КАТУШКА ИНДУКТИВНОСТИ, ИЗГОТОВЛЕННАЯ ПО МЭМС-ТЕХНОЛОГИИ

FABRICATING A HIGH ASPECT RATIO FERROMAGNETIC CORE 3D MICRO-INDUCTOR USING MEMS TECHNOLOGY

УДК 621.391.004

БАРАНОВ АЛЕКСАНДР АЛЕКСАНДРОВИЧ

BARANOV ALEXANDER A.

ЖУКОВА СВЕТЛАНА АЛЕКСАНДРОВНА

ZHUKOVA SVETLANA A.

ОБИЖАЕВ ДЕНИС ЮРЬЕВИЧ

OBIZHAEV DENIS YU.

ТУРКОВ ВЛАДИМИР ЕВГЕНЬЕВИЧ

TURKOV VLADIMIR E.

ГНЦ РФ «ФГУП «ЦНИИХМ»

115487, г. Москва, ул. Нагатинская, 16а

FSUE "CNIHIM"

16a Nagatinskaya St., Moscow, 115487

В настоящем докладе рассмотрены особенности формирования трехмерной катушки индуктивности с ферромагнитным сердечником по технологии МЭМС, имеющей высокое аспектное соотношение столбчатых выводов, а также представлены результаты исследования ее основных характеристик.

Ключевые слова: тонкопленочная катушка; МЭМС; ферромагнитный сердечник; SU-8; высокое аспектное соотношение.

The present report deals with the main aspects of the 3D high aspect ratio ferromagnetic core micro-inductor fabrication using MEMS technology and the investigation of the fabricated inductor main characteristics.

Keywords: 3D micro-inductor; ferromagnetic core; high aspect ratio; SU-8.

В настоящее время в ВЧ ИС наиболее широко используются интегральные катушки индуктивности, имеющие планарную спиральную структуру, благодаря их высокой совместимости со стандартными процессами производства интегральных схем. Являясь ключевым пассивным элементом ИС, они, однако, не лишены недостатков. Вследствие своей планарной структуры такие катушки индуктивности имеют высокую паразитную емкость на кремниевую подложку, а также высокие потери на вихревые токи, возникающие в Si-подложке из-за перпендикулярного по отношению к ней направления магнитного потока. Указанные эффекты приводят к снижению значений добротности и частоты собственного резонанса катушки. Кроме того, планарные катушки имеют низкие значения индуктивности и занимают большую площадь на ИС. Высоких значений индуктивности и добротности можно достичь путем формирования с использованием МЭМС-технологии трехмерной катушки индуктивности с расположенным внутри ферромагнитным сердечником, обладающим высокой магнитной проницаемостью [1–5].

В данной работе трехмерные катушки индуктивности изготавливались на кремниевой подложке с диэлектрическим слоем

путем электрохимического осаждения Cu по технологии МЭМС, включающей фотолитографию с использованием негативного толстопленочного фоторезиста SU-8. Технологический процесс формирования разработанной катушки индуктивности состоит главным образом из последовательных стадий формирования нижних и верхних сегментов катушки, соединенных столбчатыми выводами, а также формирования ферромагнитного сердечника в канале, причем подведение потенциала к столбчатым выводам осуществляется с помощью сети подводящих дорожек.

Изготовленная катушка индуктивности, внешний вид которой представлен на рис. 1, имеет значения индуктивности на уровне 6 мкГн и добротности собственного резонанса $Q = 100$ при частоте 28 МГц и может быть использована в ВЧ ИС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Jooncheol Kim, Minsoo Kim, Jung-Kwun Kim, Florian Herrault and Mark G. Allen. *Anisotropic Nanolaminated CoNiFe Cores Integrated into Microinductors for High-frequency dc-dc Power Conversion*. J. Phys. D: Appl. Phys. 48 (2015) 462001 (6 p.).
2. Sang-Seok Lee, Tamotsu Nishino, Takeshi Yuasa, Yukihiro Yoshida and Motohisa Taguchi. *Fabrication of a Novel Micromachined Solenoid Inductor and Delay Line and Investigation of Substrate Influence on Their Characteristics*. Journal of Micromechanics and Microengineering. Volume 16 (2006) S96–S101.
3. Mohammad Zayed Ahmed, Bhuyan M. S., Tariqul Islam A. K. M. and Majlis B. Y. *Design and Fabrication of a MEMS 3D Micro-transformer for Low Frequency Applications*. Asian Journal of Scientific Research 8 (2): 237–244, 2015.
4. Xinxin Li, Zao Ni, Lei Gu, Zhengzheng Wu and Chen Yang. *Micromachined High-performance RF Passives in CMOS Substrate*. J. Micromech. Microeng. 26 (2016) 113001 (23 p.).
5. RF MEMS: *Theory, Design and Technology*. Gabriel M. Rebeiz. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. 2003.

Рис. 1. Микрофотография СЭМ-фрагмента сформированной катушки индуктивности