

ELEKTRONİK DEVRELER DERS NOTLARI

10.HAFTA

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

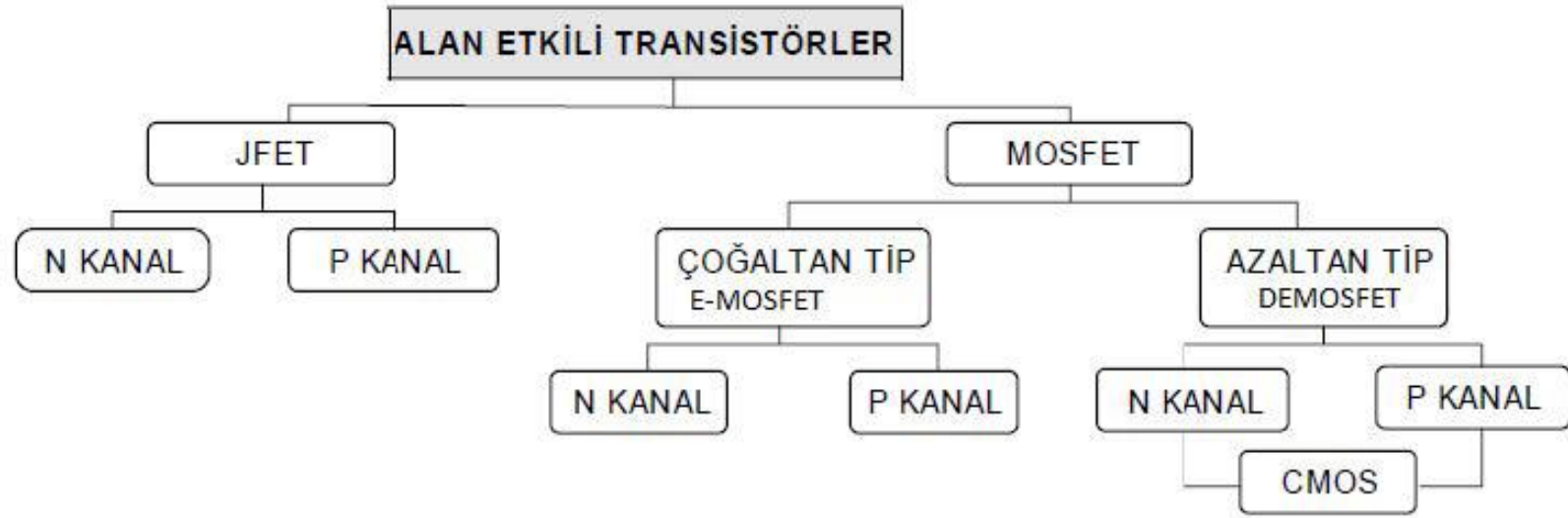
ALAN ETKİLİ TRANSİSTÖRLER (FET)

- 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 (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.

