

Лабораторна робота №2

Виконала студентка 1-го курсу

групи ІПС-12

Факультету комп'ютерних наук та кібернетики

Клевчук Марія

Дослідження напівпровідникових діодів

Контрольні питання

1. Які напівпровідникові матеріали використовують для виготовлення напівпровідникових електронних приладів?

Для виготовлення напівпровідникових електронних приладів використовують напівпровідники, до таких відносяться кремній (Si), германій (Ge) і їхні хімічні сполучення з іншими елементами.

2. Що таке домішковий напівпровідник, напівпровідник n-типу, p-типу?

Домішковий напівпровідник - це напівпровідник, до складу якого введені домішки інших елементів. Домішки можуть мати або більшу, або меншу валентність, ніж основний елемент напівпровідника.

Напівпровідник n-типу - це напівпровідник, до складу якого введені домішки з більшою валентністю, ніж основний елемент. Домішки з більшою валентністю віддають свої електрони в заборонену зону, утворюючи вільні електрони.

Напівпровідник p-типу - це напівпровідник, до складу якого введені домішки з меншою валентністю, ніж основний елемент. Домішки з меншою валентністю утворюють дірки в валентній зоні.

3. Якою домішкою буде алюміній для кремнію - донорною чи акцепторною?

Поясніть чому.

Алюміній має валентність 3, а кремній - 4. Тому алюміній, введений в кристал кремнію, буде мати один зайвий електрон. Цей електрон буде вільно пересуватися в забороненій зоні, утворюючи вільний електрон. Таким чином, алюміній є донорною домішкою для кремнію.

4. Що називають основними та неосновними носіями зарядів в напівпровіднику?

Основними носіями зарядів в напівпровіднику називають носії заряду, які постійно присутні в напівпровіднику в стані теплового рівноваги. Неосновними носіями зарядів в напівпровіднику називають носії заряду, які з'являються в напівпровіднику внаслідок зовнішніх впливів, таких як освітлення, нагрівання, електричне поле тощо. У чистому напівпровіднику основними носіями заряду є дірки. Дірки - це місця в валентній зоні, де відсутні електрони. Дірки можуть рухатися в напівпровіднику, утворюючи електричний струм.

У домішковому напівпровіднику основними носіями заряду можуть бути вільні електрони або дірки.

5. Чи існує збіднений шар на границі p-n-переходу, якщо зовнішня різниця потенціалів рівна нулю?

Так, збіднений шар існує на границі р-п-переходу, навіть якщо зовнішня різниця потенціалів дорівнює нулю.

6. Що таке зворотний струм р-п-переходу, чим він обумовлений та як він залежить від температури?

Зворотний струм р-п-переходу - це струм, який тече через р-п-перехід при прикладеній зворотній напрузі.

Зворотний струм р-п-переходу обумовлений рекомбінацією неосновних носіїв заряду в області збідненого шару.

Швидкість рекомбінації неосновних носіїв заряду залежить від температури напівпровідника. Чим вища температура напівпровідника, тим вища швидкість рекомбінації.

7. В чому різниця між омичним та диференційним опорами відкритого р-п-переходу? Який з них більше?

Основна відмінність між омичним і диференційним опорами відкритого р-п-переходу полягає в тому, що омичний опір є величиною постійною, а диференційний опір є величиною мінливою, яка залежить від прямої напруги. Зазвичай, диференційний опір відкритого р-п-переходу більше, ніж омичний опір. Це відбувається тому, що ширина збідненого шару при збільшенні прямої напруги зменшується, а швидкість дифузії основних носіїв заряду збільшується.

8. Що таке бар'єрна ємність р-п-переходу? Як вона залежить від знаку та величини прикладеної напруги?

