

Quo vadis...

GÖBLÖS JÁNOS

REMIX Rádiótechnikai Vállalat



ÖSSZEFOGLALÁS

A közlemény egy olyan új szerelési technológia lényegére hívja fel a szakmai közvélemény figyelmét, amely meghatározó eleme lesz a további műszaki fejlődésnek. A szerző az eddigi fejlődés tükrében és a gazdasági környezetbe helyezve mutatja be a nyomtatott huzalozási áramkörök felületszerelési technikáját, alkatrészhatárait, és utal a magyar elektronikai ipar lépéskényszerére.

Közel tíz éve a Híradástechnika cikket közölt az elektronika akkor prognosztizálható fejlődéséről és a sürgető hazai tennivalókról. Ma, amikor állami program igyekszik a korábban meg nem hozott iparpolitikai döntések szerepét pótolni, célszerű ismét végiggondolni, merre tart az elektronika. Annál is inkább időszerű ez, mert egyfelől a hazai fejlesztési programok most fogalmazódnak 1990-ig, másfelől — úgy tűnik — szerelési technológiai fejlesztési eredmények teremtenek új helyzetet az elektronikában. Mindenekelőtt néhány szót arról a kölcsönhatásról, amely a gazdasági feltételek változása és az elektronika között hat.

1. A környezet és az elektronika

Napjaink gazdasági környezetéről szerte a világban kevés egyértelműen jó mondható el, és a jövő kilátásait is vegyesen ítélik meg. Úgy tűnik, a gazdaságtörténet olyan periódusát éljük át, amelyben a stagnálás és recessziós válságok szakaszai gyakoribbak. Egyre több gazdasági szakember vizsgálja komolyan Kondratyev ciklikus gazdaságfejlődési modelljét, amelyben 55 éves hullámzások követik egymást. Az ipari forradalmaktól napjainkig bizonyíthatóan lezajlott 4 olyan ciklus, amelyben a gazdaság növekedését stagnálás és hanyatlás követte.

Az 1. ábrán például jól leolvasható az 1928–32. évi gazdasági válság és csupán remélni lehet, hogy a hasonló 1979–83. évi mélypontra megnyugtató módon túljutott már a világ. Érdeemes észrevenni, hogy a gazdasági ciklusokhoz egyértelműen hozzárendelhető bizonyos technikai vívmányok ipari megvalósítása vagy elterjedése. A gazdasági ciklusok természetesen nem olyan simán futnak le, mint ahogyan azt a szemléletesség kedvéért rajzoltuk. Számos egyenetlenség adódhat: gondolunk pl. az 1973. évi első olajárrobbanás hatására. Sok szakember a nagy ciklusokon belül 5 és 11 éves periódusokat vél felfedezni. Az 5 éves gazdasági periódusok és az elektro-

GÖBLÖS JÁNOS

okleveles villamosmérnök, 1954 óta a REMIX-ben dolgozik, 1957-ig üzem-mérnök, illetve kondenzátor üzemvezető volt. 1958–1968 között a kondenzátorok fejlesztésével

foglalkozott. 1969-től 1980-ig fejlesztési főmérnök, 1980-tól a REMIX műszaki igazgatóhelyettese. Több mint 25 éve HTE tag, a VB és az Alkatrész Szakosztály vezetőségi tagja.

nika utóbbi 40 évében megfigyelt 5–7 éves generációváltási szakaszai közötti összefüggés nem bizonyított (2. ábra).

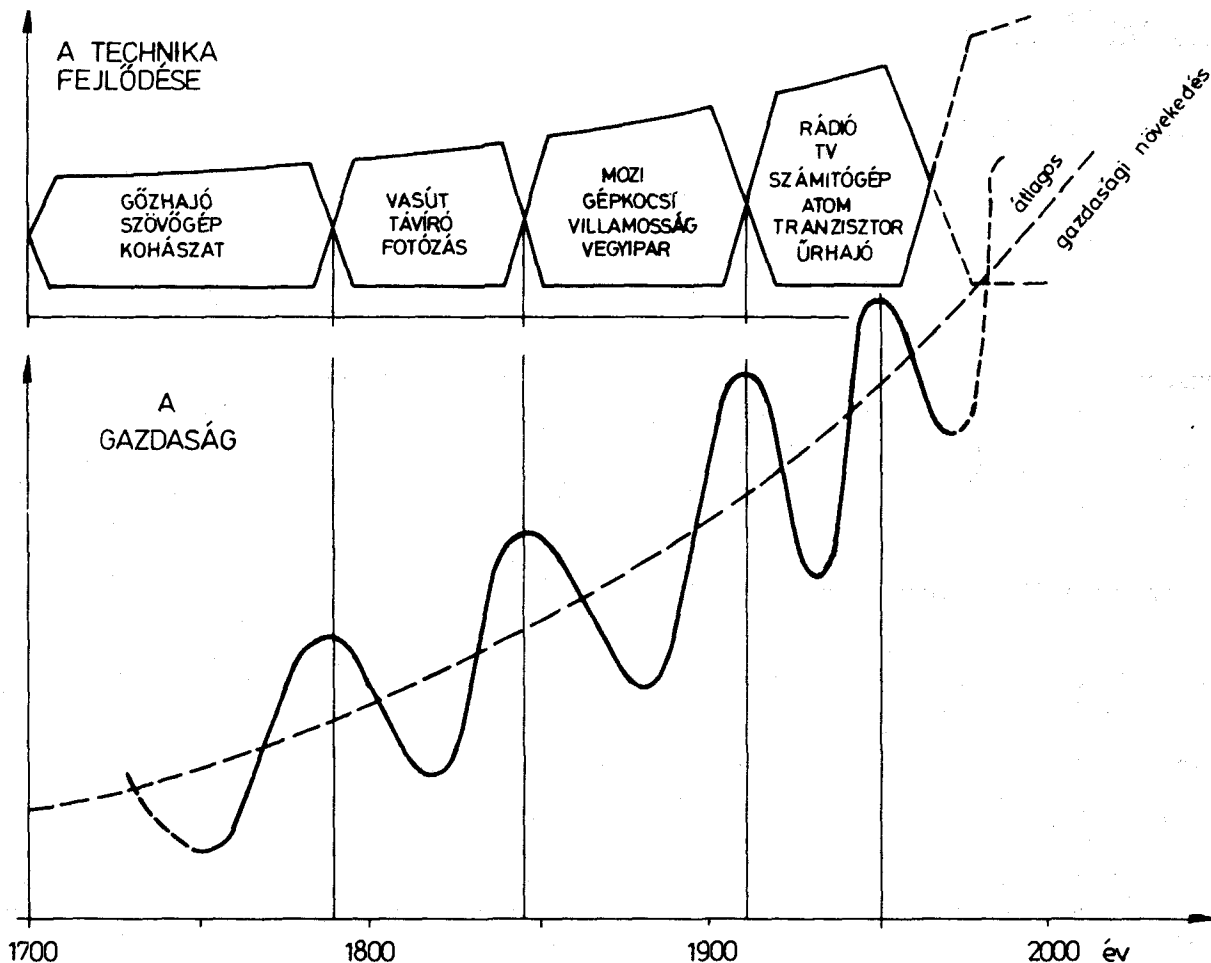
Figyelve tehát azt a környezetet, amelyben az elektronika — gyorsuló — fejlődése végbemegy, nem kevés (látszólagos?) ellentmondás is megfigyelhető a világban:

