

III. Vastagréteg technológia

A mérés célja: a vastagréteg paszták felvételi technológiájának, a paszták hőkezelési eljárásának valamint a diszkrét alkatrészek vezető ragasztóval történő rögzítésének megismerése.

A mérési feladat: egy egyszerű áramkör huzalozási pályájának megvalósítása polimer vastagréteg technológiával flexibilis poliészter hordozóra, majd az elkészült hordozón diszkrét alkatrészek rögzítése vezető ragasztóval. Az elkészült áramkör élesztése és bemérése.

A mérés elvégzésével megszerezhető képességek: a szitanyomtató berendezés felépítésének és működtetésének, a vastagréteg technológia folyamatainak, valamint az izotrop és anizotrop vezető ragasztók alkalmazásának a gyakorlati megismerése.

A mérés során felmerülő fogalmak rövid meghatározása:

Hibrid IC: vezető pályákat, passzív (R, L, C) hálózatot tartalmazó, vastag- vagy vékonyréteg technológiával szigetelő hordozóra készített áramkör, amelyre hibrid (diszkrét passzív és monolit aktív) alkatrészeket szerelünk felületszerelési és/vagy direkt chip beültetési technológiával.

Vastagréteg: 5-50 µm vastagságú réteg, amelyet szitanyomtatással és hőkezeléssel paszta viszkozitású anyagból hoznak létre, általában kerámiára (ritkábban üvegre, szilíciumra, passzivált fém-felületre) vagy műanyag hordozóra.

Vastagréteg hordozók: vastagréteg áramköröket előre elkészített hordozókon hozzuk létre:

- kerámiák (szervetlen és szerves pasztákhoz),
 - alumínium-trioxid (Al_2O_3)
 - berilium-oxid (BeO)
 - alumínium-nitrid (AlN)
- passzivált fémhordozók (szervetlen és szerves pasztákhoz),
- műanyagok (csak szerves pasztákhoz):
 - epoxi alapú flexibilis vagy merev (pl. üvegszál erősítésű FR4) hordozók
 - poliimid fólia
 - poliészter fólia

Az elterjedten alkalmazott kerámia hordozók előnyei például a jó hőállóság, kis hőtágulás és alacsony permittivitás, ami előnyössé teszi a teljesítmény és nagyfrekvenciás áramkörökhöz történő alkalmazásukat. Az olcsó flexibilis fóliák kiválóan használhatók kevésbé igényes áramkörök (pl. klaviatúrák) kialakításához, mozgó elemek összeköttetéséhez, ill. 3 dimenzióban hajlított-hajtogatott egységek megvalósításához.

Vastagréteg paszták: kolloid szuszpenziós anyagok a következő összetevőkkel

- funkcionális fázis (amely a vastagréteg alaptulajdonságait szabja meg),
- szervetlen és/vagy szerves kötőanyag,
- oldószerek.

A rétegben visszamaradó kötőanyag típusa szerint megkülönböztetünk:

- szervetlen (üveg, üveg-kerámia, ill. reaktív) vastagréteg pasztákat,
- szerves (polimer) vastagréteg pasztákat.

A két technológia között lényeges különbségek vannak az alkalmazott anyagok, hordozók és hőkezelési eljárások szerint.

A vastagréteg áramkörök a huzalozási pályákon kívül integrált áramköri elemeket is tartalmazhatnak.

Vastagréteg integrált alkatrészek: a vastagréteg áramkörökben megvalósítható passzív alkatrészek a következők:

- huzalozási pályák,
- huzalkereszteződések és szigetelő rétegek (többrétegű struktúrák),
- kontaktus felületek (a kivezetők és a beültetésre kerülő diszkrét alkatrészek számára),

- ellenállások (állandó értékű, hőmérsékletfüggő NTC és PTC, feszültségfüggő típusok),
- kondenzátorok,
- induktivitások.

