

05

Параметрический хаос в пленках железо-иттриевого граната, получаемых из слабодиссоциированного раствора-расплава

© Н.И. Мезин

Донецкий физико-технический институт НАН Украины
E-mail: niams@mail.ru

Поступило в Редакцию 25 июня 2011 г.

Излагаются результаты сравнительных исследований хаотической генерации параметрических спиновых волн в пленках железо-иттриевого граната, полученных из стандартного раствора-расплава и слабодиссоциированного раствора-расплава, содержащего кластеры феррограната и ортоферрита. Показано, что эффективность генерации магнитного хаоса в пленках, полученных из слабодиссоциированного раствора-расплава, существенно выше, чем в пленках, полученных из стандартного раствора-расплава.

В последнее время возрождается интерес к пленкам железо-иттриевого граната (ЖИГ) в связи с перспективой их использования в хаотических коммуникационных системах [1,2]. В отличие от других материалов, в которых наблюдаются нелинейные явления и хаотизация, в пленках ЖИГ можно легко регулировать основные параметры магнитного хаоса и локализовывать на пленке очень малые области, содержащие хаос. Учитывая это, а также то, что пленки ЖИГ обладают малыми потерями в расширенной полосе частот, большим разнообразием путей и траекторий хаотизации, можно утверждать, что они являются идеальным конструкционным материалом для создания генераторов хаоса, а также сложных многофункциональных гибридных микросхем с большим числом хаотических модулей.

Наиболее простой схемой получения параметрических хаотических колебаний в пленках ЖИГ является схема автогенератора с нелинейной спин-волновой линией задержки в цепи обратной связи. Эта схема позволяет осуществлять генерацию широкополосного хаоса, а также коротких хаотических спин-волновых импульсов [3,4].

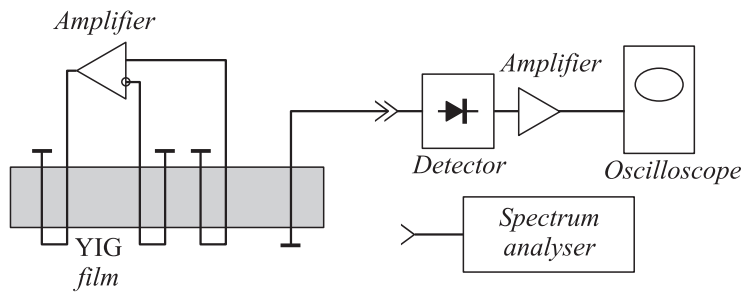


Рис. 1. Блок-схема эксперимента.

Эффективность генерации хаотических колебаний в пленках ЖИГ, а также основные характеристики хаоса определяются не только конструктивными особенностями автогенератора, но и вариациями намагниченности насыщения, поля одноосной анизотропии, ширины линии ФМР пленок, зависящих от условий выращивания. В этой связи представляет интерес исследование режимов генерации хаоса в пленках ЖИГ, получаемых из слабодиссоциированных растворов-расплавов (СДРР) [5]. При получении пленок из СДРР, содержащего кластеры ортоферрита и феррограната, рост пленок осуществляется посредством этих кластеров, в результате чего возрастают намагниченность насыщения и поле одноосной анизотропии пленок при сохранении узкой линии ФМР [6]. В зависимости от условий выращивания намагниченность насыщения в этих пленках изменяется в пределах 1750–2000 Gs, а поле анизотропии 0–1000 Oe, ширина линии ФМР при этом составляет 0.25–0.3 Oe. На основании аномалий температурных зависимостей намагниченности сделано предположение о существовании в этих пленках дополнительной магнитной подсистемы [7].

Целью данной работы является исследование особенностей генерации параметрических хаотических колебаний в пленках ЖИГ, рост которых осуществлялся из СДРР посредством гранатовых и ортоферритовых кластеров. Для однозначности получаемых результатов на одной и той же экспериментальной установке в идентичных условиях проводились сравнительные исследования пленок ЖИГ, получаемых по стандартной методике жидкофазной эпитаксии.