На границі р-п переходу знаходиться збіднений носіями шар з властивостями діелектрика. Система стає подібною до конденсатора. Ємність такого конденсатора - бар'єрна, оскільки її існування зумовлене потенціальним бар'єром р-п переходу. Її величина залежить від товщини шару, зменшується з потовщенням
=> при збільшенні зворотної напруги зменшується ємність, при відкритому режим бар'єрна ємність відсутня.

9. Що таке пробій р-п-переходу? Опишіть основні фізичні процеси, які можуть обумовити це явище.

Пробій р-п-переходу - це явище, при якому зростання зворотного струму через р-п-перехід при прикладеній зворотній напрузі стає лавиноподібним.

Існує кілька основних фізичних процесів, які можуть обумовити пробій р-п-переходу:

- Лавинний пробій. При прикладеній зворотній напрузі в області збідненого шару р-п-переходу можуть виникати неосновні носії заряду - електрони в області р-типу і дірки в області п-типу. Ці неосновні носії заряду, рухаючись в електричному полі, можуть зіштовхуватися з основними носіями заряду, створюючи нові пари неосновних носіїв. Цей процес називається ланцюговою лавинною генерацією. При цьому зростає зворотний струм, що призводить до ще більшого зростання кількості неосновних носіїв заряду. Цей процес стає лавиноподібним і може призвести до руйнування р-п-переходу.

- Тунельний пробій. При високих значеннях зворотної напруги електрони можуть тунелювати через заборонену зону р-n-переходу. Це явище називається тунельним ефектом. При цьому зростає зворотний струм, що може призвести до руйнування р-n-переходу.
- Тепловий пробій. При тривалому впливі зворотної напруги в області збідненого шару р-n-переходу може накопичуватися велика кількість енергії. Це може призвести до перегріву і руйнування р-n-переходу.
- Поверхневий пробій. При наявності дефектів на поверхні р-n-переходу може виникнути локальне підвищення електричного поля. Це може призвести до пробою р-n-переходу в цьому місці.

Пробій р-n-переходу є небажаним явищем, оскільки він може призвести до руйнування р-n-переходу. Для запобігання пробою р-n-переходу необхідно дотримуватися допустимих значень зворотної напруги.

10. Що називають напівпровідниковим діодом?

Напівпровідниковий діод - це напівпровідниковий прилад з одним випрямним електричним переходом і двома зовнішніми виводами.

Напівпровідниковий діод широко використовується в електронних схемах. Він має такі основні характеристики:

- Випрямна властивість. Напівпровідниковий діод пропускає струм тільки в одному напрямку.
- Бар'єрна ємність. Напівпровідниковий діод має бар'єрну ємність, яка залежить від прикладеної напруги.
- Пробій. Напівпровідниковий діод може вийти з ладу при перевищенні допустимої напруги.

Напівпровідникові діоди широко використовуються в різних областях електроніки, таких як радіотехніка, електроніка зв'язку, обчислювальна техніка та ін.

11. Яка властивість р-n-переходу використовується для побудови випрямляючих діодів? Чим відрізняються низькочастотні випрямляючі діоди від високочастотних?

Для побудови випрямляючих діодів використовується властивість односторонньої провідності р-n-переходу. При прямому прикладанні напруги до р-n-переходу струм через нього значно збільшується, а при зворотному прикладанні напруги - значно зменшується.

Низькочастотні випрямляючі діоди мають більшу бар'єрну ємність і більший диференціальний опір, ніж високочастотні. Це пов'язано з тим, що низькочастотні діоди повинні пропускати через себе більший струм, ніж високочастотні.

12. Перелічіть основні параметри, якими характеризуються випрямляючі діоди. Порівняйте за цими параметрами германієві та кремнієві випрямляючі діоди.

Основні параметри, якими характеризуються випрямляючі діоди:

- Пряма напруга - це напруга, при якій через діод починає текти прямий струм.
- Прямі струм - це струм, який тече через діод при заданій прямій напрузі.

