“微电子器件”课程复习题

一、填空题

1、若某突变PN结的P型区的掺杂浓度为，则室温下该区的平衡多子浓度*p*p0与平衡少子浓度*n*p0分别为（ ）和（ ）。

2、在PN结的空间电荷区中，P区一侧带（ ）电荷，N区一侧带（ ）电荷。内建电场的方向是从（ ）区指向（ ）区。

3、当采用耗尽近似时，N型耗尽区中的泊松方程为（ ）。由此方程可以看出，掺杂浓度越高，则内建电场的斜率越（ ）。

4、PN结的掺杂浓度越高，则势垒区的长度就越（ ），内建电场的最大值就越（ ），内建电势Vbi就越（ ），反向饱和电流I0就越（ ），势垒电容CT就越（ ），雪崩击穿电压就越（ ）。

5、硅突变结内建电势Vbi可表为（ ），在室温下的典型值为（ ）伏特。

6、当对PN结外加正向电压时，其势垒区宽度会（ ），势垒区的势垒高度会（ ）。

7、当对PN结外加反向电压时，其势垒区宽度会（ ），势垒区的势垒高度会（ ）。

8、在P型中性区与耗尽区的边界上，少子浓度np与外加电压V之间的关系可表示为（ ）。若P型区的掺杂浓度，外加电压V = 0.52V，则P型区与耗尽区边界上的少子浓度np为（ ）。

9、当对PN结外加正向电压时，中性区与耗尽区边界上的少子浓度比该处的平衡少子浓度（ ）；当对PN结外加反向电压时，中性区与耗尽区边界上的少子浓度比该处的平衡少子浓度（ ）。

10、PN结的正向电流由（ ）电流、（ ）电流和（ ）电流三部分所组成。

11、PN结的正向电流很大，是因为正向电流的电荷来源是（ ）；PN结的反向电流很小，是因为反向电流的电荷来源是（ ）。

12、当对PN结外加正向电压时，由N区注入P区的非平衡电子一边向前扩散，一边（ ）。每经过一个扩散长度的距离，非平衡电子浓度降到原来的（ ）。

13、PN结扩散电流的表达式为（ ）。这个表达式在正向电压下可简化为（ ），在反向电压下可简化为（ ）。

14、在PN结的正向电流中，当电压较低时，以（ ）电流为主；当电压较高时，以（ ）电流为主。

15、薄基区二极管是指PN结的某一个或两个中性区的长度小于（ ）。在薄基区二极管中，少子浓度的分布近似为（ ）。

16、小注入条件是指注入某区边界附近的（ ）浓度远小于该区的（ ）浓度，因此该区总的多子浓度中的（ ）多子浓度可以忽略。

17、大注入条件是指注入某区边界附近的（ ）浓度远大于该区的（ ）浓度，因此该区总的多子浓度中的（ ）多子浓度可以忽略。

18、势垒电容反映的是PN结的（ ）电荷随外加电压的变化率。PN结的掺杂浓度越高，则势垒电容就越（ ）；外加反向电压越高，则势垒电容就越（ ）。

19、扩散电容反映的是PN结的（ ）电荷随外加电压的变化率。正向电流越大，则扩散电容就越（ ）；少子寿命越长，则扩散电容就越（ ）。

20、在PN结开关管中，在外加电压从正向变为反向后的一段时间内，会出现一个较大的反向电流。引起这个电流的原因是存储在（ ）区中的（ ）电荷。这个电荷的消失途径有两条，即（ ）和（ ）。

21、从器件本身的角度，提高开关管的开关速度的主要措施是（ ）和（ ）。

22、PN结的击穿有三种机理，它们分别是（ ）、（ ）和（ ）。

23、PN结的掺杂浓度越高，雪崩击穿电压就越（ ）；结深越浅，雪崩击穿电压就越（ ）。

24、雪崩击穿和齐纳击穿的条件分别是（ ）和（ ）。

25、晶体管的基区输运系数是指（ ）电流与（ ）电流之比。由于少子在渡越基区的过程中会发生（ ），从而使基区输运系数（ ）。为了提高基区输运系数，应当使基区宽度（ ）基区少子扩散长度。