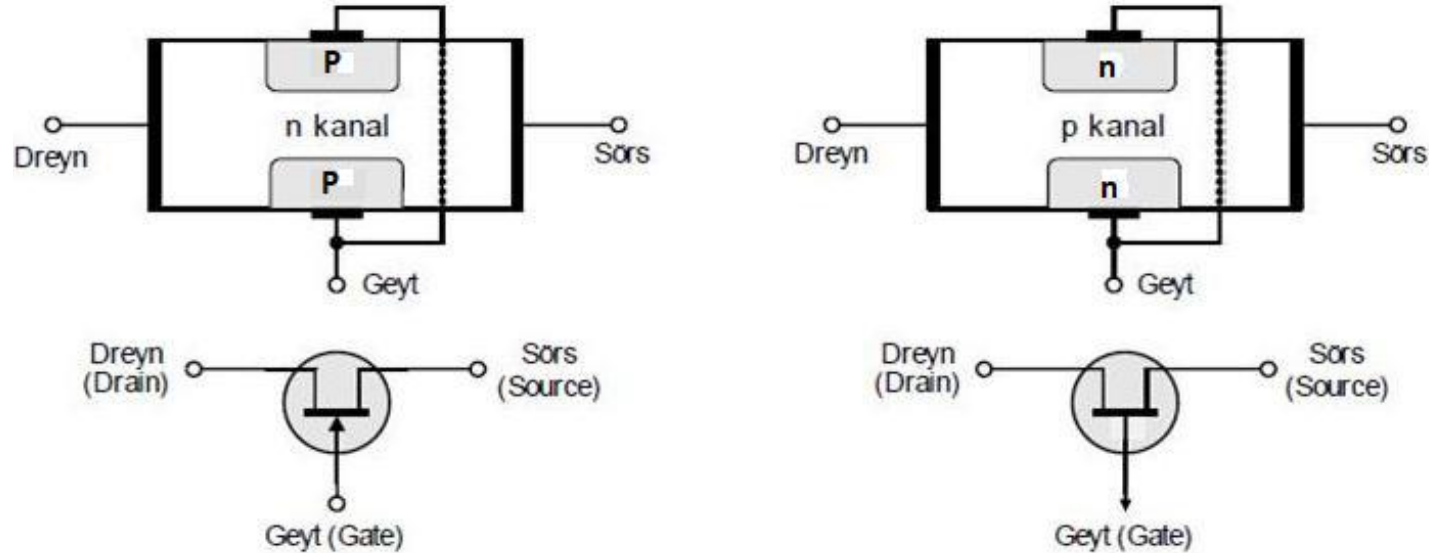
JFET ile BJT'lerin Karşılaştırılmaları

- 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

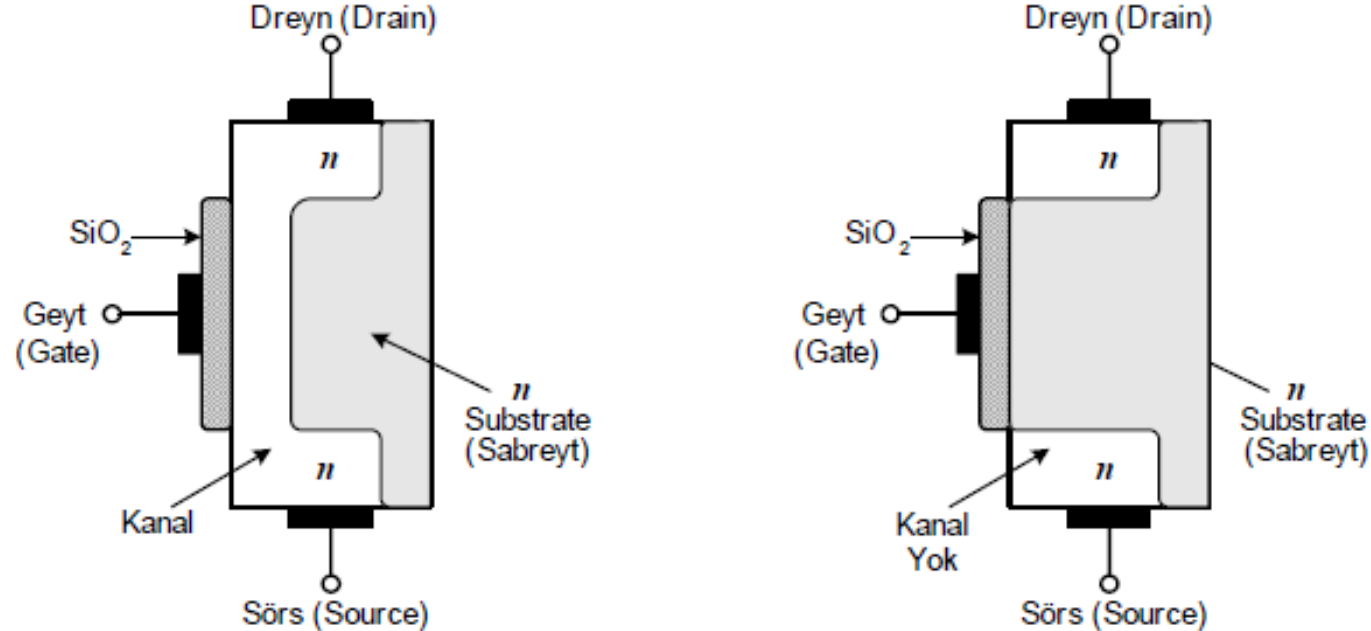
METAL OKSİTLİ YARIİLETKEN ALAN ETKİLİ TRANSİSTÖRLER (MOSFET)

