

tranzistorun doğuşu

yüksel TARHAN

UDK: 621.382 afnf) 1 >

ÖZET

Bu yazıda, tranzistorun bulunuşuna neden ölen etkenler ve elektronik teknolojisinde ortaya çıkardığı hızlı gelişmeler kısaca açıklanmaktadır. Tranzistorun, değişik uluslardan birçok bilim adamının çabalarının doğurduğu birikimin ürünü olduğu vurgulanmaktadır. Tranzistorun bulunuşundan kaynaklanan diğer devre öğeleri kısaca tanıtılmaktadır.

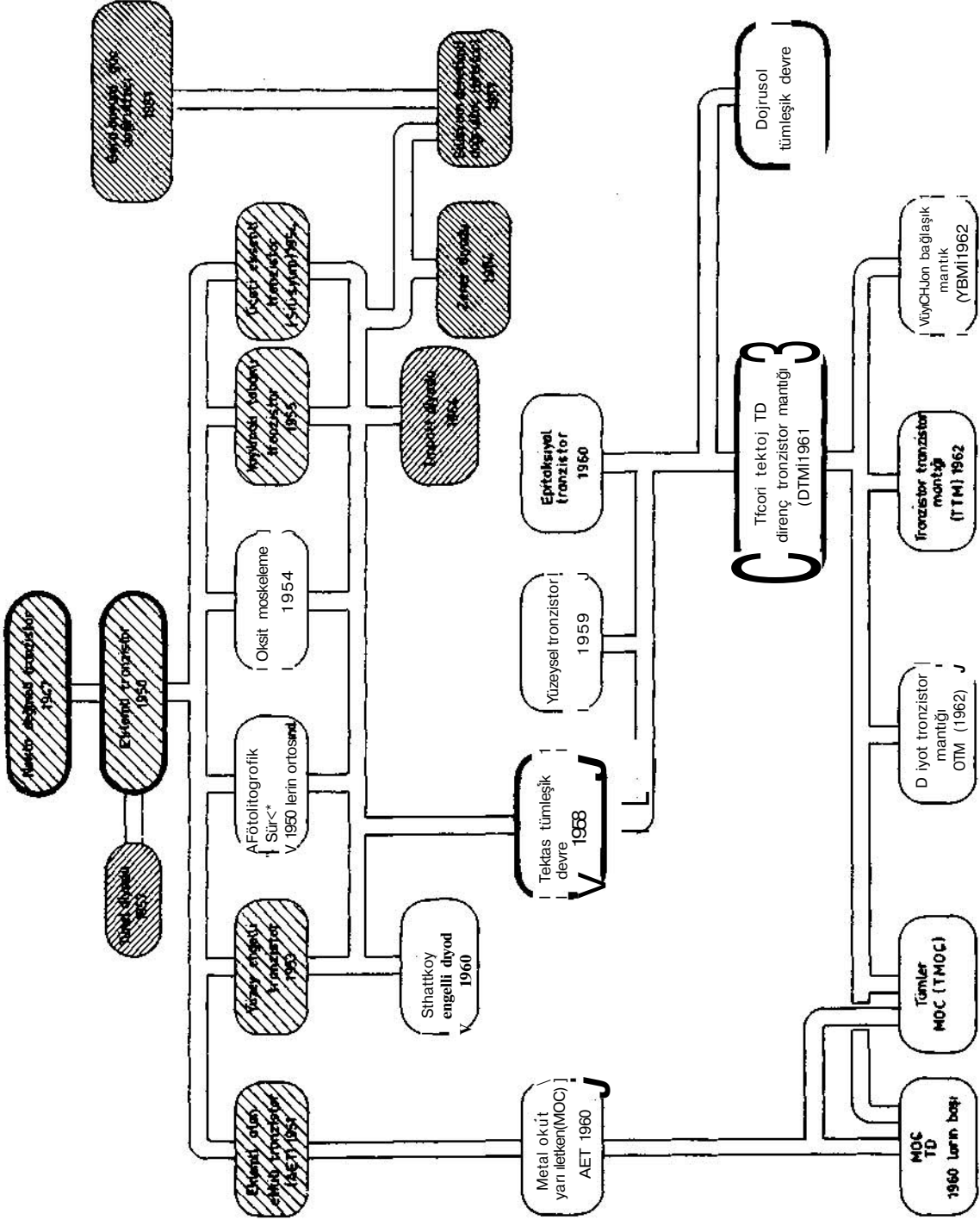
SUMMARY

This article briefly explains the factors that led to the discovery of transistor and its impact on the electronic technology- it stresses the fact that the discovery was due to the combined international efforts of many scientists. The successors of transistor are given briefly.

1 Temmuz 1948 yılında, Bell telefon Labarotuvuarlarında görevli üç mühendis, bir basın açıklaması yaptılar. Bu açıklama, ertesi günün gazetelerinde birkaç satırla şöyle yer aldı: "Radyo tüplerinin kullanıldığı yerlerde yararlanılması beklenen tranzistor adlı bir araç, araştırmanın yapıldığı Bell telefon laboratuvanında ilk kez sergilendi."

İçinde bulunduğumuz yıl, tranzistorun bulunuşunun otuzuncu yılıdır. Bu oldukça kısa süre içinde elektrik/elektronığın hemen bütün daüanında vazgeçilmez bir devre öğesi durumuna gelen tranzistor, benzer teknikle daha sonra geliştirilen diğer yarıiletken devre öğeleri ile birlikte, çağımıza damgasını vuran teknolojik gelişmelerin başında gelmektedir, öyle ki, "Tranzistor" ve "yan iletken" sözcükleri teknik yazında en çok kullanılan sözcüklerin başında yer almaktadır.

Yüksel Tarhan, HÜ



QUÇ yarıiletkenleri
Mikrodalga ve optoelektronik aygıtlar

