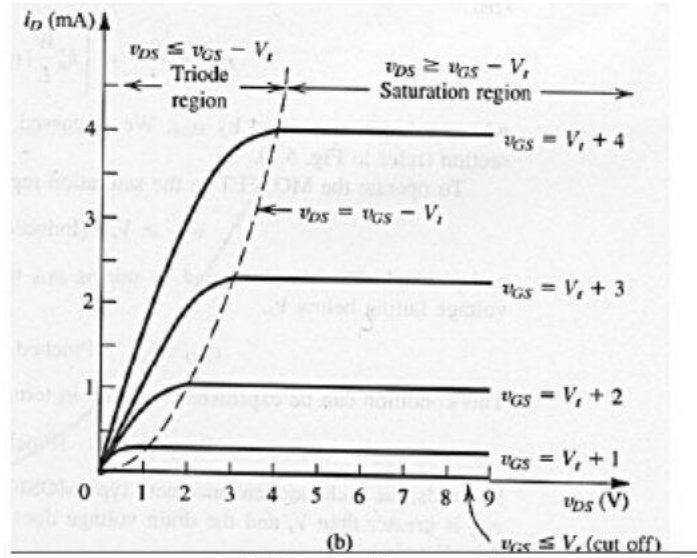


1) a) Doyma Akımı (Saturation Current):

Drain ile Source arasındaki gerilim (V_{DS}), pozitif yönde arttırılmaya başlanırsa bununla orantılı olarak I_D akımı da artar. V_{DS} artmaya devam ederken, kritik bir noktaya kadar bu akım artmaya devam edecektir. Ancak bu kritik noktadan sonra V_{DS} artışı, akımı değiştirmemeye başlar ve bu akıma doyma akımı (saturation current) denir. Bu noktada transistör doyuma girmiştir diyebiliriz. Doyma akımı reverse bias diyotlarda devredeki akıma yaklaşık olarak eşittir. Ancak forward bias diyotlarda difüzyon akımı bu doyma akımından daha fazladır.

NOT: Channel-Length Modulation ihmal edilmez ve V_{DS} artışı devam ederse bir noktadan sonra akımda değişim gözlenir.



Şekil 1 : I_D - V_{DS} grafiği

Yukarıdaki şekilde de görüldüğü gibi bir noktadan sonra V_{DS} değişimi I_D 'yi etkilememektedir.

b) Kanal Boyu Modülasyonu (Channel Length Modulation):

Yukarıda bahsedildiği gibi $V_{DS} = V_{DS} - V_T$ olunca transistör için pinch-off kuralı sağlanmış olur ve I_D akımı bu noktadan sonra doyuma ulaşır. Ancak V_{DS} bir süre daha arttırılmaya devam edildiğinde $V_{DS} > V_{DS} - V_T$ olunca, kanalın uzunluğunun biraz daha kısaldığı görülür. Bu da I_D akımının biraz daha artması sonucunu doğurur. Bu etkiye channel length modulation denir.

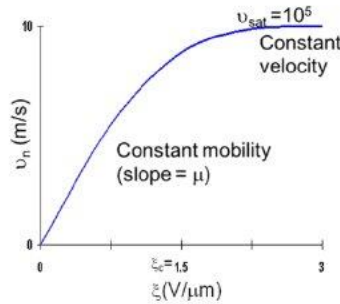
Channel length modulation hesaba katıldığında, saturasyon denklemini $(1 + \lambda V_{DS})$ ile çarparız. λ parametresine kanal boyu modülasyonu denmektedir. Bu etki gerçekleştiğinde Şekil-1 deki grafikteki V_{GS} eğrilerinin ucunun biraz yukarı doğrulduğu görülmektedir.

c) Hız Doyumu (Velocity Saturation):

Taşıyıcıların hızı elektrik alan ile orantılıdır ancak bu alanın değerinden bağımsızdır. Kanal üzerindeki elektrik alan kritik değere ulaştığında taşıyıcıların hızı, taşıyıcıların birbirleriyle çarpışmalarından dolayı doyuma ulaşır. Bu durum kısa kanallı MOSFET yapılarında V_{DS} değerinin artması ile oluşur.

Taşıyıcıların mobilitesi sabit olduğunda taşıyıcıların hızının elektrik alana bağlı olan grafiği Şekil-2’de verilmiştir. Elektronların ve deliklerin doyum hızları yaklaşık olarak 10^5 m/s’ dir.

Kısa kanallı MOSFET yapısında V_{DS} değeri $V_{GS} - V_T$ değerine ulaşmadan taşıyıcıların hızı doyuma ulaşır. Kanaldaki elektrik alan, V_{DS} değerinin artması ile kritik değere ulaşır ve draindeki taşıyıcılarda hız doyumu oluşur.



Şekil 2 : Velocity Saturation

d) Sıcak-Taşıyıcı Etkisi (Hot Carrier Effect):

Günümüz teknolojisinde chip’lerin boyutları her geçen gün küçülmemektedir. Chip’lerin boyutları küçülmesine rağmen besleme voltajları aynı oranda değişmemektedir. Elektrik alanlarındaki bu artış elektronlarında hızını arttırmaktadır. Bu nedenden dolayı bazı elektronlar da yeterince enerji ve hız kazanınca gate kısmındaki yalıtkan metal oksit tabakayı delmeye başlayıp saplanıyolarlar. Bu durum V_T geriliminin (Threshold Voltage) artmasına yol açmaktadır. Bundan dolayı transistorlerin ömrü kısalmaktadır. Bu olaya sıcak taşıyıcı etkisi (hot carrier effect) denir.

e) Metal Göçü (Metal Migration):

Metal göçü, transistörün temas noktalarındaki alaşımın difüzyon ile silikon yapıya nüfuz etmesi olayıdır. Bir telin akım taşıma kapasitesi, bu telin kesit alanına bağlıdır. Akım çok fazla iken elektron akışı, teldeki metalleri iter. Buna metal göçü denir.

Eğer direnç artarsa, metal göçü de artar. Metal göçünün gerçekleşmesi iyi bir şey değildir. Metal göçünün çok fazla gerçekleşmesi telin kopmasına neden olabilir. Bu da zarar gören transistörün yanlış çalışmasına neden olur.

f) CMOS Mandallama (CMOS Latch-up):

Aynı substrate üzerine farklı kanallar (birden çok NMOS veya PMOS) koyabilmek için N veya P substrate içine N veya P substrate koymak gerekir. Sonuç olarak birkaç transistörden oluşan bir devre oluşur. Örneğin; iki transistör oluşmuş olsun, bu iki transistör birbirlerinin baselerini besleyebilir ve bunun sonucu olarak ya devre yanar ya da power-off yapmadan çalışmaz hale gelir. Buna CMOS Mandallama (latch-up) denir. Aynı zamanda, CMOS devrelerinde bilgi kaybına ya da mantıksal durumun değişmesine neden olan bir hata modudur. Bu durum hatalara ve kayıplara yol açabilir.