

К. т. н. О. Н. НЕГОДЕНКО, С. Г. КОШЕЛЕВ,
к. т. н. В. И. СЕМЕНЦОВ, Ю. П. МАРДАМШИН

Россия, Таганрогский гос. радиотехнический университет
E-mail: metbis@fep.tsure.ru

Дата поступления в редакцию
16.02 2001 г.
Оппонент к. т. н. В. С. ГОЛУБ
(НПФ «VD MAIS», г. Киев)

МИКРОЭЛЕКТРОННЫЕ ИНДУКТИВНЫЕ БАЛАНСНЫЕ СЕНСОРЫ С КАТУШКАМИ КВАДРАТНОЙ И ТРЕУГОЛЬНОЙ ФОРМЫ

Конструкции микросенсоров могут использоваться в датчиках силы, давления, массы, при разбраковке металлических цилиндров.

Индуктивный балансный сенсор (ИБС) содержит две катушки индуктивности (КИ), сдвинутые друг относительно друга на определенное расстояние, при котором подача напряжения на одну из катушек не вызывает появления напряжения на второй катушке. Это можно рассматривать как отсутствие между ними взаимной индуктивности или считать, что сенсор в этом случае сбалансирован. При кольцевой форме катушек условие баланса ИБС с учетом расстояния между плоскостями катушек приведено в [1]. Из-за неидеальности катушек при балансе ИБС напряжение на второй катушке не равно нулю, но очень мало (U_0).

В большинстве датчиков на основе ИБС используется явление увеличения напряжения на второй катушке при приближении к ИБС металлической пластины, если первая катушка подключена к генератору сигналов. Чувствительность ИБС, определяемая как отношение приращения выходного напряжения к приращению расстояния между ИБС и металлической пластиной, зависит от формы катушки ИБС. ИБС с катушками простейших форм показаны на рис. 1 (здесь катушки условно изображены одновитковыми). Эксперимент показывает, что наибольшей чув-

ствительностью обладает ИБС, изображенный на рис. 1, в. При одинаковых числе витков, периметрах катушек, расстояниях между ИБС и металлической пластиной отношение выходного напряжения к U_0 для ИБС рис. 1, в примерно в 3 раза превышает это отношение для ИБС рис. 1, а и б.

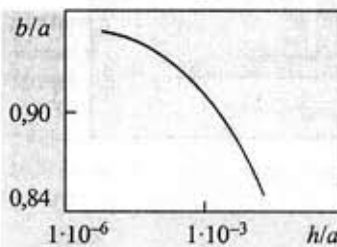


Рис. 2. Условие баланса для ИБС с катушкой квадратной формы

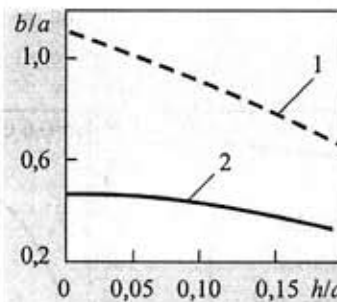


Рис. 3. Условие баланса для ИБС с катушками треугольной формы: 1 — для контуров, показанных на рис. 1, б; 2 — для контуров, показанных на рис. 1, в

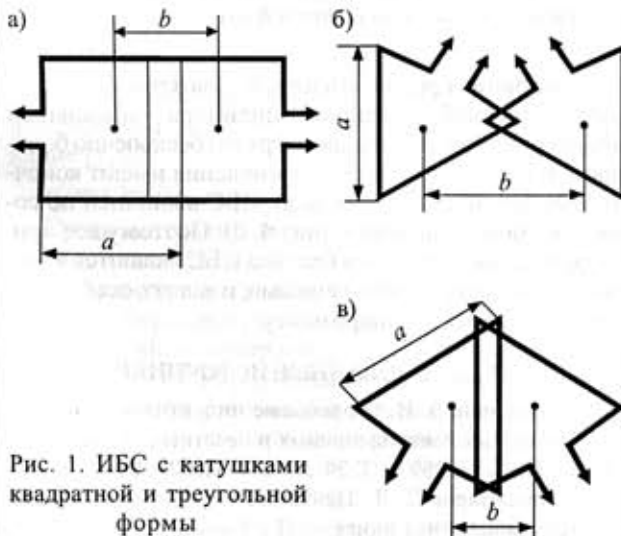


Рис. 1. ИБС с катушками квадратной и треугольной формы

При аналитическом определении условия баланса с учетом расстояния между плоскостями катушек квадратной и треугольной формы, основанном на методе, приведенном в [2, с. 67], получаются очень громоздкие выражения. Поэтому была использована программа Mathcad 7 Professional; результаты расчетов представлены в форме графиков на рис. 2 и 3. Видно, что расстояние между плоскостями катушек заметно влияет на условие баланса ИБС. Учет этого влияния важен при проектировании микросенсоров (рис. 4), в которых экспериментальное установление баланса путем перемещения одной из катушек затруднено.

