

ELEKTRONİK DEVRELER DERS NOTLARI

10.HAFTA

**Alan Etkili Transistörler (FET), Jonksiyon FET (JFET),
Metal Oksitli Yarıiletken FET (MOSFET)**

ALAN ETKİLİ TRANSİSTÖRLER (FET)

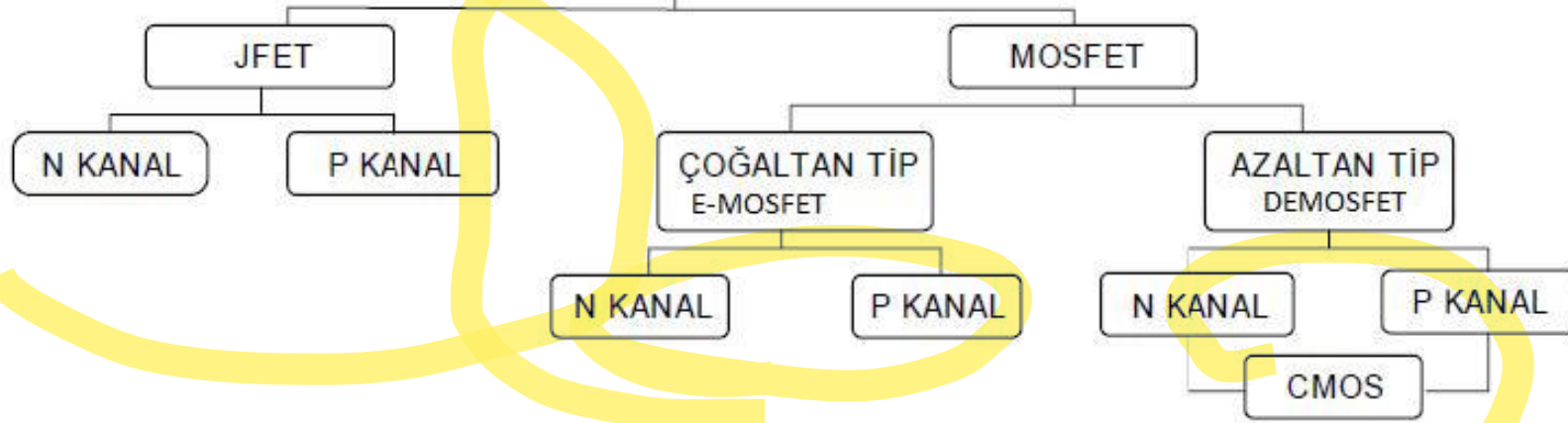
- Alan Etkili Transistör (Field-Effect Transistor); **Bipolar Jonksiyon transistörün tüm işlevlerini yerine getirebilen fakat farklı yapı ve karakteristiklere sahip bir devre elemanıdır.**
- FET'ler gerilim kontrollü devre elemanlarıdır.
- Çeşitli alt gruplara da ayrılan alan etkili transistörler, kanal tiplerine göre **n kanal** ve **p kanal** olmak üzere iki tipte üretilirler.
- Alan Etkili Transistör (FET), 3 uçlu bir grup yarıiletken devre elemanının genel adıdır.
- Bu gruptaki transistörler kendi aralarında bir takım kategorilere ayrılır ve isimlendirilirler.
- Alan etkili transistörlerin üretim tipleri ve çeşitleri aşağıda tablo halinde verilmiştir.

FET Çeşitleri

FET elemanının birçok çeşidi vardır. Başlıca çeşitleri;

- **JFET:** Junction-FET (Bağlantı-FET), ters ön gerilimli p-n bağlantısı ile kapı ile gövdeyi ayırıyor.
- **MOSFET:** (Metal Oxide Semiconductor FET).
- **FREDFET:** (Fast Recovery Epitaxial Diode-FET), özel bir FET çeşididir. Hızlı düzelme karakteristiğine sahiptir.
- **TFET:** (Tunnel-FET), band-band arası tünelleme için özel üretim bir FET çeşididir.
- **IGBT:** (Insulated Gate, Bipolar, Transistor). IGBT, elektronik devre elemanını sürerken mosfet gibi, iş yaparken bipolar transistör gibi davranır.
- **OFET:** (Organic-FET), organik yarı iletken malzeme kullanan yine özel bir FET çeşididir.