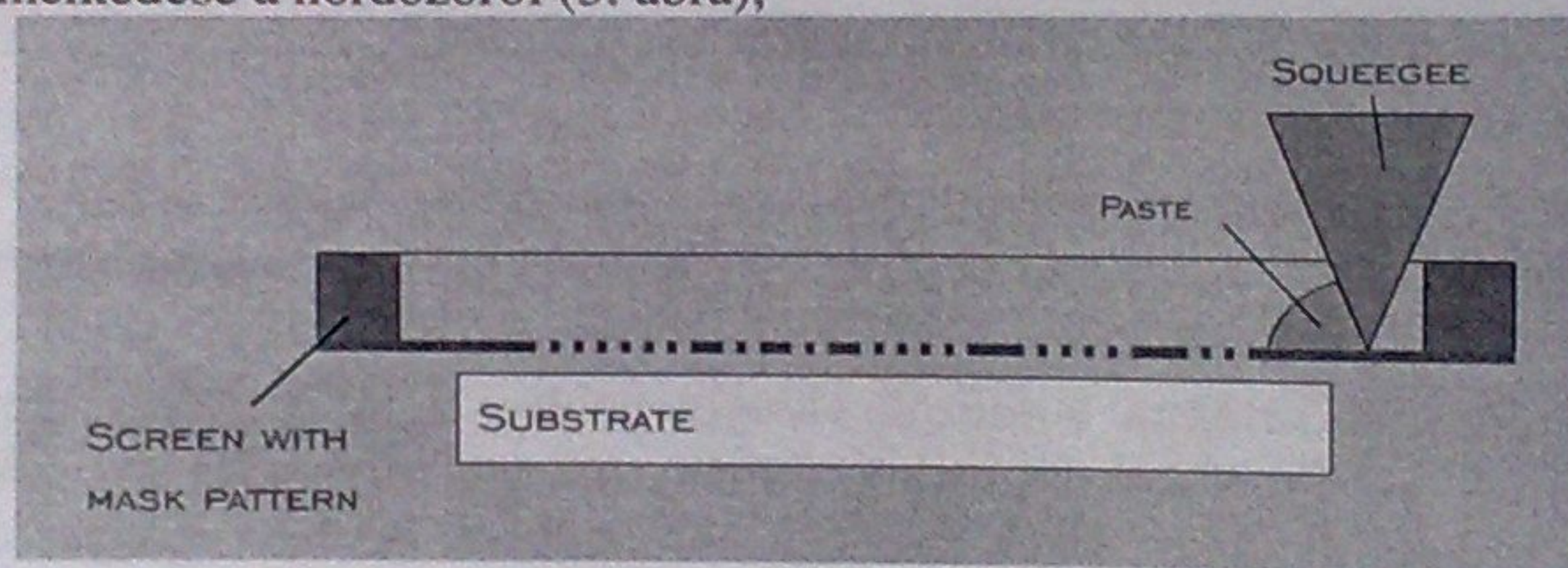
A rétegeket a különböző tulajdonságú vastagréteg paszták egymás utáni nyomtatásával hozzák létre. Nagy helyigényük és nagy gyártási szórásuk miatt a kondenzátorokat és induktivitásokat csak ritkán állítják elő integrált formában, helyette inkább diszkrét alkatrészeket alkalmaznak. A diszkrét alkatrészeket forrasztással vagy vezető ragasztó segítségével rögzítik a kontaktus felületekhez. A vastagréteg áramkörök felszínére tokozatlan chip-ek is ültethetők, amelyeket általában huzalkötéssel csatlakoznak, majd „glob-top” (védőréteges lecseppentés) tokozás technológiával védenek a külső behatásoktól. Az integrált alkatrészek pontossága lézeres értékbeállítással javítható.

Szitanyomtatási technológia:

