

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

Відомий вимірювальний перетворювач магнітного поля, який містить напівпровідникову область, типово прямокутної форми, та чотири виводи - по одному на кожній стороні напівпровідникової області. Два навпроти розміщені виводи є струмовими, а два інші - потенційними [R.S. Porovic, Hall Effect Devices, Adam Hilger, Bristol, Philadelphia and New York, 1991. P.61]. Такий перетворювач дозволяє вимірювати індукцію магнітного поля. В першому наближенні холлівська напруга перетворювача V_H (вихідний сигнал) визначається як

$$V_H = K \cdot I \cdot B \cdot \sin \alpha,$$

де K - коефіцієнт пропорційності; I - робочий струм перетворювача; B - індукція магнітного поля;

$\sin \alpha$ - синус кута між вектором індукції та площиною напівпровідникового шару.

Однак, недоліком такого перетворювача є, по-перше, неможливість вимірювати просторовий розподіл магнітного поля без відповідного просторового переміщення перетворювача, і по-друге, неможливість вимірювати магнітне поле, вектор індукції якого лежить в паралельній до напівпровідникової області площині.

Найближчим аналогом є відомий вимірювальний перетворювач магнітного поля, що містить напівпровідниковий шар прямокутної форми, два струмові контакти та декілька пар потенційних контактів, сформованих по периметру напівпровідникового шару, причому потенційні контакти знаходяться між струмовими контактами та є попарно симетричними відносно осі напівпровідникового шару, тобто лінії, що проходить через його центр і є паралельною його довшій стороні [Большакова І.А., Гумен І.С., Мороз А.П., Московец Т.А. Магнітний мультисенсор. Патент на винахід №52637. Україна. Бюл. №1, 2003р.]. Різниця напруг на кожній парі потенційних виводів такого перетворювача є пропорційною значенню струму через струмові виводи та індукції магнітного поля в області напівпровідникового шару, яка знаходиться між потенційними виводами.

Маючи декілька пар потенційних виводів, такий перетворювач дозволяє проводити вимірювання магнітного поля одночасно в декількох точках простору, тобто, вимірювати просторовий розподіл магнітного поля без переміщення перетворювача відносно магнітного поля.

Однак, цей перетворювач дозволяє вимірювати лише компоненту магнітного поля, направлену перпендикулярно до напівпровідникового шару, що обмежує його функціональні можливості. Частковим вирішенням проблеми вимірювання магнітних полів з вектором індукції, який знаходиться в паралельній площині до напівпровідникового шару перетворювача є використання принаймні двох перетворювачів, напівпровідникові шари яких є взаємно повернуті в просторі (переважно під прямим кутом). Принциповим недоліком такого рішення є те, що внаслідок наявності виводів, які розміщені по периметру перетворювачів - наведених вище аналогів, їх напівпровідникові шари не можуть бути просторово суміщеними. Це істотно погіршує просторову роздільну здатність та точність вимірювання магнітних полів. Тому можна вважати, що використання декількох повернутих в просторі вище розглянутих перетворювачів, і, зокрема, перетворювача - найближчого аналога, не має практичного сенсу.

В основу винаходу поставлено задачу створити вимірювальний перетворювач магнітного поля, в якому введення нових елементів та зв'язків дозволяє розширити його функціональні можливості, а саме - забезпечити вимірювання двох ортогональних проекцій вектора індукції магнітного поля, що, в свою чергу, підвищує просторову роздільну здатність та точність вимірювання високоградієнтних магнітних полів.

Поставлене завдання досягається тим, що вимірювальний перетворювач магнітного поля, який містить напівпровідниковий шар та декілька виводів, сформованих по периметру напівпровідникового шару, і в якому, згідно винаходу, напівпровідниковий шар виконано у вигляді просторового елемента, що складається з двох дзеркально симетричних плоских ділянок, причому площини цих ділянок та всіх виводів, приєднаних до них, утворюють двогранний кут.

