виде полинома 7 степени. При стремлении величины магнитного поля к ∞ , данное уравнение переходит в кубическое дисперсионное уравнение системы усилителя, с одномерным характером движения электронов в пучке [1,3].

Сравнительный численный анализ показал, что в отличие от теоретической модели усилителя [1,3] в системе с неидеально сфокусированным электронным потоком наряду с быстрыми и медленными волнами пространственного заряда и волнами холодной структуры распространяются также и циклотронные волны, фазовые скорости которых близки к скорости электронного потока. При синхронизации волн пространственного заряда с волнами периодической структуры, распространяющимися в открытом волноводе, наблюдается их взаимодействие, которое проявляется в усилении электромагнитных волн. Инкремент нарастания волн существенно зависит от величины продольного магнитного поля.

Полученное дисперсионное уравнение седьмой степени позволяет более полно проанализировать физику электронно-волновых процессов в усилителе на эффекте

Смита-Парселла, учесть влияние продольного магнитного поля, а следовательно циклотронных волн пространственного заряда электронного потока на процессы электронно-волновых взаимодействий в открытом волноводе с распределенным источником излучения. Данная информация может быть полезна при практической реализации усилительных устройств этого типа [4].

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Воробьев Г.С., Рубан А.И., Шматько А.А. Линейная теория нерезонансного усилителя КВЧ с распределенным взаимодействием на эффекте Смита-Парселла // Изв. вузов. Радиоэлектроника.– 1999.–Т42, №6.– С.67–70.
2. Лопухин В.М. Возбуждение электромагнитных колебаний и волн электронными потоками.– М.: Сов. радио, 1953.– 325 с.
3. Підсилення електромагнітних хвиль на ефекті Смита-Парселла / Г. Воробйов, А. Рубан, О. Кривець, О. Шматько // Фізичний збірник НТШ.– 2001.– Т.4.– С.323–330.
4. Воробьев Г.С., Цвык А.И. Приборы дифракционной электроники с пространственно-развитыми структурами (обзор) // Вісник Сумського державного університету. – 2002. – №5(38) – 6(39). – С. 158 – 171.