

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторної роботи № 5

«Дослідження магнітодіодів»

з дисципліни «Автоматичне керування зварюванням» для
студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» усіх форм навчання

2017

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи № 5
«Дослідження магнітодіодів» з дисципліни «Автоматичне керування
зварюванням» для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка»
усіх форм навчання / Укл.: А.О. Шумілов, О.Є. Капустян – Запоріжжя:
ЗНТУ, 2017. - 10 с.

Укладачі: А.О. Шумілов, канд. техн. наук, доцент

О.Є. Капустян, ст. викладач;

Рецензент: Ю.М. Савонов, канд. техн. наук, доцент

Редактор: І.П. Аверченко

Відповідальний за випуск: О.Є. Капустян

Затверджено

на засіданні кафедри ОТЗВ

Протокол № 8 від 29.03.2017

Рекомендовано до видання

НМК ІФФ

Протокол № 8 від 11.04.2017

1 МЕТА РОБОТИ

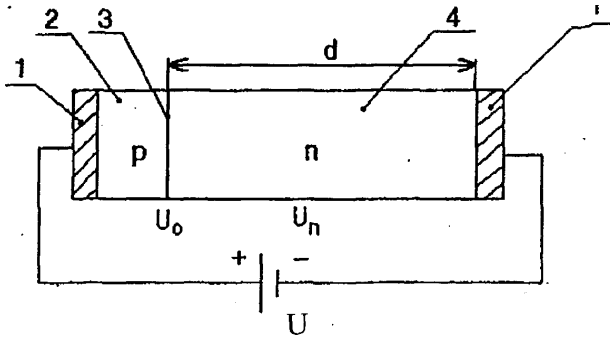
Вивчити конструкцію, принцип дії та зовнішні характеристики напівпровідникових магнітодіодів.

2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

2.1 Принцип дії магнітодіодів

Магнітодіоди - це напівпровідникові діоди з р-п - переходом, в яких вольт-амперна характеристика змінюється під дією магнітного поля. Конструктивно магнітодіод являє собою р-п-перехід з невідпрямляючим омичним контактом, між якими знаходиться область високоомного напівпровідника (рис. 2.1). Відмінність від традиційних напівпровідникових діодів полягає тільки в тому, що магнітодіод виготовляється з базою, довжина якої є у декілька разів більше довжини дифузійного зміщення носіїв L (кілька мм), тоді як в звичайних діодах $d < L$. Падіння напруги відбувається не на р-п-переході, як у звичайному напівпровідниковому діоді, а на високоомній базі. При збільшенні індукції поперечного магнітного поля і за рахунок відхилення траєкторії носіїв заряду до поверхні напівпровідника, опір бази значно зростає. Зростає загальний опір діода, прямий струм зменшується, спостерігається магнітодіодний ефект. Вольт-амперні характеристики магнітодіодів показують, що з підвищенням магнітної індукції прямий струм зменшується (рис. 2.2). Великий опір бази призводить до того, що магнітодіоди мають значно більшу пряму напругу, ніж звичайні діоди.

При підключенні зовнішнього джерела живлення у прямому напрямі відбувається інжекція дірок з р-області в п-область. Внаслідок цього в обох частинах р-п-переходу почне, відповідно, зростати концентрація електронів та дірок. Якщо рівень інжекції достатньо великий, то провідність п-області буде визначатися концентрацією нерівноважних носіїв. Інжектвані дірки дифундують від р-п-переходу у товщу п-напівпровідника на деяку відстань L , яка зветься дифузійною довжиною. На цій відстані концентрація нерівноважних носіїв зменшується в $e = 2,78$ разів/



1 - омичні контакти; 2 - напівпровідник р-типу з високою концентрацією рівноважних носіїв; 3 - "р-п"-перехід; 4 - товща напівпровідника з низькою концентрацією рівноважних носіїв;