Таке виконання напівпровідникового шару дозволяє створити вимірювальний перетворювач магнітного поля, який здатний вимірювати дві складові вектора індукції поля. Це розширює функціональні можливості вимірювального перетворювача, зокрема, дає можливість вимірювання двох ортогональних проекцій вектора індукції магнітного поля. На відміну від найближчого аналога, завдяки тому, що дві по різному орієнтовані чутливі до магнітного поля ділянки напівпровідникового шару перетворювача безпосередньо межують одна з одною по ребру утвореного ними двогранного кута, забезпечується висока просторова роздільна здатність та точність вимірювання високоградієнтних магнітних полів.

На Фіг. зображена схема вимірювального перетворювача магнітного поля, на якій показано напівпровідниковий шар 1. Напівпровідниковий шар має дві плоскі ділянки, які межують по ребру двогранного кута (вісь Z), утвореного ними, і до яких по їх периметру сформовано виводи 1х-5х та 1у-5у, причому ці дві ділянки симетричні відносно площини, що проходить по бісектрисі двогранного кута. Величина цього кута β переважно становить 90° . Ділянка напівпровідникового шару з виводами 1х, 2х, 3х, 4х та 5х лежить в площині XZ , а друга ділянка з виводами 1у, 2у, 3у, 4у та 5у - в площині YZ . На Фіг. також зображено також вектор індукції вимірюваного магнітного поля B та його проекції на осі X та Y .

В процесі вимірювання чутливу ділянку перетворювача, яка прилягає до ребра двогранного кута, розміщують в магнітному полі, просторовий розподіл якого вздовж осі Z є предметом дослідження. По відношенню до відомих перетворювачів вищенаведених аналогів, процес вимірювання вихідних сигналів перетворювача згідно винаходу має принципову відмінність.

При проходженні через напівпровідниковий шар струму живлення вимірювального перетворювача на його вихідних (потенційних) виводах формуються напруги, які мають дві складові. Перша складова, яка зумовлена перерозподілом носіїв заряду, що дрейфують в електричному полі під дією сили Лоренца, є корисним сигналом. Ця складова (холлівська напруга V_H) є функцією індукції магнітного поля в чутливій ділянці вимірювального перетворювача. Друга складова (синфазна складова V_S), яка дорівнює спаду напруги на напівпровідниковому шарі, є паразитною.

В перетворювачах - аналогах вихідний сигнал формується на парі потенційних виводів в диференційній формі, що дозволяє вважати синфазну складову сигналу V_S рівною нулю, а вихідний сигнал рівним холлівській напрузі V_H . На відміну від цього, вихідні сигнали перетворювача згідно винаходу формуються на

потенційних виводах, які не мають своєї пари. Таким чином, ці вихідні сигнали мають обидві вищезгадані складові, $V_{OUT}=V_S+V_N$, а тому потребують компенсації синфазної складової сигналу V_S . Для компенсації формують ряд опорних напруг V_0 . Враховуючи дрейф синфазної складової V_S , який обумовлений магніторезистивним та терморезистивним ефектами опорні напруги V_0 також повинні відповідно змінюватися.

Живлення вимірювального перетворювача, формування опорних напруг V_0 та вимірювання вихідних напруг здійснюється в такий спосіб. При кожному вимірюванні вибирають трійку суміжно розміщених виводів і струм живлення пропускають через крайні виводи трійки. На цих же виводах вимірюють напругу V_i , яка служить для формування опорної напруги V_0 . Типово при однакових розмірах виводів та однаковій відстані між ними $V_0=V_i/2$. Вихідна напруга V_{OUT} , що є сумою холлівської та синфазної напруг, вимірюється як напруга між середнім виводом та одним з виводів трійки. Є очевидним, що синфазна складова V_S становить половину від напруги між крайніми виводами трійки $V_S= V_i/2$. Таким чином, результатом вимірювання буде $V_{OUT}-V_0=V_S+V_N-V_0=V_i/2+V_N-V_i/2=V_N$, тобто холлівська напруга.