26、晶体管中的少子在渡越（ ）的过程中会发生（ ），从而使到达集电结的少子比从发射结注入基区的少子（ ）。

27、晶体管的注入效率是指（ ）电流与（ ）电流之比。为了提高注入效率，应当使（ ）区掺杂浓度远大于（ ）区掺杂浓度。

28、晶体管的共基极直流短路电流放大系数是指发射结（ ）偏、集电结（ ）偏时的（ ）电流与（ ）电流之比。

29、晶体管的共发射极直流短路电流放大系数是指（ ）结正偏、（ ）结零偏时的（ ）电流与（ ）电流之比。

30、在设计与制造晶体管时，为提高晶体管的电流放大系数，应当（ ）基区宽度，（ ）基区掺杂浓度。

31、某长方形薄层材料的方块电阻为100Ω，长度和宽度分别为和，则其长度方向和宽度方向上的电阻分别为（ ）和（ ）。若要获得1KΩ的电阻，则该材料的长度应改变为（ ）。

32、在缓变基区晶体管的基区中会产生一个（ ），它对少子在基区中的运动起到（ ）的作用，使少子的基区渡越时间（ ）。

33、小电流时会（ ）。这是由于小电流时，发射极电流中（ ）的比例增大，使注入效率下降。

34、发射区重掺杂效应是指当发射区掺杂浓度太高时，不但不能提高（ ），反而会使其（ ）。造成发射区重掺杂效应的原因是（ ）和（ ）。

35、在异质结双极晶体管中，发射区的禁带宽度（ ）于基区的禁带宽度，从而使异质结双极晶体管的（ ）大于同质结双极晶体管的。

36、当晶体管处于放大区时，理想情况下集电极电流随集电结反偏的增加而（ ）。但实际情况下集电极电流随集电结反偏增加而（ ），这称为（ ）效应。

37、当集电结反偏增加时，集电结耗尽区宽度会（ ），使基区宽度（ ），从而使集电极电流（ ），这就是基区宽度调变效应（即厄尔利效应）。

38、IES是指（ ）结短路、（ ）结反偏时的（ ）极电流。

39、ICS是指（ ）结短路、（ ）结反偏时的（ ）极电流。

41、ICBO是指（ ）极开路、（ ）结反偏时的（ ）极电流。

41、ICEO是指（ ）极开路、（ ）结反偏时的（ ）极电流。

42、IEBO是指（ ）极开路、（ ）结反偏时的（ ）极电流。

43、BVCBO是指（ ）极开路、（ ）结反偏，当（ ）时的VCB。

44、BVCEO是指（ ）极开路、（ ）结反偏，当（ ）时的VCE。

45、BVEBO是指（ ）极开路、（ ）结反偏，当（ ）时的VEB。

46、基区穿通是指当集电结反向电压增加到使耗尽区将（ ）全部占据时，集电极电流急剧增大的现象。防止基区穿通的措施是（ ）基区宽度、（ ）基区掺杂浓度。

47、比较各击穿电压的大小时可知，BVCBO（ ）BVCEO ，BVCBO（ ）BVEBO。

48、要降低基极电阻，应当（ ）基区掺杂浓度，（ ）基区宽度。

49、无源基区重掺杂的目的是（ ）。

50、发射极增量电阻re的表达式是（ ）。室温下当发射极电流为1mA时，re =（ ）。

51、随着信号频率的提高，晶体管的、的幅度会（ ），相角会（ ）。

52、在高频下，基区渡越时间对晶体管有三个作用，它们是：（ ）、（ ）和（ ）。

53、基区渡越时间是指（ ）。当基区宽度加倍时，基区渡越时间增大到原来的（ ）倍。

54、晶体管的共基极电流放大系数随频率的（ ）而下降。当晶体管的下降到（ ）时的频率，称为的截止频率，记为（ ）。

55、晶体管的共发射极电流放大系数随频率的（ ）而下降。当晶体管的下降到时的频率，称为的（ ），记为（ ）。

56、当时，频率每加倍，晶体管的降到原来的（ ）；最大功率增益降到原来的（ ）。

57、当（ ）降到1时的频率称为特征频率。当（ ）降到1时的频率称为最高振荡频率。

