

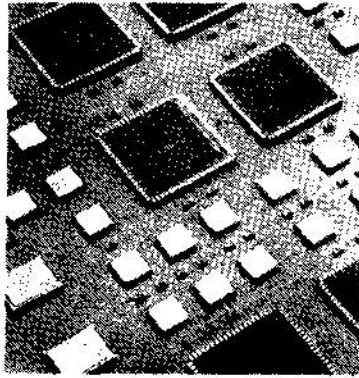
İTÜ'DE MİKROELEKTRONİK: YİRMİ YILIN HİKAYESİ

Prof.Dr. Duran LEBLEBİCİ

1950'li yıllar tranzistorların, 1960'lı yıllar tümdevrelerin gelişme yılları oldu. 1970'li yılların başında artık tümdevre teknolojisinin gelecek yılların en önemli ve en hızlı gelişecek "anahtar teknolojisi" olacağı herkes tarafından anlaşılmıştı. Tranzistorlar o zamana kadar elektronik derslerinin kapsamı içinde veriliyordu. Ağırlık oranı elektron tüplerine göre sürekli olarak yükselmekle beraber tranzistorun bir "devre elemanı" olarak davranışlarının incelenmesi ile yetiniliyor, yapım teknolojilerine pek değinilmiyordu. Tümdevreler için ise elektronik devreleri ile ilgili derslerde birkaç basit örnek verilmekle yetiniliyordu.

1970 yılında konu, İTÜ'nün o zamanki "Yüksek Frekans Tekniği Kürsüsü"nde ilk defa başka bir görüşle ele alındı. Rahmetli Prof.Dr. Mustafa Santur'un yönlendirici öncülüğünde ders programlarına yarı iletken teknolojileri ve tümdevre yapıları ile ilgili seçime bağlı dersler konuldu, önemi ve etki alanı gün geçtikçe genişleyen bu konuların, yetiştirilecek genç mühendislerin -hiç değilse bir bölümünün- ilgi alanına sokulmasının, Türkiye elektronik sanayinin geleceği bakımından gerekli olduğu görüşü ile, teorik derslerde verilen bilgilerin uygulama alanı olarak bir Mikroelektronik Laboratuvarı'nın kurulmasına da karar verildi.

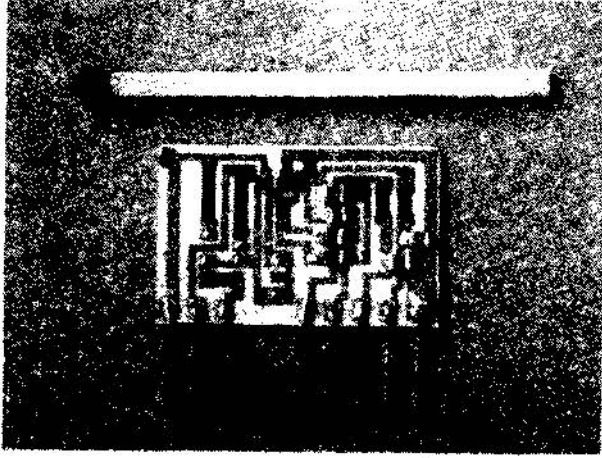
Konu, Kürsü'de bulunan bütün elemanlar için çok yeni ve yabancı idi. Kurulacak laboratuvarında, elektronik laboratuvarlarının alışılmış donanımının çok dışında olan cihazlara ihtiyaç vardı. O zamana kadar kullandığımız yegane "proses" olan "lehimleme"nin çok ötesinde, silisyumu oksitleyecek, başka türden elementlerle katkılayacaktık. O



