

УДК 537.613; 530.182; 622.4

**Нелинейные режимы спин-волновой связи  
в системе неидентичных магнонных структур**

*С. А. Одинцов, А. В. Садовников*

Саратовский национальный исследовательский  
государственный университет имени Н.Г. Чернышевского  
Россия, 410012 Саратов, Астраханская, 83

E-mail: odinoff@gmail.com, sadovnikovav@gmail.com

Автор для переписки Одинцов Сергей Александрович, odinoff@gmail.com

*Поступила в редакцию 20.08.2018, принято к публикации 4.09.2018*

**Тема.** Исследование нелинейных режимов распространения спин-волнового сигнала в латеральных неидентичных структурах с учётом многомодовости спиновых волн.

**Цель.** Рассмотрение влияния межмодовой связи на распределение интенсивности поверхностных магнитостатических волн, распространяющихся в латеральных волноводах различной ширины. Выявление возможности изменения коэффициента связи с помощью варьирования мощности входного сигнала. **Методы.** Исследование нелинейных режимов распространения спиновых волн осуществлялось путем численного интегрирования системы двух связанных уравнений Гинзбурга–Ландау.

Расчет значений коэффициента связи спиновых волн между латеральными волноводами и коэффициента пропорциональности проводился методом конечных элементов. Методом микромагнитного моделирования для получения карт распределения динамической намагниченности спиновых волн решались уравнения Ландау–Лившица–Гильберта. **Результаты.** Показано, что режим работы нелинейного направленного ответвителя на основе латеральной системы неидентичных микроволноводов определяется геометрическими параметрами структуры, а именно, отношением ширин микроволноводов. Учет неоднородного распределения внутреннего магнитного поля и изменение ширины одного из микроволноводов приводит к изменению пороговой мощности СВЧ сигнала, при которой наблюдаются эффекты изменения длины связи спиновых волн и нелинейного переключения сигнала. **Обсуждение.** Зависимость длины связи спиновых волн от мощности входного сигнала обеспечивает возможность работы направленного ответвителя информационного сигнала в нелинейном режиме. Благодаря возможности перестройки полосы частот путем изменения величины магнитного поля оказывается возможным создание устройств обработки СВЧ сигнала на принципах магноники, таких как нелинейные демультиплексеры, делители мощности и направленные ответвители СВЧ сигнала.

**Ключевые слова:** латеральные неидентичные волноводы, спиновая волна, устройства обработки СВЧ сигналов, ответвитель.

*Образец цитирования:* Одинцов С.А., Садовников А.В. Нелинейные режимы спин-волновой связи в системе неидентичных магнонных структур // Изв. вузов. ПНД. 2018. Т. 26, No 6. С. –59-67. <https://doi.org/10.18500/0869-6632-2018-26-6-59-67>

Финансовая поддержка. Разработка теоретических моделей, описывающих динамику распространения и дипольной связи спиновых волн в структурах с латеральной связью, выполнена при поддержке проекта РФФ No 18-79-00198, расчет спектра собственных мод при поддержке РФФИ No 16-02-00789, стипендии СП-2819.2018.5 и гранта Президента РФ МК-3650.2018.

## **Nonlinear spin-wave propagation in the nonidentical magnonic structures**

*S. A. Odintsov, A. V. Sadovnikov*

Saratov State University

83, Astrakhanskaya Str., 410012 Saratov, Russia

E-mail: [odinoff@gmail.com](mailto:odinoff@gmail.com), [sadovnikovav@gmail.com](mailto:sadovnikovav@gmail.com)

Correspondence should be addressed to Odintsov Sergey A., [odinoff@gmail.com](mailto:odinoff@gmail.com)

*Received 20.08.2018, accepted for publication 4.09.2018*

**Topic.** Investigation of nonlinear propagation modes of a spin-wave signal in lateral non-identical structures, taking into account the multi-mode spin waves. **Aim.** Consideration of the effect of intermode coupling on the intensity distribution of surface magnetostatic waves propagating in lateral waveguides of various widths. Identify the possibility of changing the coupling coefficient by varying the power of the input signal. **Methods.** The study of nonlinear propagation modes of spin waves was carried out by numerical integration of a system of two coupled Ginzburg–Landau equations. The calculation of the values of the coupling coefficient of the spin waves between the lateral waveguides and the proportionality coefficient was carried out using the finite element method. Using micromagnetic simulation, the Landau–Livshits–Hilbert equation was solved using the finite difference method to obtain maps of the distribution of the dynamic magnetization of spin waves. **Results.** It is shown that the mode of operation of a nonlinear directional coupler based on the lateral system of nonidentical microwave channels is determined by the geometrical parameters of the structure, namely, the ratio of the widths of the microwave channels. Inhomogeneous distribution of the internal magnetic field and a change in the width of one of the microwave lead to a change in the threshold power of the microwave signal, at which the effects of the variation of the coupling length of spin waves and a nonlinear switching signal are observed. **Discussion.** The dependence of the coupling length of the spin waves on the input signal power allows the directional coupler of the information signal to operate in a nonlinear mode. Due to the possibility of tuning the frequency band by changing the magnitude of the magnetic field, it is possible to fabricate magnonic based microwave signal processing devices, such as nonlinear demultiplexers, power splitters and directional microwave signal couplers.

*Key words:* lateral, irregular waveguides, spin wave, signal processing devices, coupler.

*Reference:* Odintsov S.A., Sadovnikov A.V. Nonlinear spin-wave propagation in the nonidentical magnonic structures. *Izvestiya VUZ, Applied Nonlinear Dynamics*, 2018, vol. 26, no. 6, pp. –59-67. <https://doi.org/10.18500/0869-6632-2018-26-6-59-67>

*Acknowledgements.* The development of theoretical models describing the dynamics of the propagation and dipole coupling of spin waves was performed with the support of the project RNF (no. 18-79-00198); the calculation of eigenspectrum was supported by the Russian Foundation for Basic Research no. 16-02-00789 and in part by the grant of the President of the Russian Federation under Grant MK-3650.2018 and Fellowship (Stipendia) SP-2819.2018.5.