58、当降到（ ）时的频率称为特征频率。当降到（ ）时的频率称为最高振荡频率。

59、晶体管的高频优值M是（ ）与（ ）的乘积。

60、晶体管在高频小信号应用时与直流应用时相比，要多考虑三个电容的作用，它们是（ ）电容、（ ）电容和（ ）电容。

61、对于频率不是特别高的一般高频管，中以（ ）为主，这时提高特征频率的主要措施是（ ）。

62、为了提高晶体管的最高振荡频率 ，应当使特征频率（ ），基极电阻（ ），集电结势垒电容（ ）。

63、对高频晶体管结构上的基本要求是：（ ）、（ ）、（ ）和（ ）。

64、N沟道MOSFET的衬底是（ ）型半导体，源区和漏区是（ ）型半导体，沟道中的载流子是（ ）。

65、P沟道MOSFET的衬底是（ ）型半导体，源区和漏区是（ ）型半导体，沟道中的载流子是（ ）。

66、当时，栅下的硅表面发生（ ），形成连通（ ）区和（ ）区的导电沟道，在的作用下产生漏极电流。

67、N沟道MOSFET中，越大，则沟道中的电子就越（ ），沟道电阻就越（ ），漏极电流就越（ ）。

68、在N沟道MOSFET中，的称为增强型，当时MOSFET处于（ ）状态；的称为耗尽型，当时MOSFET处于（ ）状态。

69、由于栅氧化层中通常带（ ）电荷，所以（ ）型区比（ ）型区更容易发生反型。

70、要提高N沟道MOSFET的阈电压VT ，应使衬底掺杂浓度NA（ ），使栅氧化层厚度Tox（ ）。

71、N沟道MOSFET饱和漏源电压的表达式是（ ）。当时，MOSFET进入（ ）区，漏极电流随的增加而（ ）。

72、由于电子的迁移率比空穴的迁移率（ ），所以在其它条件相同时，（ ）沟道MOSFET的比（ ）沟道MOSFET的大。为了使两种MOSFET的相同，应当使N沟道MOSFET的沟道宽度（ ）P沟道MOSFET的。

73、当N沟道MOSFET的时，MOSFET（ ）导电，这称为（ ）导电。

74、对于一般的MOSFET，当沟道长度加倍，而其它尺寸、掺杂浓度、偏置条件等都不变时，其下列参数发生什么变化：（ ）、（ ）、（ ）、（ ）。

75、由于源、漏区的掺杂浓度（ ）于沟道区的掺杂浓度，所以MOSFET源、漏PN结的耗尽区主要向（ ）区扩展，使MOSFET的源、漏穿通问题比双极型晶体管的基区穿通问题（ ）。

76、MOSFET的跨导gm的定义是（ ），它反映了（ ）对（ ）的控制能力。

77、为提高跨导gm的截止角频率，应当（ ），（ ）L ，（ ）VGS。

78、阈电压的短沟道效应是指，当沟道长度缩短时，变（ ）。

79、在长沟道MOSFET中，漏极电流的饱和是由于（ ），而在短沟道MOSFET中，漏极电流的饱和则是由于（ ）。

80、为了避免短沟道效应，可采用按比例缩小法则，当MOSFET的沟道长度缩短一半时，其沟道宽度应（ ），栅氧化层厚度应（ ），源、漏区结深应（ ），衬底掺杂浓度应（ ）。

二、问答题

1、简要叙述PN结空间电荷区的形成过程。

2、什么叫耗尽近似？什么叫中性近似？

3、什么叫突变结？什么叫单边突变结？什么叫线性缓变结？分别画出上述各种PN结的杂质浓度分布图、内建电场分布图和外加正向电压及反向电压时的少子浓度分布图。

4、PN结势垒区的宽度与哪些因素有关？

5、写出PN结反向饱和电流I0的表达式，并对影响I0的各种因素进行讨论。

6、PN结的正向电流由正向扩散电流和势垒区复合电流组成。试分别说明这两种电流随外加正向电压的增加而变化的规律。当正向电压较小时以什么电流为主？当正向电压较大时以什么电流为主？