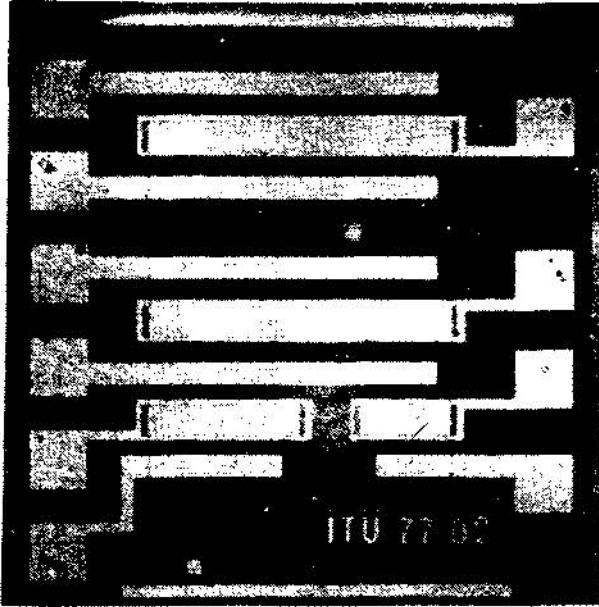
zamana kadar kullandığımız, boyutları "santimetrelerle ölçülen elemanlar yerine, boyutları "mikrometrelerle ölçülen elemanlar gerçekleştirmemiz gerekiyordu. Bu yeni boyut düzeyine uyumu kolaylaştıracak bir ara adım olarak işe, o yıllarda hızlı bir gelişme içinde olan "kalın film karma tümdevre teknolojisi" ile başlanması uygun görüldü. Bu teknoloji için gerekli olan donanımın bir bölümünün yarı iletken teknolojisinde de kullanılacak olması, kurulacak laboratuvarın ekonomikliği bakımından da elverişli idi.

Mikroelektronik laboratuvarları o yıllarda gelişmiş ülkelerdeki üniversitelerde de yeni idi. Özellikle "IEEE Transactions on Education" da, çeşitli üniversitelerde kurulan mikroelektronik laboratuvarları ve bu laboratuvarlarda kullanılan ucuz, bir bölümü kendilerinin gerçekleştirdikleri cihazlar ve uygulanan "üniversite ortamına elverişli" prosesler ile ilgili makaleler yayınlanıyordu. Biraz bu makalelerden, biraz da bir yaz boyunca içinde çalışarak teknolojiyi ana hatları ile öğrenmek şansına, sahip olduğum Hollanda, Twente Teknik Üniversitesi'nde edinilen deneyimden yararlanılarak, üniversitemizde kurulacak Mikroelektronik Laboratuvarı'nın tasarımı tamamlandı. Yarıiletken teknolojisi ünitesinde katkı lama yöntemi olarak, daha az yatırım gerektiren, sarf malzemesi bakımından da daha ekonomik ve güvenli olan "spin-on" yöntemi benimsendi. Gerekli olan donanımın hangilerinin kendi olanaklarımızla gerçekleştirilebileceği, hangilerinin mutlaka ithal edilmesi gerektiği belirlendi ve Laboratuvar Kürsü'nün o zamanki kadrosunun olağanüstü niteliği ve gayreti sayesinde 1975'de faaliyete geçti. Gerçekleştirilen devreler aynı zamanda ülkemizde tasarımı ve üretimi yapılmış olan ilk mikro-devreler idi (Şek. 1). Bu üniteye kalın film karma tümdevrelerin başarı ile gerçekleştirilmesi [1], [2] o zamanki PTT-ARLA (TELETAŞ) yöneticilerinin bu teknolojiye endüstriyel boyutlarda girme kararlarını kolaylaştırdı

