

Винахід стосується напівпровідникових сенсорів магнітного поля, які використовують ефект Холла.

Відомий вимірювальний перетворювач магнітного поля, який містить сформований до напівпровідникової області два струмові контакти, а між ними два потенційні контакти - перетворювач Холла [R.S.Porovic, Hall Effect Devices, Adam Hilger, Bristol, Philadelphia and New York, 1991. P.61.]. Під дією магнітного поля відбувається перерозподіл носіїв заряду, які течуть між струмовими виводами. Це обумовлює виникнення Холлівської різниці потенціалу між потенційними виводами. Однак даний перетворювач Холла не дозволяє вимірювати високочастотні магнітні поля. Це пов'язано з тим, що на потенційних контактах, крім Холлівської напруги (корисного сигналу), формується напруга електромагнітної завади (паразитна електрорушійна сила) [Кобус А., Тушинский Я. Датчики Холла и магнитрезисторы. Пер. с польского под ред. Хомерики О.К. М., «Энергия». 1977. 352с. - С.162]. З підвищенням частоти магнітного поля електромагнітна завада зростає і це спотворює корисний сигнал перетворювача Холла. Має місце низька точність вимірювання.

Відомий вимірювальний перетворювач магнітного поля, який містить сформований на підкладці перетворювач Холла з двома струмовими та двома потенційними виводами та петлю електромагнітної компенсації з двома виводами [Кобус А., Тушинский Я. Датчики Холла и магнитрезисторы. Пер. с польского под ред. Хомерики О.К. М., «Энергия». 1977. 352с. - Рис.7-18 (С.162), Low cost high frequency Hall Generator. Model HG-601. F.W.Bell, inc. (www.gaussmeter.com, www.sypris.com)]. На відміну від потенційних виводів, на яких формується Холлівська напруга та напруги електромагнітної завади, на петлі електромагнітної компенсації формується лише напруга електромагнітної завади. Це дозволяє використати напругу, сформовану на петлі електромагнітної компенсації, для часткової компенсації електромагнітної завади на потенційних контактах перетворювача Холла. Таким чином, при вимірюванні високочастотних магнітних полів зменшується спотворення корисного сигналу. Однак, компенсація електромагнітної завади, а отже і точність вимірювання магнітного поля в широкій смузі частот все ж є недостатніми.

В основі винаходу поставлене завдання створити вимірювальний перетворювач магнітного поля, в якому введення нових елементів та зв'язків дозволяє підвищити точність вимірювання.

Поставлене завдання досягається тим, що у вимірювальний перетворювач, який містить сформований на підкладці перетворювач Холла з двома струмовими та двома потенційними виводами (перший перетворювач Холла) та петлю електромагнітної компенсації з двома виводами, згідно винаходу додатково вводять сформований на тій же підкладці другий перетворювач Холла, струмові виводи якого є спільними з струмовими виводами першого перетворювача Холла, а геометрія потенційних виводів є дзеркально симетричною петлі електромагнітної компенсації, причому товщина активного шару другого перетворювача Холла є меншою ніж активного шару першого перетворювача Холла.

Введення нових елементів та відповідних зв'язків дозволяє підвищити Холлівську напругу та покращити компенсацію електромагнітної завади, і тим самим, підвищити точність вимірювання високочастотних магнітних полів.

На Фіг.1 зображена схема вимірювального перетворювача магнітного поля, де I - перший перетворювач Холла; II - другий перетворювач Холла; III - петля електромагнітної компенсації; IV - підкладка. Перетворювачі Холла формують в плівці напівпровідникового матеріалу, яка осаждена на поверхні діелектричної підкладки. Всі виводи завершуються контактними площадками (1-8), через які вимірювальний перетворювач під'єднують до схеми живлення та обробки сигналу. Контактні площадки та петля електромагнітної компенсації формують в плівці металу, яка, в свою чергу, осаждена на плівці напівпровідникового матеріалу. Виготовлення петлі та її контактних площадок здійснюють в тому ж технологічному процесі, що і виготовлення контактних площадок перетворювачів Холла.

Вимірювальний перетворювач магнітного поля має 8 виводів, серед яких: 1, 5 - струмові виводи (спільні для першого та другого перетворювачів Холла); 3, 7 - потенційні виводи першого перетворювача Холла; 4, 6 - потенційні виводи другого перетворювача Холла; 2, 8 - виводи петлі електромагнітної компенсації.

Геометрія потенційних виводів другого перетворювача Холла II є дзеркально симетричною до геометрії потенційних виводів петлі електромагнітної компенсації III. Товщина активного шару другого перетворювача Холла II є меншою ніж активного шару першого перетворювача Холла I.

