

Урок 79

Тема: Електродинаміка.

Тема уроку: Електропровідність напівпровідників, електричний струм в рідинах.

Напівпровідники

Власні напівпровідники зазвичай мають невелику концентрацію вільних носіїв заряду, електронів та дірок, яка залежить від ширини забороненої зони та температури. При збільшенні температури концентрація вільних електронів та дірок дуже швидко зростає. Ефект цього зростання набагато перевищує ефект від збільшення частоти актів розсіяння, тож провідність власних напівпровідників різко збільшується при високих температурах.

Іншим фактором, який збільшує провідність власних напівпровідників, є створення підвищеної концентрації вільних носіїв заряду світловим опроміненням або інжекцією. При поглинанні кванта світла із енергією більшою за ширину забороненої зони в напівпровіднику утворюється пара носіїв заряду — електрон переходить із валентної зони у зону провідності, залишаючи за собою дірку. Якщо до освітленого напівпровідника прикласти напругу, то в напівпровіднику потече доволі значний струм. Така провідність називається фотопровідністю і широко використовується у різноманітних фотоелементах. Аналогічну провідність можна створити при опроміненні швидкими частками, що служить основою роботи напівпровідникових детекторів радіації.

На інжекції зарядів у напівпровідник через контакт ґрунтується робота різноманітних напівпровідникових приладів, наприклад, біполярних транзисторів. Прикладене до контакту електричне поле допомагає частині носіїв заряду подолати потенціальний бар'єр, що відділяє напівпровідник від контакту. Далі провідність відбувається за принципами близькими до принципів роботи вакуумних ламп: створюється область просторового заряду, яка обмежує струм, а отже провідність.

У легованих напівпровідниках навіть при кімнатних температурах концентрація електронів у зоні провідності (напівпровідники n-типу) чи дірок у валентній зоні (напівпровідники p-типу) висока, оскільки для переходу між зоною й до мішковым рівнем електрону потрібно набрати набагато меншу енергію (глибина до мішкових рівнів зазвичай не перевищує 0.5 eV). Тому провідність легованих напівпровідників доволі висока й наближається до провідності металів. Вона теж росте із температурою, оскільки для неї фактор збільшення концентрації носіїв у зоні важливіший за збільшення частоти актів розсіяння.

Контакти між областями n-типу й p-типу, які називають p-n переходами мають особливу односторонню провідність. На цьому факті базується робота різноманітних напівпровідникових пристроїв — діодів, транзисторів, фотодіодів, напівпровідникових сонячних елементів, активного шару копіювальних машин, лазерних принтерів тощо.

Надпровідники

Надпровідники можуть нескінченно довго підтримувати електричний струм, навіть коли вимкнуті електричне поле, яке його викликало.

Формально провідність надпровідників нескінченна. Надпровідний стан існує лише при низьких температурах, хоча теоретично верхня границя температури переходу із надпровідного в звичайний стан не встановлена.

Фізична природа нескінченної провідності надпровідників в тому, що в надпровідниках подавлені канали розсіяння енергії. Носіями заряду в надпровідниках є куперівські пари — зв'язані стани двох електронів із протилежними спінами й протилежними напрямками руху.

Куперівські пари утворюються завдяки непрямому протягуванню між електронами, зумовленому взаємодією із кристалічною ґраток. Електрон, рухаючись в кристалі, деформує ґратки, створюючи «канал», який притягає інший електрон. Куперівські пари мають унікальні властивості. У них неможливо забрати енергію, бо електрони, які увійшли до їх складу, вже віддали енергію на утворення пари.

Розвалити пару можна лише надавши їй доволі значну порцію енергії, але при низьких температурах таку енергію взяти нізвідки — енергії теплового руху не вистачає. Таким чином,

куперівські пари, утворившись, приречені вічно блукати кристалом, переносини із собою два електричні заряди й створюючи електричний струм.

Куперівські пари розвалюються, коли температура стає вищою певної критичної температури, або ж у достатньо сильному зовнішньому магнітному полі (вищому за певне критичне значення).