



Baskı Devre Kartı Üretimini Yerileştirme



Danışman
Dr. Uğur Tarçın
Ankara- 2025

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
1. ÖZET	3
2. Proje Amacı:	3
3. Projenin Kapsamı:	3
4. Projenin Hedef Kitlesi:	10
5. Projenin Yöntemi ve Çalışma Planı:	10
6. Beklenen Sonuçlar:	10
7. Proje Bütçesi:	10
8. Riskler ve Önlemler:	10
9. Proje Süresi:	11
10. Kaynaklar:	11
11. Değerlendirme Kriterleri:	11
12. Kaynakça	12

BASKI DEVRE KARTI ÜRETİMİNİ YERLİLEŞTİRME (PROJE ÖNERİ)

Teoman ŞAHİN

Roketsan

teoman.sahin@roketsan.com.tr

1.ÖZET

Bu proje, savunma sanayi başta olmak üzere otomotiv, beyaz eşya ve genel elektronik sektörlerinde yaygın olarak kullanılan baskı devre kartlarının (PCB) yerli üretimini sağlamayı amaçlamaktadır. İleri teknoloji ve proses yoğunluğuna sahip bu üretim için, yabancı bir teknoloji ortağı ile Türkiye’deki savunma ve teknoloji firmalarının oluşturacağı bir konsorsiyum aracılığıyla ortak girişim (JV) modeli planlanmaktadır. Proje ile Türkiye’nin PCB ihtiyacının büyük ölçüde yerli imkânlarla karşılanması, tasarımdan ürüne dönüşüme kadar tüm süreçlerde yerli ekosistemin oluşturulması hedeflenmektedir. Yaklaşık 80 milyon dolarlık bir yatırım öngörülmekte olup, iş gücü eksikliği, maliyet rekabeti ve çevresel etkiler gibi risklere karşı gerekli önlemler projede tanımlanmıştır.

2. Proje Amacı:

- Savunma sanayi ve elektronik sektöründe kullanılan baskı devre kartlarının yerleştirilmesi,

3. Projenin Kapsamı:

Ülkedeki tüm savunma sanayi, otomotiv ve beyaz eşya endüstrisi gibi elektronik donanım ihtiyacı duyan tüm sektörlerdeki elektronik kartlar için baskı devre kartlarının yerli üretime dönüştürülmesi için, yapılacak yatırım ve geliştirme faaliyetlerinin tamamıdır.

Son yıllarda teknolojinin gelişmesi ve baskı devre kartları ile elektronik kartların daha da küçülmesiyle;

- I/O sayısının artması,
- Empedans kontrollü devrelerin artması,
- Hat ve hat-hat arası mesafenin azalması,
- HDI ve Substrat benzeri baskı kartı ihtiyacı artması,
- Yüksek frekanslı çalışabilen malzeme ihtiyacı artması, PCB üretim standartlarının ve üretim hatlarının değişmesine sebep olmuştur.

PCB üretimi birden fazla adımdan oluşmaktadır. Bu adımlar;

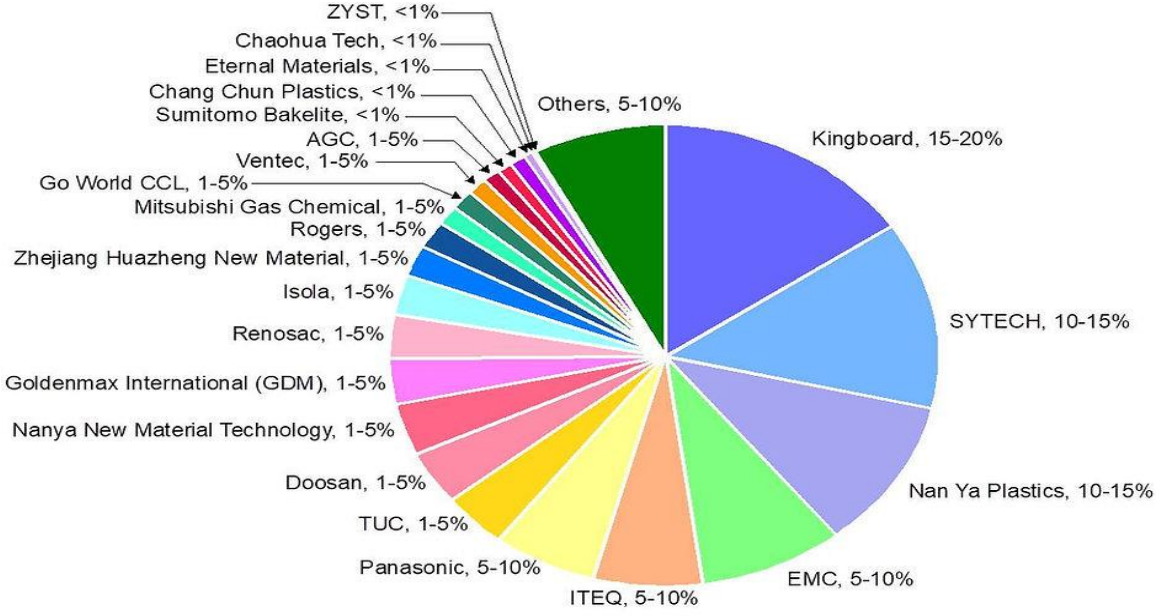
- Üretilebilirlik analizi,
- Fotoğrafik işlemler,
- Presleme işlemleri,
- Mekanik işlemler,
- Kaplama işlemleri,
- Kontrol ve test adımları.

