

Тема I Діагностика і контроль напівпровідникових приладів

1.1 Контроль і види контролю

Переваги напівпровідникових приладів – це малі габарити і вага, які в значній мірі визначають їх технічну цінність. Разом з тим малість активних областей пов'язана з великими труднощами виготовлення напівпровідникових приладів, їх контролю і дослідження.

У напівпровідникових приладів практично неможливо безпосередньо контролювати геометричні розміри активної структури, концентрації домішок на різних ділянках структури, якість обробки поверхні, якість припаювання кристалів і провідників до електродів і т.п. Тому дуже важливі непрямі методи контролю якості напівпровідникових приладів.

Результати вимірювань електричних параметрів напівпровідникових приладів, з одного боку, служать для визначення їх експлуатаційних можливостей і початковим матеріалом при розрахунку схем, а з іншого боку, дозволяють непрямим чином судити про внутрішні властивості і особливості приладів.

Система контролю параметрів напівпровідникових приладів дозволяє вирішувати наступні задачі:

1. контролювати технологічні процеси;
2. відбракувати на ранній стадії виробництва дефектні прилади;
3. розбракувати весь випуск на групи з відносно вузькими діапазонами граничних значень найважливіших параметрів.

Дослідження приладів носить, образно кажучи, щоденний характер в практиці технолога при виробництві напівпровідникових приладів і при лабораторному аналізі браку.

Дослідження напівпровідникових приладів утруднене, оскільки доступ до приладів в інтегральній схемі вельми обмежений, тому методи електричних вимірювань обмежені.

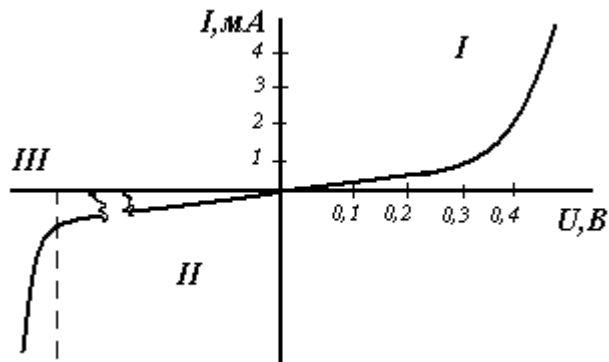
1.2 Контроль параметрів напівпровідникових приладів

Можна прийняти наступну класифікацію параметрів напівпровідникових приладів:

- а) статичні параметри;
- б) параметри еквівалентного двополюсника і чотиріполюсника, вимірювані за допомогою малого сигналу;
- в) параметри фізичної еквівалентної схеми;
- г) імпульсні параметри;
- д) теплові параметри;
- е) параметри генераторних приладів;
- ж) параметри, що характеризують шумові властивості;
- з) параметри, що характеризують надійність.

Статичні параметри знаходяться в прямому зв'язку із статичними вольт – амперними характеристиками. Звичайно ці параметри обумовлюють значення постійного струму або напруги на електродах напівпровідникового приладу за фіксованих умов вимірювання, або відношення цих величин. Використовуються практично для всіх типів напівпровідникових приладів.

Наприклад, система статичних параметрів діодів (мал.1.1.):

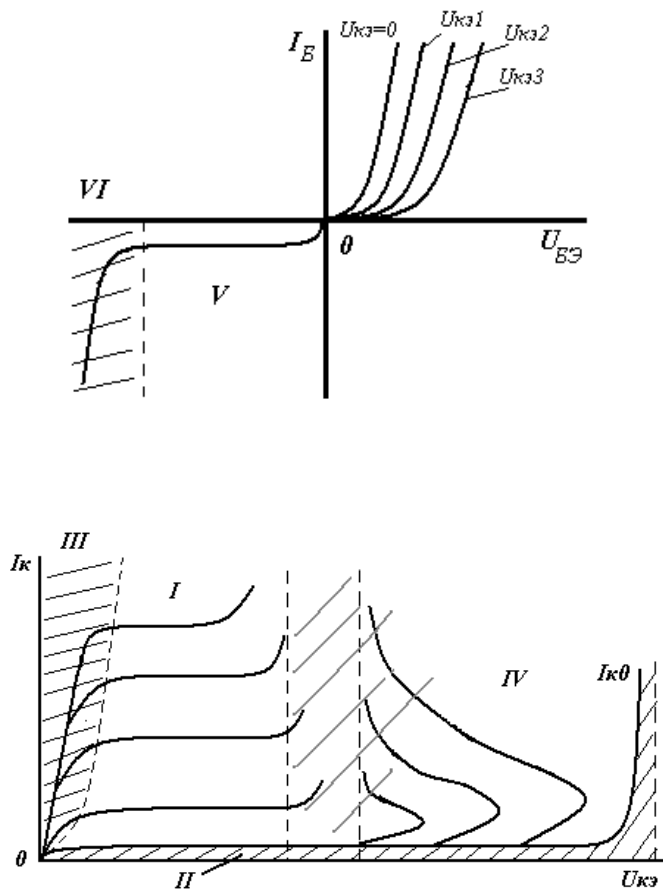


Малюнок 1.1-Система визначення статичних параметрів діодів

$U_{пр}$ – пряме падіння напруги, напруга на прямій гілці характеристики, виміряна при деякому, наперед вибраному для даного типа приладу, значенні прямого струму $I_{пр}$.