ALAN ETKİLİ TRANSİSTÖRLER



ALAN ETKİLİ TRANSİSTÖRLER (FET)

- JFET ve MOSFET Her iki tip transistörün de n kanallı ve p kanallı olmak üzere iki tipte üretimi yapılır.
- N kanallı JFET'lerde iletim elektronlarla, P kanallı JFET'lerde ise oyuklarla sağlanır.
- FET'lerin yapımları basit ve ekonomik olduklarından dolayı oldukça çok kullanım alanı bulmuşlardır. JFET'lerin bipolar transistörlere göre önemli farklılıkları vardır.

JFET ile BJT'lerin Karşılaştırılmaları

- JFET'in giriş ve çıkış empedansı çok yüksektir.
- Bu empedansın değeri birkaç mega ohm'dan yüzlerce mega ohma'a kadar çıkabilir.
- Fakat çalışma frekansları yükseldikçe empedansları azalır.
- MOSFET'in giriş empedansı JFET'e nazaran daha büyüktür. BJT'nin giriş ve çıkış empedansı JFET'ten küçüktür.
- Bu farklılık BJT yerine JFET'in; JFET yerine de BJT'nin kullanılamayacağını gösterir.

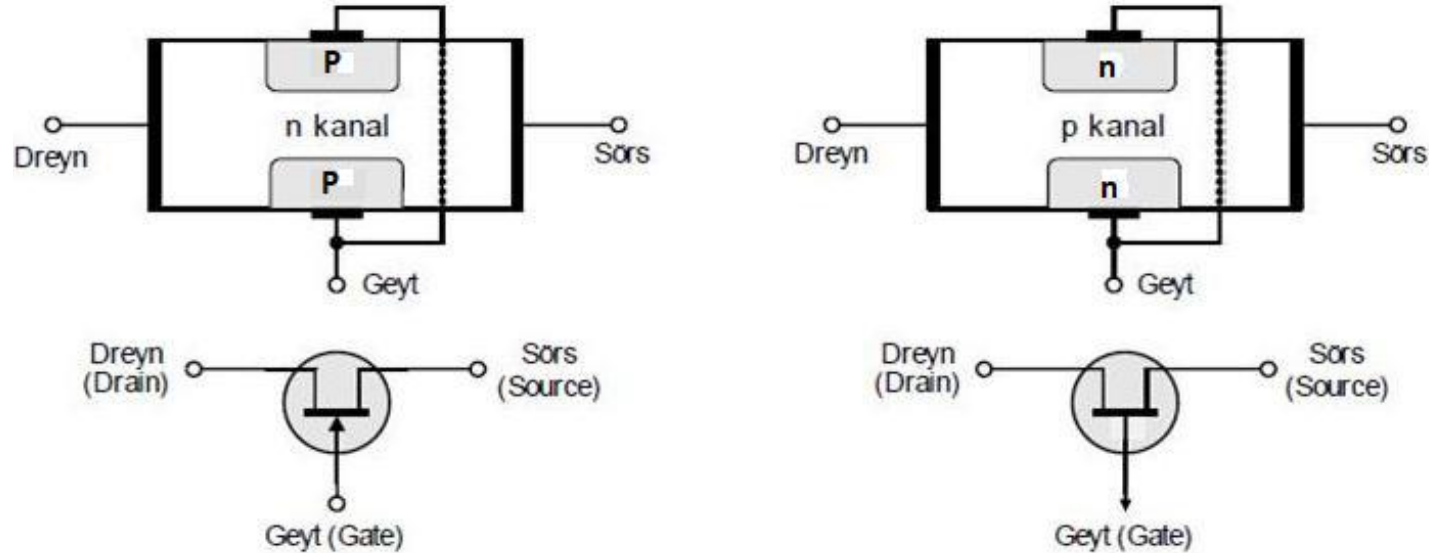
JFET ile BJT'lerin Karşılaştırılmaları

- JFET'in çalışması sadece çoğunluk akım taşıyıcılarının akışına bağlıdır. Tek tip taşıyıcılı bu elemana unipolar transistör adı da verilir.
- JFET'in gürültü seviyesi bipolar transistörlere nazaran azdır. Bu nedenle FET, alçak ve yüksek frekanslarda kullanılabilir. JFET, iyi bir sinyal kırpıcı olarak çalışır.
- JFET'in sıcaklık kararlılığı daha iyidir. Sıcaklık değişimlerinden pek etkilenmez.