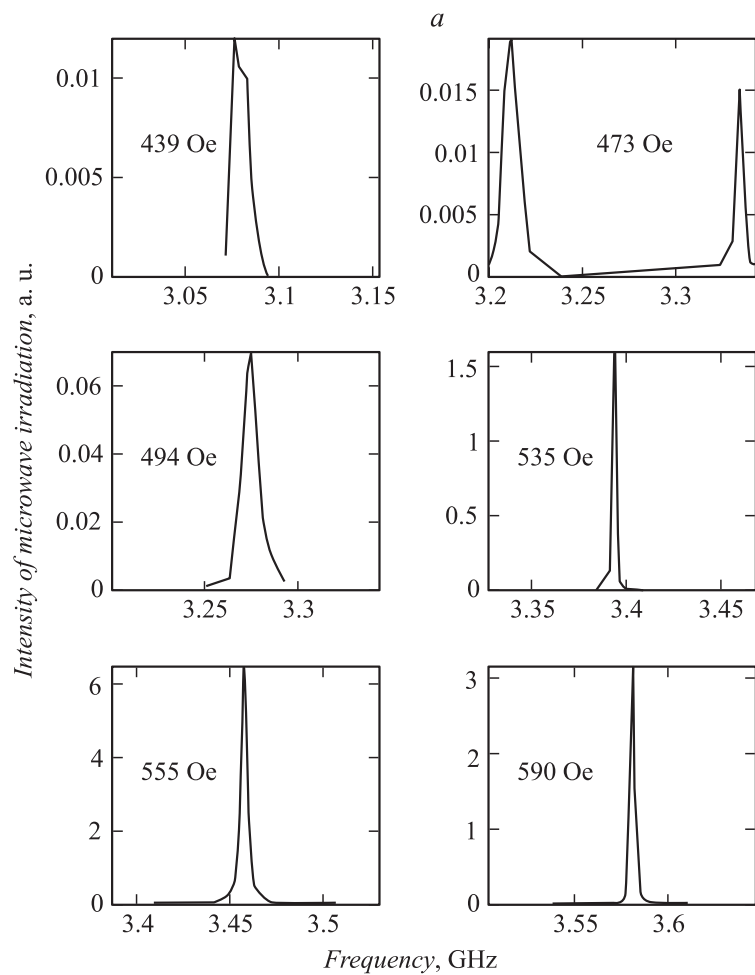


Рис. 2. Спектры микроволновых колебаний в традиционной пленке (a) и пленке, полученной из СДРП (b), при различных значениях магнитного поля.

Схема эксперимента представлена на рис. 1. Автогенератор выполнен на основе усилителя INA 32063HP в виде миниатюрной ячейки, в которую помещались исследуемые образцы. В качестве возбуждающих