Рисунок 2.1 - Конструкція магнітодіоду

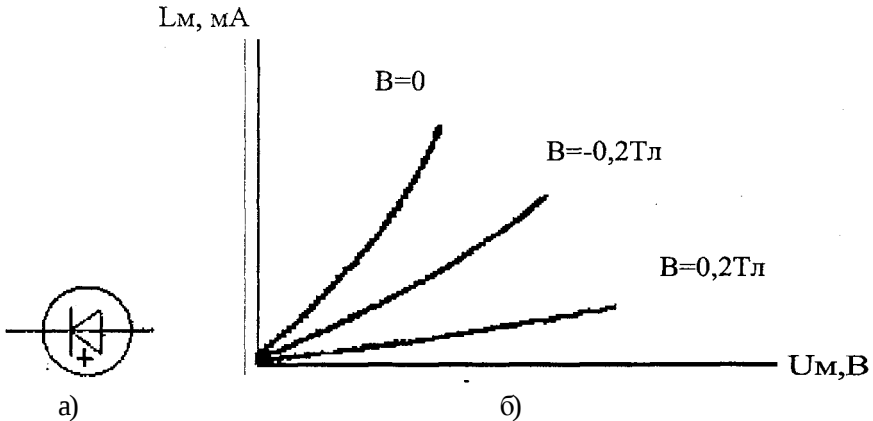


Рисунок 2.2 - Умовне зображення (а) та вольт-амперні характеристики (б) магнітодіода КД 303

$$L = [2bD_{\text{эф}}T/(b + 1)]^{0,5},$$

$$b = W_n/W_p,$$

де b - відношення рухомості електронів та дірок;

T - час життя носіїв;

$D_{\text{эф}}$ - коефіцієнт сумісної дифузії.

Якщо такий діод помістити у поперечне магнітне поле, то D_{ef} буде зменшуватися вслід скривлення траєкторії руху носіїв під впливом сили Лоренца. Вплив зменшення L на ріст опору p - області досягає максимуму при деяких значеннях d/L , де d - довжина p - області. Для германія, наприклад, значення $d/L = 4 \dots 6$.

Іншими словами під впливом поперечного магнітного поля різко зростає опір діода у прямому напрямі.

2.2 Основні параметри магнітодіодів

Пряма напруга U_m - падіння напруги на магнітодіоді у провідному напрямі при пропусканні через нього номінального прямого струму.

Прямий струм i_m - значення прямого струму через магнітодіод, яке не підвищує його температуру при тривалому часу роботи у нерухомому повітрі.

Максимально допустимий прямий імпульсний струм - $i_{m \text{ max}}$, при тривалості імпульсів < 6 мс, та середній допустимій потужності на магнітодіоді.

Максимально допустимий постійний зворотний струм $i_{m \text{ зв}}$, дорівнюючий значенню зворотного струму при напрузі 100 В.

Максимальна допустима розсіювана потужність - P_{max} , потужність при якій температура переходу не перевищує допустиму у середовищі з нерухомим повітрям при 25°C .

Вихідний сигнал (по напрузі) $U_{\text{в}}$. Являє собою різницю вихідних напруг:

$$\Delta U = U_{\text{вих}} = U_{\text{в}} - U_0,$$

де $U_{\text{вих}}$ - напруга на виході магнітодіода при номінальному значенні індукції магнітного поля;

U_0 - напруга на виході магнітодіода при відсутності магнітного поля ($B = 0$).

Магнітна чутливість $\gamma_{\text{мг}}$, визначаєма як прирощення падіння напруги у прямому напрямі при постійному значенні прямого струму до відповідного прирощення магнітного поля:

$$\gamma_{mg} = (U_{MB} - U_{M0}) / B,$$

де U_{MB} - пряме падіння напруги при магнітній індукції B ;

U_{M0} - пряме падіння напруги при $B=0$.

Розрізняють два типи магнітної чутливості: вольтову магніточутливість γ_U - зміну напруги на магнітодіоді при зміні магнітного поля на 1 мТл і постійному значенні струму через магнітодіод, яка розраховується за формулою:

$$\gamma_U = \left(\frac{\Delta U}{\Delta B} \right)_{I=const}$$

Струмова магніточутливість γ_I визначається зміною струму через магнітодіод при зміні магнітного поля на 1 мТл і постійній напрузі:

$$\gamma_I = \left(\frac{\Delta I}{\Delta B} \right)_{U=const}.$$

Для виготовлення магніточутливих елементів магнітодіодів в основному використовуються германій і кремній.