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

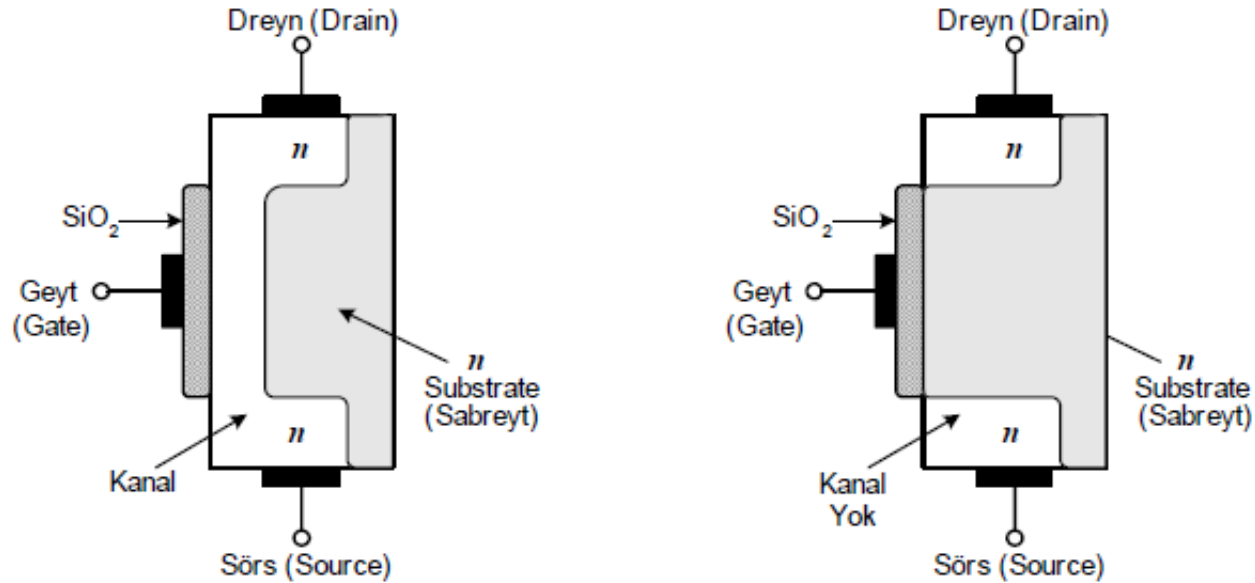
- Azaltan tip Mosfet'lere kısaca **D-MOSFET**, Çoğaltan tip Mosfet'lere ise **E-MOSFET** denilmektedir.
- Her iki tip MOSFET'inde; P kanal ve N kanal olmak iki tipi vardır. N kanallı D ve E-MOSFET'in temel yapıları şekilde verilmiştir.
- MOSFET'lerde tıpkı JFET'ler gibi 3 uçlu aktif devre elamanları 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