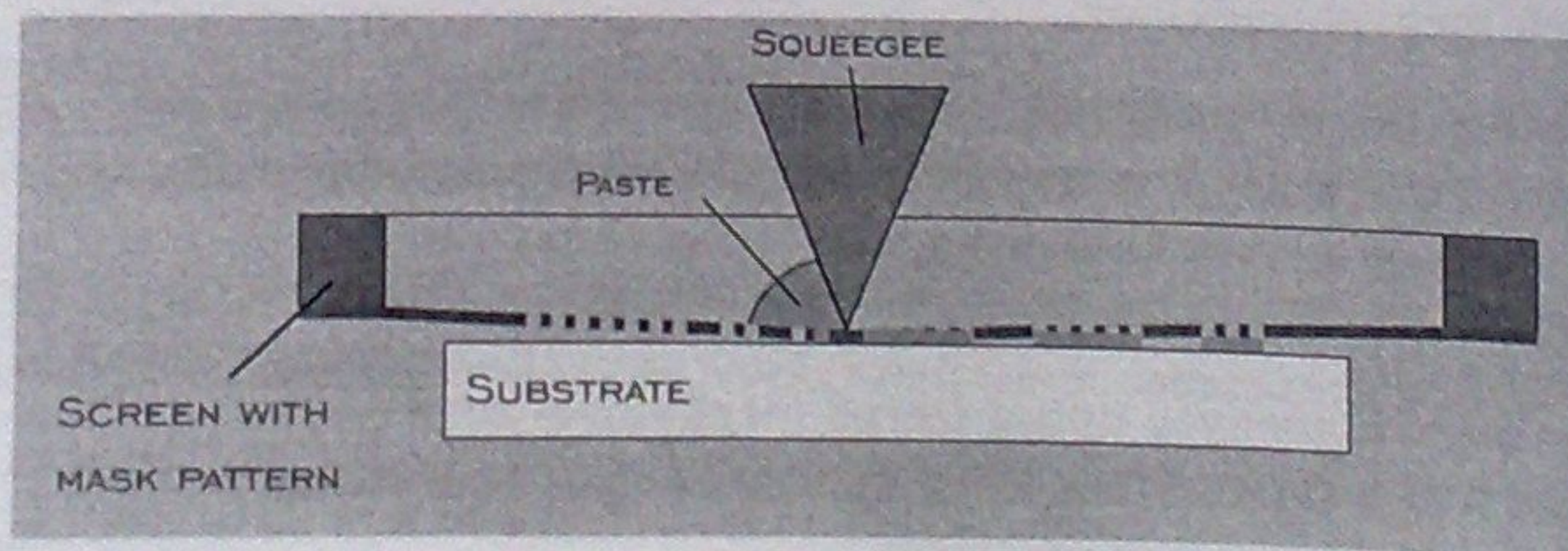
A szitanyomtatás a vastagréteg paszták egyik leggyakoribb és legegyszerűbb felviteli eljárása. A művelet szitanyomtató berendezéssel végezhető. A pasztát egy keretre feszített szitaszöveten keresztül, nyomtató késsel egyenletes sebességgel és erővel visszük fel a hordozó felületére. A szita anyaga rozsdamentes acél vagy műanyag. A szitaszöveten a kitakarandó helyekre emulziós vagy fémmaszkot visznek fel, ami meggátolja a paszta átjutását a szitán.

A szitanyomtatás lépései:

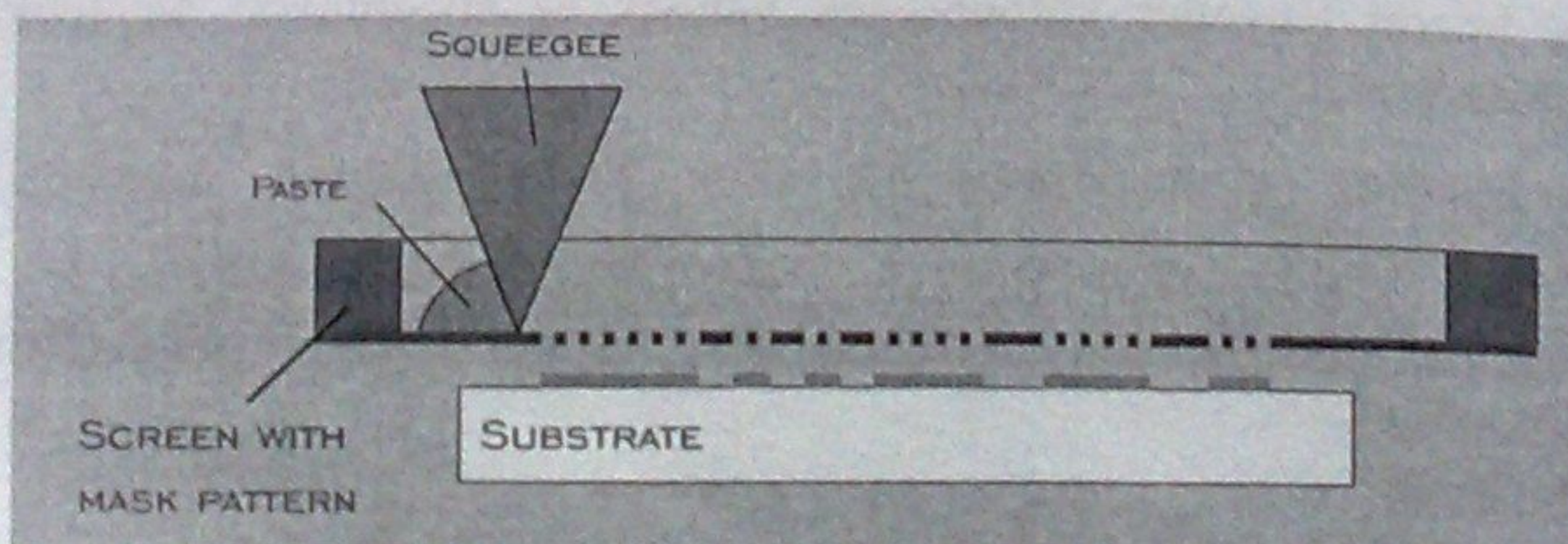
1. a szita behelyezése és rögzítése a szitanyomtató berendezésbe,
2. a hordozó elhelyezése minden nyomtatás előtt a szitanyomtató berendezés asztalán,
3. a vastagréteg paszta felkenése a szitára (10-20 nyomtatásra elegendő),
4. pozicionálás (1. ábra),
5. a nyomtatókés végig görgeti a pasztát a szitán (2. ábra),
6. A szita felemelkedése a hordozóról (3. ábra),