- Зворотна напруга - це напруга, при якій через діод починає текти зворотний струм.
- Зворотний струм - це струм, який тече через діод при заданій зворотній напрузі.
- Час відгуку - це час, який потрібен діоду для перемикання з прямого режиму в зворотний і назад.
- Частота зрізу - це частота, при якій діод перестає пропускати струм в прямому напрямку.
- Максимальна робоча температура - це температура, при якій діод може працювати без зниження своїх характеристик.

Германієві діоди мають такі переваги:

- Низька пряма напруга
- Великий прямий струм
- Мала зворотна напруга

Кремнієві діоди мають такі переваги:

- Мала зворотний струм
- Малий час відгуку
- Висока частота зрізу
- Висока максимальна робоча температура

13. Яке фізичне явище лежить в основі роботи стабілітрона? Чим відрізняється стабістор від стабілітрона? Порівняйте ці прилади.

У основі роботи стабілітрона лежить лавинний пробій р-п-переходу. Стабістор - це напівпровідниковий діод, в якому для стабілізації напруги використовується пряма гілка вольт-амперної характеристики. Відмінною особливістю стабісторів в порівнянні зі стабілітронами є менша напруга стабілізації, яке становить приблизно 0,7 В. Стабілітрони і стабістори - це напівпровідникові прилади, які використовуються для стабілізації напруги. Однак вони мають ряд відмінностей, які визначають їх сферу застосування. Стабілітрони використовуються в високовольтних схемах, де потрібна велика напруга стабілізації. Стабістори використовуються в низьковольтних схемах, де потрібна менша напруга стабілізації

14. Яке фізичне явище лежить в основі роботи варикапа? Як залежить величина ємності варикапа від величини та полярності прикладеної напруги?

У основі роботи варикапа лежить залежність бар'єрної ємності р-п-переходу від прикладеної напруги. Бар'єрна ємність - це ємність, яка виникає внаслідок заряду, який накопичується в області збідненого шару р-п-переходу.

При прямому напрузі в області збідненого шару відбувається зменшення щільності носіїв заряду, що призводить до зменшення його ширини. Це зменшення ширини збідненого шару призводить до зменшення бар'єрної ємності.

При зворотному напрузі в області збідненого шару відбувається збільшення щільності носіїв заряду, що призводить до збільшення його ширини. Це збільшення ширини збідненого шару призводить до збільшення бар'єрної ємності.

15. Які основні особливості вольт-амперної характеристики тунельного діода? У якій області частот знаходять застосування тунельні та обернені діоди? З

якою метою?

Основні особливості вольт-амперної характеристики тунельного діода:

- Наявність ділянки з від'ємною диференційною провідністю. Це відбувається через явище тунелювання, при якому електрони можуть проходити через заборонену зону р-п-переходу, не витрачаючи енергію.
- Широкий спектр частот, на яких тунельний діод може пропускати струм. Це обумовлено тим, що тунелювання відбувається за рахунок квантових механічних явищ, які не залежать від частоти електричного поля.

Обернені діоди - це тунельні діоди, в яких ширина забороненої зони порівняно мала. Це дозволяє пропускати струм при зворотній напрузі.

Тунельні і обернені діоди знаходять застосування в області високих частот. Це обумовлено тим, що вони мають наступні переваги:

- Велике значення диференціальної провідності. Це дозволяє використовувати їх в імпульсних схемах, де потрібно швидко змінювати струм.
- Широкий спектр частот. Це дозволяє використовувати їх в схемах, які працюють в широкому діапазоні частот.

Основні сфери застосування тунельного і обернених діодів:

- Імпульсні схеми. Тунельні і обернені діоди використовуються в імпульсних схемах, таких як генератори імпульсів, перемикачі, модулятори.
- Радіотехніка. Тунельні і обернені діоди використовуються в радіотехнічних схемах, таких як детектори, підсилювачі, модулятори.
- Обчислювальна техніка. Тунельні і обернені діоди використовуються в обчислювальних схемах, таких як генератори випадкових чисел, перемикачі, мультиплексори.