

План уроку 74

Тема: Електродинаміка.

Тема уроку: Електричний струм у напівпровідниках

Мета. Освітня. Надати уявлення про природу струму в чистих провідниках; розкрити механізм електропровідності напівпровідників при наявності домішок; формувати знання про основні закономірності електронно-діркового переходу; ознайомити учнів з будовою та призначенням основних напівпровідникових приладів.

Вивчення нового матеріалу.

Власна й домішкова провідність напівпровідників.

До напівпровідників належать речовини, що за питомим опором займають проміжне місце між провідниками й ізоляторами діелектриками). Напівпровідниками є ряд хімічних елементів (Силіцій, Германій, Селен тощо) та деякі оксиди, сульфід, телуриди.

Питомий опір напівпровідників з підвищенням температури, різко зменшується. Як видно з графіка, при температурах, що наближаються до абсолютного нуля, питомий опір різко зростає.

Також питомий опір деяких напівпровідників зменшується відповідно до збільшення освітленості. Уведення домішок теж може різко зменшити питомий опір напівпровідників.

Механізм власної провідності напівпровідників

Зв'язок електронів зі своїми атомами в напівпровідниках не такий міцний, як у діелектриках. І в разі підвищення температури, а так само під час яскравого освітлення деякі електрони відриваються від своїх атомів і стають вільними зарядами, тобто можуть переміщатися в усьому зразку.

Завдяки цьому в напівпровідниках з'являються негативні носії заряду - вільні електрони.

Провідність напівпровідника, обумовлену рухом електронів, називають електронною провідністю, а вільні електрони - електронами провідності.

Коли електрон відривається від атома, позитивний заряд цього атома стає некомпенсованим, тобто в цьому місці з'являється зайвий позитивний заряд. Цей позитивний заряд називають «діркою». Атом, поблизу якого утворилася дірка, може відібрати зв'язаний електрон у сусіднього атома, при цьому дірка переміститься до сусіднього атома, а той атом, у свою чергу, може «передати» дірку далі. Таке «естафетне» переміщення зв'язаних електронів можна розглядати як переміщення дірок, тобто позитивних зарядів.

Провідність напівпровідника, обумовлену рухом дірок, називають дірковою провідністю.

Схеми: а — будова атома Германію; б — парно електронного зв'язку в кристалі германію; в — утворення пари електрон - дірка

Таким чином, відмінність діркової провідності від електронної полягає в тому, що електронна провідність обумовлена переміщенням у напівпровідниках вільних електронів, а діркова — переміщенням зв'язаних електронів.

У чистому напівпровіднику (без домішок) електричний струм створює однакову кількість вільних електронів і дірок. Таку провідність називають власною провідністю напівпровідників.

Вплив домішок на провідність напівпровідників

Якщо в чистий напівпровідник додати незначної кількості домішки, то механізм провідності різко зміниться. Цю зміну легко спостерігати на прикладі кремнію (Si) із незначною кількістю домішки миш'яку (As). У новому кристалі частина атомів Силіцію буде заміщуватися атомами Арсену. Арсен, як відомо, п'ятивалентний елемент. Чотири

валентні електрони атоми миш'яку утворюють парні електронні зв'язки із сусідніми атомами Силіцію. П'ятому ж валентному електрону пари не вистачає, і оскільки він слабо пов'язаний з атомами миш'яку, то легко стає вільним. У результаті значна кількість атомів домішки дає вільні електрони. Необхідно відзначити, що домішки типу миш'яку додають у кристал тільки електрони, а вакантні місця (дірки) при цьому не утворюються. **Домішки, атоми яких легко віддають електрони, називаються донор ними.** Основними носіями зарядів у напівпровідників з донорними домішками є негативні частинки. Тому такі напівпровідники називають напівпровідниками n - типу.

Напівпровідники, у яких основними носіями зарядів є електрони, називають напівпровідниками n -типу.

Якщо в кремній додати незначну кількість тривалентного індію, то характер провідності напівпровідника зміниться. Оскільки Індій має три валентних електрони, то він може встановити ковалентний зв'язок тільки із трьома сусідніми атомами. Для встановлення зв'язку із четвертим атомом електрона не вистачить. Індій «позичить» електрон у сусідніх атомів, у результаті чого кожний атом Індію утворить одне вакантне місце - дірку.

Домішки, які «захоплюють» електрони атомів кристалічної решітки напівпровідників, називаються акцепторними.

У випадку акцепторної домішки основними носіями заряду під час проходження електричного струму через напівпровідник є дірки.

Напівпровідники, у яких основними носіями зарядів є дірки, називають напівпровідниками p -типу.

Практично всі напівпровідники містять донорні й акцепторні домішки. Тип провідності напівпровідника визначає домішка з вищою концентрацією носіїв заряду - електронів і дірок.

Електронно-дірковий перехід

Серед фізичних властивостей, властивих напівпровідникам, найбільшого застосування одержали властивості контактів (p - n - переходу) між напівпровідниками з різними типами провідності.

У напівпровіднику n - типу електрони беруть участь у тепловому русі й дифундують через границю в напівпровідника p - типу, де їхня концентрація значно менше. Точно так само дірки дифундуватимуть з напівпровідника p - типу в напівпровідника n -типу. Це відбувається подібно до того, як атоми розчиненої речовини дифундують із міцного розчину в слабкий у разі їх зіткнення.

У результаті дифузії у приконтактній ділянці основних носіїв заряду меншає: у напівпровіднику n - типу зменшується концентрація електронів, а в напівпровіднику p - типу — концентрація дірок. Тому опір приконтактної ділянки виявляється дуж

Якщо тепер напівпровідник приєднати до джерела струму так, щоб його електронна область з'єднувалася з негативним полюсом джерела, а діркова — з позитивним, то електричне поле, створене джерелом струму, буде спрямовано так, що воно переміщуватиме основні носії струму в кожній області напівпровідника до p - n -переходу. Приконтактна ділянка буде збагачуватися основними носіями струму, і її опір зменшиться. Через контакт проходитиме помітний струм. Напрямок струму в цьому випадку називають пропускним, або прямим.

Якщо ж приєднати напівпровідник n - типу до позитивного, а p - типу до негативного полюса джерела, то приконтактна зона розширюється. Опір ділянки значно збільшується. Струм через перехідний шар буде дуже незначний. Це напрямок струму називають замикаючим, або зворотним.

Електронно-дірковий перехід має практично однобічну провідність: він пропускає помітний струм від p - до n - області й дуже маленький струм у зворотному напрямку.

Отже, через межу розділу напівпровідників n - типу й p - типу електричний струм іде тільки в одному напрямку - від напівпровідника p - типу до напівпровідника n - типу.

Рух носіїв заряду в місці контакту напівпровідників n - і p -типів

Стрімкий розвиток техніки й технологій став можливим завдяки використанню напівпровідникових приладів. Їх використовують у звичайному радіоприймачі, мобільному телефоні, квантовому генераторі (лазері) тощо. Напівпровідникові інтегральні мікросхеми є основою сучасної обчислювальної техніки, комп'ютерів, іншої цифрової техніки та гаджетів.

3. Запитання на закріплення вивченого.

1. Як виникають електронна та діркова провідність напівпровідників?
2. Чому зменшується питомий опір напівпровідників з підвищенням температури?
3. Чому в напівпровіднику з домішковою провідністю існують як основні, так і неосновні носії електричного струму?
4. Є напівпровідникова пластинка з домішкою провідності. Як дослідним шляхом визначити, якого типу - n - чи p - - є цей напівпровідник?