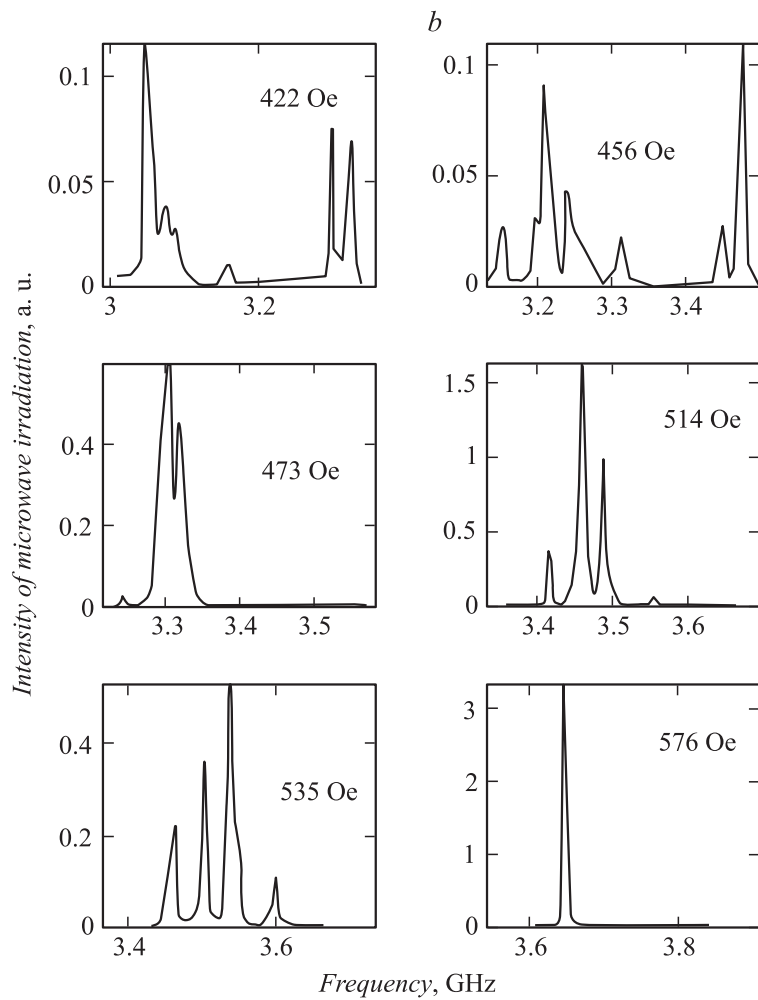


Рис. 2 (продолжение).

и приемных антенн использовались медные проводники диаметром $45\ \mu\text{m}$, расстояние между антеннами составляло $2\ \text{mm}$. Ячейка с исследуемым образцом помещалась в магнитную систему, которая созда-

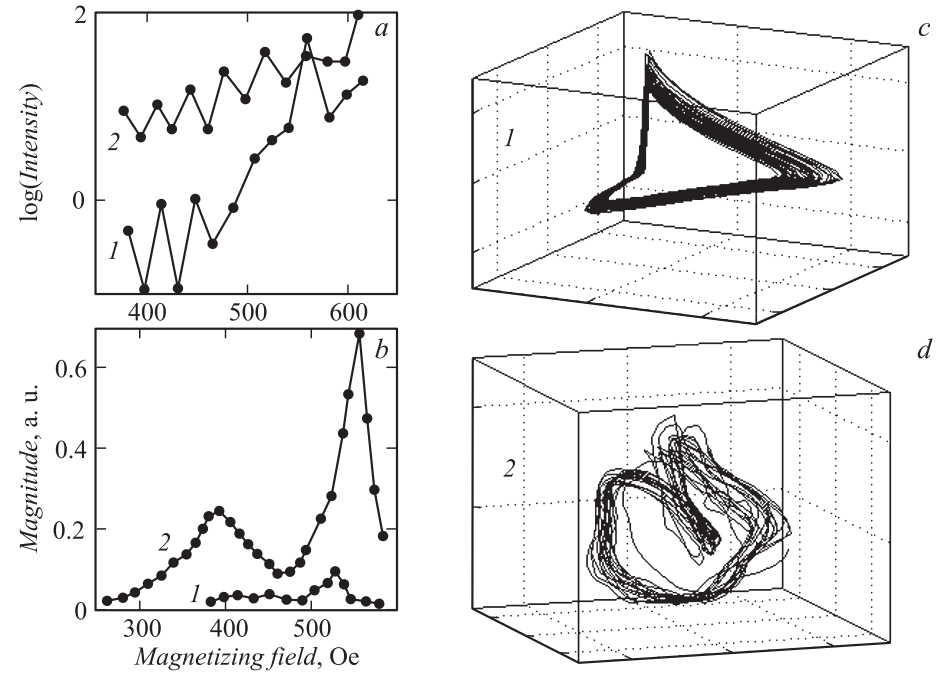


Рис. 3. Зависимости параметров магнитного хаоса в сравниваемых пленках от магнитного поля. *a* — интегральная интенсивность микроволнового излучения; *b* — амплитуда микроволнового хаотического сигнала; *c* и *d* — фазовые портреты хаотических аттракторов при $H = 530$ Ое. *1* — пленка, полученная из стандартного раствора-расплава; *2* — пленка, полученная из СДРР.

вала в плоскости пленки магнитное поле, изменяющееся в интервале 100–900 Ое.

Ниже представлены рисунки, демонстрирующие основные отличия магнитного хаоса в двух образцах, полученных из разных растворов-расплавов. Сравнимые образцы имели следующие характеристики: пленка, полученная из СДРР, — намагниченность насыщения $4\pi M_s = 1900$ Gs, поле одноосной анизотропии $H_A = 450$ Ое, ширина линии ФМР $2\Delta H = 0.3$ Ое; пленка, полученная из стандартного раствора-расплава, — $4\pi M_s = 1750$ Gs, $H_A = 20$ Ое, $2\Delta H = 0.25$ Ое. Образцы имели одинаковые толщины $h = 12 \mu\text{m}$ и размеры 6×4 mm.