- a gazdasági labilitással vagy recesszióval is dacolva ez az iparág, amelynek nem csökkent a fejlődési dinamikája;
- a növekvő anyag-, energia-, beruházási, bér- stb. költségek ellenére az elektronika csökkenő ár-trendeket tud a világpiacon felmutatni;
- jelentős területeket hódít el a hagyományos gépgyártástól és meghatározóvá válik számos, korábban idegennek számító területen, mint pl. mezőgazdaság, járműgyártás stb.;
- behatol olyan világba, mint a biológia és felhasznál biokémiai eredményeket (folyadékkrisztály), szolgálatba állítja az optikát (hírközlés).

Az elektronikai technológiák fejlődése felülmúlja a kémia és a biofizika dinamikáját is:

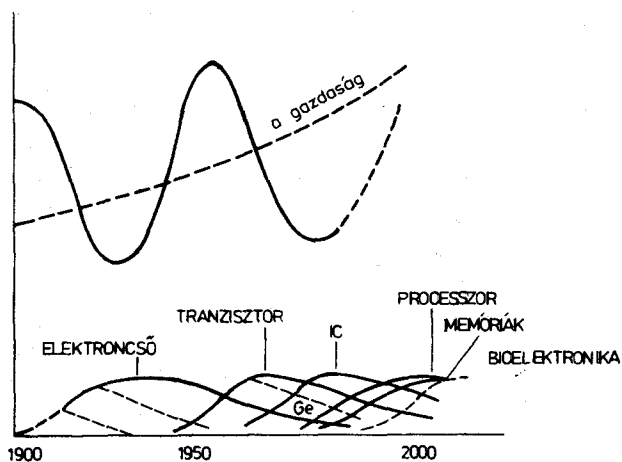
- egy-egy elektronikai alkatrészgenerációhoz a célra alkalmas, más termék előállítására (többnyire) nem használható gépek tartoznak, amelyek egy-egy generációváltás során használhatatlanná válnak, vagy más szóval 5–7 év alatt amortizálódniuk kell: meg kell termelniük nemcsak a következő gépgeneráció árát, hanem technikai bázisát is;
- a létrehozott termék ára és a gyártóberendezés értékének aránya 10^8 – 10^{10} szemben a hagyományos gépipari eszköz/termék átlagos 10 – 10^3 arányával. Csupán részben magyarázza az arányeltolódást a termelékenység 10^2 – 10^4 arányú növekedése az elektronikai iparban a gépipari átlaghoz képest az elmúlt 15 évben;
- az elektronika fejlődési (innovációs) dinamikáját 80 év alatt megtízszerezte: az elektroncső

Beérkezett: 1985. II. 11. (Δ)



1. ábra. A világ gazdaság hullámzó fejlődéséhez, a fejlődési ciklusokhoz jól hozzáilleszthetők a technikai fejlődés jellemző szakaszai

H46-1



H46-2

2. ábra. Az utóbbi 80 év gazdasági ciklusai és az aktív elektronikai alkatrész generációk életciklus görbéi

elterjedéséhez mintegy 25 év kellett. A modern elektronika eszközei a felfedezést követően 1–3 év alatt iparérettek.

Joggal merül fel a kérdés az eddig elmondottak alapján, hogy vajon meddig tartható ez a fejlődési ütem, nem következik-e valamiféle „kifulladás” a műszaki fejlődésben? Meddig tartható az, hogy az elektronikában alkalmazott konstrukciók és gyártási eljárások összessége, azok generációváltási sebessége — és csak másodsorban a piaci verseny — hozza az elektronika és gazdasági környezete közötti legnagyobb ellentmondást: a viszonylagos árstabilitást, helyesebben a törvényszerű ártörések rendjét a világpiacon. Úgy tűnik elérteztünk egy olyan fejlődési szakasz határához, ahol az elektronika szereléstechológiai oldalról lesz képes megújulni és új lendületet venni.

Ez a megújulás egy alkatrész generációváltást is feltételez, vagy legalábbis egy alkatrész generáció szélesebb körű elterjedését a nyomtatott áramköri technikában.



a,



b,

H46-3

3. ábra. Az elektronikai ipar szerkezete az 1960-as évekig (a), és napjainkban (b)

Az elmúlt 15 évben az elektronikai iparon belül is átrendeződött a munkamegosztás: bizonyos szerelőipari (szerelvénygyártási) feladatokat az alkatrészipar vett át.