1. ábra. A szita pozicionálása a hordozó fölé



2. ábra. A paszta nyomtatása



3. ábra. Az eljárás végén a kés és a szita felemelkedik

A vastagréteg paszták hőkezelési eljárásai:

Minden egyes technológiai lépés után megjelöltük, hogy a polimer (P) és/vagy szervesetlen (I) alapú technológiához tartozik-e.

a.) A felvitt rétegek pihentetése szobahőmérsékleten, 5...10 percig (P,I)

A nyomtatott pasztának időre van szüksége a hordozón való megfelelő elterüléshez.

b.) Szárítás (P,I)

A műveletet konvekciós vagy infra szárítószekrényben végzik hozzávetőleg 10...15 percet vesz igénybe. A szárítási hőmérséklet 120-150 °C. A művelet célja, hogy az oldószerek eltávozzanak a felvitt rétegből.

c.) A vastagréteg paszta beégetése

- I: szervesetlen paszták esetén 750 – 950 °C-on végzik, a tipikus ciklus idő 40 - 60 perc, többzónás alagútkemencében.
- P:
 - o „termo-plast” paszták poliészter hordozón: 120 °C-on, 15 percig,
 - o „termo-set” paszták poliimid hordozón: a szárítás után a beégetés 180 – 350 °C-on, 100 – 180 percig történik,
 - o UV rendszerű paszták: UV megvilágítás után, 120 – 150 °C-on 15 – 60 perces beégetés szükséges.

A nyomtatás/szárítás/beégetés fázisai szekvenciálisan ismétlődnek minden egyes pasztára, amit az adott áramkörhöz alkalmazunk. Eközben lehetőség van az integrált ellenállások lézeres értékbeállítására, amennyiben azok pontossága nem felel meg az alkalmazás követelményeinek. A lézeres értékbeállítás növelheti a gyártási költségeket.

Polimer vastagréteg áramkörök

Napjainkban a polimer vastagréteg technológia tekinthető a leginkább költségkímélő vastagréteg technológiának. A vezető és kontaktus pasztákban ezüst és/vagy réz, míg az ellenállás és szigetelő pasztákban grafit szolgál funkcionális fázisként.

A polimer vastagréteg technológia előnyei:

- olcsó előállítás,
- alacsony beruházási költségek,
- kevesebb technológiai lépés,
- kis hőterhelés a gyártás folyamán,
- flexibilis hordozók alkalmazhatósága,
- kevésbé környezetszennyező (kevesebb szerves oldószer a pasztákban).

A polimer vastagréteg technológia hátrányai:

- rövidebb élettartam,
- nagy technológiai szórás, alacsonyabb megbízhatósági szint,
- alacsonyabb mechanikai és termikus szilárdság.

