

УДК 621.3.084

**РОЗРОБКА ПІДСИЛЮВАЧА ДЛЯ ДАВАЧА ХОЛА НА
НИТКОПОДІБНОМУ КРИСТАЛІ**

Новіков О.О., Черема С.Ю., Херсонський Національний Технічний
Університет

**DEVELOPMENT AMPLIFIER FOR HALL SENSORS ON
FILAMENTARY CRYSTAL**

Novikov A.A., Cherema S.Y., Kherson National Technical University

Досліджено можливість підсилення вихідного сигналу з давача Холла на мікрокристалі для вимірювання слабких магнітних полів, та його взаємодію з сучасними підсилюючими елементами. Показана можливість підсилення слабого сигналу давача за допомогою операційних підсилювачів на готовій мікросхемі, приведені приклади можливих електричних схем підсилювачів.

Ключові слова: ниткоподібний кристал, датчик Холла, підсилення, операційний підсилювач.

The possibility of amplifying the output signal from the Hall sensor on microcrystals measuring weak magnetic fields, and its interaction with modern reinforcing elements. The possibility of strengthening weak signal sensor using operational amplifiers in the finished chip, brought examples of possible electrical circuits amplifiers.

Keywords: whiskers, hall sensor, gain operational amplifier.

1. Введення.

Термін підсилювач в своєму первинному значенні відноситься до перетворення (збільшення, підсилення) однієї з характеристик початкового вхідного сигналу при цьому вид сигналу залишається незмінним.

Підсилювач – елемент системи управління (або реєстрації та контролю), призначений для підсилення вхідного сигналу до рівня, достатнього для

спрацювання виконуючого механізму (або реєструючих елементів), за рахунок енергії допоміжного джерела, або за рахунок зменшення інших характеристик вхідного сигналу

Метою даної статті є розробити підсилювач для давача Хола на ниткоподібному кристалі.

2. Ціль та задачі дослідження.

Електронним підсилювачем називається пристрій, призначений для посилення потужності електричного сигналу без спотворення його форми і частоти (для лінійного підсилювача).

Необхідність у підсилювачі виникає тоді, коли потужність джерела сигналу менша від потужності навантаження. У такому разі, послідовно з навантаженням вмикають зовнішнє джерело живлення і підсилюючий елемент (ПЕ). Джерело сигналу діє не безпосередньо на навантаження, а на вхід ПЕ і, змінюючи провідність останнього, забезпечує пропорційні вхідному сигналу зміни струму у колі навантаження. В результаті у навантаженні виділяється необхідна величина потужності за рахунок енергії джерела живлення. Загальну структурну схему підсилювача наведено на рис. 1. [1]

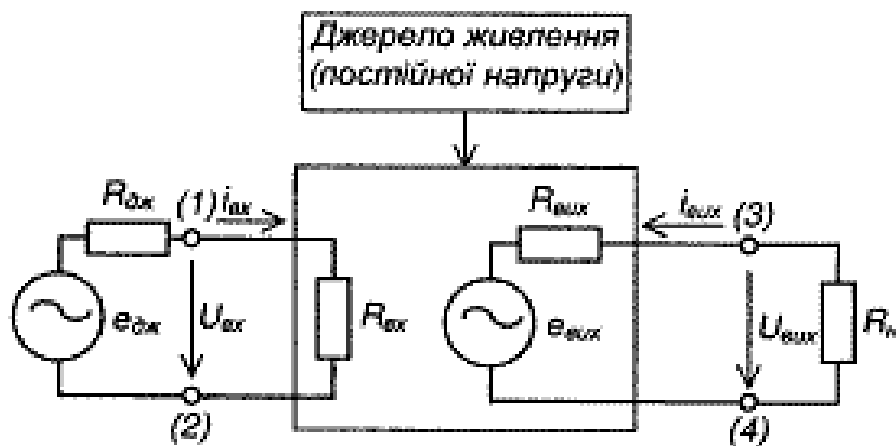


Рис. 1. Структурна схема підсилювача

Як ПЕ у сучасних підсилювачах зазвичай використовують транзистори (біполярні або польові), рідше – електронні лампи. [1]

Вхідний сигнал від керуючого джерела енергії $E_{дж}$ (джерела вхідного сигналу) подається на вхідні клеми (1) – (2) підсилювача через внутрішній опір

джерела Р_{дж}. Потужність джерела вхідного сигналу виділяється на вхідному опорі підсилювача R_{вх}. Навантаження підключається до клем (3) – (4). Вхідний малопотужний сигнал керує кількістю енергії, що подається у навантаження від джерела живлення значно більшої потужності (підсилювальні властивості вихідного кола представлені за допомогою додаткової електрорушійної сили – E_{вих}). Таким чином, завдяки використанню ПЕ і зовнішнього джерела живлення стає можливим підсилення малопотужного вхідного сигналу. [1]

3. Матеріали та методи дослідження.