7、什么是小注入条件？什么是大注入条件？写出小注入条件和大注入条件下的结定律，并讨论两种情况下中性区边界上载流子浓度随外加电压的变化规律。

8、在工程实际中，一般采用什么方法来计算PN结的雪崩击穿电压？

9、简要叙述PN结势垒电容和扩散电容的形成机理及特点。

10、当把PN结作为开关使用时，在直流特性和瞬态特性这两方面，PN结与理想开关相比有哪些差距？引起PN结反向恢复过程的主要原因是什么？

11、画出NPN晶体管在饱和状态、截止状态、放大状态和倒向放大状态时的少子分布图。

画出NPN晶体管在饱和状态、截止状态、放大状态和倒向放大状态时的能带图。

12、画出共基极放大区晶体管中各种电流的分布图，并说明当输入电流IE经过晶体管变成输出电流IC时，发生了哪两种亏损？

13、倒向晶体管的电流放大系数为什么小于正向晶体管的电流放大系数？

14、提高基区掺杂浓度会对晶体管的各种特性，如 、、、、、、、等产生什么影响？

15、减薄基区宽度会对晶体管的上述各种特性产生什么影响？

16、先画出双极晶体管的理想的共发射极输出特性曲线图，并在图中标出饱和区与放大区的分界线，然后再分别画出包括厄尔利效应和击穿现象的共发射极输出特性曲线图。

17、画出包括基极电阻在内的双极型晶体管的简化的交流小信号等效电路。

18、什么是双极晶体管的特征频率fT？写出fT的表达式，并说明提高fT的各项措施。

19、写出组成双极晶体管信号延迟时间的4个时间的表达式。其中的哪个时间与电流IE有关？这使fT随IE的变化而发生怎样的变化？

20、说明特征频率fT的测量方法。

21、什么是双极晶体管的最高振荡频率fM？写出fM的表达式，说明提高fM的各项措施。

22、画出高频晶体管结构的剖面图，并标出图中各部分的名称。

23、画出MOSFET的结构图和输出特性曲线图，并简要叙述MOSFET的工作原理。

24、什么是MOSFET的阈电压VT？写出VT的表达式，并讨论影响VT的各种因素。

25、什么是MOSFET的衬底偏置效应？

26、什么是有效沟道长度调制效应？如何抑制有效沟道长度调制效应？

27、什么是MOSFET的跨导gm？写出gm的表达式，并讨论提高gm的措施。

28、提高MOSFET的最高工作频率fT的措施是什么？

29、什么是MOSFET的短沟道效应？

30、什么是MOSFET的按比例缩小法则？

三、计算题

1、某突变PN结的，试求和的值，并求当外加0.5V正向电压和（-0.5V）反向电压时的和的值。

2、某突变PN结的，计算该PN结的内建电势Vbi之值。

3、有一个P沟道MOSFET的衬底掺杂浓度为，另一个N沟道MOSFET的衬底掺杂浓度为。试分别求这两个MOSFET的衬底费米势，并将这两个衬底费米势之和与上题的Vbi相比较。

4、某突变PN结的，试问Jdp是Jdn的多少倍？

5、已知某PN结的反向饱和电流为Io =10 -12A，试分别求当外加0.5V正向电压和（-0.5V）反向电压时的PN结扩散电流。

6、已知某PN结的反向饱和电流为Io =10 -11A，若以当正向电流达到10 -2 A作为正向导通的开始，试求正向导通电压VF之值。若此PN结存在寄生串联电阻rcs= 4Ω，则在同样的测试条件下VF 将变为多少？

7、某硅单边突变结的雪崩击穿临界电场，开始发生雪崩击穿时的耗尽区宽度，求该PN结的雪崩击穿电压。若对该PN结外加的反向电压，则其耗尽区宽度为多少？

8、如果设单边突变结的雪崩击穿临界电场EC与杂质浓度无关，则为了使雪崩击穿电压VB提高1倍，发生雪崩击穿时的耗尽区宽度xdB应为原来的多少倍？低掺杂区的杂质浓度应为原来的多少倍？