В таблиці наведено комбінації виводів перетворювача (Фіг.), спосіб формування його корисних сигналів та інформативне магнітне поле, яке обумовлює корисний сигнал. Перетворювач дозволяє виміряти дві ортогональні складові магнітного поля B_x , B_y в трьох ділянках простору, які відповідають ділянкам напівпровідникового шару між виводами 2х-2у, 3х-3у та 4х-4у.

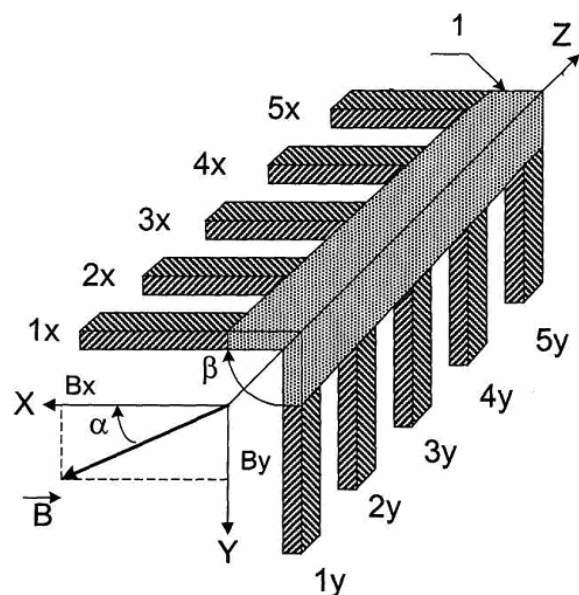
Таблиця

№ вимірювання	Струмові виводи	Потенційний вивід	Корисний сигнал	Інформативне магнітне поле
1.	1х, 3х	2х	$V_{2x-1x}-V_{3x-1x}/2$	$B\sin\alpha$
2.	2х, 4х	3х	$V_{3x-2x}-V_{4x-2x}/2$	$B\sin\alpha$
3.	3х, 5х	4х	$V_{4x-3x}-V_{5x-3x}/2$	$B\sin\alpha$
4.	1у, 3у	2у	$V_{2y-1y}-V_{3y-1y}/2$	$B\sin(\beta-\alpha)$
5.	2у, 4у	3у	$V_{3y-2y}-V_{4y-2y}/2$	$B\sin(\beta-\alpha)$
6.	3у, 5у	4у	$V_{4y-3y}-V_{5y-3y}/2$	$B\sin(\beta-\alpha)$

Виготовляють вимірювальний перетворювач використовуючи технологію об'ємних або тонкоплівкових структур. При виготовленні перетворювача на тонкоплівкових структурах його напівпровідниковий шар та виводи наносять на підкладку, після чого здійснюють розділення на дзеркально симетричні ділянки та їх поворот на потрібний кут разом з підкладкою.

На відміну від найближчого аналога, завдяки безпосередній просторовій близькості чутливих ділянок напівпровідникового шару перетворювача згідно винаходу забезпечується висока просторова роздільна здатність, а отже точність вимірювання високоградієнтних магнітних полів. Просторова роздільна здатність такого перетворювача залежить від ширини ділянок напівпровідникового шару між виводами та ребром двогранного кута ними утвореного. Ця ширина може бути зроблена малою (типово менше декількох десятків мікрометрів, що визначається параметрами фотолітографії та травлення плівки).

Таким чином, просторова роздільна здатність вимірювального перетворювача згідно винаходу не перевищує декілька десятків мікрометрів. Як вище відзначалось, наявність виводів, які розміщені по периметру відомого перетворювача, не дозволяє просторово сумістити напівпровідникові шари до відстані менше декількох міліметрів. Таким чином, просторова роздільна здатність та і обумовлена нею точність вимірювального перетворювача згідно винаходу покращені на два порядки.



Фіг.