Üretilebilirlik Analizi

Her baskı devre kartı üreticisinin üretim yetenekleri birbirinden farklıdır. Bu yüzden üretime başlamadan önce yapılan üretilebilirlik analizi kritik öneme sahiptir. Baskı devre kartı üreticisi, üretilmesi beklenen üretim veri paketini kendi üretim altyapısı ve hatta göre yeniden şekillendirir. Üretim veri paketinde yer alan gerber dosyalarını, üretilebilir gerber (=working gerber) haline getirip tasarım sorumlusuna değişikliklerin nasıl yapacağını EQ(=engineering question) ile teyitleşir. Tasarım kontrol analizleri ve üretilebilirlik analizleri yapılır. Bu noktada delik çapları, deliklerin pozisyonları, kalınlıklar, panelleme yönleri ve tipleri değiştirilebilir.

Taban Malzeme

Taban malzeme (base material) boş baskı devre kartının ana hammaddesi iki tarafı bakırlı, ortası cam pamuğuna sıkıştırılmış genellikle High-Tg FR4 reçine olan kompozitten oluşmaktadır. Baskı devre kartının kullanım alanına göre belirlenen taban malzeme boş baskı devre kartı üretim yöntemini ve reçetesini de belirler. Taban malzemesi olarak dünya genelinde; Kingboard, Sytech, EMC, Nan Ya, Panasonic, ITEQ, TUC, Doosan, GDM, Isola, Ventech, CCL gibi firmalar aktif üreticilerdir. RF kartlarda ve yüksek frekans gereksinimi olan kartlarda ise Rogers gibi firmalar taban malzemesi üretmektedirler. Şekil 1 ile tüm taban malzemeleri üreticileri ve sektördeki büyüklükleri gösterilmiştir.



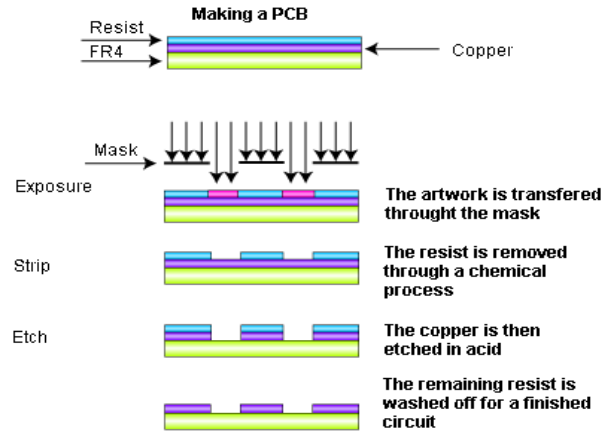
TOTAL: \$15Bn

(Şekil 1) Firmalara göre taban malzeme dağılımı

Kaynak: PRISMAR (https://www.prismark.com/post/ccl-market-update)

Fotoğrafik İşlemler

Baskı devre kartının her bir katmanına ait desenin pozlama işlemi ile taban malzeme üzerine işlenmesi fotoğrafik işlemlerin genel olarak tanımıdır. Dizgi için lehim alacak alanla, lehim almayacak alanların birbirinden ayrılması ve lehim maskesi uygulamaları fotoğrafik işlem adımlarında yapılmaktadır. Genel olarak proses ön temizlik uygulanması ile başlar. Kuru film (=dry film lamination) laminasyonu yine bu proses adımı uygulanır. Her bir katman için bu katmanın fiziksel şekli, taban malzemesi üzerine bu adımda pozlanır. Sonrasında lehim maskesi (=solder mask) uygulaması yine fotoğrafik işlemler başlığı altında ele alınır. LDI ve geleneksel metodlarla bu fotoğrafik işlemler uygulanır. Laminasyon malzemesinin üst yüzeyi bakır ile kaplıdır. Bu malzemenin üzerine photoresist bir malzeme serilir. Ultraviolet ışık enerjisi altında geliştirme denilen adımla şekillendirme başlar. Photoresist malzeme UV'ye karşı maskeleyme özelliği de gösterir. Sonrasında gravürleme (=etching) işlemi yapıp, uygulanan photoresist malzemenin sıyrılması ile katman için oluşturulan şekil ilgili katmana uygulanmış olur. Şekil 2 ile fotoğrafik işlemler gösterilmiştir.

