実験レポート

2024年度

電気電子情報工学実験Ⅱ,Ⅲ(a)

学籍番号　　22221280

氏名　　渡辺悠斗

実験番号　　１

実験題目　　トランジスタの物性とｈパラメータ

実験班　　J

共同実験者

山﨑　大輔、大平　日向

実験日　5月21日、５月28日

提出締切日　６月１１日

提出日　　　６月11日

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| チェック欄 | | | 点数 |
| 合　・　否  　月　　日 | 合　・　否  　月　　日 | 合　・　否  　月　　日 |  |

１,目的

接合型トランジスタ（またはバイポーラトランジスタとも呼ばれる）はPNPまたはNPN型のサンドイッチ型接合を作ることによって構成される。接合型トランジスタの動作原理は、PN接合の理解の上にたって説明できる。本実験の前半では、トランジスタのエミッタ－ベース間におけるPN接合の電流電圧特性、エミッタ接地回路におけるPNP接合型トランジスタの出力特性を測定する。後半ではエミッタ接地回路におけるPNP接合型トランジスタについてパラメータを測定し、特にパラメータ要素であるが周波数とともに減少する様子について観察する。また、PNP接合型トランジスタの静特性を記述する少数キャリアの連続の方程式から出発して､エミッタ接合を流れる正孔電流（エミッタ電流に対応）とコレクタ接合を流れる正孔電流(コレクタ電流に対応)の表式を求める。また、求めた電流式を用いてベース輸送効率の簡単化された表式を導出する。

2.原理

接合型トランジスタにはＰＮＰおよびＮＰＮ型がある。回路記号はそれぞれ図1のように表される。以下では、例としてＰＮＰ型について説明するが、ＮＰＮ型の場合は、キャリアの正負（正孔⇔電子）、バイアス電圧の正負を反対にするだけで動作の原理は同様に考えてよい。

ダイアグラム, 設計図

自動的に生成された説明

図1．接合型トランジスタの回路記号

　PNP接合型トランジスタは、不純物濃度の大きいP型半導体（エミッタ：E）、不純物濃度の少ないN型半導体（ベース：B）、および不純物濃度の少ないP型半導体（コレクタ：C）を接合させたもので、図2に示すようにバイアス電圧を印加して使用する（エミッタ接地回路）。エミッタ接地回路ではB－E間に順方向バイアス電圧を、C－E間に逆方向バイアス電圧を印加しておき、B－E間に交流入力信号を加え、C－E間に接続した負荷を介してその交流出力を取り出す。B－E間は順方向にバイアスされているため、E領域の高濃度の正孔がベースに注入されるが、B領域の電子密度が低いため、ベースに注入された正孔は電子とほとんど再結合せず、B－C接合部に到達し、コレクタ側の負電圧によって加速されC領域に流れ込む。この様子をエネルギーバンド図を用いて表すと図3のようになる。図3(a)はバイアス電圧を印加しないときのバンド図、図3(b)は図2に示したバイアス電圧を印加したときのバンド図に対応する。E領域からB領域に注入される正孔による交流電流は、ほとんどそのままの大きさで出力側（C領域）に伝送されることになる。このとき、E－B間は順方向にバイアスされ、C－E間（正しくはC－B間）は逆方向にバイアスされているため、入力インピーダンスが低く出力インピーダンスが高くなる。この入出力のインピーダンスの関係から電力増幅が行われることになる。以上が接合型トランジスタの動作の概略であるが、B領域での少数キャリアである正孔の輸送時間、B領域の多数キャリアである電子のE領域への注入、逆バイアスされたC－B間を通過する正孔によるキャリア増倍効果、なども接合型トランジスタの動作に重要な影響を与える。詳細については、「電子デバイス」の講義で取り扱う。

ダイアグラム

自動的に生成された説明

図２.PNP接合型トランジスタのエミッタ接地回路

ダイアグラム

自動的に生成された説明

図３．PNPトランジスタのエネルギーバンド図

3.実験方法

(1)直流特性()の測定

となるようにを調整し、縦軸に、横軸にを図示せよ。(線形プロット)　　　　　　　　　　　　　　　　　　　注意:は負になるが、図の表示では符号を省略してもよい。

(2)直流特性()の測定

を各点(=0.25,1,2,5,10V)で一定とし、をパラメータとして、25,50,75,100,125,150に変化させたときのを測定する。縦軸に、横軸にを図示せよ。(線形プロット)　　注意:は負になるが、図の表示では符号を省略してもよい。

(3)交流特性(hパラメータ)の測定(一定)、周波数=100kHz(一定)として、の各点でhパラメータを測定する。縦軸にhパラメータ(対数表示)を、横軸にを図示せよ。(両対数プロット)

注意:，の測定では、出力側を交流的に短絡(=0)し、=10μAを入力せよ。の測定では、出力側を交流的に短絡(=0)し、=50mAを入力せよ。

(4)hパラメータ()の周波数特性の測定

=(一定)、=10mA(一定)、=10A(一定)とし、の周波数依存性 (50,100,200,300,400,500,600,800,1000,1500,2000kHz)を測定する。縦軸に、横軸に周波数を図示せよ。(両対数プロット)

4.実験器具



５．実験結果

実験１の測定結果を表１に表す。

表１．実験結果１の測定結果

　　　グラフ

自動的に生成された説明

　　　　　　　　　　　　　　　図４．実験１の測定結果（グラフ）

また、実験結果をそれぞれ縦軸を、横軸をとしプロットしたグラフを図４に示す。

実験２の測定結果を表２に示す。

表２．実験２の測定結果

  
また実験結果を縦軸　、横軸を　とし、プロットしたグラフを図５に示す。

グラフ

自動的に生成された説明

図５．実験２の測定結果（グラフ）

実験３の測定結果を以下の表３に表す。

表３．実験３の測定結果（）



また、実験結果をそれぞれ縦軸を，，、横軸をにプロットしたグラフを図６に示す。

グラフ, 折れ線グラフ

自動的に生成された説明

図６．実験３の測定結果（ｈパラメータのコレクタ電流依存性）

実験４の測定結果を表4に表す。

表４．実験４の測定結果（）

また、測定結果をそれぞれ縦軸を、横軸を周波数としてプロットしたグラフを図７に示す。

グラフ, 折れ線グラフ

自動的に生成された説明

図７．実験４の測定結果（の周波数特性）

レポート課題

1. 図４参照　　２．図５参照　3．図６参照　４．図７参照　５,６下図

テキスト, 手紙

自動的に生成された説明

参考文献：指導書、

「半導体工学　第３版・新装版：半導体物性の基礎」：高橋清・山田陽一　共著