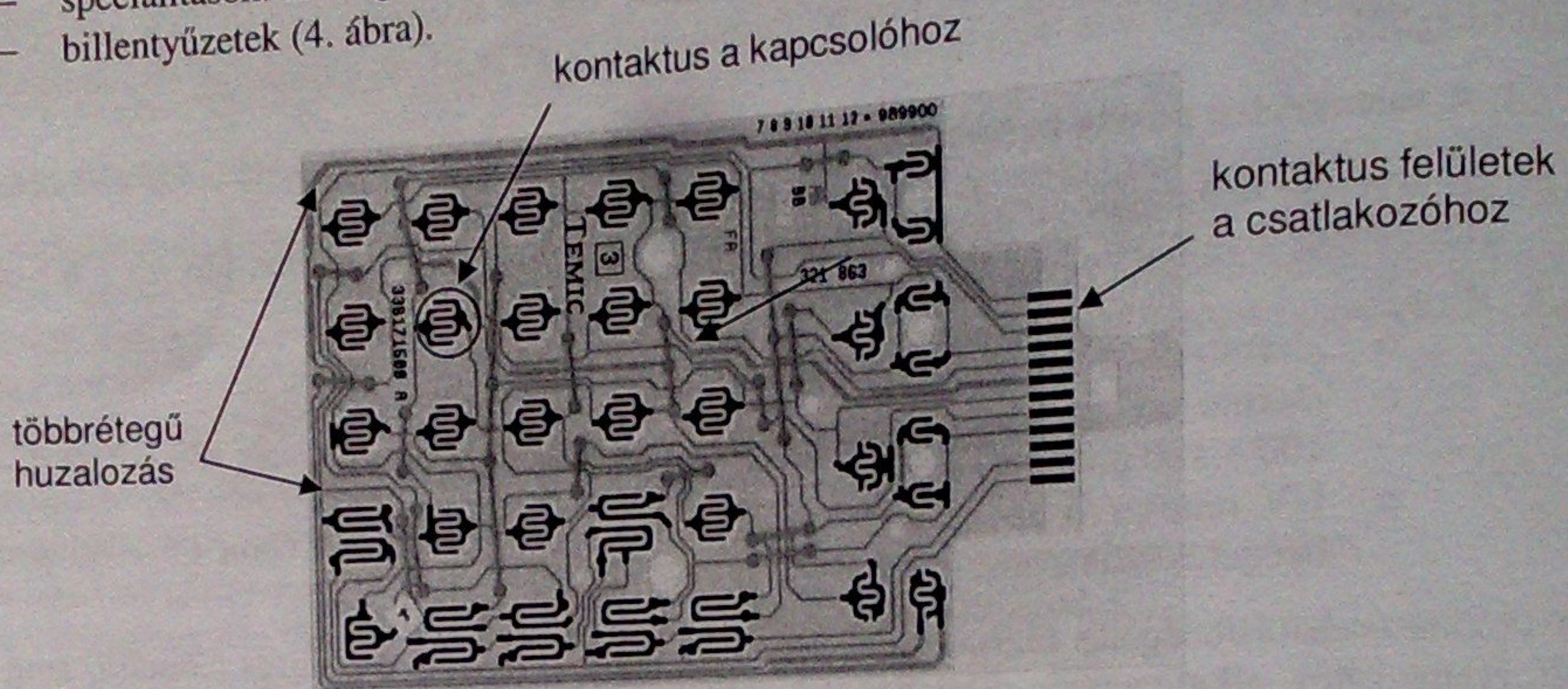
Az 1. táblázatban összehasonlítjuk a polimer és a kerámia vastagréteg paszták néhány jellemző tulajdonságát.

1. táblázat. Kerámia és polimer vastagréteg paszták fizikai tulajdonságai

Paraméter	Kerámia vastagréteg	Polimer vastagréteg
TK ppm/°C	±50...±100	±200...±500
Ellenállás-szórás, %	±20...±30	±70...±100
Stabilitás (1000h) %	<0,5 (150 °C)	<3...5 (80 °C)
Vonalfelbontás, mm	0,2...0,1	0,5...0,3
Költség	közepes	alacsony

Polimer vastagréteg alkalmazások: a polimer vastagréteg technológia nagyarányú elterjedését az egyszerűségének és olcsóságának köszönheti, azonban korlátozott megbízhatósága nagyban behatárolja az alkalmazási területeit (főleg az alacsonyabb minőségi követelményű tömegtermékekre):

- szórakoztató elektronikák kevésbé igényes passzív hálózatai merev NYHL-en,
- hajlékony összeköttetés-hálózatok mozgó elemekhez (nyomtató, HD meghajtó, kamera),
- autóelektronika: tükör- és ülésfűtő fóliák,
- specialitások: intelligens címkék,
- billentyűzetek (4. ábra).