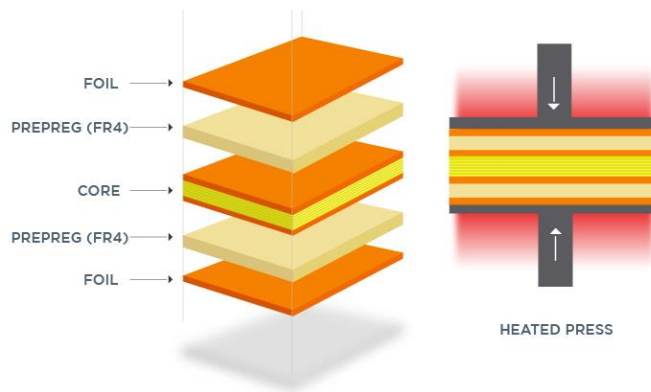


(Şekil 2) Fotoğrafik işlemler proses adımları

Kaynak: PCB fabrication tutorial (<https://www.pcbfabricationtutorial.com/>)

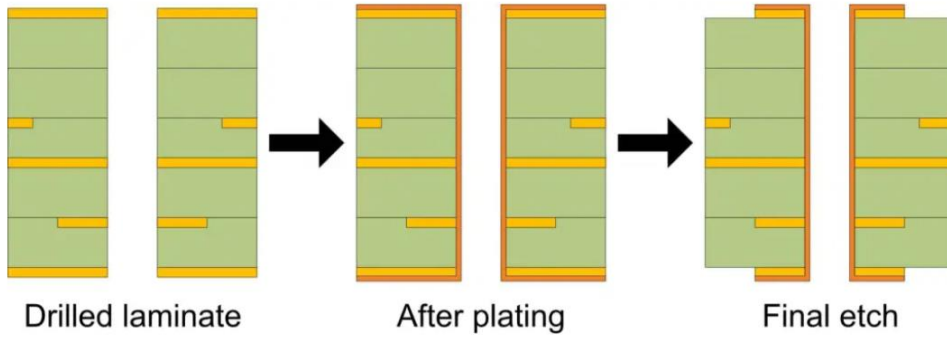
Presleme İşlemleri

Desen işleme ve gravürleme sonrası her bir katman prepreg denilen yarı kürlenmiş yapıştırıcı kullanılarak çok katlı yapı oluşturulur. Presleme adımında tüm katmanların çerçeve olarak birbirinin üstüne mükemmel şekilde dizilmesi çok kritiktir. Bu noktada hem katmanların doğru sıralamada dizilmesi hem de dizilen katmanlar arasında kaçıklık olmaması için çeşitli toollar tasarlanmıştır. Özellikle iç ve dış katmanlardaki delikler kullanılarak bu hizalama işlemleri yapılır. Kullanılan taban malzeme çeşidine göre presleme işleminde uygun sıcaklık ve basınç uygulanmalıdır. Burada prosesi şekillendiren tamamen taban malzeme özellikleri olmuştur. Şekil 3 ile presleme işlemleri için katmanlar gösterilmiştir.



(Şekil 3) Presleme katmanları

Kaynak: PCB Unlimited (<https://www.pcbunlimited.com/engineering/printed-circuit-board-manufacturing>)



(Şekil 5) Kaplama adımları

Kaynak: RAYMING PCB & ASSEMBLY (<https://www.raypcb.com/12-major-causes-of-foaming-on-copper-plating-of-the-pcb-board/>)

Son Kontrol / Test

Son kontrol ve test dışında PCB üretimi adımları içerisinde ara kontroller ve testler de önemlidir. IPC standartları ile üretim sonrası kontroller standart altına alınmıştır. Baskı devre üretiminde kullanılan IPC standartları aşağıda verilmiştir.

- IPC-6012 Rigid Performance
- IPC-6013 Flex Performance
- IPC-6016 HDI Performance
- IPC-6018 Microwave Performance
- IPC-9252 Electrical Testing Requirement
- IPC-4556 Requirements for ENEPIG
- IPC-TM-650 Test Methods

Baskı devre üretimini sonrası son kontrol işlemleri ise; gözle denetim, mikroseksiyon kontrolü, elektriksel testlerin uygulanması, termal şok testi, empedans testi, yapışma kuvveti testi olarak sıralanabilir. PCB'nin üretimi esnasında PCB panelinde testler için kullanılan kuponlar bu testlerin özellikle tahribatlı olanlarını uygulamak için üretilir

Sıralı olarak PCB Üretim Adımları



Kaynak: (Şematiktir)

AKADEMİ
SAVUNMA SANAYİNİN LİDERLİK OKULU

4. Projenin Hedef Kitlesi:

- Savunma sanayi, beyaz eşya, otomotiv endüstrileri ana yüklenicileri, alt yüklenicileri ve yan sanayileri,
- Üniversiteler ve araştırma enstitüleri ve genel elektronik üreticileri.