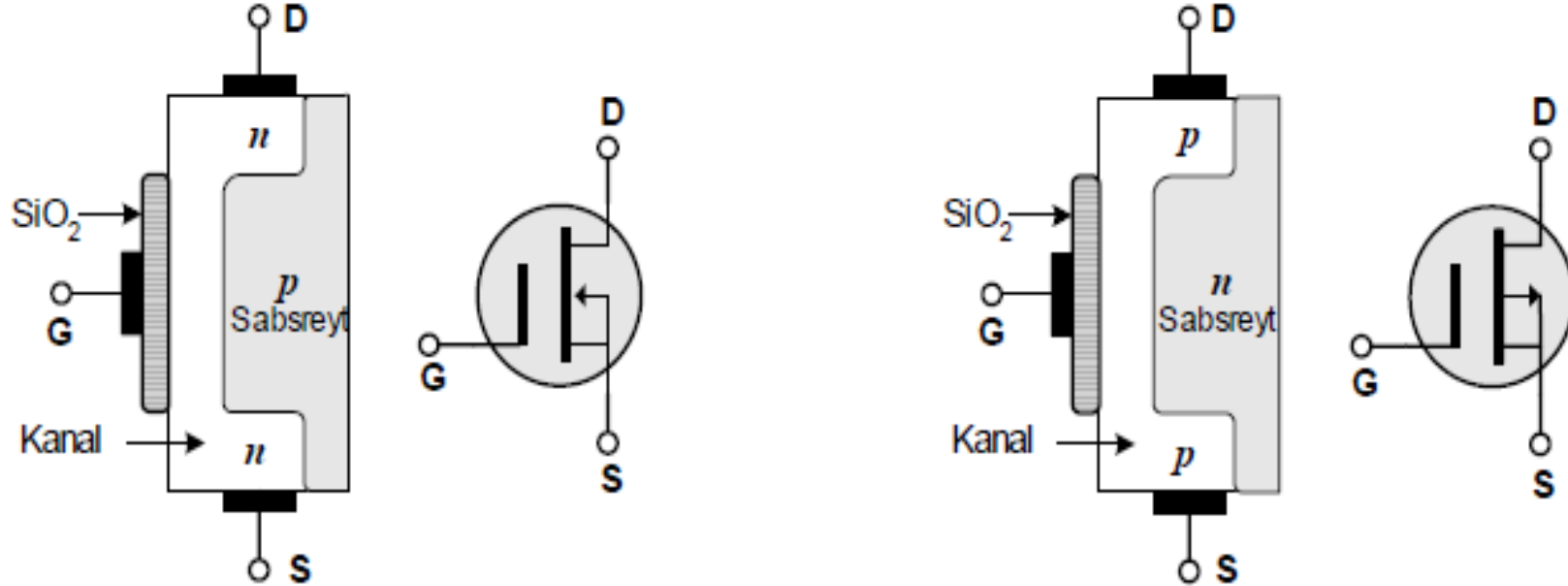
- Şekilde verilen temel yapıda Sabstre (Substrate) terminali, dördüncü uç gibi görünse de genellikle sörs bağlanır veya şase potansiyelinde tutulur.
- **D-MOSFET**'in yapısında kanal fiziksel olarak yapılmış haldedir.
- D-MOSFET'in, dreyn-sörs uçlarına bir dc gerilim kaynağı bağlandığında dreyn ile sörs 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)