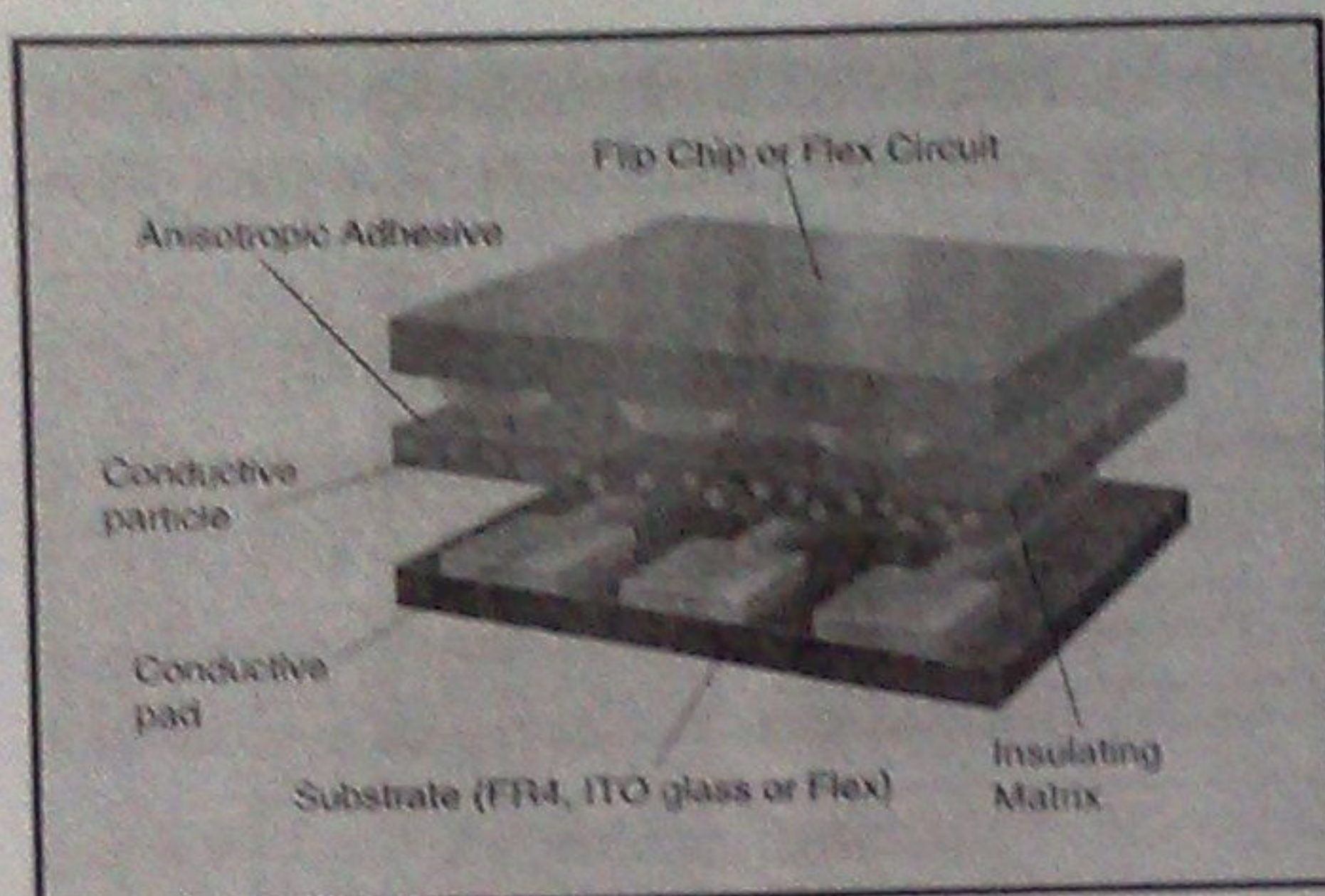
4. ábra. Egyszerű polimer vastagréteg billentyűzet