O İTÜ Elektrik - Elektronik Fakültesi



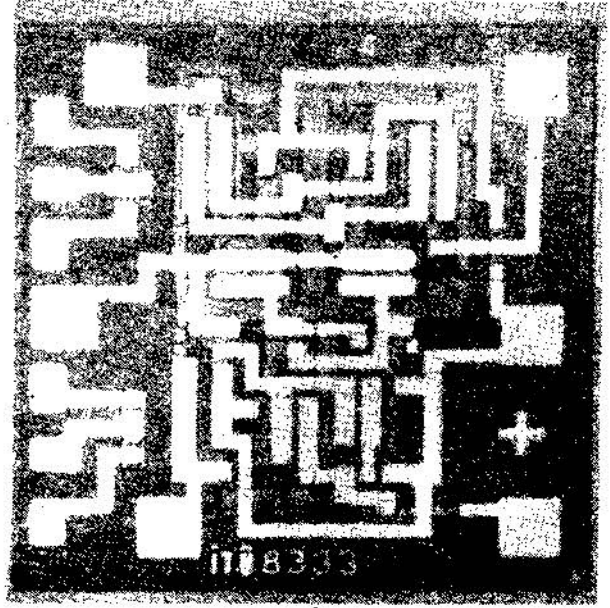
Şekil 1 : İTÜ Mikroelektronik laboratuvarında gerçekleştirilen ilk kalın film karma tümdevrelerden biri: Geniş bantlı frekans dublörü (1975)



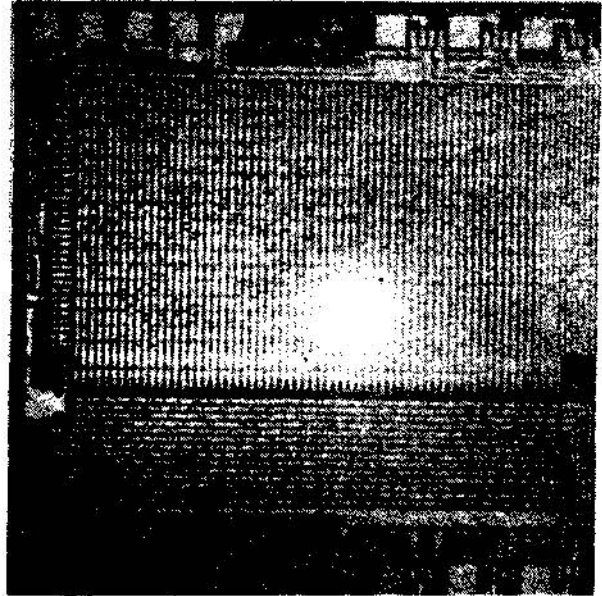
Şekil 2 : Laboratuarda gerçekleştirilen ilk PMOS tranzistörler (1977)

ve ARLA, "yurt dışından herhangi bir teknoloji transferi yapmadan" bugün kapasite ve verimlilik bakımından Avrupa'nın önde gelen tesislerinden biri haline gelmiş olan kendi kalın film karma tümdevre üretimi ünitesini kurdu. Ülkemizin elektronik sanayii alanında bu ilk "ileri teknoloji" uygulamasını, ASELSAN'ın aynı yolu izleyerek kurduğu kalın film karma tümdevre ünitesi izledi.

Laboratuvarın yarıiletken teknolojisi ünitesi ilk ürününü 1977'de verdi (Şekil -2) Dört tane çeşitli boyutlarda alüminyum geçitli PMOS tranzistörün bulunduğu 1 mm X 1 mm boyutlarındaki bu ilk kırkıta kullanılan minimum boyutlar 10 mikrometre idi. Daha sonra seçime bağlı dersler, bitirme ödevleri ve diploma tezleri çerçevesinde çok sayıda analog ve dijital MOS tümdevrelerinin tasarımı ve gerçekleştirilmesi yapıldı (Şekil -3, 4). Laboratuvarın sınırlı ancak iyi işleyen teknolojisi, öğretim dışında araştırma



Şekil 3 : Seçime bağlı dersler çerçevesinde öğrencilerin yaptıkları tasarım ve gerçeklemelere bir örnek: Ana-uydu ikilisi. Devrede 24 tranzistor, ayrıca 2 test tranzistoru bulunmaktadır. Kırkık boyutları 1 mm x1mm'dir

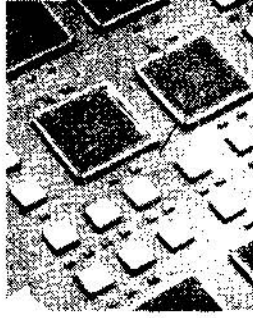


Şekil H: Diploma tezi çerçevesinde tasarım ve gerçeklemelere bir örnek: Yalnız Okunabilen Bellek (ROM). Tranzistor sayısı 2500, kırkık boyutları 2 mm x 2 mm'dir.