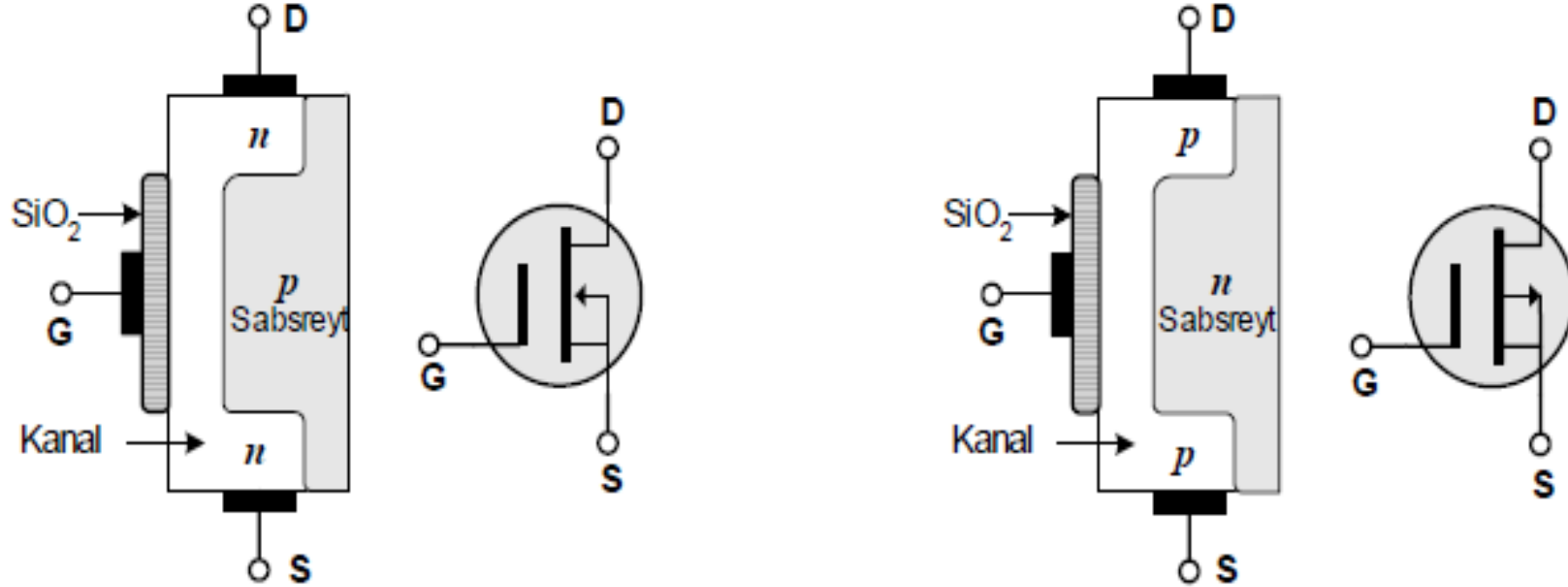
- D-MOSFET'lerin, n-kanal ve p-kanal olmak üzere başlıca iki tipte üretimi yapılır.
- Aşağıdaki şekillerde n-kanal D-MOSFET'in yapısı ve şematik sembolü ile p-kanal D-MOSFET'in yapısı ve şematik sembolü görülmektedir.
- N kanallı D-MOSFET, p tipi gövde (substrate-sabstreyt) üzerine yerleştirilmiştir.
- 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)

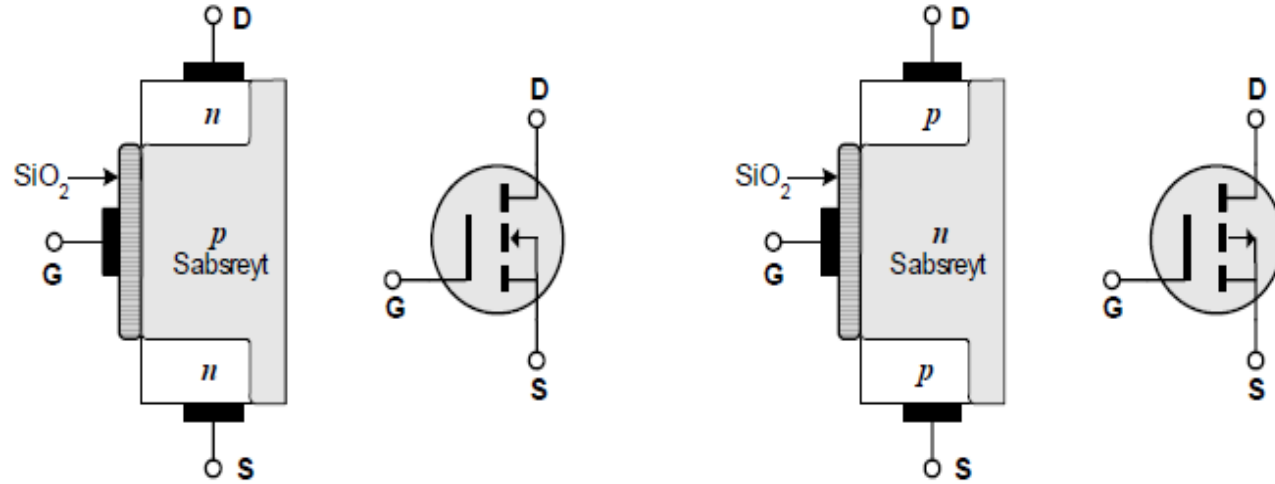
- Şematik sembolde elemanın geyt, sörs ve dreyn uçları gösterilir.
- Sabsreyt ucu ise çoğunlukla sörs'e bağlı olarak gösterilir.
- Şematik gösterimde elemanın kanal tipi sabstreyt ucundaki okun yönü ile belirtilir.
- **Şekilde görüldüğü gibi ok yönü elemanın içine doğru ise n-kanal DMOSFET, ok yönü dışarı 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 verdiğinden daha büyük bir kanal akımı meydana gelir.
- P-Kanal D-MOSFET te geyt-sörs arasına pozitif bir gerilim (VGG) uygulanırsa oyuklar kanal bölgesinin ortasına doğru itilirler ve kanalda daralma olur ve Drain akımı azalır. Negatif gerilim uygulandığında ise tam tersi kanal genişler ve Drain akımı artar.