- JFET'in radyasyon etkisi yoktur ve radyasyondan az etkilenir.
- JFET'in BJT'ye göre sakıncası; kazanç-bant genişliği çarpımının (geçiş frekansı-kazancın bire düştüğü frekans) bipolar transistörle elde edilebilene kıyasla küçük olmasıdır.

JONKSİYON ALAN ETKİLİ TRANSİSTÖRLER (JFET)

JFET'in Yapısı ve Sembolü:

- JFET'ler; N kanallı ve P kanallı olmak üzere iki tipte üretilirler.
- JFET'in fiziksel yapısı ve elektriksel sembolü şekilde gösterilmiştir.
- JFET üç uca sahiptir. Uçlarına işlevlerinden ötürü; Geyt (**G**ate), Sörs (**S**ource), Dreyn (**D**rain) isimleri verilmiştir.
- JFET'in fiziksel yapısına bakıldığında sörs ve dreyn uçlarının aynı olabileceği ve hatta uçlarının değiştirilerek sörs yerine dreyn'in, dreyn yerine sörs'ün kullanılabileceği düşünülebilir.
- Ancak JFET'in yapısı, sörs ve dreyn bölgeleri için bu eşitliği sağlamaz.
- JFET sembolünde, geyt ucunda bulunan **okun yönü kanal tipini ifade eder**. Ok yönü içeri doğru ise **N kanal** JFET, ok yönü dışarıya doğru ise **P kanal** JFET olduğu anlaşılır.
- Geyt kapısına uygulanan gerilim ile Dreyn Sörs arası akım kanalı daraltılıp genişletilebilir böylece Dreyn Sörs arası akım geçişine izin verilir veya verilmez



N Kanallı ve P Kanallı JFET'in Yapısı ve Sembolü

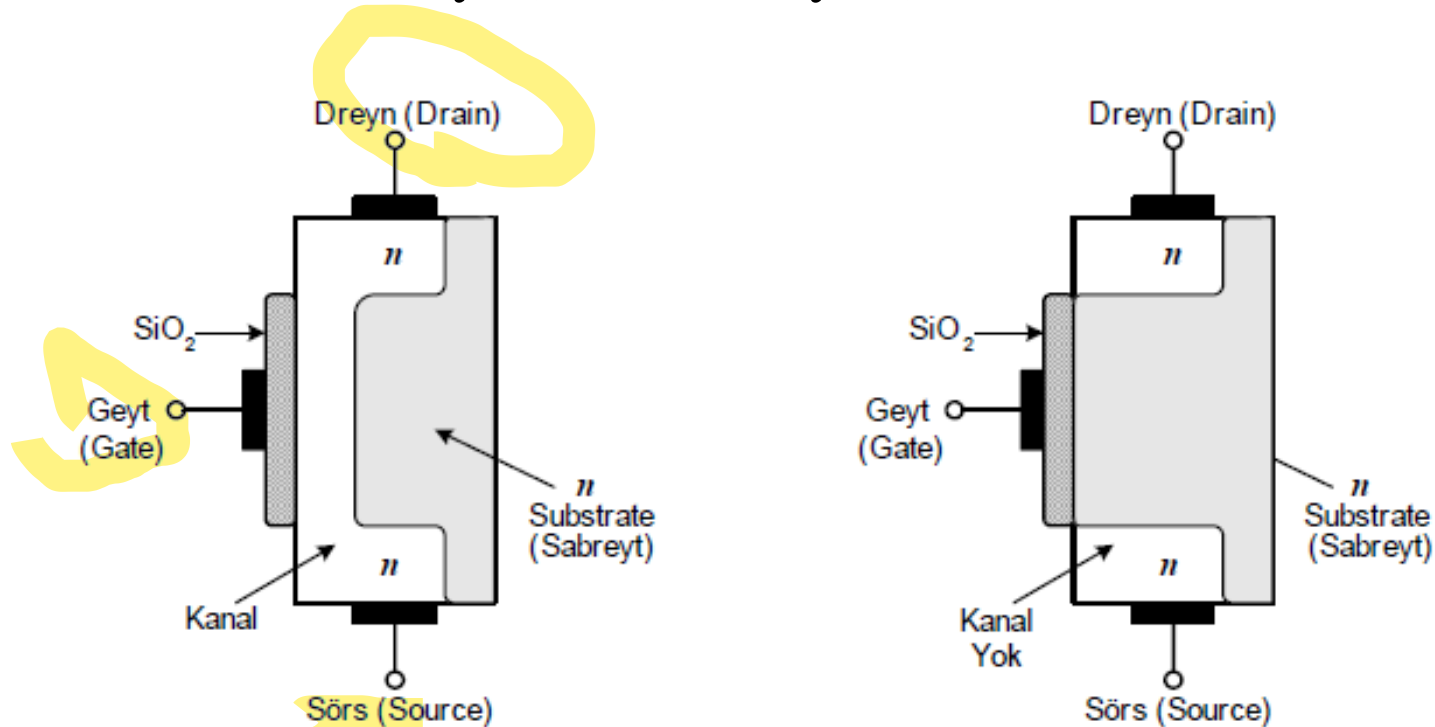
METAL OKSİTLİ YARIİLETKEN ALAN ETKİLİ TRANSİSTÖRLER (MOSFET)