$I_{обр}$ – зворотній струм, тобто струм на зворотній гілці характеристики, виміряний при деякому, наперед вибраному для даного типа приладу, значенні зворотної напруги $U_{обр}$.

$U_{проб}$ – пробивна напруга, тобто на пробивній ділянці зворотної гілки характеристики, при деякому, наперед вибраному значенні зворотнього струму. Для транзисторів система визначення статичних параметрів(мал. 1.2):



Малюнок 1.2 – Система визначення статичних параметрів транзисторів

I – активна область транзисторів - на колекторному переході транзистора є запираюча напруга, менша напруги пробою, емітерний перехід відкритий і інжектує неосновні носії заряду в базу. Дифундуючи до колекторного переходу, неосновні носії заряду утворюють колекторний струм.

II – область відсічки – емітерний перехід не інжектує неосновні носії в базу.

III – область насичення – колекторний перехід виявляється зміщений в прямому напрямі. В результаті відбувається додаткова інжекція неосновних носіїв з колектора в базу.

IV - область пробою – висока напруга на колекторі і відрізняється різким зростанням колекторного струму з ростом напруги.

V – область відсічки по входу, відповідає зворотнім напругам на емітерному переході.

VI – область пробою емітерного переходу

Статичні характеристики дозволяють найбільш найраціональніше вибрати положення робочої точки на характеристиці, оцінити нелінійне зміщення, обчислити амплітуди управляючих і вихідних імпульсів для ключових схем. Вони дають інформацію про якість приладу, про наявність дефектів конструкції або технології виготовлення.

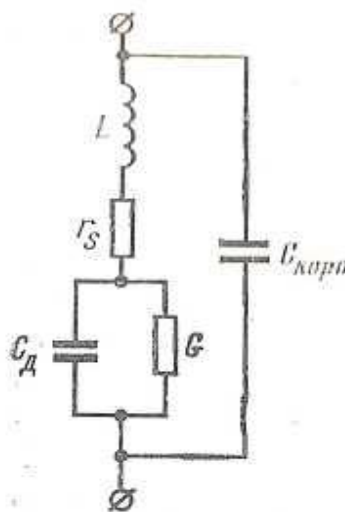
Параметри еквівалентного двополюсника і чотириполусника, вимірювані за допомогою малого сигналу дають інформацію про властивості приладу і використовуються для визначення параметрів фізичної еквівалентної схеми напівпровідникового приладу.

При прикладенні до приладу малих (в порівнянні з постійними складовими) струмів і напруг нелінійність характеристик напівпровідникового приладу стає неістотною, і по відношенню до таких малих сигналів прилад можна розглядати як лінійний пристрій. Приклад: транзистор – малосигнальні параметри

Параметри фізичної еквівалентної схеми.

Для визначення таких параметрів необхідно мати еквівалентну схему приладу. Вона дозволяє за допомогою невеликої кількості параметрів описувати властивості приладу в широкому діапазоні за різних умов (частота, режим і т.п.). Найбільш вдалим є схеми, в основу яких покладені фізичні закономірності процесів, що протікають в приладі.

Наприклад, еквівалентна схема напівпровідникового приладу при зміщенні його в запираючому напрямі має вигляд (мал. 1.3).



Малюнок 1.3 – Еквівалентна схема напівпровідникового діода

Найбільш простим представляється засіб вимірювання послідовного опору r_s , який полягає в тому, щоб подати на діод постійний струм в прямому напрямі, а потім виміряти повний опір діода на низькій частоті. Вимірний опір складатиметься з двох складових: опір прямого зсуву р-п переходу і вимірюваного послідовного опору. Опір р-п - переходу обчислюють за формулою: $r = \frac{kT}{qI}$, або через діод задається такий великий постійний струм, щоб ця складова стала незначною.

Імпульсні параметри є відрізками часу, що характеризують перехідні процеси, які відбуваються у вимірюваному напівпровідниковому приладі при додатку до нього ступінчастого сигналу (напруги або струму). Типовими імпульсними параметрами є час включення і час виключення тиристора. Для транзистора: час затримки, тривалість переднього фронту.

Теплові параметри – характеризують саморозігрівання приладу потужністю, що виділяється в ньому. Велике значення має дія підвищеної і зниженої температури, а також швидкої зміни температури на такі елементи конструкції приладу, як спаювання каркасу і кристалотримача, скла і металу. Дослідження теплових характеристик напівпровідникових приладів зводяться до:

- а) вимірювання залежності електричних параметрів від температури;
- б) дослідження температури в середині приладу при виділенні в ньому потужності як в безперервному, так і в імпульсному режимі;
- в) вимірювання параметрів, що характеризують здатність напівпровідникового приладу віддавати тепло в тепловідвід або в зовнішнє середовище;
- г) випробування для визначення стійкості конструкції приладу до термічних дій.