Tümleşik devreler ve öncülleri
Kesikli (discrete) transistörler

QUÇ yarıiletkenleri
Mikrodalga ve optoelektronik aygıtlar

Tranzistorun bu denli büyük bir üne kavuşması nereden kaynaklanmaktadır?

Bu nedenlerin başında, hiç kuşkusuz, tranzistorun kullanım değeri gelmektedir. Tranzistorun bulunuşu bilim ve teknolojinin gelişmesini daha önceki buluşlarla kıyaslanamayacak ölçüde hızlandırmış, toplu üretimin gerçekleştirilmesi ise bilim ve teknolojinin günlük yaşama yansımalarını kolaylaştırmış, verdiği katkıyı arttırmıştır. Yalnızca ucuzluk, az güç gerektirme, güvenilirlik gibi nitelikleri bile, bu küçük devre ögesinin kullanım değeri konusunda yeterli ipuçlarını vermektedir. Tranzistorun bulunuşu, teknoloji tarihine çok önemli bir basamak olarak geçmiştir, araştırmayı yapan bilim adamları, YWilliam Shockley, Walter H. Brattain ve John Bardeen ise 1956 yılında aldıkları Nobel fizik ödülü ile bilim tarihindeki onurlu yerlerini almışlardır.

Değeri yeterince anlaşıldıktan sonra, tranzistorun bulunuşu üzerine yapılan yorumlarda çeşitli görüşler ortaya çıktı. ABD tekellerinin sözcülerine göre tranzistor İkinci Dünya Savaşını izleyen birkaç yıl içinde yapılan bilimsel araştırmaların amacı ve doğal sonucuydu. Bu buluş, bilimsel araştırmalarda bilim adamlarına sağlanan, özel olarak Bell Telefon Laboratuvarları tarafından benimsenen kolaylıklar ve çalışma biçimi ile gerçekleşmişti. Bilimsel bulguların en kısa ve verimli biçimde aktarılmasını sağlayan bilimsel konferans, seminer ve kongreler, bilgi alışverişini sağlama amacıyla bilim adamlarına verilen burs ve diğer parasal olanaklar bu sonuca büyük ölçüde yardımcı olmuştu.

