

Az Elektronikus Eszközök Tanszék szerepe a mikroelektronika oktatásában és kutatásában

DR. TARNAY KÁLMÁN

tanszékvezető



ÖSSZEFOGLALÁS

Miközben az elektronikus eszközök területén — mint egy forgószínpadon — egymást váltják a generációk, egy tanszék — nagyobb anyagi eszközök nélkül — lépést tart és fejlődik, dacolva a mindig meglévő hagyománytisztelőre hivatkozó konzervativizmussal; illegálisan is felújítja (évenként) a tananyagát és nemzetközi elismerést is kiharcol magának. (▲)

1. Bevezetés

A 25 éves jubileumát ünneplő Elektronikus Eszközök Tanszék a műszaki tudományok egy olyan területén tölt be fontos szerepet a műszaki felsőoktatásban, amely ez alatt a negyedszázad alatt nemcsak saját maga fejlődött forradalmi ütemben, hanem az elektronikus eszközök területén bekövetkezett fejlődés a technika számos területét alapvetően megváltoztatta és a mikroelektronika kialakulásával a társadalmi munkamegosztásban is alapvető változásokat hozott létre. Az elektronika aktív eszközeinek és a számítástechnikának egymást kölcsönösen megtermékenyítő fejlődése a mindennapi életben használt eszközökké tette azokat a számítástechnikai berendezéseket, amelyeket 25 évvel ezelőtt még a világ nyolcadik csodájának tekintettek.

2. Oktatási és kutatási tevékenység

A következőkben megkíséreljük felmérni a tanszék oktatási és kutatási tevékenységének fő területeit és ezek perspektíváit. Ez idő szerint a tanszék fő tevékenységi irányai az alábbiak:

1. félvezető eszközök és integrált áramkörök mérés-technikája,
2. félvezető technológia,
3. félvezető eszközök elmélete és fizikai modellezése,
4. integrált áramkörök gépi tervezése.

Ezeknek a szakterületeknek a kialakulására és a korábbiakban elért jelentősebb eredményekre nem térünk ki, ezeket ugyanis a Cső, tranzisztor, mikroelektronika az oxidkatódtól a szilícium-dioxidig című, a tanszék 25 éves történetét áttekintő közlemény részleteiben ismerteti. Ezen túlmenően munkánk egyes jelentősebb eredményeiről a lapban megjelent további közlemények adnak áttekintést. Az egyes témakörökkel kapcsolatosan általános megjegyzés: érdemes kitérni arra, hogy az elektronikus eszközök szakterülete a technikának az a területe, amely a természettudományok eredményeit talán a leggyorsabban vezeti be a mindennapi technikába. Így kuta-

DR. TARNAY
KÁLMÁN

1952-ben szerzett oklevelet a BME Villamosmérnöki Karán. 1961-ben megvédett műszaki egyetemi doktori értekezésében a tunneldiódák elméletével foglalkozott, 1967-ben kandidátusi fokozatot szerzett a tervezérelt eszközök kapcsolóüzemű működését tárgyaló disszertációjával. 1983-ban az Upps-

lai Egyetem Matematikai és Fizikai Szekciója a félvezető eszközök modellezése terén elért eredményeiért díszdoktorává választotta. Jelenleg a BME Elektronikus Eszközök Tanszékének tanszékvezető docense. A HTE Félvezető Eszközök és Integrált Áramkörök Szakosztályának elnöke, a HTE Elnökségének tagja. Tagja több akadémiai és MTESZ bizottságnak.

tási tevékenységünk jelenleg is és a jövőben is az alaputatások szférájától az ipari fejlesztési tevékenységig terjed és olyan szakembereket képzünk, akiknek ismeretei a fenti széles körre vonatkoznak. A másik általános megjegyzés: a felsorolt szakterületek egymással szoros kölcsönhatásban vannak.