Параметри генераторних напівпровідникових приладів – потужність, що віддається, коефіцієнт посилення по потужності і ККД.

Параметри, що характеризують шумові властивості напівпровідникових приладів, не завжди вимірюють; для добре вивчених приладів їх можна обчислити за допомогою електричної еквівалентної схеми. Проте для багатьох приладів, у тому числі і для транзисторів у діапазоні дуже низьких частот (10-1000 Гц), доводиться оцінювати безпосередньо рівень шумів.

Параметри надійності напівпровідникових приладів дають характеристику, однаково важливу для приладів всіх типів. В результаті випробувань визначають, так звану, виробничу або стендову надійність. Параметри стендової надійності є об'єктивною характеристикою надійності випробовуваного приладу. Проте їх не можна використовувати для

розрахунку реальних схем. Для цієї мети служать параметри експлуатаційної надійності, які одержують шляхом узагальнення результатів експлуатації приладів в апаратурі за тривалий час.

Тема II Основні поняття надійності

Основними параметрами напівпровідникових приладів є такі, від яких залежить працездатність радіоелектронних схем. Параметри приладів, які безпосередньо не впливають на функціонування апаратури, відносяться до другорядних параметрів.

2.1 Основні показники надійності

Працездатною називають апаратуру, що виконує всі функції, на які вона розрахована. Якщо ж вона перестає нормально виконувати хоч би одну з функцій, це вважають втратою працездатності.

Відмовою називають такий стан приладу, при якому повністю або частково порушена його працездатність.

Безвідмовністю напівпровідникового приладу називають його властивість зберігати працездатність протягом заданого часу в певних умовах експлуатації, без вимушених перерв.

Властивість напівпровідникового приладу виконувати задані функції, зберігаючи свої експлуатаційні показники в заданих межах протягом необхідного проміжку часу або необхідного напрацювання називається його надійністю.

Існує розгорнена система державних стандартів “Надійність в техніці”, описана ДОСТ 27.001-81. основні з них:

ДОСТ 27.002-83 - Терміни і визначення.

ДОСТ 27.003-83 - Вибір і нормування показників надійності. Основні положення.

ДОСТ 27.103-83 - Критерії відмов і граничних станів.

По характеру зміни основних параметрів в часі відмови напівпровідникових приладів можуть бути двох видів:

а) раптові відмови, що виникають в результаті стрибкоподібної зміни значень одного або декількох основних параметрів.

б) поступові відмови, що виникають в результаті плавної зміни значень основних параметрів.

Після виникнення відмови, по можливості подальшого використання напівпровідникові прилади діляться на повні і часткові.

В результаті повної відмови (короткого замикання або обрив в ланцюзі) працездатність приладу втрачається повністю.

Дуже часто раптові відмови напівпровідникових приладів бувають в той же час і повними або катастрофічними.

Відмови, що викликаються поступовою зміною основних параметрів і виходом їх значень за встановлені норми, іноді називаються умовними.

Умовно відмовивший діод або транзистор може бути фактично цілком працездатним в таких радіоелектронних схемах, які не критичні до зміни параметра в розглянутих межах.

Загальні технічні вимоги, яким повинні задовольняти діоди і транзистори для пристроїв широкого застосування передбачені ДОСТ 116.30-65. у відповідність з цими вимогами складаються технічні умови (ТУ) або стандарти на окремі типи приладів.

Основні характеристики умов експлуатації приведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Основні характеристики умов експлуатації

Н/п прилади	Навколишня атмосфера		Механічні навантаження		
			Тиск,	вібрації	У да рн і с Л і н і йн . . .

	Температура, °С	Відносна вологість, % не більше	Н/м ²	прискорення g не більше	діапазон частот, Гц		
Германієві	-55; +70	98 при	Від $2,7 \cdot 10^{-4}$ до $3 \cdot 10^{-5}$	7,5	від 10	75	25
Кремнієві	-55; +100	+48°С			до 600		

Ряд вимог передбачається стандартом відносно зовнішнього вигляду і конструкції приладу.

Зовнішні металеві деталі повинні бути виготовлені з матеріалу, стійкого проти корозії або захищені від неї. Захисні лакофарбні покриття повинні бути міцними, а зовнішній вигляд і якість маркировки відповідати вимогам ТУ.

Виводи приладу повинні бути міцно закріплені, мати надійний контакт з електродами і легко паятися. Гнучкі виводи повинні допускати, принаймні, триразовий вигин без слідів зламу, а жорсткі виводи витримувати прикладені ТУ механічні зусилля.

Скло або кераміка і спай їх з металом повинні бути механічно міцними, не мати сколів, тріщин, відлипання в спаях і інших дефектів, які могли б порушити герметичність і викликати втрату працездатності приладу.

В середині корпусу приладу не повинно бути частинок, що вільно переміщаються, здатних порушити його нормальну роботу.