Úgy tűnik — a jövő várható fejlődését is figyelembe véve —, hogy a 3. ábra szerinti egydimenziós modell helyett egy háromdimenziós szerkezetet felvázolva (4. ábra) jobban leírható a várható műszaki előrehaladás az elektronikában. Az így előálló „bűvös kocka” elemeit a valóságos Rubik-kockához hasonlóan forgatva előállíthatók a valóságos technikai életben létrejövő fejlődési lépcsők és kombinációk, amelyek elemzése sajnos nem lehet e rövid cikk célja.

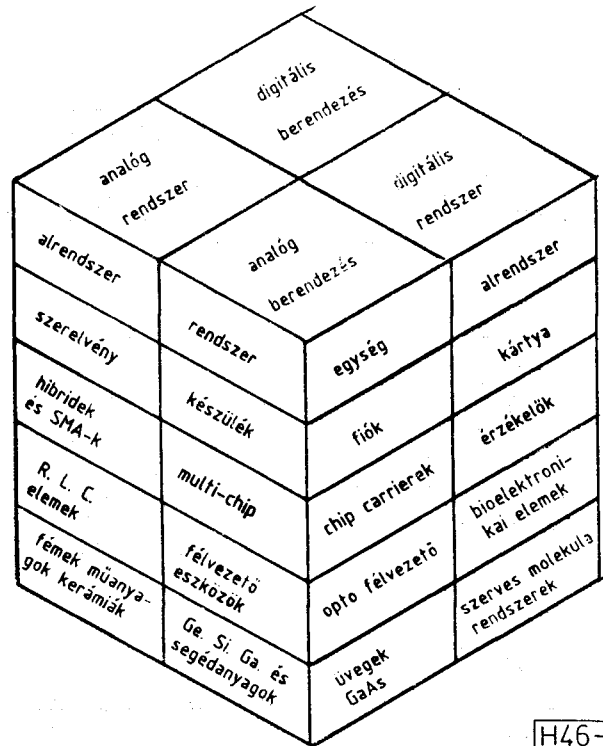
E gondolatébresztőnek szánt prognosztikai bevezető után a következő 5...8 év elektronikai fejlődésének egyik jelentős és meghatározó technológiai elemét vizsgáljuk.

2. Honnan hová tart a technológiai fejlődés

Mintegy harminc éve alkalmazzák ipari nagysorozatokban a nyomtatott huzalozású áramköröket. Ezek felépítése nem szorul ismertetésre, irodalma és gyakorlata bőséges. Alapvető, elvi szerkezeti felépítése 30 év alatt nem változott: egy vagy több vezető réteggű szigetelő hordozón az alkatrészek kivezetőit előkészítve célszerűen kialakított (pl. galvanizált) furatokba helyezve, azokat forrasztással rögzítik. Az előző mondat szándékosan egyszerűsít a később elmondandók kedvéért (5. ábra).

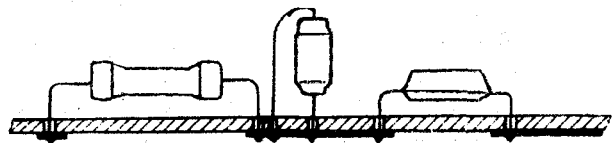
E 30 év alatt számos próbálkozás zajlott le az elektronikai áramköri szerelvények miniatürizálására:

- az 1950-es évek elején a tinkertoy program az elektroncsöves áramköröket kísérte meg — mai szóhasználattal — integrálni: fogazott és forrasztható kontaktussal ellátott kerámia lapkákön valósította meg a passzív elemeket. Ezeket a lapkákat emeletesen a csőfoglat (csőlá-



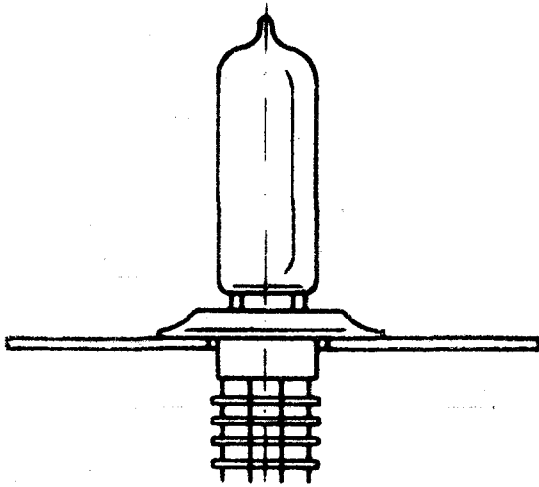
H46-4

4. ábra. Az elektronika vázlatos technológiai hierarchiája az alapanyagoktól a berendezés-rendszerekig



H46-5

5. ábra. A hagyományos nyomtatott áramköri szerelés elve



H46-6

6. ábra. Az alkatrész-integrálás kezdetei az elektroncső korszakban: fogazott élű kerámia lapkákon valósítottak meg passzív R és C funkciókat

bak) meghosszabbításai közé forrasztotta be (6. ábra);

- az 1960-as évek fordulóján — immár Ge alapú félvezető elemekkel — a mikromodul program használt ugyancsak fogazott kerámia hordozókat, azokon pedig a különböző aktív és passzív elemeket. A kerámia lapkákat a fogazás mentén vezetékkel blokkokká forrasztották össze;
- hat évvel később néhány cm^2 felületű nyomtatott áramkörökből készítettek hasonló blokkokat (pl. Simiblock — Siemens). Nem érdektelen megjegyezni, hogy erre az időszakra esik az első monolit (szilícium alapú) integrált áramkörök ipari előállítására.