A mérés-technikai szakterületen az egyes bonyolultabb felépítésű integrált áramkörök megjelenése a korábbi diszkrét eszköz mérés-technika képét alapvetően megváltoztatta. Amíg egy diszkrét eszköz specifikációja néhány, legfeljebb néhány tucat mérés elvégzésével ellenőrizhető, addig egy bonyolult logikai hálózat specifikációs ellenőrzése a mérések ezreit és tízezreit igényli. A diszkrét eszközöknél megszokott ún. 100%-os mérés már el sem képzelhető, hiszen mérések millióit vagy milliárdjait követelné meg. Ezért fontos kérdés az, hogy az összes elvégezhető méréshez képest relatíve kis számú méréssel kell meggyőződni vagy legalábbis valószínűsíteni a mért integrált áramkör hibátlan voltát. A mérések területén alapvető változás az is, hogy míg a diszkrét eszközöknél kizárólag analóg mérések elvégzése volt szükséges, addig a mikroelektronika áramköreinél nagyszámú digitális vizsgálatot is el kell végezni. Ezeknek a feladatoknak a megoldására számítógépezérelt mérőautomatát kell alkalmaznunk. Egy egyetemi tanszék teljesítő-képességét meghaladja egy nagy számítógépezérelt mérőautomata készítése. A mérőautomaták kritikus mérőegységei, valamint új mérési elvek kidolgozása viszont jellegzetesen olyan feladat, amely a tanszéken kedvezően megoldható. Természetesen ez a tevékenység csak a mikroelektronikai iparral való szoros együttműködésben végezhető.

A félvezető technológia területén az integrált áramkörök technológiai módszereivel kapcsolatos tevékenységünk, a múltéhoz hasonlóan, egy technológiai lépés optimális kialakítására irányul. A félvezető

Beérkezett: 1983. VI. 6.

technológia igen nagy tisztaságú anyagai számos olyan vizsgálati problémát vetnek fel, amelyek mélyreható szilárdtest fizikai és kémiai ismereteket igényelnek. E vizsgálatok elvégzése a gyártás számára alapvető fontosságú információkat nyújthat. Ilyen vizsgálati módszerek kifejlesztése és ellenőrző vizsgálatok végzése a mikroelektronikai ipar számára nélkülözhetetlen fontosságú feladat, és jellegzetesen olyan tevékenység, amit célszerű az alapanyag és integrált áramkör gyártótól független szervezetben elvégezni. A mikroelektronika méretcsökkentési tendenciái a vizsgálatok gondos elvégzését egyre fontosabbá és fontosabbá teszik, így itt a tanszéknek fontos kutatási és oktatási feladatai vannak. A mikroelektronika területére specializálódó mérnökjelölteknek meg kell ismerkedniük ezekkel a módszerekkel. Fontosnak tartjuk azt is, hogy saját maguk is készítsenek integrált áramköröket. Itt természetesen nem állhatnak rendelkezésre a legkorszerűbb, szubmikronos technológiai lehetőségek, ezért laboratóriumunkban hallgatóink egy nálunk „VLSI”-nek nevezett áramkör teljes technológiáját csinálják végig. (A „VLSI” névvel itt a „very limited size integrated circuit” — elnevezést rövidítjük.)

A félvezető eszközök elmélete és fizikai modellezése a tanszéknek az a szakterülete, ahol kutatási tevékenységünk leginkább csatlakozik az alapkutatói területéhez. Ez az a terület, ahol eredményeink a legtöbb nemzetközi elismerést szerezték. A közeljövő egyik fő feladata ezen a területen a félvezető technológia folyamatainak fizikailag megalapozott modellezése, modellek kidolgozása a technológia új lépéséhez, valamint különböző félvezető eszköz struktúrák fizikai szintű modellezése.

A hazai mikroelektronikai programhoz szorosan csatlakozik az integrált áramkörök gépi tervezése szakterület, ahol a tanszék szakemberei nemzetközi viszonylatban is az elsők között dolgoztak ki nagy teljesítő képességű áramköranalízis programot, és emellett a számítógéppel segített tervezés más eszközeit is — mint pl. layout tervezés támogatása — aktívan fejlesztették tovább. A közeljövőben ezen a területen az új feladat a berendezésorientált integrált áramkörök gyártásához és hatékony tervezéséhez szükséges gépi tervezési segédeszközök kutatása, fejlesztése.

