MOSFET结构及其工作原理详解11

**MOSFET基本概述**

MOSFET由**MOS**(Metal Oxide Semiconductor金属氧化物半导体)+**FET**(Field Effect Transistor场效应晶体管)这个两个缩写组成。即通过给**金属层**(M-金属铝)的**栅极**和隔着**氧化层**(O-绝缘层SiO2)的**源极**施加电压，**产生电场的效应**来控制**半导体(S)**导电沟道**开关**的场效应晶体管。由于栅极与源极、栅极与漏极之间均采用**SiO2绝缘层**隔离，MOSFET因此又被称为**绝缘栅型**场效应管。
市面上大家所说的功率场效应晶体管通常指绝缘栅MOS型(Metal Oxide Semiconductor FET),简称功率MOSFET(Power MOSFET)。实际上场效应管分为**结型**和**绝缘栅**两种不同的结构。场效应管是利用输入回路的电场效应来控制输出回路电流的一种半导体器件。它仅靠半导体中的**多数载流子**导电，又称为**单极型**晶体管。**结型**功率场效应晶体管一般称作静电感应晶体管(Static Induction Transistor-SIT)。其特点是用栅极电压来控制漏极电流，驱动电路简单，需要的驱动功率小，开关速度快，工作频率高，热稳定性优于GTR，但其电流容量小，耐压低，一般只适用于功率不超过10kW的电力电子装置。**MOSFET**功率场效应晶体管，大多数用作**开关**和**驱动器，**工作于**开关状态**，耐压从几十伏到上千伏，工作电流可达几安培到几十安。功率MOSFET基本上都是**增强型**MOSFET，它具有优良的开关特性。

**MOSFET的分类**

MOSFET的种类：按**导电沟道类型**可分为**P**沟道和**N**沟道。按**栅极电压幅值**可分为：**耗尽型-**当栅极电压为**零**时漏源极之间就存在**导电沟道**；**增强型-**对于**N(P)**沟道器件，栅极电压**大于(小于)零**时才存在**导电沟道**，功率MOSFET主要是**N沟道增强型**。







**MOS管结构原理图解**

**(以N沟道增强型为例)**

N沟道增强型MOS管结构如图5所示。它以一块**低掺杂的P型硅片**为**衬底**，利用**扩散工艺**制作**两个高掺杂的N+区**，并引入两个电极分别为**源极S(Source)**和**漏极D(Drain)**,半导体上制作一层**SiO2绝缘层**，再在SiO2上面制作一层**金属铝Al**，引出电极，作为**栅极G(Gate)**。通常将衬底与源极接在一起使用。这样，栅极和衬底各相当于一个极板，中间是绝缘层，形成电容。当**栅-源电压变化**时，将**改变**衬底靠近绝缘层处**感应电荷**的多少，从而**控制漏极电流**的大小。



**MOS管工作原理详解**

**(N沟道增强型为例)**

* 当栅-源之间不加电压时即**VGS=0**时，源漏之间是**两只背向的PN结**。不管VDS极性如何，其中总有**一个PN结反偏**，所以**不存在**导电沟道。
* 当**UDS=0且UGS>0**时，由于SiO2的存在，栅极**电流为零**。但是栅极金属层将**聚集正电荷**．它们**排斥**P型衬底靠近 SiO2一侧的**空穴**，使之**剩下**不能移动的**负离子区，**形成**耗尽层**，如图6所示



* 当**UGS增大**时，一方面**耗尽层增宽**，另一方面将衬底的**自由电子**吸引到**耗尽层**与**绝缘层之间**，形成一个**N型薄层**，称为**反型层**，如图7所示。这个反型层就构成了漏-源之间的导电沟道。使沟道刚刚形成的栅-源电压称为开启电压UGS(th)/VT。**UGS电压越大**，形成的**反层型越厚**，导电沟道**电阻越小**。



* 当**VGS>VT且VDS较小**时，基本MOS结构的示意图如图8-1所示。图中反型沟道层的厚度定性地表明了相对电荷密度，这时的**相对电荷密度**在沟道长度方向上为**一常数**。相应的ID-VDS特性曲线如图8-1所示。



* 当**VGS>VT且VDS增大**时，由于**漏电压增大**，**漏端**附近的**氧化层压降减小**，这意味着漏端附近的**反型层电荷密度**也将**减小**。漏端的**沟道电导减小**，从而ID-VDS特性曲线的**斜率减小**，如图8-2所示。



* 当**VGS>VT且VDS增大**到漏端的**氧化层压降等于VT**时，漏极处的**反型层电荷密度为零，**此时**漏极**处的**电导为零**，这意味着ID-VDS的特性曲线的**斜率为零**,称为**预夹断**，如图8-3所示。



* 当**VGS>VT且VDS>VDS(sat)**时，沟道中反型电荷为零的点移向源端。如果UDS继续**增大**，夹断区随之**延长**，如图所示，而且**UDS的增大**部分几乎全部用于**克服**夹断区对**漏极电流的阻力**，漏电流**ID为一常数**，这种情形在ID-VDS对应于**饱和区(恒流区)**，如图8-4所示。



**MOSFET的特性曲线**

漏极电流**ID**和栅源间电压**UGS**的关系称为MOSFET的**转移特性。**ID较大时，ID与UGS的关系近似线性，曲线的斜率定义为跨导Gfs。图中随着VGS增大，ID的斜率增大。原因是由于**VGS增大**，形成的反层型**越厚**，导通沟道**电阻越小**，**ID**的**增长速度越快**。MOSFET有三个工作区域：**截止区**、**饱和区**和**非饱和区**，对应的输出特性曲线如图10所示。若电力 MOSFET工作在**开关状态**，即在**截止区**和**非饱和区**之间来回**转换**。