MOSFET'lerin Tanıtımı ve Karakteristikleri:

- MOSFET (Metal-Oksit Semiconductor FET), Alan etkili transistörlerden geliştirilmiş bir grup transistörün genel adıdır.
- MOSFET'lerde geyt terminali, kanaldan izole edilmiştir.
- Ayrıca kimi kaynaklarda İzole edilmiş geytli FET veya IGFET adı da verilmektedir.
- Mosfet'ler, Azaltan tip (Depletion) ve Çoğaltan tip (Enhancement) olmak üzere iki tip de üretilirler.

MOSFET'in Temel Yapısı

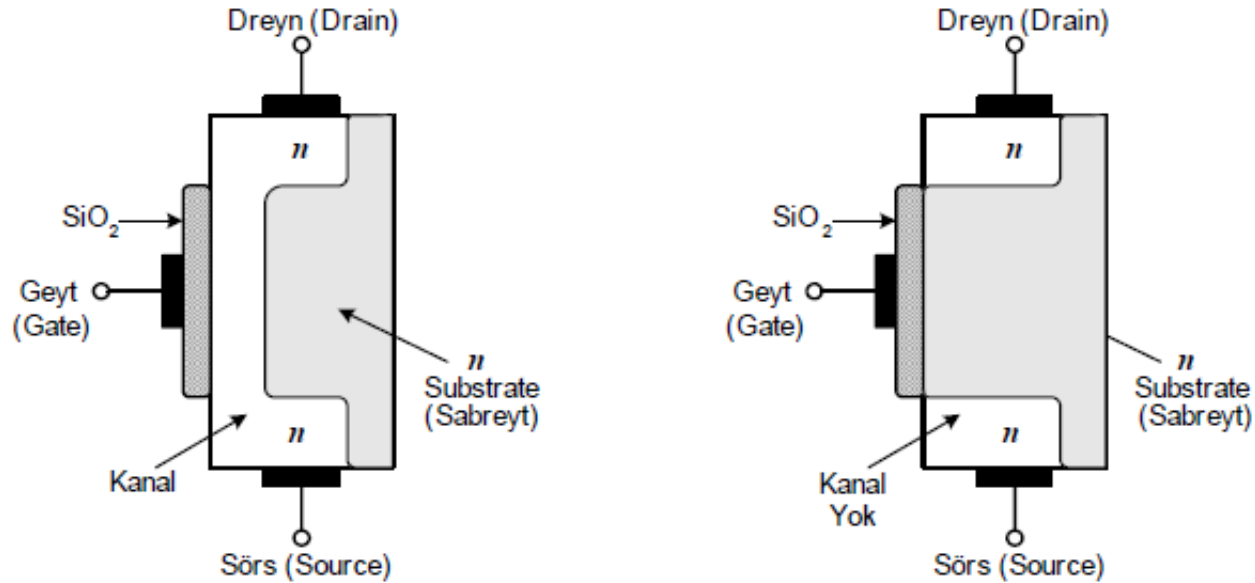
- Azaltan tip Mosfet'lere kısaca **D-MOSFET**, Çoğaltan tip Mosfet'lere ise **E-MOSFET** denilmektedir.
- Her iki tip MOSFET'inde; **P kanal** ve **N kanal** olmak iki tipi vardır. N kanallı D ve E-MOSFET'in temel yapıları şekilde verilmiştir.
- MOSFET'lerde tıpkı JFET'ler gibi **3 uçlu** aktif devre elamanları grubundandır.
- Uçlarına işlevlerinden ötürü; **Geyt** (Gate), **Dreyn** (Drain) ve **Sörs** (Source) isimleri verilmektedir.