Bu ve benzeri yorumların, gerçeğin çok küçük bir bölümünü abartarak verdiği ortadadır, ikinci Dünya Savaşı'ndan en az zararlı, hiçbir kenti yıkılmadan, endüstri tesisleri zarar görmeden çıkan ABD, teknolojik üstünlüğünü dünyaya kabul ettirmek ve dünya pazarlarını tümüyle ele geçirmek için, kendi teknolojisinin "her şeye kadir" olduğunu çeşitli biçimlerde yaymakta, yıkılmış Avrupa'da bilimsel araştırma yapmak olanağı bulamayan bilim adamlarının Amerikan tekellerinin hizmetine girmeleri için zemin hazırlamaktaydı. Tranzistorun bulunuşu da, büyük bir başarı olması nedeniyle, propaganda amacı ile Amerikan tekellerinin sözcüleri tarafından saptırıldı, ve o yıllardaki bilimsel ve teknik gelişmelerin birçoğu gibi, kapitalist sistemin "erdemlerinin" vurgulanmasında başarıyla kullanıldı.

Bilim tarihi ise bu görüşleri kesinlikle çürütmektedir. Yapılan her buluş ve teknik gelişme kendinden önceki buluş ve gelişmelere dayanmakta ve nesnel koşulların en elverişli olduğu yerde ortaya çıkmaktadır. Bilimde gelişme hızının artması birçok uzmanlaşma dalını ortaya çıkarmış, bireysel çalışmalarla bilimsel kazanımlar elde et-

me olanağı ortadan kalkmıştır. Bu açıdan bakıldığında tranzistor çeşitli ülkelerde yapılan araştırmalarla sıkı sıkıya ilişkilidir; buluşun Amerikan tekellerince gerçekleştirilmiş olması, ana ögenin, insanlığın ortak bilimsel kazanımlarının önemini geri plana itemez.

TRANZİSTOR ÖNCESİ ARAŞTIRMALAR

Tranzistorun doğuşunu sağlayan bilimsel gelişmeler, 20. yüzyılın ilk çeyreğinde ortaya çıktı. Bu gelişmeler, elektronik ve atomik sistemlerin tanımlanmasında, katı kristal atomları arasındaki bağların açıklanmasında fizikçilere güçlü araçlar sağladı.

1928 yılında Arnold Sommerfeld ve Felix Bloch gibi bilim adamları, bu kavramları metaller kuramına uygulayarak, Envin Schroedinger (Avusturya), Wolfgang Pauli (İsviçre), M. Dirac (İngiltere) ve Enrico Fermi (İtalya) gibi bilim adamlarının geliştirdiği Kuantum kuramına katkı getirdiler. 1931 yılında A.H. Wilson (İngiliz), metallerdeki elektron akışı ile ilgili bulgularla, yalıtkan ve yarı iletkenlerin kuramsal yapısını bağdaştıran yeni bir kuantum mekaniği kuramı oluşturdu.

Aynı yıllarda, elektriksel haberleşmede yarıiletkenlerin kullanılması giderek artan bir ilgi görüyordu. "Kedi bıyığı" doğrultmaçları yerine uzun zamandır tüp kullanımına rağmen bunlar, 1930 yıllarında ilgilenilen kısa dalga boylan için kullanışlı değildi ve yarıiletkenlerin doğrultma özellikleri üzerinde araştırmalar yapıyordu. Yine de Wilson'un geliştirdiği kuramın yaratacağı sonuçlar araştırmacılar tarafından tam olarak anlaşılamadı. 1935 - 1939 yılları arasında, yarıiletken fiziği kuramının sınırları, Frenkel ve Davydov (Sovyetler Birliği), Mott (İngiltere) ve Schottky (Almanya) tarafından yapılan çalışmalarla genişletildi. 1930 yıllarındaki araştırmaların engellenen en önemli etmen, yarıiletken maddelerin kuram ve deney arasında bağlantı kurmayı sağlayacak safılıkta elde edilememesiydi.