На рис. 2 представлены высокочастотные спектры магнитных колебаний в пленках. В зависимости от напряженности магнитного поля в сравниваемых образцах наблюдаются либо монохроматические, либо хаотические модуляции. Хаос визуально определяется наличием двух, трех или более спектральных пиков на широком пьедестале. Как видно из рисунка, ширина полосы хаотических модуляций и интервал полей, в которых они существуют в пленке, полученной из СДРР, существенно больше, чем в пленке, полученной из традиционного раствора-расплава.

На рис. 3 представлены характеристики хаоса в сравниваемых пленках в широком интервале магнитных полей. Как видно из рисунка, общая интенсивность микроволнового излучения и амплитуда хаотического микроволнового сигнала в пленке, полученной из СДРР, существенно больше, чем в пленке, полученной из традиционного раствора-расплава.

Проводилась серия сравнительных экспериментов с другими пленками, полученными из СДРР и имеющими повышенные значения намагниченности насыщения и поля одноосной анизотропии. Во всех этих экспериментах наблюдалась зависимость ширины полосы и мощности детектируемых хаотических колебаний от величины намагниченности насыщения пленок.

Так как сравниваемые пленки имели одинаковые толщины, линейные размеры и исследовались в идентичных условиях, то наблюдаемые отличия в ширине полосы и мощности детектируемых хаотических колебаний могут быть обусловлены различием намагниченности и поля анизотропии в этих пленках. Кроме того, дополнительная магнитная подсистема, предположение о которой сделано в [7], может расширить возможности для параметрической неустойчивости и возникновения качественно новых нелинейных эффектов в пленках ЖИГ, получаемых

из СДРР. Как известно, хаос в динамических системах возникает при возмущении и нелинейностях, больших некоторых критических значений. Иногда это можно выразить в виде условий на параметры системы, но недостаточное развитие теории параметрического хаоса в пленках типа ЖИГ не позволяет сформулировать условия хаотического поведения системы в нашем случае. Поэтому сложно рассуждать о возможных механизмах изменения полосы и мощности хаотических колебаний при увеличении намагниченности и поля анизотропии в исследуемых пленках. Дальнейшие исследования нелинейных свойств пленок, получаемых из СДРР, позволят дать более конкретную интерпретацию специфики магнитного хаоса в этих пленках.

Таким образом, проведенные исследования показали, что эффективность возбуждения хаотических колебаний в пленках ЖИГ, получаемых из СДРР, существенно выше, чем в пленках традиционного ЖИГ. Это является важным фактором для потенциальных устройств хаотических коммуникаций, основанных на схеме автогенератора с линией задержки в цепи обратной связи.

Автор выражает искреннюю признательность А.А. Глуценко и Ю.Е. Кузовлеву за помощь в работе.

Список литературы

- [1] *Dmitriev A.S., Kyarginsky B. Ye., Panas A.I., Starkov S.O.* // International. J. of Bifurcation and Chaos. 2003. V. 13. P. 1495.
- [2] *Dmitriev A.S., Kyarginsky B.Ye., Panas A.I., Ruzikov D.Yu., Starkov S.O.* // Tech. Phys. Lett. 2003. V. 29. P. 72.
- [3] *Демидов В.Е., Ковшиков Н.Г.* // Письма в ЖТФ. 1998. Т. 24. В. 7. С. 66–71.
- [4] *Mingzhong Wu., Kalinikos B.A., Patton C.E.* // Physical Review Letters. 2005. V. 95. P. 237202.
- [5] *Мезин Н.И., Дорошенко Н.А., Старостюк Н.Ю., Кравченко З.Ф.* // ЖТФ. 1986. Т. 56. В. 6. С. 1230–1232.
- [6] *Патент* PCT/WO2004/042752 A1.
- [7] *Mezin N.I., Ulyanov A.N., Abramov V.A., Starosteuk N.Yu., Binfzhi Jiang, Swong-Cho Yu* // Physica B. 2003. V. 327. P. 218.