

*Метелкина К.К., Кондрашов А.В., Устинов А.Б.
Санкт-Петербургский государственный электротехнический
университет «ЛЭТИ»*

Исследование стационарных и хаотических режимов автогенерации СВЧ сигнала в спин-волновом радиофотонном генераторе

Представлены результаты исследования стационарных и хаотических режимов автогенерации СВЧ-сигнала в спин-волновом радиофотонном генераторе. Генератор состоял из оптического и СВЧ трактов. Основным компонентом оптического тракта являлся оптоволоконный кабель. Основным компонентом СВЧ тракта была широкополосная спин-волновая линия задержки.

Ключевые слова: радиофотонный генератор, спиновые волны, хаос.

В настоящее время стали актуальными исследования в междисциплинарных направлениях, которые позволяют сочетать преимущества различных технологий [1]. Одним из таких направлений является радиофотоника, объединяющая в себе оптоэлектронные и СВЧ микроэлектронные технологии. Радиофотонные генераторы являются одним из наиболее перспективных способов генерации сверхвысокочастотных сигналов, т.к. в случае монохроматической генерации они позволяют получить низкий уровень фазового шума [2], а в случае хаотической генерации они позволяют получить широкую полосу такой генерации [3].

Целью работы является исследование стационарных и хаотических режимов автогенерации СВЧ сигнала в спин-волновом радиофотонном генераторе.

Радиофотонный СВЧ генератор был сконструирован по кольцевой схеме, которая состояла из радиочастотного и оптического трактов. Оптический тракт генератора состоял из лазерного модуля, электрооптического модулятора излучения, оптоволоконного кабеля и фотодетектора. Радиочастотный тракт представлял собой СВЧ-усилитель и спин-волновой СВЧ-фильтр на пленке ЖИГ.

Рассмотрим принцип работы генератора. Лазерный диод излучает непрерывное оптическое излучение, которое выполняет роль несущего сигнала. Электрооптический модулятор модулирует амплитуду оптического излучения СВЧ-сигналам, поступающим из радиочастотного тракта. Затем модулированное оптическое излучение распространяется по оптоволоконному кабелю и детектируется фотодетектором. Сигнал на выходе фотодетектора является СВЧ-сигналом. Он усиливается с помощью СВЧ-усилителя, компенсирующего суммарные потери на распространение СВЧ-сигнала в кольце, фильтруется полосно-пропускающим спин-волновым фильтром и подается на электрооптический модулятор, замыкая кольцевую схему.

В описанном генераторе частотная полоса хаотической генерации определяется полосой пропускания СВЧ-фильтра на пленке ЖИГ. Переход от стационарной генерации к хаотической обеспечивается за счет электрооптического модулятора и спин-волновой линии задержки, которые являются нелинейными элементами генератора. Косинусоидальная передаточная функция модулятора обуславливает нелинейность

преобразования электрического СВЧ-сигнала в волну огибающей оптического сигнала, а пленка ЖИГ обеспечивает четырехволновую нелинейность спиновых волн [4].

Исследования проводились путем плавного увеличения коэффициента усиления G на аттенюаторе. При некотором значении G в кольце возникла монохроматическая генерация СВЧ-сигнала. Это значение коэффициента усиления G было принято равным нулю. При дальнейшем увеличении G происходили смены режимов генерации. Так, за режимом монохроматической генерации следовали режимы генерации периодических последовательностей импульсов солитонной формы и аperiodических последовательностей импульсов. При достижении G некоторого значения возникал режим генерации хаотического сигнала.

Исследование показало, что изученный радиотонный генератор СВЧ динамического хаоса обладает конкурентоспособными характеристиками по сравнению с существующими аналогами. Выбирая ширину полосы пропускания спин-волнового СВЧ-фильтра, легко контролировать частотный диапазон хаотической генерации. Кроме того, управляя коэффициентом усиления кольца, можно изменять характеристики генерации.

Работа поддержана грантом РФФИ № 16-12-10440.

Библиографический список

1. Белкин М.Е., Сигов А.С. // Радиотехника и электроника. 2009. Т. 54. В. 8. С. 901-914.
2. Устинов А.Б., Никитин А.А., Калиникос Б.А. // ЖТФ. 2015. Т. 85. Вып. 9. С. 136-140.
3. Устинов А.Б., Кондрашов А.В., Калиникос Б.А. // ПЖТФ. 2016. Т. 42. Вып. 8. С. 28-36.
4. Львов В.С. // Нелинейные спиновые волны. М., Наука, 1987 г. 272 с.