Azaltan (D-MOSFET) ve Çoğaltan Tip (E-MOSFET) n Kanal MOSFET'lerin Yapıları

MOSFET'in Temel Yapısı

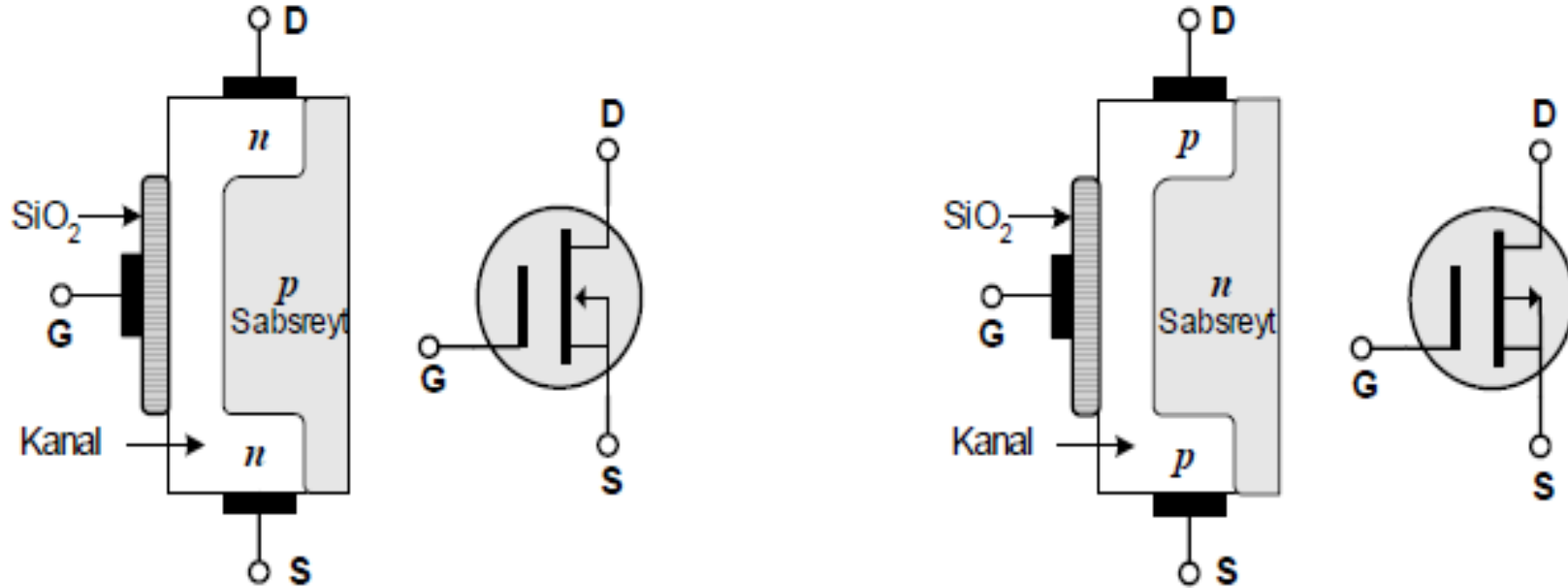
- Şekilde verilen temel yapıda Sabstre (Substrate) terminali, dördüncü uç gibi görünse de genellikle sörs bağlanır veya şase potansiyelinde tutulur.
- **D-MOSFET**'in yapısında kanal fiziksel olarak yapılmış haldedir.
- D-MOSFET'in, dreyn-sörs uçlarına bir dc gerilim kaynağı bağlandığında dreyn ile sörs arasında bir akım meydana gelir.
- **E-MOSFET**'in yapısında ise, imalat sırasında şekillendirilmiş veya oluşturulmuş bir kanal yoktur.
- E-MOSFET'in; dreyn-sörs uçlarına gerilim uygulandığında akım meydana gelebilmesi için, şarj taşıyıcılarının kanalı oluşturması gerekir.
- Bunun içinde geyt ucuna gerilim uygulanması gereklidir.