Mindhárom rendszer alapvető hibája a munkaigényesség és az indokolatlanul sok, felesleges forrasztott kötés, mindmennyi potenciális hibahely.

Az 1960-as évek második felében egy új technológiai fejlesztés kezdődött, amely a következő felismeréseken alapult:

- olyan áramkörfajtát kell létrehozni, amely nem tartalmaz redundáns mennyiségű villamos kötetést;
- a villamos kötésekkel lehetőleg az alkatrészek (egy részének) kialakításával *együtt* kell létrehozni;
- lehetőséget kell teremteni magasabb áramköri disszipáció megvalósítására (100 mW/cm^2);

- az újfajta áramkör legyen alkalmas más módon előállított (hibrid aktív és passzív) elemek befogadására is;
- az új áramkör legyen alkalmas a monolit (félvezető) technikában pillanatnyilag gazdaságosan nem megvalósítható áramkörök (szigetelő alapú) integrált megformálására, miniatűr méretekben fajlagosan nagy ($5-30 \text{ elem/cm}^2$) alkatrész-sűrűséggel;
- és végül: ez az új áramkör legyen ellenálló hő-sokk, rezgés, klíma stb. behatások ellen igen széles követelménytartományban.

Nos, utólag visszagondolva az előző technológiai programok kudarcai kellő tanulságokkal szolgáltak a hibrid áramköri technológusok számára, de nem kis szerepet játszott a sikerükben néhány más tényező:

- megjelentek a nagy mechanikai szilárdságú kerámia (alumínium-oxid) és üveg hordozók,
- kerámia hordozóra szitanyomtatható fém-üvegek (cermetek) és vákuumban kialakított stabil fém és szigetelő rétegek;
- megjelentek a légköri behatások ellen passzívait (szilícium) félvezetők;
- a vákuumtechnika jelentős lépést tett: az ipari gyakorlattá váló katódporlasztás gazdaságos és egyben megbízható vékonyrétegeket adott.

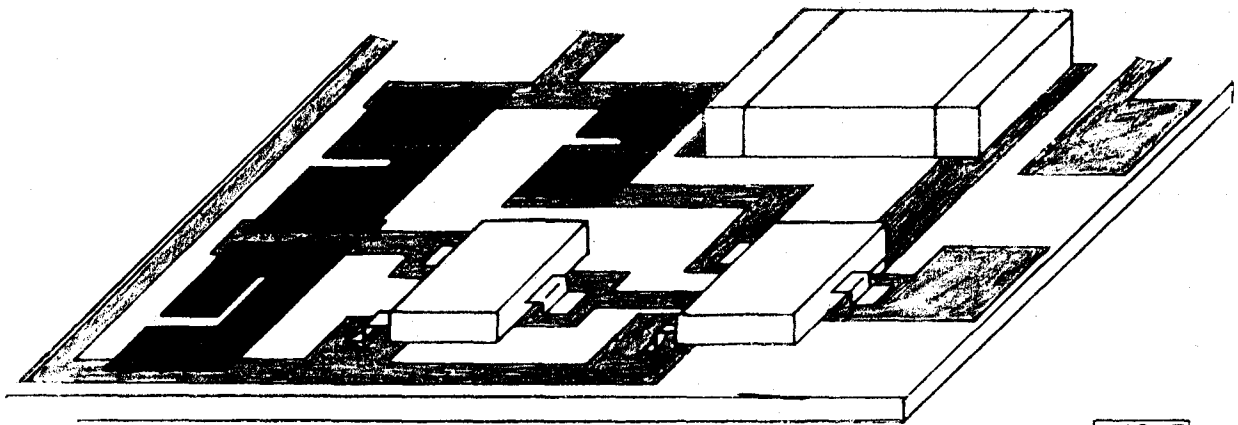
A szigetelő alapú vastag és vékonyréteg technika hibrid alkatrészválasztéka kezdetben alig különbözött a nyomtatott áramköri alkatrészválasztéktól: többnyire hagyományos (huzalkivezetős) vagy tokozatlan alkatrészek kerültek beépítésre. Mintegy tizenöt éve jelentek meg az első kerámia monolit kondenzátorok és kezdtek tokozatlan félvezetőket (chipeket) beültetni a hibridekbe. Tíz éve jelentek meg az első mikrotokozott (SOT 23) tranzistorok, néhány évre rá a hasonló (SO) integrált áramkörök, tantál monolit kondenzátorok, mikroinduktivitások stb. A hibrid vastag- (vékony) rétegtechnika az utóbbi 15 évben kialakított egy olyan szereléstechinikai alapkultúrát és hibrid elemválasztékot (7. ábra), amely magasfokú automatizálásra is alkalmas.

A szokványos nyák beültetési technikákhoz képest több nagyságrenddel nagyobb termelékenységevel és megbízhatóságával, mint látni fogjuk, az egész elektronikai készülékgyártás szereléstechinológiájának feladta a kérdést a következő évtizedre.

3. ... quo vadis ...

Láttuk tehát, hogy — miközben alapelvét tekintve a nyomtatott áramköri technika az elmúlt évtizedekben egy mennyiségi technológiai fejlődésen ment át, — az alkatrészgyártás területén egy olyan új szerelési eljárás alakult ki, amely magában hordozza egy minőségi előrelépés lehetőségeit a nyomtatott áramköri technikában is.

