

ЕЛЕКТРИЧНИЙ СТРУМ У НАПІВПРОВІДНИКАХ

План

1. Початкові відомості про напівпровідники.
2. Власна провідність напівпровідників.
3. Домішкова провідність напівпровідників.

1. Початкові відомості про напівпровідники

Напівпровідники, як це випливає з їхньої назви, за своєю провідністю займають проміжне положення між провідниками й діелектриками. Напівпровідники мають набагато менший електричний опір, ніж діелектрики, але набагато більший, ніж провідники.

Під час вивчення залежності провідності напівпровідників від зовнішніх факторів з'ясувалося, що ця залежність у напівпровідників значно відрізняється від тієї, що спостерігалася в металах.

По-перше: після підвищення температури питомий опір напівпровідників, на відміну від металів, зменшується (рис. 1), по-друге: питомий опір деяких напівпровідників зменшується відповідно до збільшення освітленості і по-третє: уведення домішок може різко зменшити питомий опір напівпровідників.

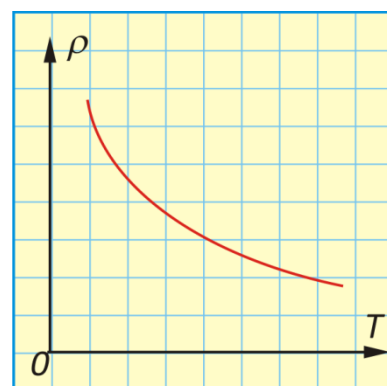


Рис.1

Взаємодія пари сусідніх атомів у напівпровідниках здійснюється за допомогою ковалентного зв'язку. В утворенні цього зв'язку від кожного атома бере участь по одному валентному електрону, які відщеплюються від атомів і під час свого руху багато часу проводять у просторі між сусідніми атомами. Їх негативний заряд утримує позитивні іони один поблизу одного. Кожний атом утворює чотири зв'язки із сусідніми, й будь-який валентний електрон може рухатися по одному з них. Дійшовши до

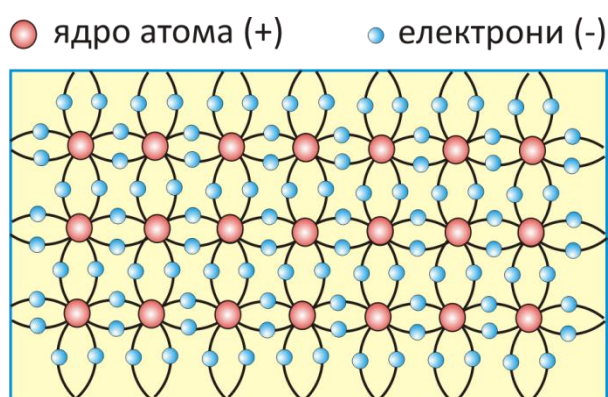


Рис. 2

сусіднього атома, він може перейти до наступного, а потім далі вздовж усього кристала. Валентні електрони належать усьому кристалу. Ковалентні зв'язки напівпровідника достатньо міцні й за низьких температур не розриваються. Тому напівпровідники за низької температури не проводять електричний струм. Валентні електрони, що беруть участь у зв'язках атомів, міцно прив'язані до кристалічних решіток, і зовнішнє електричне поле не чинить на них помітного впливу.

2. Власна провідність 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 який 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 переміщення зв'язаних електронів можна розглядати як переміщення дірок, тобто позитивних зарядів.