ИБС способен сбалансироваться и при расположении его вблизи металлической пластины на расстоянии D , что может использоваться при реализации датчиков силы, давления, массы. Условие баланса ИБС, приведенного на рис. 4, а при $a=10$ мм, $h/a=5 \cdot 10^{-5}$, длине стороны квадратной металлической пластины $l=100a$, показано на рис. 5. Видно, что

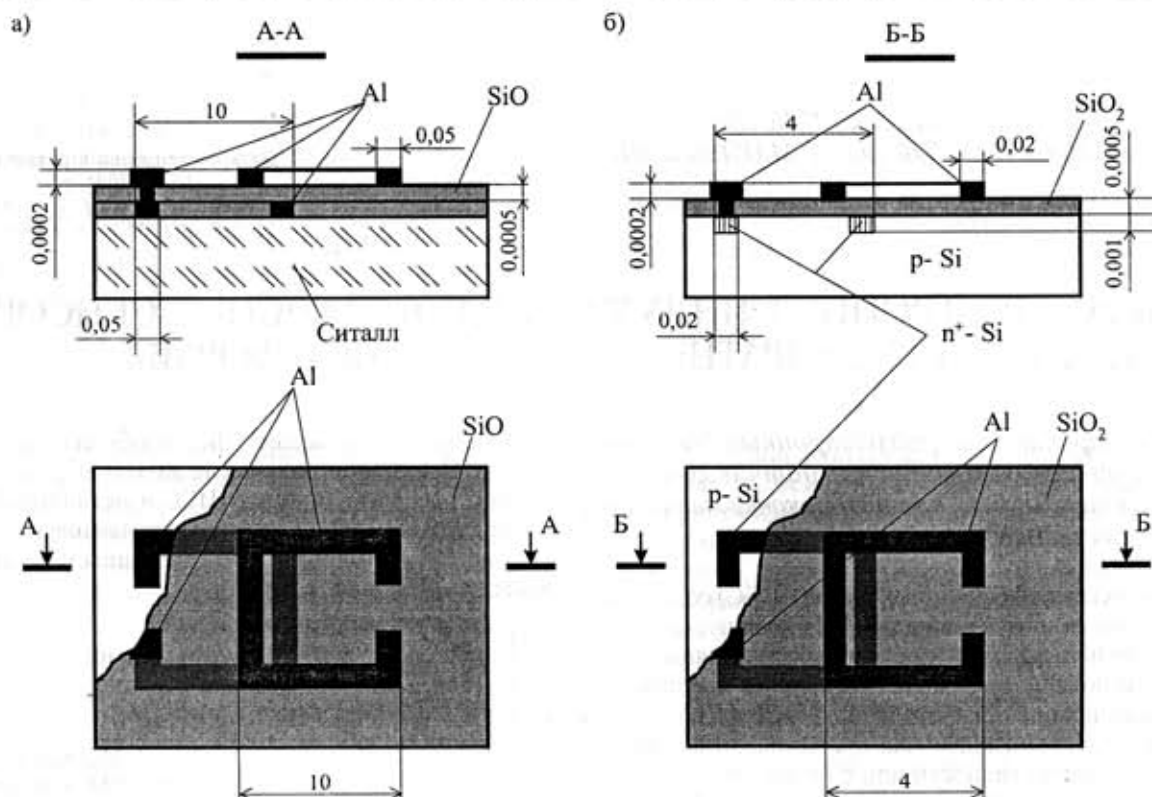


Рис. 4. Варианты конструкций микроэлектронного ИБС, созданного методами тонкопленочной (а) и совмещенной (б) технологий

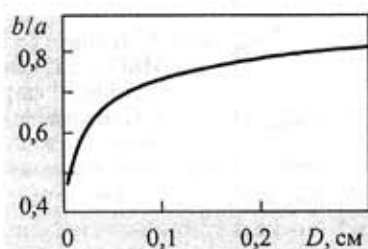


Рис. 5. Условие баланса ИБС, расположенного вблизи металлической пластины

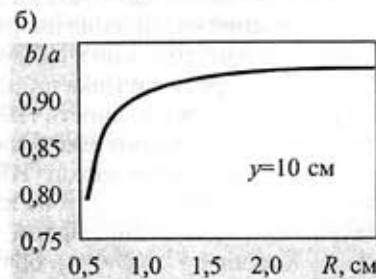
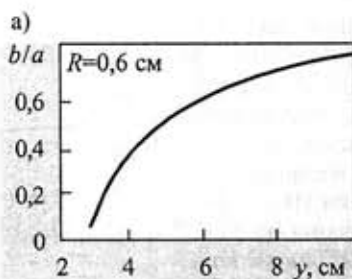


Рис. 6. Условия баланса ИБС при изменении длины металлического цилиндра y (а) или радиуса R (б)

металлическая пластина существенно влияет на условие баланса ИБС. Поэтому ее приближение под действием внешней силы к ИБС будет приводить к росту напряжения на второй катушке ИБС, если первая подключена к генератору. Получается датчик силы, давления, массы.

ИБС может сбалансироваться и при расположении его по центру внутри металлического цилиндра длиной y и радиусом R , что можно использовать для разбраковки цилиндров по диаметру и длине. При использовании тонкопленочного ИБС с вышеоговоренными параметрами условия баланса имеют вид, представленный на рис. 6. Видно, что длина цилиндра значительно влияет на условия баланса, а радиус цилиндра начинает заметно влиять при его значениях менее a .

В расчетах предполагалось, что материал катушек, металлической пластины и цилиндра – идеальный проводник, сопротивление нагрузки бесконечно большое. В реальности все сопротивления имеют конечные величины, особенно если ИБС выполнен по совмещенной технологии (рис. 4, б). Поэтому все приведенные выше условия баланса ИБС являются в значительной мере приближенными, и значит, особое значение отводится эксперименту.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Семенцов В. И. О проблеме индуктивных связей в многослойных тонкопленочных и печатных схемах // Радиотехника. — 1969. — Т. 24, № 12. — С. 92—95.
2. Калантаров П. Л., Цейтлин Л. А. Расчет индуктивностей: Справочная книга. — Л.: Энергоатомиздат, 1986.