9、某突变PN结的Vbi = 0.7V，当外加-4.3V的反向电压时测得其势垒电容为8pF，则当外加-19.3V的反向电压时其势垒电容应为多少

10、某突变结的内建电势Vbi = 0.7V，当外加电压V = 0.3V时的势垒电容与扩散电容分别是2pF和，试求当外加电压V = 0.6V时的势垒电容与扩散电容分别是多少？

11、某均匀基区NPN晶体管的，试求此管的基区渡越时间。当此管的基区少子电流密度JnE = 102Acm-2时，其基区少子电荷面密度QB为多少？

12、某均匀基区晶体管的，试求此管的基区输运系数之值。若将此管的基区掺杂改为如式（3-28）的指数分布，场因子，则其变为多少？

13、某均匀基区NPN晶体管的，试求该管的基区输运系数之值。又当在该管的发射结上加0.6V的正向电压，集电结短路时，该管的JnE和JnC各为多少？

14、某均匀基区晶体管的注入效率，若将其发射结改为异质结，使基区的禁带宽度EGB比发射区的禁带宽度EGE小0.08eV，则其注入效率变为多少？若要使其仍为0.98，则其有源基区方块电阻可以减小到原来的多少？

15、某双极型晶体管的，基区渡越时间=10–9 s ,当IB = 0.1mA时, IC = 10mA，求该管的基区少子寿命。

16、某晶体管的基区输运系数，注入效率，试求此管的与。当此管的有源基区方块电阻乘以3，其余参数均不变时，其与变为多少？

17、某双极型晶体管当IB1 = 0.05mA时测得IC1 = 4mA，当IB2 = 0.06mA时测得IC2 = 5mA，试分别求此管当IC = 4mA时的直流电流放大系数β与小信号电流放大系数βO 。

18、某缓变基区NPN晶体管的BVCBO = 120V，，试求此管的BVCEO。

19、某高频晶体管的，当信号频率为时测得其，则当时为多少？该管的特征频率为多少？该管的为多少？

20、某高频晶体管的，当信号频率f为30MHz时测得，求此管的特征频率，以及当信号频率f分别为15MHz和60MHz时的之值。

21、某高频晶体管的基区宽度，基区渡越时间，。当该管的基区宽度减为，其余参数都不变时，变为多少？

22、某高频晶体管的，当信号频率为时测得其最大功率增益为，则当时为多少？该管的最高振荡频率为多少？

23、在NA = 1015cm-3的P型硅衬底上制作Al栅N沟道MOSFET，栅氧化层厚度为50nm，栅氧化层中正电荷数目的面密度为1011cm-2，求该MOSFET的阈电压VT之值。

24、某处于饱和区的N沟道MOSFET当VGS = 3V时测得IDsat = 1mA ，当VGS = 4V时测得IDsat = 4mA，求该管的VT 与β之值。

25、某N沟道MOSFET的VT = 1V,β= 4×10-3AV-2，求当VGS = 6V，VDS分别为2V、4V、6V、8V和10V时的漏极电流之值。

26、某N沟道MOSFET的VT = 1.5V,β= 6×10-3AV-2，求当VDS = 6V，VGS分别为1.5V、3.5V、5.5V、7.5V和9.5V时的漏极电流之值。

27、某N沟道MOSFET的VT = 1.5V,β= 6×10-3AV-2，求当VGS分别为2V、4V、6V、8V和10V时的通导电阻Ron之值。

28、某N沟道MOSFET的VT = 1V,β= 4×10-3AV-2，求当VGS = 6V，VDS分别为2V、4V、6V、8V和10V时的跨导gm之值。

29、某N沟道MOSFET的VT = 1V,β= 6×10-3AV-2，求当VDS = 4V，VGS分别为2V、4V、6V、8V和10V时漏源电导gds之值。

30、某N沟道MOSFET的沟道长度，阈电压VT = 1.5V，电子迁移率为320cm2/V.s，试求当外加栅电压VGS = 5V时的饱和区跨导的截止角频率。