Об'єктом дослідження являється процес підсилення слабкого сигналу з давача Хола. Давачам Холла елементом якого є ниткоподібний кристал арсеніду-індію. Такий датчик використовують для вимірювання слабких магнітних полів, тому його вихідна напруга сигналу приймає малі значення, що в свою чергу передбачає під собою необхідність посилення цього сигналу.

В виду цього в якості підсилювача був обраний операційний підсилювач LM324. Основою такого вибору стали близькі до ідеальних характеристики операційних підсилювачів: високий вхідний опір, низький рівень власних шумів, високий коефіцієнт підсилення, готові інтегральні збірки підсилювачів і наявність в даній збірці чотирьох інтегральних підсилювачів що дозволить підсилювати сигнали одразу кількох давачів за допомогою максимально подібних підсилювачів.

Опис підсилювача LM324. Мікросхема серії LM324 являється недорогим операційним підсилювачем, яка має прямий диференціальний вхід, внутричастотну компенсацію при однократному підсиленні і захист від короткого замикання.

В одному корпусі мікросхеми розташовано чотири незалежних один від одного операційних підсилювача. Вони мають ряд незаперечних переваг порівняно з типовими операційними підсилювачами, використовуваними в схемах з однополярним живленням. ОП LM324 чудово працює в широкому діапазоні напруг живлення: від 3 В до 32 В. Мікросхема виробляється в корпусах типа SOIC та DIP. [2]

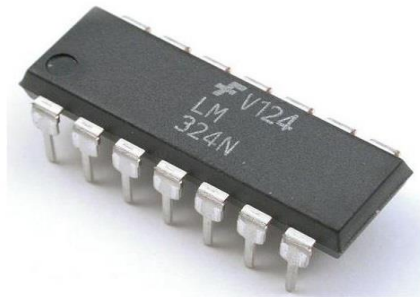


Рис. 2. Мікросхема LM324N

Технічні дані операційного підсилювача LM324:

Напруга живлення:

— однополярне: 3...32 В.

— двополярне: 1,5...16 В.

Підсилення по постійній напрузі: 100 дБ.

Власний струм потребування: 700 мкА.

Вхідний струм зміщення (з температурною компенсацією): 45 нА.

Вхідна напруга зміщення: 2 мВ.

Діапазон вхідної синфазної напруги включає землю.

Диференціальний діапазон вхідної напруги досягає напруги живлення.

Вихідної напруги: від 0 до $U_{жив.} - 1,5$ В. [2]

Обробка результатів дослідження

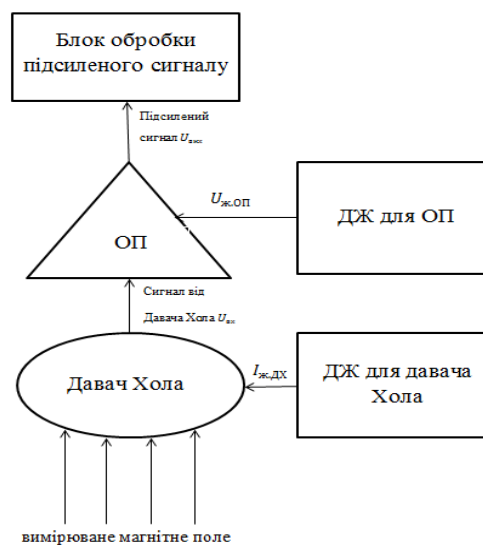


Рис. 3. Блок-схема підсилювача для давача Хола

Коефіцієнт підсилення для ОП вираховується за формулою:

$$K_U = R_{NZZ} / R_{HOUT} \quad (1)$$

де R_{NZZ} – опір негативного зворотного зв'язку;

R_{HOUT} – опір виходу давача хола (рис. 4).

Ціллю підсилення сигналу давача хола є привести рівень його сигналу до рівня зручного для обробки АЦП або іншими пристроями, які працюють з рівнями сигналів в одиниці В. Тому виходячи з характеристик давача під час вимірювання магнітного поля в 400мТл: [3, 4]

номінальний струм $I_H = 10$ мА;

магнітна чутливість $K_B = 31$ мВ/Тл;

коефіцієнт не лінійності $K_H = 0,6$;

температурний коефіцієнт $K_{ТВ} = 2$ % град⁻¹;

Прийmemo напругу сигналу в 31мВ/Тл за основу і підсилимо її до рівня 3.1В зручну для використання. Тобто підсилимо її в 100 разів, підставимо значення в (1):

$$100 = \frac{R_{NZZ}}{31} \quad (2)$$

Тобто $R_{NZZ} = 3100$ Ом.