Azaltan (D-MOSFET) ve Çoğaltan Tip (E-MOSFET) n Kanal MOSFET'lerin Yapıları

Azaltan Tip MOSFET (D-MOSFET)

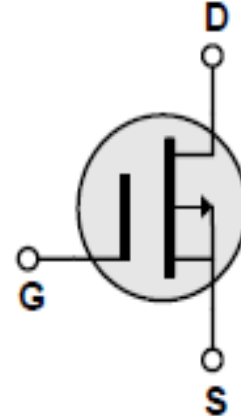
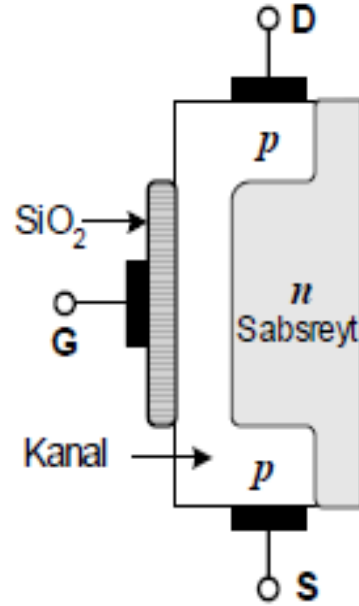
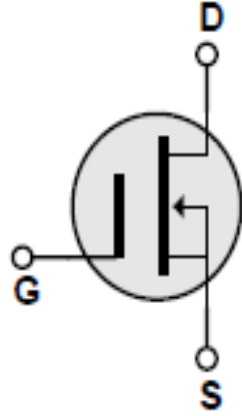
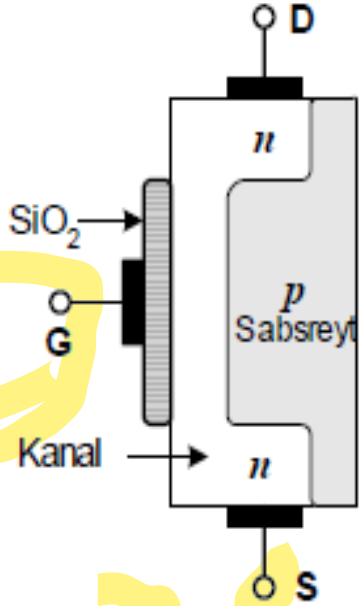
- D-MOSFET'lerin, n-kanal ve p-kanal olmak üzere başlıca iki tipte üretimi yapılır.
- Aşağıdaki şekillerde n-kanal D-MOSFET'in yapısı ve şematik sembolü ile p-kanal D-MOSFET'in yapısı ve şematik sembolü görülmektedir.
- N kanallı D-MOSFET, p tipi gövde (substrate-sabstreyt) üzerine yerleştirilmiştir.
- N tipi yarı iletken maddeden yapılan sörs ve dreyn bölgelerine, sörs ve dreyn terminalleri bir metalle (alimünyum) bağlanmışlardır.
- Ayrıca sörs ve dreyn bölgeleri içten N tipi kanal bölgesiyle birbirine bağlanırlar.
- N kanalın üstünde bulunan ve kanal ile geyt arasındaki izolasyonu sağlayan ince silikon dioksit (SiO_2) tabakasının üzerine ince bir metal tabaka konur.
- Bu bileşimi D-MOSFET'i oluşturur.