В даний час існує широка номенклатура магнітодіодів, що відрізняються технологією виготовлення і конструктивним оформленням. При виробництві магнітодіодів використовуються сплавна, біполярна, металл-оксид-полупроводник технологія та інші технології.

Перевагою германієвих магнітодіодів є висока питома магнітна чутливість при низькій напрузі джерела живлення. Найвища чутливість цих магнітодіодів досягається при великих значеннях опору навантаження ($R_n = 1-100$ МОм), але при цьому сильно збільшується постійна часу і зростає напруга живлення.

Головним недоліком германієвих магнітодіодів вважається порівняно низька гранична температура експлуатації до $+85^\circ \text{C}$.

Магнітодіоди широко застосовуються: в якості чутливих елементів в функціонально-орієнтованих магнітних датчиках:

швидкості і напрямку обертання, кута повороту і перетворювачах типу «кут-код», рівня і т.п. Їх використовують в безконтактній клавіатурі ПЕОМ, вентильних електродвигунах, безконтактних реле граничного струму, регуляторах електричної потужності, в побутовій електронній апаратурі, системах автоматичного управління, пристроях зчитування інформації ЕОМ, в електронних і електрифікованих іграшках і т.д. Висока магнітна чутливість магнітодіодів дозволяє використовувати їх в безконтактних системах електронного запалювання; системах множення і ділення; схемах вимірювання електричної потужності і потужності СВЧ випромінювання; в магнітній дефектоскопії для контролю якості прокату труб, сталевих деталей, рейок, елементів ходової частини транспорту; в біології та медицині в якості датчиків вимірювання пульсу, кров'яного тиску, глибини дихання і т.д.

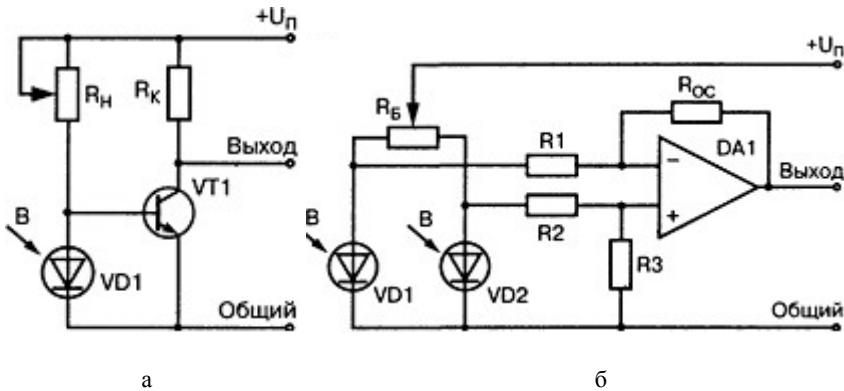
Сучасна груповая технологія ІС дозволяє випускати інтегральні перетворювачі магнітного поля на основі магнітодіодів, які можуть формуватися як в лінійні, так і в матричні магніточутливі структури з різним способом організації. Основне призначення таких приладів - це використання їх в системах візуалізації магнітного поля і пристроях зчитування інформації з магнітних носіїв (стрічок, карт і т.п.).

При використанні магнітодіодів необхідно враховувати ті ж вимоги і умови, що і при експлуатації інших типів перетворювачів магнітного поля, а також ті, які вказані в нормативно-технічній документації.

Магнітодіоди слід встановлювати таким чином, щоб силові лінії джерела керуючого магнітного поля були перпендикулярні бічним граням напівпровідникової структури. Допускається робота декількох магнітодіодів при їх послідовному з'єднанні.

Схеми включення магнітодіодів. Схему включення магнітодіода вибирають виходячи з конкретних умов застосування і, як правило, індивідуально для кожного типу приладів.

На рис. 2.3 дані без пояснень дві найпростіші схеми включення магнітодіодів в електричну схему.