Bu sırada, mikrodalga elektronisinin gereksinmelerini karşılayacak kristal seziciler üzerindeki araştırmalar yoğunlaşıyordu. Belirli bir aklıktan (frekans) sonra kullanışsız hale gelen tüpler yerine yarıiletken kristal sezicilerden yararlanabilmek için, Silisyum ve Germanyum'un saflaştırılması gerekiyordu. Avrupalı ve Amerikalı bilim adamlarının çalışmaları İkinci Dünya Savaşı'ndan hemen önce sonuçlandı. Artık yarıiletken maddeler gereken safılıkta elde edilebiliyordu.

Araştırmalar İkinci Dünya Savaşı sırasında sürdürüldü. 1942 yılında Germanyum'un saflaştırılması için gereken bilgi birikimi sağlanmıştı. Germanyumun elektriksel özelliklerinin, içerdiği yabancı maddelerin niteliğine ve

oranına bağlı olarak, önceden kestirilebileceği gösterildi. Bu çalışmayı yapan Amerikalı bilim adamları, aynı yıl Germanyum doğrultmaçları üzerindeki araştırmaların yoğunlaşması sonucunu doğuran yeni bir doğrultmaç türü buldular.

Avrupa'da savaş sürerken, bilimsel araştırma yapma olanağını bulamayan bilim adamlarının birçoğu Amerikan üniversitelerinde veya araştırma laboratuvarlarındaki çalışmalarda yer alıyorlardı. Endüstri ve üniversite laboratuvarlarının çalışma düzeninin "savaş sırası araştırma" programları ile saptanması, çabaların birleştirilmesini ve sonuçların daha kısa sürede elde edilmesini sağlarken, tranzistorun önündeki engeller teker teker aşıyor ve gerekli bilgi birikimi oluşuyordu.

Katihal fiziği dalında geliştirilen kuramlar, belirli özellikleri sağlayacak saflıkta yarıiletken elde etme yöntemleri ve yarıiletken kristal sezicilerin savaş içindeki başarılı uygulamaları, bu dalda temel gelişmelerin henüz yer almadığını ve temel yarıiletken fiziğinde araştırmaların savaşta sonra da sürdürülmesi gerektiğini ortaya koydu.

TRANZİSTORUN DOĞUŞU

Bell Firması, 1945 yılının sonlarına doğru, John Bardeen, V/alter H. Brittain ve William Shockley'in de yer aldığı bir yarı iletken çalışma grubu kurdu. Bu grupta teorik ve deneysel fizikçiler, fizikokimyacılar ve elektriksel devre uzmanları yer alıyor, metalürji araştırmaları yapan çalışma grupları ile işbirliği sağlanıyordu. Çalışma grubu, 1946 ocağında nokta değmeli tranzistorun doğuşuna yol açan iki önemli karar aldı. Bunlardan birincisi, çalışmalarını en basit yarıiletken maddeler, Silisyum ve Germanyum üzerinde yoğunlaştırmak, ikincisi ise, yarıiletkenlerin madde özellikleri ile birlikte yüzey özelliklerine eğilmektir.

Shockley'in hesaplarına göre, ince bir yarıiletken tabakasının direncini güçlü bir elektrik alanı uygulayarak değiştirme olanağı vardı, öngörülen alan etkisi, deney sonuçları ile doğrulanmayınca, Bardeen, Schottky'nin elektriksel yük tabakasının oluşumunu açıklayan kuramından esinlenerek, yarı iletkenlerin yüzeyinde "sıkışan" elektronların, alan etkisini yaratmak için gerekli olan dış elektrik alanının etkisini yekettiğini öne sürdü.