N Kanal ve P Kanal D-MOSFET'in Yapısı ve Sembolü

Azaltan Tip MOSFET (D-MOSFET)

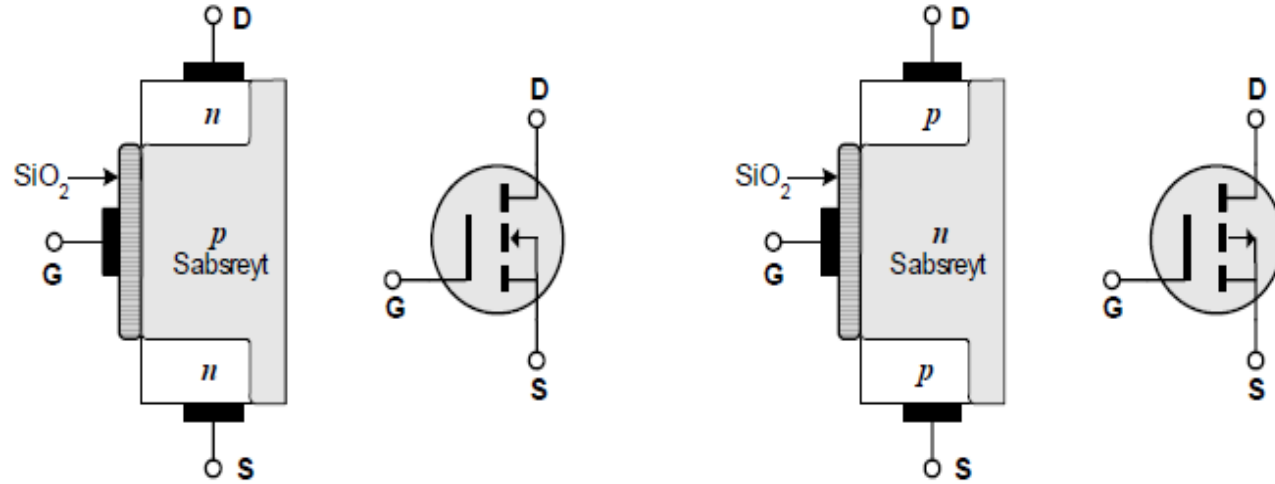
- Şematik sembolde elemanın geyt, sörs ve dreyn uçları gösterilir.
- Sabsreyt ucu ise çoğunlukla sörs'e bağlı olarak gösterilir.
- Şematik gösterimde elemanın kanal tipi sabstreyt ucundaki okun yönü ile belirtilir.
- **Şekilde görüldüğü gibi ok yönü elemanın içine doğru ise n-kanal DMOSFET, ok yönü dışarı doğru ise p-kanal D-MOSFET tanımlanır.**
- N-kanallı D-MOSFET'in geyt-sörs arasına negatif bir gerilim (VGG) uygulanırsa elektronlar kanal bölgesinin ortasına doğru itilirler ve kanalda daralma olur.
- Yeterli büyüklükte geyt-sörs gerilimi kanalı tamamen daraltarak kapatır.
- Diğer taraftan; pozitif geyt-sörs geriliminin uygulanması halinde, **p tipi taşıyıcılar** itildiklerinden kanal büyüklüğünde bir artış olur.
- Bu durum daha çok şarj taşıyıcısının oluşumuna izin verdiği için daha büyük bir kanal akımı meydana gelir.
- P-Kanal D-MOSFET te **geyt-sörs arasına pozitif** bir gerilim (VGG) uygulanırsa elektronlar kanal bölgesinin ortasına doğru itilirler ve kanalda daralma olur.



