

ÇOK YÜKSEK HIZLI ELEKTRONİK DEVRE ELEMANLARI

Mustafa EROL*

Günümüzde çok hızlı bir şekilde gelişen elektronik sayesinde, insanlığın geldiği konumu, herhalde yıllar önce elektriğin temellerini atan Michael FARADAY bile tahmin edemezdi.

Yüzyılın başında ancak, bazı temel özellikleri bilinen "Yarı-iletkenler", son yıllarda dünyanın her köşesinden, özellikle ABD, İngiltere ve Japonya gibi ülkelerden fizikçilerin yoğun araştırma konusu olmuştur. Yapılan çalışmaların yayınlandığı sürekli dergilerin içindeki bilgi birikimini derlemek için bile, bir insanın tüm hayatını bu işe ayırması gerekebilir. Özellikle üzerinde en çok çalışılan Germanyum (Ge), Silisyum (Si), ve Galyum Arsenik (GaAs) gibi yarı-iletkenler hakkında bilinmeyenlerin çok fazla olduğuna inanılmaktadır.

Elektronik teknolojisinde kullanılan devre elemanlarının temel materyali olan yarı-iletkenlerin, yeni devre elemanlarının geliştirilmesi ve bu devre elemanlarında kullanılması, araştırmaların en temel amacı gibi görünmektedir.

Genel olarak yarı-iletkenlerin iletkenlikleri, metaller ile yalıtıklar arasındadır; fakat bunların ilginç özellikleri, iletkenliklerinin sıcaklık ve safsızlık atomları ile değiştirilebilmelerinden kaynaklanıyor. Yarı-iletkenlerde, iletkenlik temel olarak iki şekilde değiştirilir:

1) Sıcaklığın artırılmasıyla iletkenlik artıyor. Bu nu kısaca şöyle açıklayabiliriz: Sıcaklığın artırılmasıyla "valans bant" taki elektronlar enerji kazanmaktadır. "İletkenlik band" ile valans bandı arasındaki "yasak bant" enerjisinden fazla enerjiye sahip olan elektronlar, hemen iletkenlik bandına çıkarlar; böylece iletkenlik bandında 1 elektron ve valans bantta da 1 boşluk (hole) iletkenliğe katkıda bulunur ki, bu da iletkenliğin artması demektir.

2) Yarı-iletkenlere uygun ve küçük miktarlarda safsızlık atomları katılarak (MODULATION DOPING), bu atomların, 1 elektronun iletkenliğe katılması ya da yine bu atomun, yarı-iletkendeki alacağı 1 elektronun geldiği yerde meydana gelen boşluğun iletkenliğe katkıda bulunmasıyla artırılabilir. Fakat bu durumda, önemli bir sorunla karşılaşmaktadırlar: Safsızlık atomları ile, bunlardan ayrılan elektronların etkileşimleri, bu elektronların iletkenliğe

katkısını önemli ölçüde etkilemektedir. Bu etkileşimler sayesinde ne yazık ki, iletkenlik ancak sınırlı ve küçük bir değerde kalmaktadır. Bu safsızlık atomlarından iletkenlik bandına ulaşanların hızı ve bu hızın bir ölçüsü olan "Mobilite"leri de sınırlı olmaktadır. Böylece, iletkenliğin artırılması amacıyla yapılan yarı-iletken safsızlık katkısı, pek önemli aşamalar getirmemektedir.

Bu alanda yapılan araştırmalar meyvelerini vermeye başlamış ve GaAs ile Al (x) Ga (1-x) As yarı-iletkenlerin yanyana getirilmesi sonucu keşfedilen "2-boyutlu elektron gazı" (2DEG—two dimensional electron gas) olaya yepyeni bir bakış açısı ve anlam kazandırmıştır. Bu iki boyutlu elektron gazı, modulation-doping esnasında atomlardan ayrılan elektronların, safsızlık atomları ile etkileşimlerine izin veremeyecek şekilde düzenlenmesi sayesinde, etkileşimleri azaltmıştır. Böylece çok alçak elektrik alanlarda dahi, çok yüksek elektrik iletimi mümkün olmaktadır. Bu yapılaşma için kullanılan Al (X) Ga (1-x) As, x'in tipik olarak 0,1 ile 0,4 arasında değişmesine izin verilen bir alaşımdır. Bunun iletkenlik bandı, GaAs'e göre daha yukarıdadır; yani, Al (X) Ga (1-x) As'in iletkenlik bandındaki elektronlar daha yüksek enerjiye sahiptir. Al (x) Ga (1-x) As'e uygun bir element küçük miktarlarda ilave edilerek, (Modulation-Doping) iletkenlik bandındaki elektron sayısı artırılır. Al (x) Ga (1-x) As ile GaAs yanyana getirildiğinde (atomik boyutlarda) meydana gelen yapıya "Heterojunction" denir. Bu iki materyal yanyana getirilip birleştirildiğinde, Al (x) Ga (1-x) As'in elektronları, daha düşük enerji seviyesine sahip GaAs'in iletkenlik bandına geçer. Böylece, ana atomları ile etkileşimleri engellenmiş olur. Bu durumda iletkenliği sağlayan elektronlar, çok daha serbest ve hızlı hareket edebilmektedirler ve dolayısıyla iletkenlik çok iyi bir şekilde sağlanmaktadır. GaAs'in iletkenlik bandına geçen elektronlara 2DEG denmesinin sebebi, genişliklerinin (3nm) boylarına (1mm) göre çok küçük olmasıdır. Yeni bir kavram olan 2DEG üzerine çalışmalar, çok hızlı devam etmektedir. Normal ya da saf yarı-iletkenlerde mobilite dolayısıyla iletkenlik, düşük elektrik alanlarda, alçak sıcaklıklara doğru gidildikçe (50 K'den sonra) azalmaktadır ve ancak 5K'de 7×10^4 cm²/s değerine ulaşabilmektedir. Oysa 2DEG'in meydana geldiği modulation-doping durumunda, alçak sıcaklıklara doğru gidildikçe mobilite 10⁶ cm²/V.s değerlerine ulaşmaktadır. Bu oldukça büyük bir değerdir. Bu mobiliteye sahip elektronların iletkenliği de çok yüksek olmaktadır.

Son 10 yıl içinde ortaya çıkan bu çok önemli olay sayesinde, iletimin çok çok daha hızlı olması dolayısıyla bu yarı-iletkenlerin kullanılmasıyla yapılan devre elemanlarının hızının yüksek olması, elektronik teknolojisine yeni boyutlar kazandıracığına benzer. Çok yakın bir gelecekte, zamana karşı yarışan bilim ve teknolojinin çok önemli aşamalar kaydedeceği inancıyla, daha nice başarılarla diyorum. □

* Lancaster Üniversitesi, Fizik Bölümü.