Böylece görece olarak yeni bir kuram geliştirildi: Yüzey durum kuramı. 1946 ve 1947 yılında sürdürülen araştırmalarla bu kuram incelendi. Giderek daha karmaşık deneyler düzenlendi ve sonunda, 23 Aralık 1947'de, tranzistor işlevi, oluşturulan bir yükselteç devresi üzerinde ilk kez gözlemlendi. Bu devre hakkında Brittain Laboratuvar defterine şunları yazmıştı: "Ses yükseltici olarak

oluşturulan devrenin kazancı, öge (tranzistor) devreye girdiğinde kulakla duyulabilecek, osiloskopta görülebilecek biçimde büyüdü."

Ertesi gün bir osilatör devresi başarıyla denendi. Artık araştırmaların hangi yönde ilerleyeceği açık seçik belli olmuştu. 1 Temmuz 1948'de yapılan bu basın açıklaması ile tranzistorun bulunuşu resmen belgelendi.

TRANZİSTORUN GELİŞMESİ

Bu tarihten sonra yarıiletken fiziği alanındaki araştırmalar hızla genişledi. 1951 yılında geliştirilen ilk eklem (**Junction**) tranzistoru, üretimin giderek daha ucuzlaşmasını sağlayacak bir yapım yöntemini de beraber getiriyordu. Yüzey engelli (**surface barrier**) tranzistor ile çalışma sıklıkları MHz bölgesine uzanırken, sızma tabanlı (**diffused base**) tranzistor ile yüksek sıklıkta olağanüstü bir çalışma verimi sağlanıyordu, ilk monolitik tümleşik devre 1958'de yapıldı, ancak topluca üretimi, tasarım ve üretim yöntemlerinin yeterince geliştiği 1961 yılından sonra gerçekleşti, ilk tümleşik devreler sayısaldı ve Direnç-Tranzistor Mantiği tekniği ile yapılmıştı!*) Daha sonra Diyot-Tranzistor Mantiği (DTM), Tranzistor - Tranzistor Mantiği (TTM) ve Yayıcıdan Bağdaşık Mantık (YBM) teknikleri kullanılmaya başlandı. Sayısal elektronik devrelerin yapımı, Metal-Oksit-Yarıiletken (MOY) teknolojisinin gelişmesi ile kolaylaşırken, işlemel yükselteçlerde, müzik ve ölçü aletlerinde, radyo ve televizyon alıcılarında, kısaca elektrikli tüketim araçlarının hemen hemen tümünde yer alan tümleşik devreler ortaya çıktı (Şekil 1).

Elektronik teknolojisinin bugün ulaştığı düzeyi belirleyen (ışıklı gösterge gibi) optoelektronik araçlar ve mikroişlemciler, ilk tranzistorun yol açtığı gelişmelere ışık tutması açısından çok önemlidir.

Bu gelişmeler bugün hızla sürmekte, yarıiletken teknolojisinin günlük yaşamın tüm alanlarında kullanılan ürünleri giderek artmaktadır. Bu açıdan bakıldığında, tranzistor ve yarıiletken teknolojisi, insanlığın ortak bilimsel çabalarından kaynaklanan ortak kazanımlarının somut göstergelerinden biridir.

(*) *Tümleşik devrelerin yapım teknikleri için bkz. Gönenç, Güney, Bilgisayar Donanım Teknolojisinde Gelişmeler, Elektrik Mühendisliği, Aralık 1976, s. 617-624*

KAYNAKLAR:

1. Weiner, Charles, *How The Transistor Emerged*, IEEE Spectrum, Ocak 1973, s 24-33
2. Lapidus, Gerald, *Transistor Family History*, IEEE Spectrum, Ocak 1973, s 34-35