Перетворювачі Холла та петля електромагнітної компенсації працюють таким чином. Через струмові виводи 1, 5 перетворювачів Холла пропускають постійний струм живлення. Під дією магнітного поля на потенційних виводах першого I та другого II перетворювачів Холла формуються Холлівські напруги  $V_{H37}$  та  $V_{H46}$ , відповідно. В першому наближенні ці напруги визначаються як

$$V_{H37} = \frac{R_H I_C B \cos \alpha}{d_I}, \quad V_{H46} = \frac{R_H I_C B \cos \alpha}{d_{II}},$$

де  $R_H$  - постійна Холла;  $I_C$  - струм живлення перетворювачів Холла;  $B$  - індукція магнітного поля;  $\alpha$  - кут між вектором індукції магнітного поля та нормаллю до площини перетворювачів Холла;  $d_I$  та  $d_{II}$  - товщини активних шарів першого та другого перетворювачів Холла.

При дії на вимірювальний перетворювач змінного магнітного поля на його виводах також формуються напруги електромагнітних завад  $V_{EM}$ , величини яких в першому наближенні пропорційні швидкості зміни магнітного поля та площам замкнених контурів. Ці контури утворюються виводами вимірювального перетворювача і лініями передачі сигналів.

Для забезпечення точного вимірювання значення індукції змінного поля необхідно щоб електромагнітні завади  $V_{EM}$  на виводах перетворювачів Холла були значно меншими у порівнянні з Холлівськими напругами  $V_H$ . Є очевидним, що для цього необхідно використовувати перетворювачі з мінімальною площею контуру, утвореного потенційними виводами, та з максимальними значеннями Холлівської напруги на цих виводах. Однак, практична реалізація таких перетворювачів має свої обмеження.

По-перше, зменшити площу контуру потенційних виводів до нульового значення є неможливо. Ця площа залишається значною і, здебільшого, невідтворюваною за величиною, навіть при суттєвому зменшенні розмірів перетворювача Холла. Крім того, необхідно враховувати, при зменшенні розмірів перетворювачів

Холла значною стає невідтворюваність їх геометричних розмірів. Це, в свою чергу, приводить до збільшення напруги зміщення на потенційних виводах. Таким чином, є очевидним, що високоякісні та високостабільні перетворювачі Холла не можуть мати як заводно малих розмірів.

По-друге, збільшення Холлівської напруги, тобто чутливості вимірювального перетворювача, є можливим лише за рахунок або зменшення концентрації легуючої домішки напівпровідникового активного шару, або зменшення його товщини. В свою чергу, зменшення концентрації приводить до погіршення температурної стабільності перетворювача, а зменшення товщини - до погіршення його часової стабільності.

Позитивний ефект у вимірювального перетворювача згідно винаходу досягнуто введенням другого перетворювача Холла з меншою товщиною активного шару, причому геометрія потенційних виводів другого перетворювача Холла є дзеркально симетричною петлі електромагнітної компенсації. Активний шар першого перетворювача Холла формують достатньо товстим (декілька мікрометрів) для забезпечення високої часової стабільності його параметрів. На противагу цьому, активний шар другого перетворювача Холла формують достатньо тонким (частки мікрметра) для забезпечення високих значень Холлівської напруги, тобто високої чутливості цього перетворювача. Зменшення товщини активного шару другого перетворювача Холла проводять селективним видаленням (травленням) частини шару напівпровідника. Петля електромагнітної компенсації контактує з колом проходження струму через перетворювачі Холла, що забезпечує стабільність синфазної складової напруги на виводах цієї петлі.

Таким чином, вимірювальний перетворювач містить один високостабільний (перший) і один високочутливий (другий) перетворювачі Холла, причому петля та потенційні виводи високочутливого перетворювача мають однакові розміри. Відстані між активними частинами обох перетворювачів Холла, а також між перетворювачами Холла та петлею є достатньо малими (типово не більше одного міліметра). Це дозволяє вважати, по-перше, що індукція магнітного поля є однаковою в активних частинах обох перетворювачів Холла, і, по-друге, що електромагнітні наводки на потенційних виводах високочутливого перетворювача Холла та петлі електромагнітної компенсації є приблизно рівними за величиною.

Використання запропонованого вимірювального перетворювача в пристроях високоточного вимірювання змінних магнітних полів передбачає два режими роботи. Перший режим використовується для вимірювання індукції досліджуваного магнітного поля, а другий режим - для контролю чутливості перетворювача.

В першому режимі роботи використовують другий перетворювач Холла та петлю електромагнітної компенсації. Як вище відзначалося, на виводах перетворювача Холла в магнітному полі, крім корисного сигналу  $V_{H46}$ , формується напруга електромагнітної завади  $V_{EM46}$

$$V_{46} = V_{H46} + V_{EM46}.$$

Наявність останньої зменшує точність вимірювання змінних магнітних полів. У вимірювальному перетворювачі згідно винаходу завдяки симетрії виводів другого перетворювача Холла та петлі електромагнітної компенсації, напруга електромагнітної завади  $V_{EM46}$  на цих виводах та напруга  $V_{EM27}$  на петлі електромагнітної компенсації є приблизно однаковими  $V_{EM46} \approx V_{EM27}$ . В процесі обробки сигналу вимірювального перетворювача використовуючи напругу  $V_{EM27}$  проводять компенсацію напруги завади  $V_{EM46}$  на потенційних виводах другого перетворювача Холла. Це дозволяє виділити сигнал  $V_x$ , який є близьким до Холлівської напруги  $V_{H46}$ , яка є інформативним параметром вимірювального магнітного поля

