

УДК 537.86.029.65/.79, 621.382.029.6

ГИБРИДНЫЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНО-СПИНОВЫЕ КОЛЕБАНИЯ В ФЕРРИТ-ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЕ С МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИМ ГЕКСАФЕРРИТОМ В ДОМЕННОЙ ОБЛАСТИ

НИКИТЕНКО А. Л., ГРИГОРУК В. И., КОСТЕНКО В. И., СОРОЧАК А. М., ЧЕВНЮК Л. В.

*Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко,
Украина, Киев, 01601, ул. Владимирская, 64/13*

Аннотация. Экспериментально исследованы гибридные электромагнитно-спиновые колебания в феррит-диэлектрической структуре, состоящей из монокристаллической пластинки $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ и диэлектрического резонатора в форме диска, в многодоменном состоянии феррита. Эксперименты проводились с различными типами доменных структур, частотно-полевые спектры измерены при касательном намагничивании. Показано, что эффективная гибридизация электромагнитных и магнитостатических мод в таком резонаторе может реализовать режим возбуждения, при котором одна электромагнитная мода диэлектрического резонатора расщепляется на три гибридных квазиэлектромагнитных колебания даже в отсутствии внешних полей намагничивания.

Ключевые слова: монокристаллический гексаферрит; гибридные электромагнитно-спиновые колебания; составная феррит-диэлектрическая структура; частотно-полевая зависимость; доменная структура

ВВЕДЕНИЕ

Ферритовые резонаторы известны своими уникальными магнитными свойствами достаточно давно, однако потребность в детальном изучении их высокочастотных характеристик сегодня как никогда актуальна. В наше время тенденции развития новейших систем беспроводной связи демонстрируют растущий интерес к освоению диапазона радиоволн миллиметрового диапазона (мм-диапазон), при неизменном условии миниатюризации и энергоэффективности [1].

В связи с этим, в значительной степени актуализировалась потребность в инновационных разработках эффективных гибридных интегрально-планарных СВЧ-схем этого диапазона, при этом существенное значение приобретает применение в них композитных, слоистых феррит-диэлектрических структур, по-

зволяющих расширить их функциональные возможности. Успех выполнения поставленных практических задач напрямую зависит от экспериментальных исследований особенностей магнитных материалов и структур на их основе в мм-диапазоне частот.

Значительный научный и практический интерес представляет собой исследование монокристаллического бариевого гексаферрита $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ и структур на его основе. Данный материал имеет поле кристаллографической анизотропии H_a порядка 17 кЭ и устойчивую регулярную доменную структуру (ДС) определенного типа в размагниченном состоянии, что делает возможным его использование в качестве резонансного элемента функциональной электроники как при малых внешних полях намагничивания H_0 , так и при отсутствии приложенного магнитного поля.

DOI: [10.20535/S0021347016100022](https://doi.org/10.20535/S0021347016100022)

© Никитенко А. Л., Григорук В. И., Костенко В. И., Сорочак А. М., Чевнюк Л. В., 2016

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Maccartney G. R.* Millimeter-wave omnidirectional path loss data for small cell 5G channel modeling / George R. MacCartney, Jr., Theodore S. Rappaport, Mathew K. Samimi, Shu Sun // IEEE Access. — 2015. — Vol. 3. — P. 1573–1580. — DOI : [10.1109/ACCESS.2015.2465848](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2015.2465848).

2. Demidov V. E. Dipole-exchange theory of hybrid electromagnetic-spin waves in layered film structures / V. E. Demidov, B. A. Kalinikos // *J. Appl. Phys.* — 2002. — Vol. 91, No. 12. — P. 10007–10016. — DOI : [10.1063/1.1475373](https://doi.org/10.1063/1.1475373).

3. Electric field tunable 60 GHz ferromagnetic resonance response in barium ferrite-barium strontium titanate multiferroic heterostructures / Young-Yeal Song, Jaydip Das, Pavol Krivosik, Nan Mo, Carl E. Patton // *Appl. Phys. Lett.* — 2009. — Vol. 94. — P. 182505. — DOI : [10.1063/1.3131042](https://doi.org/10.1063/1.3131042).

4. Coupled magnetostatic and electromagnetic oscillations in hexaferrite-dielectric heterostructures / Maksym A. Popov, Igor V. Zavislyak, Gopalan Srinivasan, Volodymyr V. Zagorodnii // *J. Appl. Phys.* — 2009. — Vol. 105. — P. 083912. — DOI : [10.1063/1.3108895](https://doi.org/10.1063/1.3108895).

5. Coupled ferrite-dielectric resonances in epitaxial barium ferrite films / I. V. Zavislyak, V. I. Kostenko, T. G. Chamor, L. V. Chevnyuk // *Magnetism M. V. Lomonosov Moscow State University : Moscow Int. Symp. MisM, 2005, Moscow, Russia : proc.* — 2005. — P. 604–605.

6. Гибридные электромагнитно-спиновые колебания в слоистых структурах с одноосными гексаферритами / В. И. Костенко, А. М. Сорочак, Т. Г. Чамор, Л. В. Чевнюк // *Журн. техн. физ.* — 2011. — Т. 81, № 5. — С. 40–43. — Режим доступа : <http://journals.ioffe.ru/articles/10300>.

7. Ильченко М. Е. Ферритовые и диэлектрические резонаторы СВЧ / М. Е. Ильченко, Е. В. Кудинов. — К. : Изд. Киевского университета, 1973. — 175 с.

8. Kostenko V. I. Magnetostatic waves in a thin uniaxial platelet with stripe domains magnetized along the easy axis / V. I. Kostenko, M. A. Sigal // *Phys. Stat. Sol. (B)*. — Apr. 1992. — Vol. 170, No. 2. — P. 569–584. — DOI : [10.1002/pssb.2221700222](https://doi.org/10.1002/pssb.2221700222).

9. Sigal M. A. Magnetostatic modes in a thin uniaxial platelet with bubble lattice at normal magnetization / M. A. Sigal, V. I. Kostenko // *Phys. Stat. Sol. (A)*. — Nov. 1991. — Vol. 128, No. 1. — P. 219–234. — DOI : [10.1002/pssa.2211280125](https://doi.org/10.1002/pssa.2211280125).

Поступила в редакцию ? По-сле переработки ?