а - в транзисторний каскад, б - до операційного підсилювача

Рисунок 2.3 - Найпростіші схеми включення магнітодіодів

Таблиця 2.1 - Електричні параметри магнітодіодів при $t = 25 \pm 10^\circ \text{C}$

Тип магнітодіода	Пряма напруга, В при $i_m = 3 \text{ mA}$	Магнітна чутливість, В/Тл	
		$i_m = 1 \text{ mA}$	$i_m = 3 \text{ mA}$
КД301А	$6,0 \dots 7,5^{+0,2}$	5	15
КД301В	$9,2 \dots 10,5^{+0,2}$	10	30
КД301Д	$12,2 \dots 13,5^{+0,2}$	15	45
КД301Ж	$15,2 \dots 20,0^{+0,2}$	20	60
КД303А	$4,0 \dots 5,0^{+0,1}$	-	10
КД303Ж	$13,1 \dots 15^{+0,1}$	-	45

*виготовляються безкорпусними з кремнію методом сплавної технології n-p-p⁺ типу

З КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНOSTІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ

1. Пояснити призначення та принцип дії магнітодіодів.
2. З яких матеріалів виготовляються магнітодіоди?
3. Назвати основні параметри магнітодіодів.
4. Як розрахувати магніточутливість приладу?

4 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ

Стенд для досліджень

5 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

1. До лабораторних робіт допускаються студенти після інструктажу з охорони праці та пожежної безпеки.
2. Забороняється вмикати електричні прилади та обладнання без дозволу завідуючого лабораторією або викладача.
3. У випадку виявлення неполадок обладнання студент мусить негайно повідомити викладача або завідуючого лабораторією.
4. При пожежі або ураженні електричним струмом студенти повинні діяти у відповідності до затверджених інструкцій з охорони праці та пожежної безпеки.

6 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

- 1 Ознайомитись з вимірювальними приладами Б5-49 та В7-21А.
- 2 Зібрати схему включення магнітодіодів для проведення вимірювання, рис. 6.1.
- 3 Ввімкнути джерело живлення і вимірювальні прилади.
- 4 Встановити на джерелі живлення напругу від 1,0 до 6 В і зняти показники струму через магнітодіод при відсутності магнітного поля. Дані спостережень занести до табл. 6.1.
- 5 Побудувати графічні залежності струму від напруги при $B = 0$, $B = 0,1$ Тл і $B = -0,1$ Тл, змінюючи положення магніту.
- 6 Розрахувати значення магніточутливості $\gamma_{\text{mg}}(B/\text{Тл})$ для трьох значень напруги 1,4 і 8 В.

Таблиця 6.1 - Дані спостережень

U_M, B	1	2	3	4	5	6	7	8	9
I_M, A									

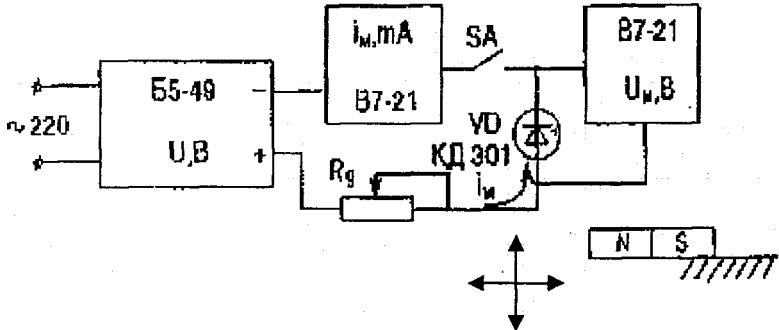


Рисунок 6.1 - Схема проведення експерименту

7 ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Тема та мета роботи.
2. Порядок проведення лабораторної роботи.
3. Результати дослідів, які оформлені у виді таблиць та графіків.
4. Висновки по роботі.

8 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Стафеев В.И., Каракушан Э.И. Магнитодиоды - М.: Наука, 1975. - 216 с.
2. Хомерики О.К. Полупроводниковые преобразователи магнитного поля. - М.: Энергоиздат, 1986. - 136 с.
3. Никулин И.М., Стафеев В.И. Полупроводниковые датчики. - М.: Советское радио, 1975. - 105 с.