$$V_x = V_{46} - V_{EM27} = V_{H46} + V_{EM46} - V_{EM27} \approx V_{H46}.$$

Проте, внаслідок таких факторів, як певна симетричність виводів та неузгодженість вхідних імпедансів вимірювальних кіл, провести ідеальне виділення корисного сигналу не уявляється можливим. Із збільшенням частоти вимірювального магнітного поля напруга завади  $V_{EM46}$  зростає, що обумовлює зменшення точності вимірювання. Мінімізація товщини активного шару другого перетворювача Холла у вимірювальному перетворювачі згідно винаходу забезпечує підвищення співвідношення між напругою корисного сигналу  $V_{H46}$  та напругою завади  $V_{EM46}$ . Це, в свою чергу, сприяє підвищенню точності вимірювання.

Проте, як відзначалося вище, високочутливі перетворювачі Холла з тонкими товщинами активного шару характеризуються недостатньою часовою стабільністю. Це потребує періодичного контролю їх параметрів. Саме такий контроль проводять в другому режимі роботи запропонованого вимірювального перетворювача. Для цього останній розміщують в одній або декількох точках постійного магнітного поля і вимірюють напруги на потенційних виводах обох перетворювачів Холла. В цьому режимі використовують перший та другий перетворювачі Холла. Перший перетворювач Холла має достатньо високу часову стабільність чутливості, а тому його використовують як опорний при контролі чутливості другого перетворювача Холла.

В результаті проведеного контролю визначають чутливість другого перетворювача Холла. Періодичність проведення контролю визначається такими факторами, як часовий дрейф високочутливого перетворювача Холла та точність з якою необхідно проводити вимірювання. Доречно відзначити, що при вимірюванні напруг на потенційних виводах перетворювачів Холла, розміщених в постійному магнітному полі, рівнем електромагнітної завади можна знехтувати. Отже, точність вимірювання сигналів в обох перетворювачах Холла може бути достатньо високою, що, в свою чергу, забезпечує високу якість процедури контролю.

Таким чином, використання в запропонованому вимірювальному перетворювачі магнітного поля трьох компонентів - високочутливого перетворювача Холла, високостабільного перетворювача Холла та петлі електромагнітної компенсації дозволяє підвищити точність вимірювання високочастотних магнітних полів. В смузі частот магнітного поля 1+2МГц, що на порядок більше ніж в аналогах, забезпечується підвищення точності вимірювання в декілька раз.

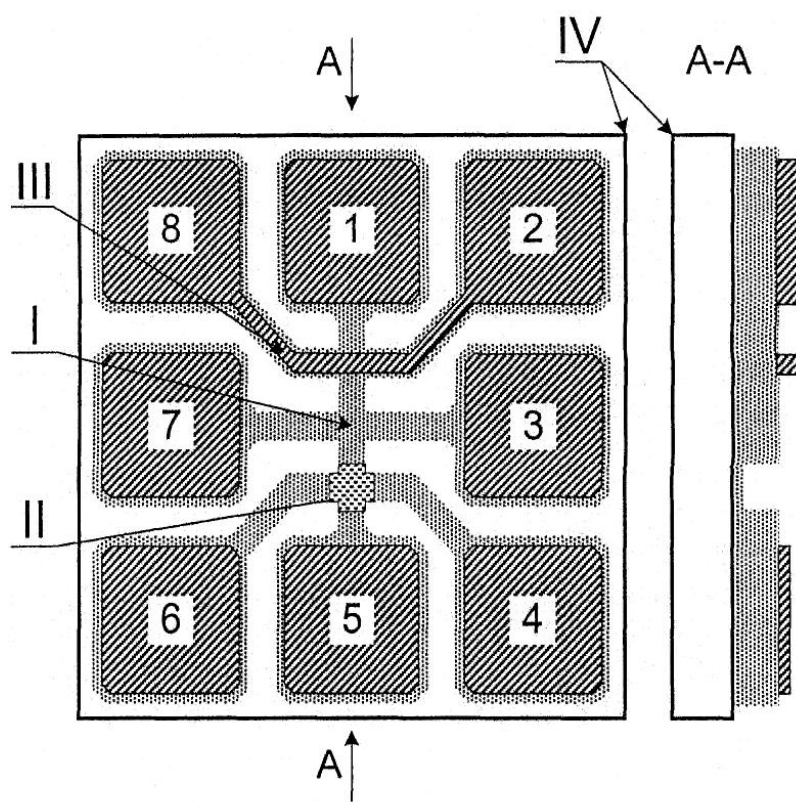


Fig. 1.

Fig. 2.