Az utóbbi két évben a vezető elektronikai cégek jelentős energiát fordítottak egy olyan fejlesztési célra, hogy a hibrid technikában már hagyományos felületszerelési technikát átültessék a nyomtatott áramkörökre is. Az okok, amik miatt ez a fejlesztés



H46-7

7. ábra. Hibrid vastag- (vékonyréteg) áramkör mikrotokozott félvezető és monolit kondenzátor hibrid elemekkel

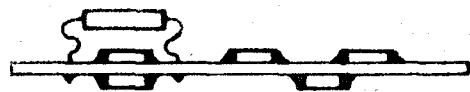
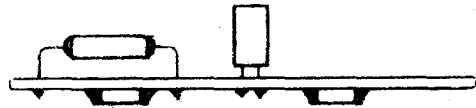
most vált aktuálissá, az alábbiakban foglalhatók össze:

- elsősorban a nagy darabszámban gyártott nyomtatott áramköröknél, a piaci konkurrencia következtében bekövetkező drasztikus árletörések kényszerítették ki a további költségcsökkentést, a termelékenység jelentős növelését;
- az autóiparban 4–5 éve megindult elektronizáció a maga szokatlanul nagy sorozataival, extrém megbízhatósági követelményeivel és nyomott áraival nem csekély mértékben járult hozzá — elsősorban a tengerentúlon — az SMD kidolgozásához (SMD = surface mounted devices);
- a nyugaton szokásos bérek és azok terhei egy alacsonyabb automatizáltságú hagyományos nyák szerelés esetében is elviselhetetlenné tették a szerelés költségeit;
- végül, de nem utolsósorban a hibrid technikában kialakult mikrotokozott és chip elemválaszték árszínvonala, amely másfél-kétszerese a hagyományosnak, elviselhetően alacsonnyá vált ahhoz, hogy egy tíz vagy százszoros termelékenységnövekedés mellett gazdaságosan alkalmazhatóvá váljék akár közszükségleti nyomtatott áramkörökben is.

Mi ennek az új technikának a lényege?

Az új nyák szerelési technika lényege úgy foglalható össze, hogy mindazokban a pozíciókban, ahol erre alkatrész oldalról lehetőség van, elhagyja a nyomtatott áramkörön a furat készítést (lyuk galvanizálást) és a folírozott összekötő vezetékkel kialakított néhány mm² felület szolgál az alkatrész villamos bekötésére, valamint részben a rögzítésére is. Elmarad tehát a hagyományos nyák szerelési technikában az alkatrész huzal kivezetőinek előhajlítása, illetőleg az alkatrész-beültetés során az a különleges megfogás, amely a kivezető huzalok biztonságos furatba helyezéséhez szükséges. Önmagában ez a körülmény lehetővé teszi, hogy a néhány 100 db/óra beültetési sebesség

akár több 1000 db/óra legyen növelhető. Az új eljárás további jellegzetessége, hogy az alkatrészeket szükség szerint a nyomtatott áramkör mindkét oldalán képes elhelyezni oly módon, hogy a beültetéskor egy speciális ragasztóval rögzíti — elsősorban a forrasztás időtartamára — az alkatrészt. A lehetséges kombinációkat a 8. ábrán mutatjuk be.



H46-8

8. ábra. A felületszerelt alkatrészek elhelyezési lehetőségei a nyomtatott áramköri lemezen. A hagyományos és az új szerelés kombinációja is megfér a gyakorlatban

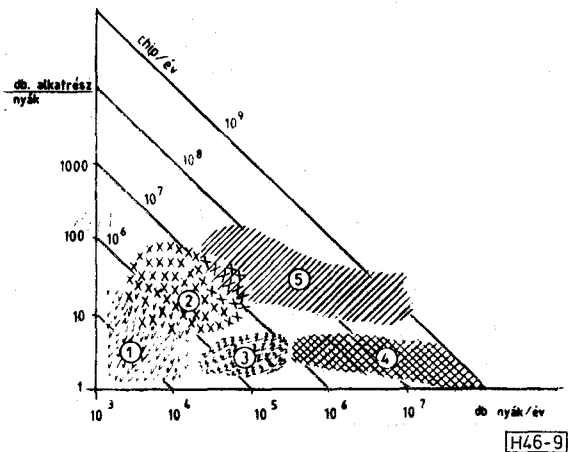
Mint az ábrán látható, a hagyományos és felületszerelési technika egyidejűleg alkalmazható, egymással kompatibilis. Jelenleg a gyakorlati esetek nagyobb részében — elsősorban alkatrész választékbeli korlátok miatt — ez a megoldás a jellemző.

A beültető gépeket tekintve 3 nagy csoport különböztethető meg:

- a hibrid technikában már korábban használt „pick and place” korszerű, többnyire mikroszámítógépes „tanítható” szerelőautomaták, amelyek egyszerűbb kivitel esetén egy beültető fejrel rendelkeznek és egy technológiai ciklusban 30–40-féle alkatrészt képesek 0,7 s körüli ütemidővel a nyomtatott áramkört lemezre felrakni. Az alkatrészek rögzítésére szolgáló ragasztózás a beültetés előtt közvetlenül szitanyomással történhet, vagy magán a szerelőautomatán egy ragasztó pipetta gondoskodik pozícionként mintegy 0,8 mm³ ragasztó elhelyezéséről. Ezek a gépek kis és közepes sorozatok szerelésére használatosak, teljesítményük az ütemidőből következően 4–5 edb/óra alkatrész beültetés;
- több beültetőfejes számítógép vezérelt középgepek 40–70 edb/óra alkatrész beültetésre, tulajdonképpen az előzőekben elmondott kiszerelő automaták többszörözésének tekinthetők, megfelelően nagyobb hard- és software háttérrel;
- a 400–500 edb/óra beültetési sebességű célgépek, amelyek gyakorlatilag egy adott gyártmányfajtahoz készülnek, nem öntanulóak és igen nagy darabszámú nyomtatott áramkör elkészítésére alkalmasak. Az elmondottakat a 9. ábrán próbáljuk az áttekinthetőség kedvéért számszerűsítve is bemutatni.