4. Експериментальні дані та їх опрацювання.

На основі мікрокристалів антимоніду та арсеніду індію виготовляють магнітні мікросенсори, які задовольняють вимоги мінімізації ваги, габаритів та споживаної потужності. Досконалість структури та поверхні мікрокристалів, а також можливість отримувати їх з заданими розмірами та формою, дозволяє усунути в технологічному процесі отримання сенсорів такі операції, як попередня обробка кристалів (різання, шліфування, травлення). Це дає можливість не тільки спростити технологічний процес виготовлення, а й покращити характеристики сенсорів. Отже мікрокристали згаданих напівпровідників є готовими чутливими елементами для створення на їх основі

мікросенсорів. [3]

Технологічний процес виготовлення мікросенсорів складається з операцій створення електричних виводів, конструювання та виготовлення зондів з мікросенсорами. Електричні виводи приєднуються приварюванням золотих мікродротинок діаметром 0,014мм за допомогою крапкового імпульсного зварювання. Контакти відповідають вимогам комірності та механічної міцності. Вони витримують термоудари при багаторазових охолодженнях до 4.2 та 77 К. Отже виготовлені мікросенсори можна використовувати в широкому інтервалі температур, включаючи кріогенні. Геометричні розміри мікросенсорів становлять 0,05×0,05×0,02 мм або 0,15×0,06×0,03 мм, таким чином об'єм найменших чутливих елементів не перевищує $5 \cdot 10^{-5} \text{мм}^3$. Вага їх 10^{-6}г , споживана потужність 10^{-9}Вт . Конструювання зондів з мікросенсорами проводиться в кожному випадку окремо, враховуючи особливості кожної вимірювальної задачі та конфігурацію магнітної системи, для використання в якій вони призначені.[3]

Отримання мікрокристалів напівпровідників групи A^3B^5 . Мікрокристали отримують з парової фази. Для отримання мікрокристалів використовують метод хімічних транспортних реакцій, пристосований для конкретних напівпровідникових метеріалів антимоїду та арсенїду індію. Вирощування проводять в запаяних кварцових ампулах. Як транспортуючи агенти використовують йод або бром, а також комбінацію цих двох галогенів.

Для отримання кристалів електронного типу провідності використовують донорні домішки телур та олово, амфотерну домішку германію. Також можливо отримувати матеріал з дірковим типом провідності з використанням таких акцепторних домішок як цинк, кадмій та золото.

Концентрація транспортуючого агента переважно знаходиться у межах від 0,5 до 1 мг · см³. Температура зони джерела для антимоїду індію в межах від 700 до 750 К, зони кристалізації від 950 до 1000 К. Для арсенїду індію температуру зони кристалізації змінюють від 800 до 1050 К, зони джерела від 1100 до 1150 К. [3]

Зіставлення схеми підсилювача. За основний підсилюючий елемент схеми підсилювача для давача хола на ниткоподібному кристалі був взятий операційний підсилювач (ОП) на базі мікросхеми LM324. Коефіцієнт підсилення регулюється відношенням резисторів R_{NZZ} до R_{HOUT} .

Під час проведення експерименту (комп'ютерного моделювання роботи підсилювача) було зіставлено 2 електричних схеми: інвертуючий підсилювач з НЗЗ рис. 4, не інвертуючий підсилювач з ПОС рис. 5.