Diszkrét alkatrészek szerelése ragasztással

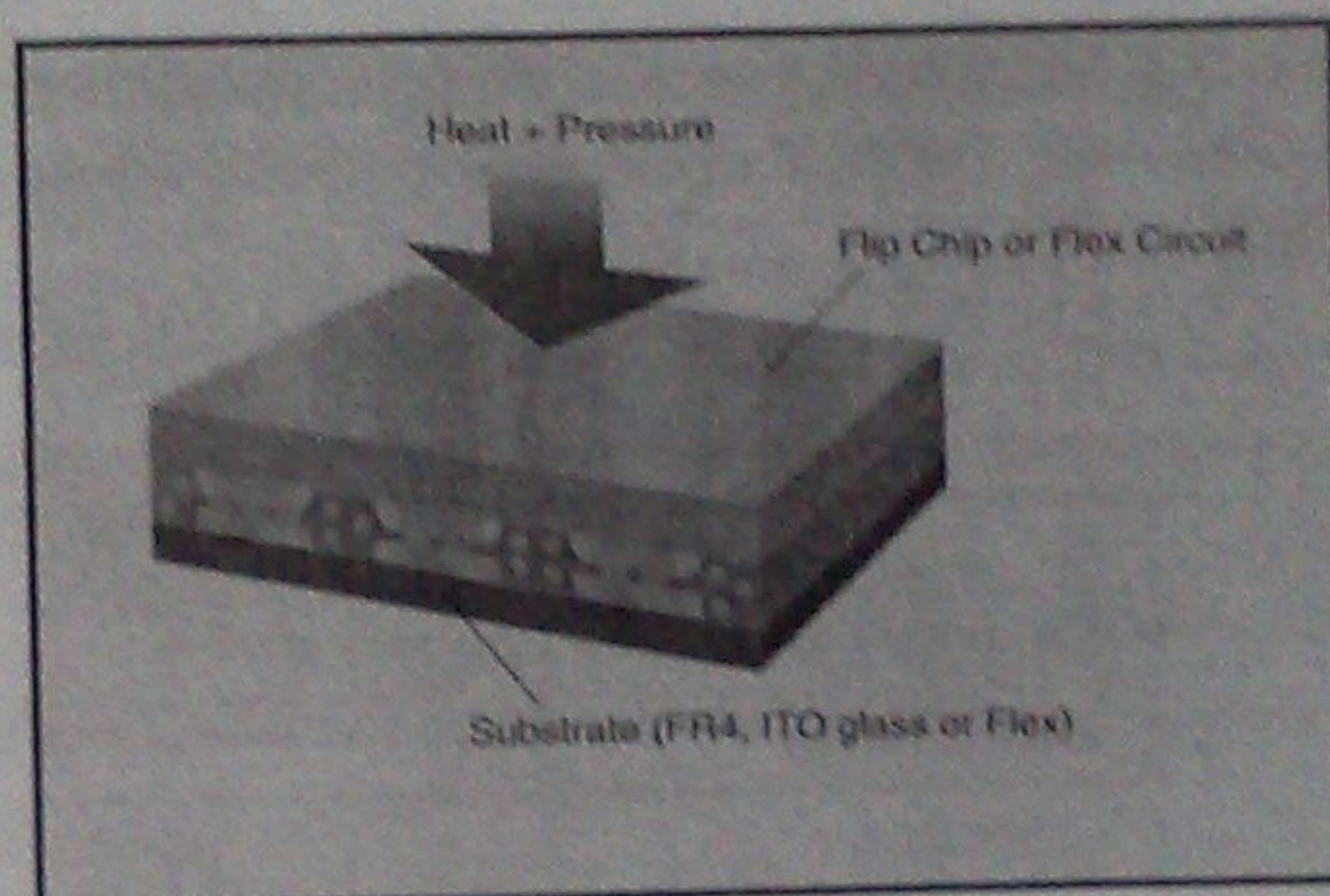
Ennél az alkalmazási területnél a ragasztásnak a mechanikai rögzítésen kívül villamos kontaktust is biztosítani kell a diszkrét alkatrész és a vastagréteg áramkör között. A követelményeknek megfelelően villamosan vezető ragasztókat alkalmazunk. A vezető ragasztók két alap fázisból épülnek fel, amelyek a *műgyanta* és az abba szuszpendált *vezető fázis*. A vezető ragasztók többféle szempont szerint csoportosíthatók (kiviteli típus szerint, összetétel szerint, műgyanta anyaga szerint stb...), de mi ezt most a vezető ragasztó vezetési tulajdonságai alapján tesszük meg. Ezek szerint megkülönböztetünk *izotróp* és *anizotróp* vezető ragasztókat.

Az izotróp vezető ragasztók vezetési tulajdonságai – mint az elnevezésük is utal rá – minden irányban azonosak. Az alap műgyantába (epoxi vagy poliimid) keverik a vezető fázist, amit ezüst, arany vagy nikkell szemcsék alkotnak. Ezek a tér minden irányába vezetik az elektromos áramot. Az izotróp ragasztók 140...150 °C-on 30 perces, 130 °C-on 60 perces míg 90...120 °C-on 90...120 perces időtartamú hőkezelést igényelnek. A kiviteli formájuk általában paszta. A gyakorlat során a diszkrét alkatrészek rögzítésére, paszta formájú izotróp vezető ragasztót alkalmazunk.

Az anizotróp ragasztók csak a tér egyik (z) irányában vezetik az elektromos áramot. Általában műgyantába (pl. epoxi, poliimid) kevert vezető (pl. ezüst), vagy vezetővel bevont (pl. arany érik el, hogy a vezető golyócskákat szabályosan, mátrixos elrendezésben ágyazzák be a hordozó fóliába. A mátrix minden egyes cellájában csak annyi golyó található, hogy x-y irányba összenyomva se tudjanak rövidzárat okozni. Az 5. és 6. ábrákon egy flip-chip IC anizotróp vezetőragasztóval történő bekötése látható. A nyomás és a hő hatására a folyékonyvá vált ragasztó felesleg kifolyik a hézagokból. Az áramvezető gömböcskék beszorulnak a kontaktus felületek közé, és azokat villamosan összekötik, oldalirányban azonban nem jön létre villamos kontaktus.