N Kanal ve P Kanal D-MOSFET'in Yapısı ve Sembolü

Çoğaltan Tip MOSFET (E-MOSFET)

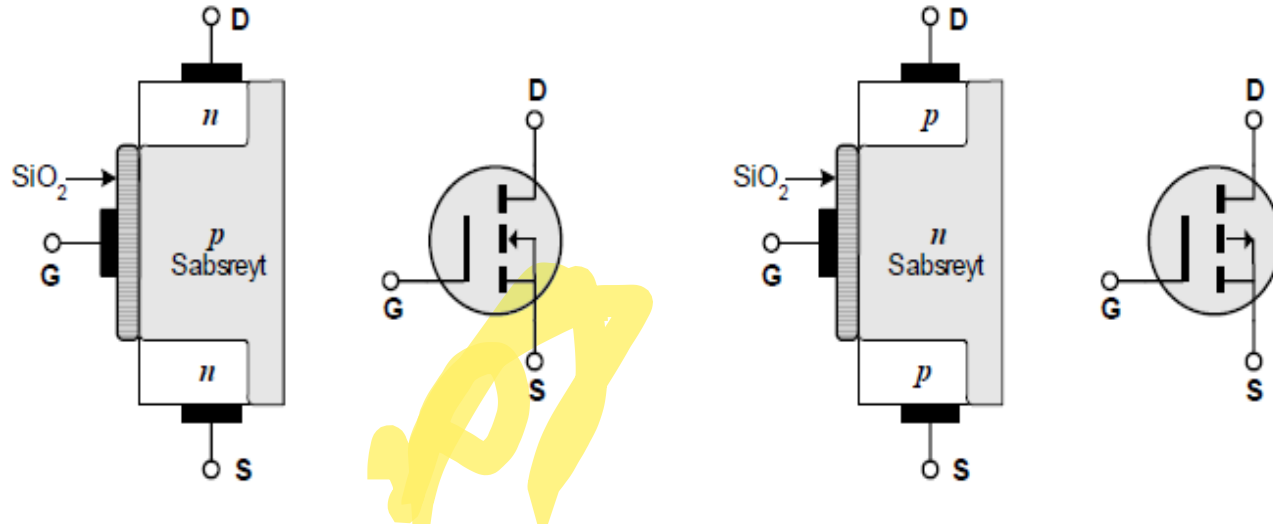
- Çoğaltan tip MOSFET'in (E-MOSFET) temel yapısı ve şematik sembolü aşağıdaki şekilde verilmiştir.
- E-MOSFET'ler, n-kanallı ve p-kanallı olmak üzere iki tip de üretilirler.
- Şekildeki yapıdan da görüldüğü gibi E-MOSFET'in temel yapısında fiziksel olarak oluşturulmuş bir kanal yoktur.
- Kısaca E-MOSFET, dreyn ile sörs arasında fiziksel bir kanala sahip değildir.



N Kanallı ve P kanallı E-MOSFET'in Yapısı ve Sembolü

Çoğaltan Tip MOSFET (E-MOSFET)

- E-MOSFET'in şematik sembolünde dreyn ile sörs arasına kesik çizgilerle gösterilir.
- Bu durum başlangıçta E-MOSFET'de kanal olmadığını belirtmek içindir.
- Şematik sembolde sabsreyt ucundaki okun yönü E-MOSFET'in kanal tipini belirtir.
- Ok yönü içeri doğru ise, N tipi kanallı gösterir.
- Ok yönü dışarı doğru ise P tipi kanallı gösterir.
- E-MOSFET'lerde kanal tipi ile sabsreyt'te kullanılan yarıiletken malzemelerin tipleri terstir.



N Kanallı ve P kanallı E-MOSFET'in Yapısı ve Sembolü

Çoğaltan Tip MOSFET (E-MOSFET)

- E-MOSFET’lerde kanal, geyt terminaline uygulanan harici bir besleme ile oluşturulur.
- Geytsörs uçları arasına pozitif bir geriliminin uygulanması, geyt altında sabstreyt bölgesinde bulunan oyukları (boşlukları) iter ve orada bir azalma (deplasyon) bölgesi yaratır.
- Geyt gerilimi yeterince pozitif değere çıkarıldığında; elektronlar, pozitif gerilim tarafından bu azalma bölgesine çekilirler.
- Böylece, dreyn ile sörs arasındaki bu bölge N kanalı gibi hareket eder.