Mielőtt a hazai ipar szempontjából célszerű alternatívákat végiggondolnánk, érdemes összefoglalni azokat az előnyöket, amelyeket a felületszerelési technika az alkalmazók számára jelent:

- a hagyományos nyák szerelési technikához képest mintegy 3–5-szörös lineáris méret- és ezzel arányos súlycsökkentés érhető el;
- a jellemzően nem huzalkivezetős alkatrészekből álló szerelt kártyákon lényegesen lecsökkennek a parazita induktivitások és kapacitások, ami elsősorban közepes és magasabb frekvenciákon jelentősen megnöveli az áramkörök működési stabilitását;
- a huzalkivezetős alkatrészekből szerelt nyákoknál a szerelési megbízhatóságot általában 10⁻³ fölé nem lehetett emelni. Ez egyfelől azt jelentette, hogy a már megszerelt nyákok esetében átlagosan minden 1000 alkatrész pozíciót kézzel kellett javítani. A felületszerelési technikánál a beültetés megbízhatósága 10⁻⁴ vagy még annál is jobb lehet, ami egyfelől lényegesen bonyolultabb áramkörök teljesen automatizált szerelését és szerelés utáni felélesztését teszi lehetővé, másfelől további élőmunkát hagy ki a folyamatból. Irodalmi utalások vannak arra, hogy



9. ábra. Nyomtatott áramkörök szerelése:

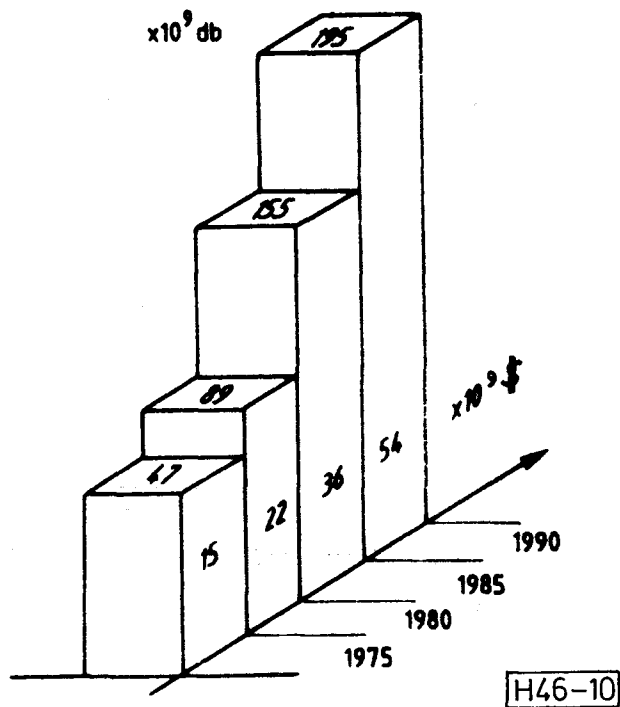
- 1 — kézi szerelés; 2 — software programozott automaták; 3 — közepes automaták; 4 — célgépek; 5 — többfejes fix (hardware) programú automaták

igen jól karbantartott beültető géppel és megfelelő minőségű alkatrészválasztékot feldolgozó automatákon a 10⁻⁵–10⁻⁶ beültetési megbízhatóság is elérhető. Ez a felhasználás előtti 100%-os idegenárú (alkatrész) ellenőrzést tételezi fel;

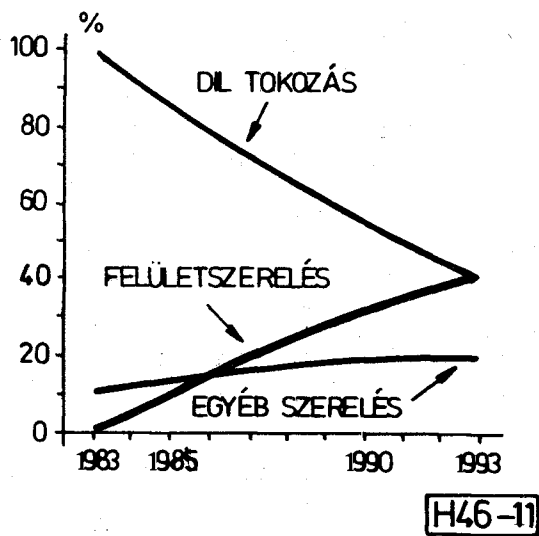
- nem utolsósorban a kézi vagy félautomatikus beültetéssel szemben elmaradnak azok a szubjektív beültetési hibák, amelyek nem megfelelő alkatrész adott pozícióban történő beültetéséből eredtek: a beültető gépen az első vagy első néhány nyák letesztelése után biztonsággal indítható tetszőleges sorozat és csupán egyetlen olyan bizalmi művelet marad, amely a további eredményt befolyásolja és ez a kifogyó alkatrészek (műszaki paraméterek szempontjából ekvivalens) pótlása a gépen;
- végül utalni kell e technika anyagtakarékos voltára: a fajtágon kisebb nyák szükséglet, a vörösréz huzalok elmaradása, az ömlesztett vagy tárazott alkatrészek miatti hevederezés anyagának elmaradása, a forrasztáshoz fajlagosan kisebb ón (és energia) szükséglet nemcsak népgazdaságilag, de egy-egy vállalatnál is jelentős megtakarítást eredményezhet.

A felsorolt előnyök természetesen technológiai előrelépést, és megfelelő gyártási háttérrel feltételeznek. Ennek egyik leglényegesebb eleme a finomrajzolatú nyák (legalább 100...150 μm csík szélesség) és a nagypontosságú illeszthetőség. Bizonyos geometriai méretek alatt a hordozó plánpárhuzamos volta nem elsőrendű követelmény, de 8×8 cm²-nél nagyobb felületeken a szitanyomtatás és pozicionálás pontossága érdekében ez elengedhetetlen.