Tanszékünk nagy súlyt helyez a nappali szakmérnökképzésben való aktív részvételre, mert ezáltal lehetőség teremődik arra, hogy a legtehetségesebb végzett hallgatóink vezető iparvállalatokhoz kerüljenek, és még további két évig az egyetemre kihelyezettként gyarapítsák ismereteiket és közreműködjenek a tanszék tudományos tevékenységében. Évenként 4-5 ilyen, úgynevezett C tagozatos hallgató tanul egyéni tanterv alapján, személyre szabott órarendben, az iparvállalattal egyeztetett témán dolgozva tanszékünkön. E hallgatóink végzésük után általában a műszaki egyetemi doktori címet is megszerzik.

3. A mikroelektronikai oktatás aktuális feladatai és jövője

Az elmúlt másfél évtized alatt az elektronika alapvető átalakuláson ment keresztül. A különálló tran-

zisztorokból vagy esetleg kisbonyolultságú integrált áramkörökből álló technikát világszerte felváltotta az egyre nagyobb bonyolultságú integrált áramkörökből felépülő mikroelektronikai megoldás. Bár az évek során mind a Villamosmérnöki Kar elektronikai technológia szaka, mind pedig a híradástechnika szak, félvezető ágazata tárgyaiban követte a fejlődést, illetve új tárgyakat vezetett be (mint pl. az Integrált áramkörök technológiája és konstrukciója, Integrált áramkörök mérés-technikája stb.).

Az 1970-es évek végén időszzerűvé vált egy alapvető oktatáskorszerűsítés. Ennek előkészítéséhez a Villamosmérnöki Kar 1980-ban látott hozzá, és az 1983/84-es tanévtől kezdve a BME Villamosmérnöki Karán egy új szak, a mikroelektronikai és technológiai szak biztosítja a mikroelektronika területére specializált mérnökök képzését. Az új szak a híradástechnika szak félvezetőtechnika ágazatából és az elektronikai technológia szakból tevődik össze. Az új szak célkitűzésében olyan villamosmérnökök képzése szerepel, „... akik képesek az elektronikus részegységek, rendszerelemek, mikroelektronikai eszközök és alkatrészek tervezésére, konstrukciójának kidolgozására, és gyártási folyamatuk megtervezésére, valamint e területeken kutató-fejlesztő munka végzésére”. A képzésben nagy súllyal szerepelnek az alábbi témakörök:

- korszerű elektronikai eszközök működése és elmélete,
- korszerű elektronikus áramkörök működése, tervezése,
- az elektronikai ipar tervezési eljárásai,
- részegységek, alkatrészek és technológiai berendezések alkalmazása, továbbfejlesztése.

Az új szak az oktatást két ágazatban fogja végezni, az elektronikus eszközök ágazaton, és az alkatrésztchnológiai ágazaton.

A tanszékünk által gondozott elektronikus eszközök ágazaton az alábbi szakterületek szerepelnek nagy súllyal:

- áramkörtervezés,
- félvezetőtechnológia,
- félvezetők mérés-technikája,
- számítógépek alkalmazásának módszerei.

A mikroelektronikai és technológia szakon — hasonlóan a Villamosmérnöki Kar többi szakjaihoz — már a képzés elején foglalkoznak a hallgatók a számítógépek programozása és a digitális technika témaköreivel. Nagy súlyt kap az oktatásban az anyag-tudomány, a fizikai és kémiai technológiák részletek-bemenő oktatása.

Jelentős óraszámokban kerül előadásra az elektronikus eszközök, az elektronikus áramkörök és a mikroelektronika témaköre. Elméletben és gyakorlatban megismerkednek a hallgatók a gépi tervezés módszereivel. Ezen alapismeretekre támaszkodva foglalkoznak elektronikus készülékekkel és digitális rendszerekkel.

Az ágazati képzés keretében az elektronikus eszközök ágazaton a képzés súlya a monolit integrált áramkörök témakörén van: integrált áramköri tech-

nológiai mérésekkel és integrált áramkörök konstrukciós kérdéseivel foglalkozik behatóbban.

A képzés hatékonyságát mindkét ágazaton nagy óraszámú önálló laboratóriumi tevékenység egészíti ki és nagyszámú választható tárgy ad betekintést a hallgatóknak speciális szakterületekre valamint a fő fejlődési tendenciákba.