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

Çoğaltan Tip MOSFET (E-MOSFET)

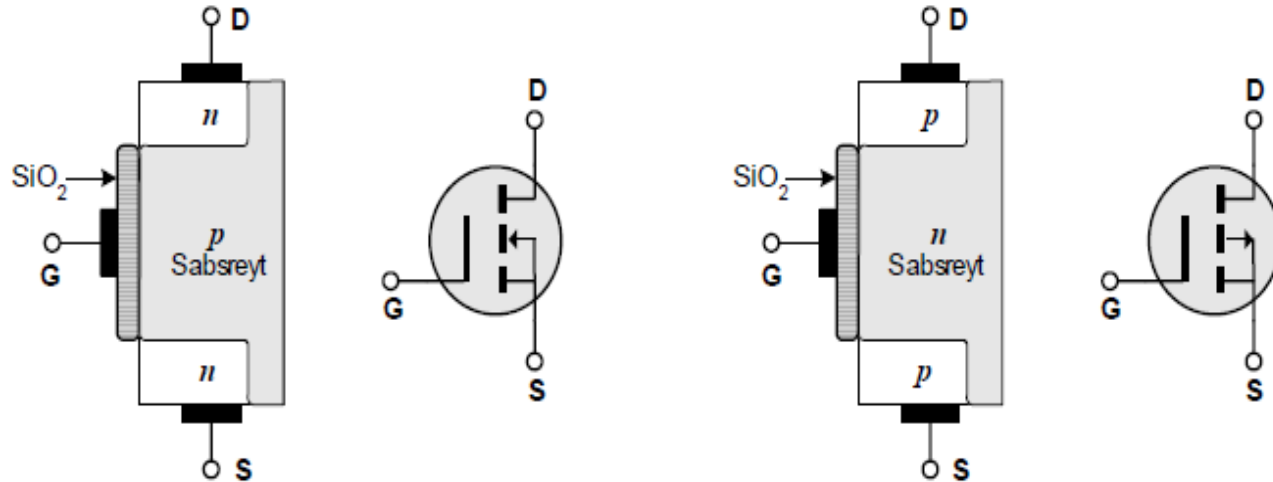
- Çoğaltan tip MOSFET'in (E-MOSFET) temel yapısı ve şematik sembolü aşağıdaki şekilde verilmiştir.
- E-MOSFET'ler, n-kanallı ve p-kanallı olmak üzere iki tip de üretilirler.
- Şekildeki yapıdan da görüldüğü gibi E-MOSFET'in temel yapısında fiziksel olarak oluşturulmuş bir kanal yoktur.
- Kısaca E-MOSFET,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

- N-kanallı 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 kanallı gibi hareket eder.
- P-kanallı E-MOSFET çalışma prensibi N-kanallı gibidir. Ancak P kanallıda polarma kaynaklarının yönü terstir
- Akım taşıyıcıları oyuklardır. Geyt-source arasına yeterince negatif gerilim uygulandığında sabstreyt bölgesinde bulunan elektronlar itilir ve böylece dreyn-sörs arası bölge P kanallı gibi hareket eder ve Dreyn akımı akar