A kép teljessége érdekében szólni kell a felületszerelési technika alkatrész háttéréről is. Az alkatrészvilágpiac statisztikáit elemezve (10. ábra) az látszik, hogy a szerelőipar az utóbbi 10 évben mintegy megháromszorozta a felhasznált alkatrész darabszámot, aminek termelési értéke valamivel több mint kétszeres növekedést mutat.



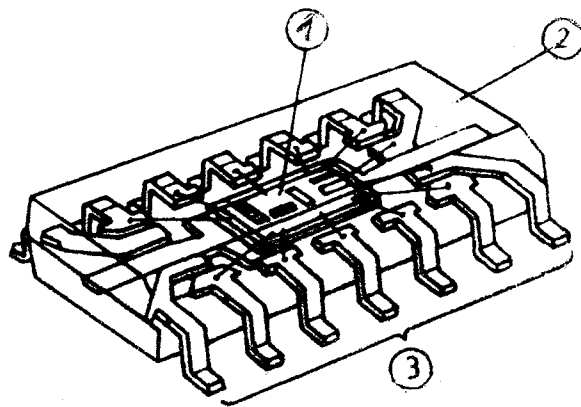
10. ábra. Az alkatrész világszerte legutolsó tíz éve és a következő öt



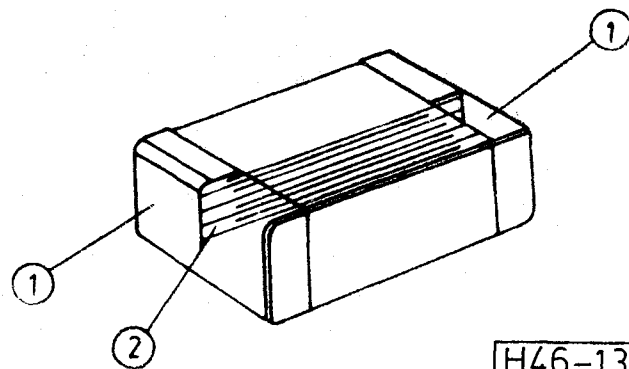
11. ábra. Az új technológia várható térhódítása a tengerentúlon (USA, Japán). A világszerte elvárások hatását a magyar készülékgyártásra (egyszerűsítve) úgy lehet számszerűen megbecsülni, ha az időtengelyt 5 évvel balra toljuk

A következő öt esztendőre (1990-ig) a prognózisok 30%-ot megközelítő növekedést jeleznek. E globális növekedés szerkezetét vizsgálva a most tárgyalt felületszerelési technológia és annak szükséges alkatrész-háttere szempontjából a 11. ábra ad felvilágosítást és ebből úgy tűnik, hogy a fejlett ipari országokban mintegy 40%-ra lesz tehető 1990. tájkán a felületszerelhető alkatrészek aránya.

A szükséges alkatrészválaszték leglényegesebb elemeit a 12., 13., 14., 15. és 16. ábrákon mutatjuk be. Mint az előzőekben láttuk, ezek az alkatrészek nem-



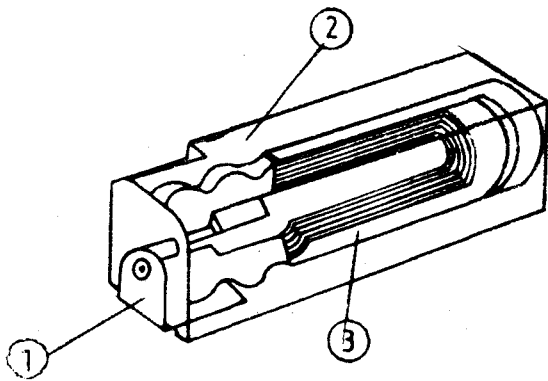
12. ábra. Mikrokozott félvezető
1 — a félvezető morzsa (chip); 2 — hőálló műanyag tok;
3 — kivezetők



13. ábra. Kerámia monolit (chip) kondenzátor
1 — forraszfelület; 2 — kerámia-fólia dielektikum és Pd-Ag fegyverzetek

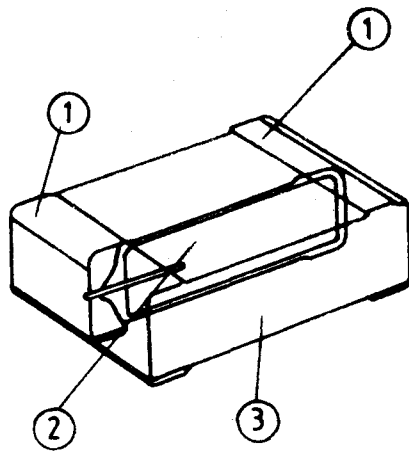
csak önmagukban, hanem hagyományos alkatrészekkel kombináltan is szerelhetők (8. ábra).

Nyilvánvaló, hogy a vegyes szerelési módszer esetében a felületszerelés előnyei csak kisebb mértékben jelentkeznek. Nagy valószínűséggel kijelenthető, hogy a vázolt előnyök kihasználása érdekében a vegyes szerelési technológia viszonylag rövid 5...7 év alatt



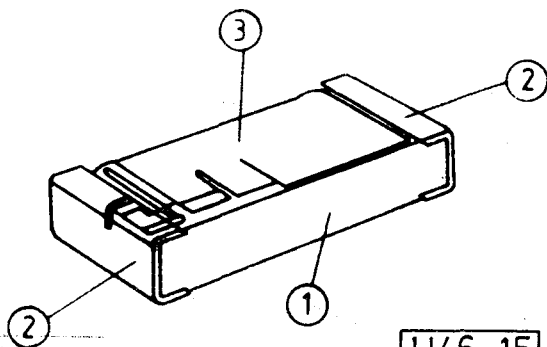
H46-14

14. ábra. Elektrolit-kondenzátor
1 – anódkivezető és forraszfelület; 2 – hőálló szigetelő tok; 3 – kondenzátor tekercs (Philips)



H46-16

16. ábra. Tantál chipkondenzátor
1 – forraszható anód-, ill. katód-kivezetés;
2 – Ta_2O_5 – MnO_2 szintertest; 3 – burkolat



H46-15

15. ábra. Sík (chip, vastagréteg) ellenállás
1 – Al_2O_3 hordozó; 2 – forraszfelületek; 3 – ellenállás réteg

gyakorlatilag eltűnik és egy többé-kevésbé tipizált félvezető, passzív és elektromechnikus elemválaszték birtokában a felületszerelési technika összes előnyei kiaknázhatókká válnak.