çalışmalarına da olanak verdi [3]... [7].

İTÜ Mikroelektronik Laboratuvarı'nın kurulması ve işletilmesi sırasında kazanılan birikim > deneyimden, 1980-1983 yıllarında, TÜBİTAK Marmara Araştırma Enstitüsü'nde "Yarıiletken Teknolojisi Araştırma Laboratuvarı (Y-TAL)" irt kuruluşu sırasında geniş ölçüde yararlandı. Üniversitedeki laboratuara göre çok daha yüksek düzeyli ve endüstriyel nitelikte cihazlarla donatılan bu laboratuvarın bipolar teknolojiye de elverişli olan olanaklarından, la-

boratuaan elemanı olan genç mühendislerin yetiştirilmeleri ve deneyimlerini arttırmalarının yanısıra, üniversitede verilen bazı yüksek lisans tez çalışmalarında da yararlandı. YİTAL'in teknolojik düzeyi 1987 de başlamış olan ve "NATO-Science for Stability" programı tarafından desteklenen bir proje çerçevesinde edinilen ek donanımla, "çok büyük ölçekte tümleştirilmiş (VLSI) CMOS tümdevrelerin gerçekleştirilmesine olanak verecek şekilde yükseltilmektedir. Projenin tamamlanması ile, günümüzde çok hızlı bir gelişme içinde olan "uygulamaya özgü tümdevre (ASIC)" teknolojisinin yaygınlaştırdığı bilgisayar destekli tasarım yöntemleri kullanılarak çeşitli yerlerde tasarımları yapılan devrelerin, yurt içinde prototip ve pilot düzeyinde üretilmeleri olanağı kazanılmış olacaktır.



Yarıiletken elemanların yapım teknolojilerinin özümlemesi ve bunun sonucu olarak yapısal özelliklerle elektriksel davranışlar arasında ilişkilerin daha iyi anlaşılması, -artık Elektronik Anabilim Dalı adını almış olan- birimde, elektronik devre elemanlarının daha iyi modellenmesi ve model parametrelerinin daha presizyonlu olarak belirlenmesini amaçlayan bir dizi araştırmaya yol açtı [8]... 114]. Bu araştırmalar, kapsamı genişletilmiş olarak DPT tarafından desteklenen "Mikroelektronikte Proses ve Eleman Karakterizasyonu" projesi çerçevesinde devam etmektedir.

Mikroelektronik teknolojisinde ve tümdevre tasarım yöntemlerindeki ilerlemelerin son yıllarda ortaya çıkardığı önemli bir gelişme de "Uygulamaya özgü tümdevre" (Application Spesific Integrated Circuit-ASIC) teknolojisidir. Bu teknolojinin sağladığı olanaklardan yararlanarak elektronik cihaz ve sistem üreticisi firmalar ürünlerinde, standart tümdevreler yerine o amaca en uygun şekilde tasarımı yapılmış özel tümdevreler kullanma olanağına kavuşmuşlardır. Türkiye elektronik sanayiinin de, bugün sahip olduğu düzeyi ve rekabet gücünü koruyabilmesi ve geliştirebilmesi için bu yeni teknolojiyi kazanması gerekir. Bu alanda gerekli insan gücünün hazırlanması amacı ile öğretim programlarına ASIC tasarımı ile ilgili derslerin ve laboratuvarların konulmasının yanısıra, sanayi bu konuya ilgisi çekilerek, ülkemizin önde gelen beş elektronik ve telekomünikasyon sanayii kuruluşu ile birlikte "İTÜ-ileri Elektronik Teknolojileri Vakfı" kurulmuştur. Vakfın kurduğu "Tümdevre Tasarım Merkezi", bu önemli teknolojinin üniversite ortamının sağladığı olanaklardan da yararlanılarak, ortak yatırım ve ortak gayretle hızla kazanılmasını amaçlamaktadır.