5. Projenin Yöntemi ve Çalışma Planı:

- Baskı devre kartı üretimlerinin yerlileştirilmesi için önerilen proje kapsamında, ileri teknoloji ve proses yoğun bir üretim olması hasebiyle bu üretimin bir yabancı iştirakçi firma ile yapılması önerilmektedir. Bu proje, Türkiye ve Avrupa sektörüne girmek isteyen ve seri üretim alt yapıları gelişmiş firmalar ile Türkiye’den bir konsorsiyumun oluşturacağı iş ortaklığı şeklinde tasarlanmıştır.

6. Beklenen Sonuçlar:

- Ülkenin tüm baskı devre kartı üretimini karşılamak
- Elektronik kart tüm ürün sürecinde (tasarım, üretim, doğrulama, ürüne dönüştürme..vb) yerli bir konsorsiyumun oluşmasını sağlamak

7. Proje Bütçesi:

- Yatırımın yapılacağı arazi dışında tüm yatırımın yaklaşık 80.000.000\$ civarında bir maliyeti olması öngörülüyor.
- Bu projede ortaklık yapısının ve doğal olarak bütçe yükünün iki farklı yapıda olması planlanmıştır. Teknolojinin getirileceği yabancı ortak ile yerli ortak arasında “JV / Joint Venture” kurulması planlanmaktadır. Buradaki yerli ortağı ise yerli savunma ve teknoloji firmalarından oluşan bir konsorsiyum oluşturacaktır.

8. Riskler ve Önlemler:

- Kurulacak JV’nin yerli üretiminin uzak doğu firmalarıyla ürün fiyatı özelinde rekabet edememesi. Bu riske karşı yerli üretilen ürünü desteklemek adına PCB’nin yurtdışı tedarikine bir vergilendirme yapılması değerlendirilebilir.

- Türkiye’de baskı devre kartlarına yönelik çalışmış iş gücünün çok kısıtlı olması. Bu riske karşı JV kurulduktan sonra, çalışacak personelin hızlı eğitimi ve yurtdışında PCB fabrikalarında çalışan Türk vatandaşlarının istihdamı düşünülebilir.
- PCB üretiminin yoğun su tüketimi ve çevreye verdiği zararlar. Bu riske karşı ise güçlü bir su arıtma tesisi ile PCB fabrikası desteklenebilir.

9. Proje Süresi:

- Projenin tamamlanma süresi 4 yıl olarak planlanmıştır.

10. Kaynaklar:

- Kaynak olarak JV firmalarının öz bütçesi ve teşvikler kullanılacaktır.
- Savunma sanayi firmalarının oluşturacağı yerli konsorsiyum bu JV yapısında söz sahibi paya sahip olacak şekilde tasarlanacaktır.
- İnsan kaynağı yine konsorsiyuma dahil olan savunma firmalarından seçilecektir.

11. Değerlendirme Kriterleri:

- Projenin başarımlı kriteri ülkeye bu yatırımın kurulup başarıyla işletilmesi olacaktır.
- İlk işletim yılında 5.000.000\$, İkinci işletim yılında 12.000.000\$, Üçüncü işletim yılında 20.000.000\$ ciro yapması hedeflenmektedir. Yatırım fazının son senesi olan 4.sene de ise yine 20.000.000\$ ciro yapılması öngörülmektedir.
- Projenin bir diğer değerlendirme kriteri ise yerlilik oranı olacaktır. %60 üzeri yerlilik payı hedeflenmektedir.

12. Kaynakça

- Introduction of PCB, Peterson Z., Altium Monthly, (2020)
- The influence of the PCB design and the process of their manufacturing on the possibility of a defect-free production, Vasilyev F., Isaev V., Korobkov M., (2021)
- Optimal Production Planning for PCB Assembly, Ho W., Ji P., Springer, (2007)
- Printed Circuit Board Design Techniques for EMC Compliance, Montrose M, (1996)
- Projede tüm literatür kullanılacaktır. Konu ile alakalı özellikle IEEE kütüphanesindeki tüm tasarım ve üretim araştırmaları gözden geçirilecektir.
- Baskı Devre (n.d), <https://www.baskidevre.com.tr/?utm>
- Numune PCB (n.d), <https://www.izmirnumunepcb.com/izmir-numune-pcb-uretimi?utm>
- Pratik PCB (n.d), <https://pratikpcb.com/elektronik-kart-imalati/?utm>
- Arxiv(2022), <https://arxiv.org/abs/2208.08502?utm>