5. ábra. Az anizotróp ragasztófilm elhelyezése az áramkör és a hordozó között



6. ábra. Az anizotróp ragasztó hőkezelése

A diszkrét alkatrészek szerelése forrasztással

A diszkrét alkatrészek a ragasztás mellett a felületszerelési technológiában alkalmazott újraömlésztéses (reflow) forrasztási technológiával is rögzíthetők a vastagréteg áramkörök felületén. A vastagréteg kontaktus felületek kedvezőtlen nedvesítési tulajdonságai miatt egyre inkább a vezető ragasztókat részesítik előnyben.

A gyakorlati feladat:

A gyakorlati feladat egy hibrid polimer vastagréteg áramkör elkészítése. Az áramkör huzalozási pályáját polimer Ag vezető pasztából készítjük poliészter fóliára, majd erre izotróp vezető ragasztó segítségével szereljük a diszkrét alkatrészeket.

Az áramkör elkészítésének lépései:

1. A vezetőréteg szitájának behelyezése a szitanyomtató berendezésbe.
2. Poliészter fólia behelyezése a szitanyomtató berendezésbe.
3. Vezető paszta felhelyezése a szitára.
4. Pozicionálás, szitanyomtatás: a beállítandó paraméterek: kés nyomóerő, nyomtatási sebesség, szita-hordozó távolság.
5. Paszta nyomtatása.
6. A felnyomtatott réteg kikeményítése az előmelegített kemencében (120 °C-on 10 percig).
7. A szita és a nyomtató kés oldószeres mosása, tisztítása.
8. A poliészter fólia darabolása.
9. A vezető ragasztó feleseppentése (diszpenzálása) a kontaktus felületekre.
10. Alkatrészek beültetése egy kézi „Pick & Place” beültető segítségével.
11. A ragasztó kikeményítése (140 °C-on 30 percig).
12. Az áramkör működésének ellenőrzése.

A hordozófólia tulajdonságai: a hordozó anyaga poliészter műanyag fólia, amely elfogadható termikus és mechanikus tulajdonságokkal rendelkezik a számunkra szükséges hőmérsékleti tartományban (+20...+130 °C).

2. táblázat. A poliészter hordozófólia tulajdonságai

Jellemző	Érték
Vastagság	100...200 µm
Húzószilárdság (v = 23 µm)	200 MPa
Sűrűség	1,4...1,5 g/cm ³
Olvadáspont	150...250 °C
Hőtágulási tényező (30...50 °C)	27 ppm/°C

Az Ag vezetőréteg paszta tulajdonságai: a poliészter fóliára a vezetőhálózatot a DuPont gyártmányú DP5025 típusszámú polimer ezüst vezetőréteg pasztából alakítjuk ki. A paszta főbb tulajdonságai:

3. táblázat. Az Ag vezetőpaszta főbb tulajdonságai

Jellemző	Érték
Négyzetes ellenállás ($v = 25 \mu\text{m}$)	12...15 m Ω
Szita anyaga	rozsdamentes acél vagy műanyag
Szita típusa	indirekt emulziós
Szitaszövet mesh száma	325
Nyomatási rétegvastagság	25...50 μm
Beszárítási körülmények	120 °C-on 5-6 percig

A vezető ragasztó tulajdonságai: a diszkrét alkatrészek rögzítésére a Heraeus cég PC3000-es thermoset (hőre keményedő) polimer-ezüst vezető ragasztóját használjuk. A ragasztó izotróp vezetési tulajdonságú, egy komponensű, illékony oldószertől mentes és paszta kivitelű. A ragasztó főbb tulajdonságai:

4. táblázat. A PC3000 vezető ragasztó főbb tulajdonságai

Jellemző	Érték
Ag tartalom	83 \pm 1,5%
Sűrűség	4,4 g/cm ³
Hővezetés	> 5 W/m*K
Tapadás	> 8,5 N/mm ²
Hőmérsékleti stabilitás	180 °C
Térfogati ellenállás	< 0,2 m Ω *cm
Fedés	100 cm ² /g

Ellenőrző kérdések:

1. Mi a vastagréteg definíciója?
2. Sorolja fel a vastagréteg áramkörök jellemző alkalmazási területeit, különös tekintettel a polimer vastagrétegekre!
3. Mi a szitanyomtatás szerepe a vastagréteg technológia során?
4. Vázzon fel a szitanyomtatás lépéseit!
5. Ismertesse a polimer vastagréteg technológia fő lépéseit!
6. Ismertesse a vezető ragasztók típusait, szerkezetét és alkalmazásukat!