İTÜ'de 1970'den bu yana sürmekte olan bu çalışmalar, başlangıçta tanımlanan amaca uygun olarak, mikroelektronik teknolojilerinin çok sayıda nitelikli gencin ilgi alanına sokulmasını ve yetiştirilmelerini sağlamıştır. Bu gençlerin sayı ve nitelik bakımından önemli bir kesiminin halen yurt dışında çalışıyor olması çeşitli yönleri ile düşündürücüdür. Üniversitemiz -ve öteki üniversiteler- mikroelektronik gibi ileri teknoloji alanlarında da araştırma yapmak ve insan gücünün kendi ülkelerinde mutlu ve üretken olmalarını sağlayacak ortamın yaratılması da devletin ve sanayiinin görevidir.

"Mikroelektronik teknolojisinde ve tümdevre tasarım yöntemlerindeki ilerlemelerin son yularda ortaya çıkardığı önemli bir gelişme de "Uygulamaya özgü tümdevre" teknolojisidir."

KAYNAKÇA

- [1] D. Leblebici, **Kalın Film Karma Tümdevre Tekniği ile Gerçekleştirilen Geni? Bandlı bir Frekans Çoğaltıcı**, İTÜ Elektrik Fak. Y. Frekans Tekn. Kurs. Rapor: 76.01, 1976.
- [2] H. Kuntman, **Aktif R.-C PCM Kanal Filtresi**, İTÜ Elektrik Fak. Y. Frekans Tekniği KOrs.Rapor: 78.07, 1978.
- [3] U. Çilingiroğlu, **A Charge Pumping Loop Concept for Statie MOS-RAM Cells**, IEEE J. Solid StCirc. SC-14, 1979.
- [4] U. Çilingiroğlu, **Bistabilization of MOS-RAM Cells: The Charge Pumping Loop Approach**, Proc. IEEE Conference on Circuits and Computers, New York 1980.
- [5] U. Çilingiroğlu, **A. Two Device Bistable Memory Circuit Without Feedback Loop** IEEE J. Solid St. Circ. SC- 17-1982
- [6] U.Çilingiroğlu, **A. General Model for Interface Trap Charge Pumping Effect in MOS device**, Solid State Electronics, Vol. 28, 1985.
- [7] U. Çilingiroğlu, **A Pulaed Interface Probing Tech. for MOS Interface Characterization at Mid Gap Level**, IEEE Trans. on Elect. Dev., Nov. 1988.
- [8] D. Leblebici, **Geliştirilmiş bir Ebers.-Moll Modeli**, İTÜ Elektrik Fak. Y. Frekans Tekn. Kurs. Rapor: 80-18, 1980
- [9] H. Kuntman, **Geliştirilmiş Eben-Moll Model**, Doktora Tezi. İTÜ, 1982.
- [10] H.Kuntman. **Modified Eben-Moll Model**, Elect. Letters, 1982
- [11] H.Kuntman, **New Method for Modetling High Utjection Effects in Bipolar Transistor**, Bull. of Tech. Univ. of İst.. 1984.
- [12] H.Kuntman, **BJTda kohktör - Baz kapasitesinin modellenmesi**, 2. Ulusal Elektrik Müh. Kongresi, 1987.
- [13] A. Toker, **Bipolar Tranzistortann Yüksek Frekans Modelleri Hakkında**, 2 Ulusal Elektrik Müh. Kongresi, 1987.
- [14] A. Toker, **Bipolar Tranzistorlarda Kolektör - Baz Kapasitesinin Ölçülmesi için Yeni bir Yöntem**, 3. Ulusal Elektrik Müh. kongresi, 1989.