Az új szak oktatási célkitűzéseinek meghatározásakor messzemenően figyelembe vettük azokat a fejlődési tendenciákat, amelyek az elektronikában az elmúlt évek során jelentkeztek. Gondultunk arra, hogy napjaink elektronikus mérnöke munkáját igen gyakran team-ekben végzi, és ez alapvetően háromféle szintjét kívánja meg a különböző ismereteknek:

1. Magasfokú ismeretekre és önálló alkalmazási készségre van szükség az adott részterület specialistájánál.
2. Szükség van a más irányú specialistával jó együttműködést biztosító más szakterületre vonatkozó ismeretekre.
3. Általános tájékozottság kell az elektronika valamennyi területén.

A szükséges szakismeretek bizonyos mértékű eltolódását is figyelembe kellett vennünk. Amíg például az elektronicsövek korszakában egy elektronikus berendezés tervezésének igen fontos részét képezte a mechanikai és finommechanikai konstrukció ez esetben meglehetősen kritikus kialakítása, ez napjainkban már egészen másfajta problémaként jelentkezik. Szeretném idézni dr. Kozma László professzornak, aki karunknak dékánja is volt, az OMF „A professzionális híradástechnika fejlesztésének vizsgálata...” c. tanulmányában leírt gondolatait. „A 3. és 4. generációs híradástechnikai gyártmányok nagyintegráltságú áramkörökből épülnek fel. Ezeket az áramköröket szabványos méretű nyomtatott lemezekre szerelik, melyek ismét szabványos méretű szekrényekbe kerülnek elhelyezésre. Amennyiben a híradástechnikai berendezések gyártói ezeket a szabványelemeket alkalmazzák, akkor ... a gyártás szerelési munkára korlátozódik. ... Ha a kutató-fejlesztő helyek ezeket az alapelveket elfogadják, akkor a gyártás bevezetésénél számos technológiai nehézség áthidalható lenne, a felszerszámozás és gyárt-

mánytervezés esetleg teljesen megtakarítható, és az átfutási idők valóban csökkenthetők.”

A mikroelektronika térhódításával így a szerkezeti anyagokkal kapcsolatos anyagtudományi, szilárdtesttan és konstrukciós ismereteket a mikroelektronikában alkalmazott félvezetőanyagok és egyéb speciális anyagok műszaki-fizikai sajátosságainak ismerete kell hogy felváltsa. Számos olyan technológiai módszer, amely a régebbi elektronikában fontos szerepet játszott, már nem a mikroelektronika irányába specializált mérnök feladatkörébe kerül át. Példaként a számítástechnikai berendezések nagy teljesítményű perifériális egységeit említhetjük, például a sornyomatót, melynek működése olyan bonyolult kinetikai és kinematikai problémák megoldását kívánja — ne felejtjük el, hogy olyan berendezésről van szó, ahol sok esetben milliszekundum nagyságrendű és ezen belüli pontosságú időzítésű mechanikai működés szükséges extrém nagy impulzusok mellett — melynek megoldására a jó villamosmérnök sem lenne képes. Ezeken a területeken tehát az oktatást célszerű a specialistával való jó együttműködést biztosító minimális ismeretekre korlátozni. Ez persze egyidejűleg szükségessé teszi azt is, hogy képezzünk olyan gépészmérnököket, finommechanikai konstruktőröket, akik ugyancsak rendelkeznek az elektronika és mikroelektronika területén mindazokkal az ismeretekkel, amelyek a mikroelektronikai specialistával való jó együttműködésüket biztosítják. De a villamosmérnöki szakterületeken belül is gondolnunk kell bizonyos eltolódásokra. A 60-as évek félvezetőkonstruktőre olyan tranzisztorokat tervezett, melyet számára a berendezéskonstruktőr néhány alapvető paraméterével specifikált, ő pedig a megvalósított eszköz adatlapjával és karakterisztikáival a berendezéskonstruktőr számára kellő mennyiségű információt tudott biztosítani. A mikroelektronikai konstruktőr ma bonyolultabb funkciókat ellátó integrált áramkört konstruál, mint a 60-as évek nagyberendezés konstruktőre. Ez azt jelenti, hogy képzésében az eszközök, áramkörök és rendszerek témakörnek egyaránt megfelelő súllyal kell szerepelniük, ugyanakkor az elektronikus berendezések és rendszerek konstruktőrei napjainkban már az eszközökről és áramkörökről kevesebb ismerettel is megelégednek.