Az eddigiek alapján a javasolható magyar fejlődési út is felvázolható:

A magyar ipar, benne az elektronikai készülékgyártás bércöltség érzékenysége még a legújabb gazdasági szabályozás nyomán sem akkora, hogy a jellemzően kis és közepes sorozatnagyságok gyártásánál ez a körülmény a felületszerelés irányába ösztönözne. Nagyobb a valószínűsége annak, hogy a világpiaci verseny fog kényszerítő hatást gyakorolni a készülék konstrukciójának és gyártási technológiájának ilyen fejlesztésére. Ez utóbbi feltételt vizsgálva, arra a következtetésre lehet jutni, hogy 1988–1990 tájékán a kibocsátott berendezések és készülékek összes termelési értékének mintegy 15–20%-ában fejezhető ki az új szerelési technika részaránya. Ennek megvalósításához szükséges gép háttér beszerzése a nagyobb sorozatokat gyártó és tőkeerősebb készülékgyáraink számára elérhető lesz. A készülékgyártás éves produktumának 60%-át termelő kis- és középvállalatok, valamint szövetkezetek számára egyenként 350–600 e\$-nyi beruházás fedezetének előteremtése, illetőleg várható megtérülése irreálissá tenné az előrelépést. Ezzel pár-

huzamosan a szükséges alkatrész háttér, helyesebben annak gyártóeszköz beruházása egy több 100 millió forintot kitevő programot kell, hogy alkosson.

Közszükségleti készülékgyáraink évente jellemzően 100 edb-os nagyságrendben gyártanak bizonyos nyomtatott áramkörti szerelvényeket (pl. tuner). Ezek a sorozatnagyságok azonban a készülékgyártás éves összproduktumában kivételnek is tekinthetők. Jellemzőek a néhány 100 db/év...10 000 db/év sorozatok. Ez utóbbiak azt feltételezik, hogy a feladatot flexibilisen átalítható kis vagy közepes teljesítményű beültető géprendszerekkel kell megoldani, másfelől szolgáltató-szerelő üzemekkel kell a tökeszegényebb vállalatok számára is lehetővé tenni e technika alkalmazását. A szolgáltatás bér munka, gépidő-bérlés stb. formában látszik megvalósíthatónak. Ez a szolgáltatás egyben az azt igénybe vevő szakemberek betanítását, a technológia gyakorlati megismerését is lehetővé teszi akár egy olyan esetre szóló ismeretanyagot is adna, amely egy későbbi saját vállalati beruházás műszaki előkészítésének alapjául szolgálhat.

A felületszerelési technikának ma már kisebb könyvtárnyi irodalma van és számos információ mutat arra, hogy fejlődésének kezdeti szakaszán tart.

4. Záró gondolat

A cikk célja alapvetően a figyelem felkeltése volt egy olyan új gyártástechnológiai irányzatra, amelyről nagy valószínűséggel jelenthető ki, hogy egy további technikai haladás meghatározó eleme lesz. Gazdasági és elektronika-kultúrtörténeti háttér bemutatásával a felületi szereléstechológia logikai szükségszerűségére szeretnénk volna rámutatni. Az így kialakított kép vázlatos és számos egyébként lényeges részletkérdés nem került tárgyalásra annak érdekében, hogy az egész fejlődés leglényegesebb (stratégiai) elemei váljanak világossá. A kérdésnek számos olyan elméleti vonatkozása van, amely további publikációk témája lehet.

IRODALOM

- [1] Göblös: Fejlődés, prognosztika és tervezés az elektronikában. Híradástechnika XXVII. évf. 5. sz. pp. 144–152.
- [2] Göblös: Néhány érdekesség az elektronikai alkatrészekről I–II. Finommechanika–Mikrotechnika 18. évf. (1980). pp. 279–287. és pp. 309–316.
- [3] Dr. Tófalvi: Úgy gondolom. Híradástechnika XXXV. évf. 9. sz. pp. 387–390.
- [4] SMA — Surface Mounted Assembly. Philips Review 1984.
- [5] Funkschau 17/1984. pp. 10. Huckepack Bauelemente.
- [6] Tendenzen bei Schichtwiderständen 8/1984. pp. 388.
- [7] Minimelfs: kampf gegen Hitze... Funkschau 18/1984. pp. 49.
- [8] Siemens MKT Chip Kondensatoren 1984. adatlap.
- [9] New Electronics 1984. május 29. Equipment Design pp. 46.
- [10] Siemens Components 5/1984. pp. 208–211. és pp. 234. Oberflächenmontage...
- [11] Simonyi: A fizika kultúrtörténete. Gondolat 1978.
- [12] Electronic Components & Applications. Vol. b. No. 2. 1984. pp. 66–71.
- [13] Dr. Molnár: Előadás az alkatrész-konferencián. 1984. Siófok.
- [14] P. Zumslein: Az elektronikai szerelés a jövőben. Polyscope 14/84. pp. 19–23.
- [15] Elektronikai kapcsolások teljesen automatikus szerelése. „Schweizer Maschinenmarkt” 29/1984. pp. 32–37.
- [16] ELCOMA BULLETIN (Philips & MBLE). SMA cikksorozat 1984. július–október.