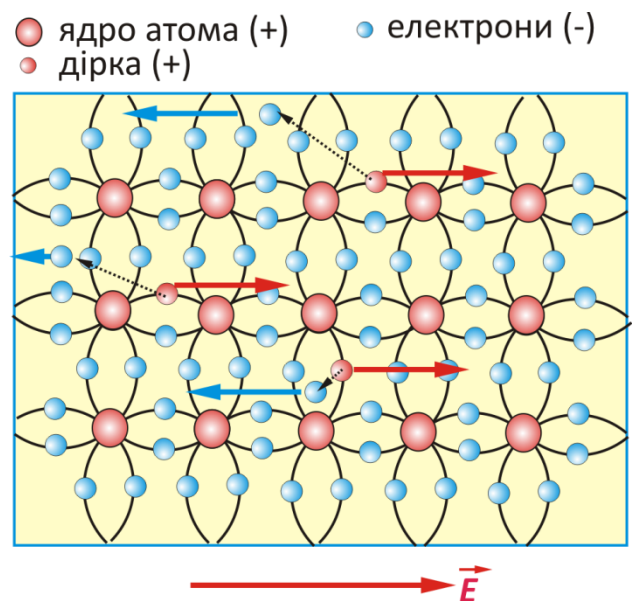


Рис. 3



Провідність напівпровідника, обумовлену рухом дірок, називають дірковою провідністю

Тобто 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

3. Домішкова провідність напівпровідників

Якщо в чистий напівпровідник додати незначної кількості домішки, то механізм провідності різко зміниться. Цю зміну легко спостерігати на прикладі чотирьох валентного германію (Si) із незначною кількістю домішки миш'яку (As). Миш'як, як відомо, п'ятивалентний елемент. Чотири валентні електрони атома миш'яку утворюють парні електронні зв'язки із сусідніми атомами германію. 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.

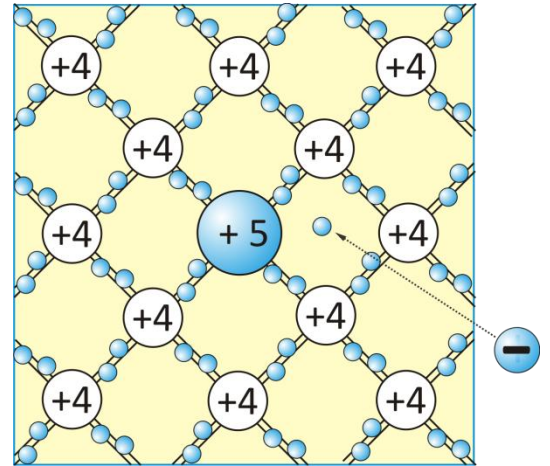


Рис. 3



Домішки, атоми яких легко віддають електрони, називаються донорними

Носіями зарядів у напівпровідниках з донорними домішками є електрони. Напівпровідники, у яких основними носіями зарядів є електрони, називають напівпровідниками *n-типу*.

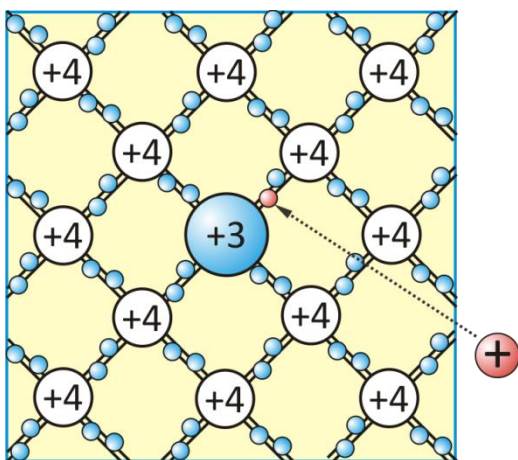


Рис. 4

Якщо в германій 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 кожен атом індію утворить вакантне місце —

дірку.



Домішки, які «захоплюють» електрони атомів кристалічної ґратки 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* (positive – позитивний).

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

Висновки: напівпровідники поведуть себе з одного боку як метали, в розумінні, що електричний струм в них утворюється завдяки руху вільних електронів, але з іншого боку, наявність так званих «дірок» призводить до ефекту «руху» позитивних зарядів. Тобто наявність донорних та акцепторних домішок утворює ніби два типу зарядів у середовищі. І кількість цих носіїв заряду залежить від концентрації домішок. Також вона (кількість зарядів) залежить від температури напівпровідника і його освітленості. Але на відміну від металів, збільшення температури в напівпровідниках призводить до зменшення опору.