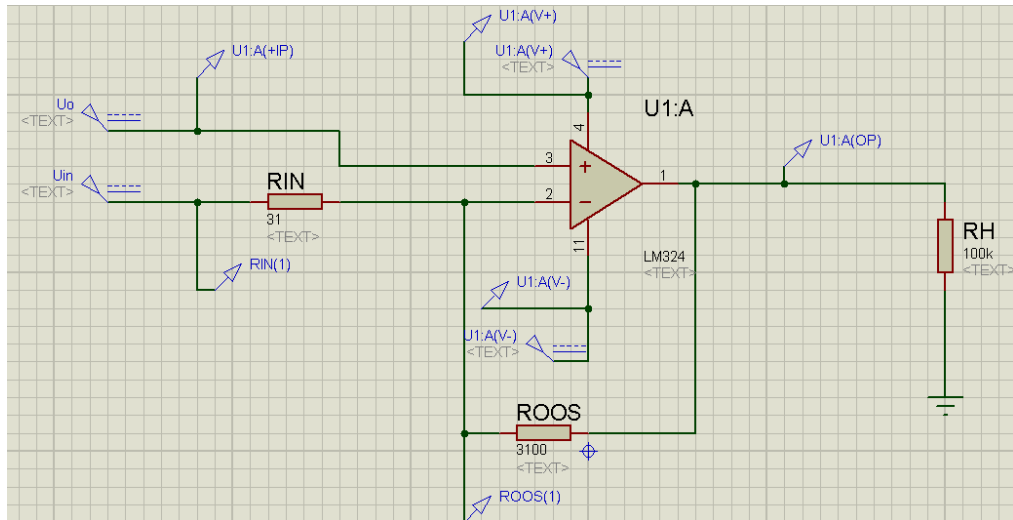


Рис. 4. Принципова схема інвертуючого підсилювача на ОП з НЗЗ

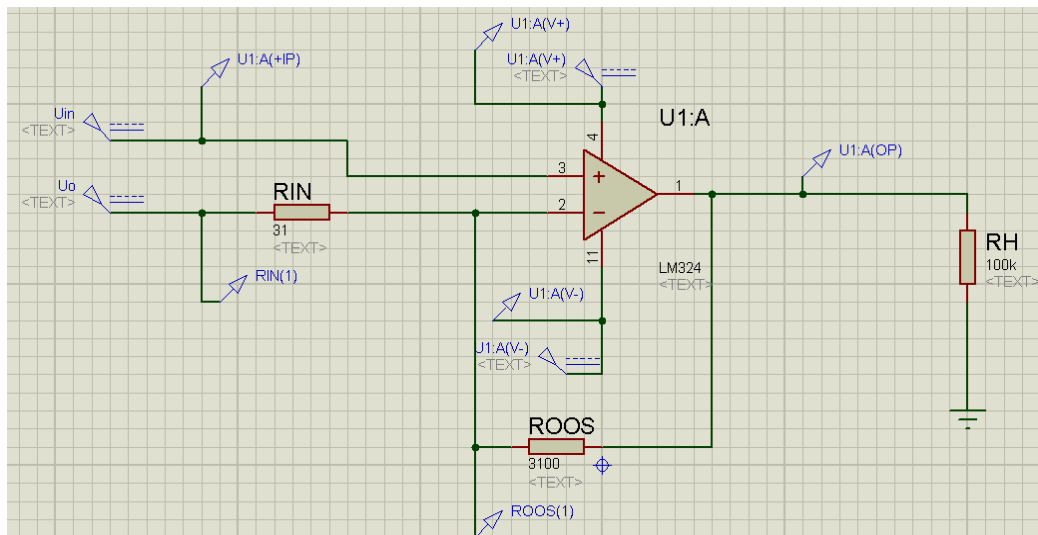


Рис. 5. Принципова схема неінвертуючого підсилювача на ОП з ПЗЗ

В результаті експерименту було зроблено наступні висновки. В якості підсилювача для давача хола на ниткоподібному кристалі краще підходить схема інвертуючого підсилювача на ОП з НЗЗ, так як вона вносить менше

погрішностей і спотворень у підсилений сигнал відносно підсилюваного, а її коефіцієнта підсилення більш ніж досить для отримання потрібного рівня сигналу.

5. Висновки.

Вивчено методи отримання ниткоподібних кристалів напівпровідникових матеріалів групи A^3B^5 . Встановлено, що в процесі вирощування мікрочастин технологічно керуючи часом технологічного процесу, концентрацією транспортного агента, концентрацією легуючих домішок в газовій фазі, температурами в зоні джерела та зоні кристалізації можна регулювати такі їхні характеристики як геометричні розміри, форму, тип провідності та концентрацію легуючих домішок. Досліджено типи електронних підсилювачів і їх взаємодія з мініатюрними датчиками магнітного поля на мікрочастинках.

В результаті проведення експерименту виявлено, що найбільш доцільно в якості підсилюючого елемента для давача на мікрочастинці використовувати операційний підсилювач в виду його високого коефіцієнту підсилення та максимальної наближеності до ідеального підсилювача.

Також встановлена доцільність використання ОП на готових мікросхемах з корегуванням характеристик навісним обладнанням.

Література:

1. *Колонтаєвський Ю.П., Сосков А.Г.* Промислова електроніка та мікросхемотехніка. Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів освіти. – К.: Каравелла, 2004. – 428 с.

2. *Datasheet LM324* технічна документація від виробника ОП

3. *Вісник Державного університету «Львівська політехніка»* Елементи теорії та прилади твердотілої електроніки, стаття Большакова І.А. 1998р.

4. *Сподоба А.В., Литвиненко В.Н.* Анализ источников электропитания радиоэлектронной аппаратуры // Биомедицинская инженерия и электроника. – 2013. – № 1;

URL: biofbe.esrae.ru/184-907 (дата обращения: 20.11.2016).