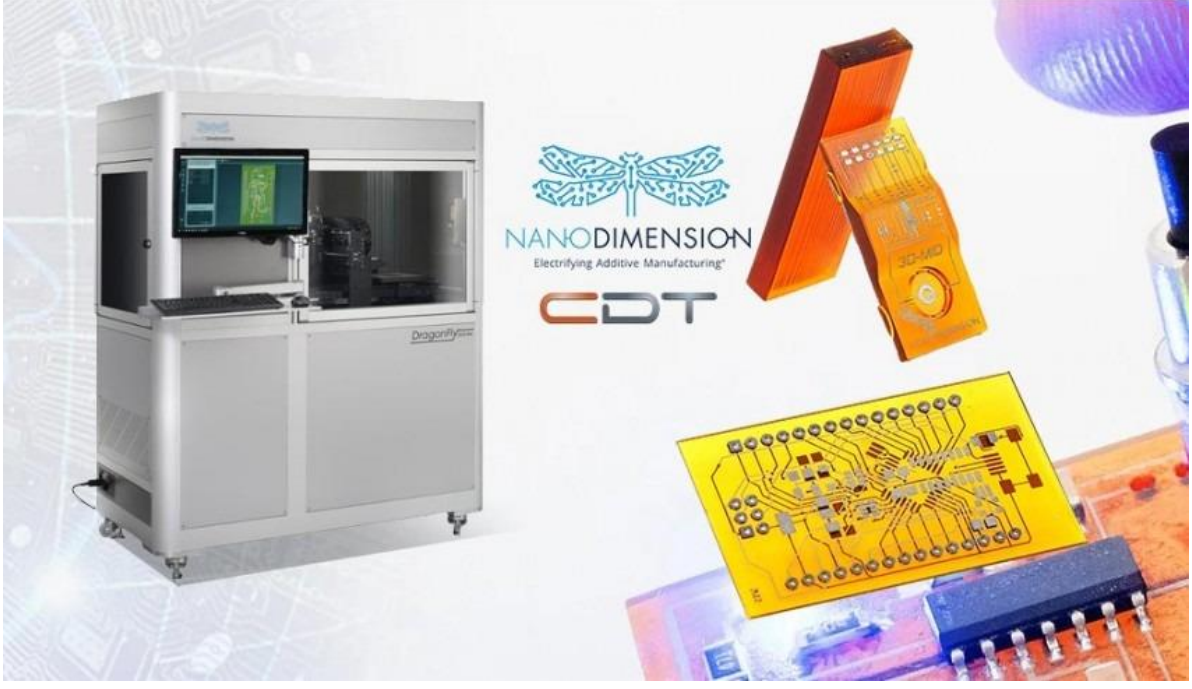


# Elektronikte Katmanlı Üretim Teknolojisi



Her geçen gün teknolojiye olan bağlılığımız artmakta ve kullandığımız araçlar, makineler, yazılımlar ve ülkemiz her anlamda gelişmektedir. Eskiden dünyada belirli bir kesimin sahip olabildiği makine ve yazılımlara artık kısa sürede ve daha kolay sahip olabiliyoruz. Bu sayede ülkemiz, teknolojik gelişmeleri mühendislik tecrübesi ile harmanlanarak yeni ve daha ileri mühendislik uygulamalarını üretebiliyor. Her yeni gelen teknolojinin üstüne kendimizden eklentiler yaparak dünyada söz sahibi olan projeler hayata geçiriyoruz.

Bu kapsamda, Mekanik Katmalı üretim / 3D Baskı teknolojilerinin dünya ile birlikte ülkemizde de üretimleri başlamış, sürekli gelişme göstermiş ve yaygınlaşmıştır. **CDT Bilgi Teknolojileri**, katmalı üretim teknolojilerinin esneklik, hız, verimlilik, tasarım özgürlüğü ve firma içi gizlilik gibi çok kritik aşamalarda sağlamış olduğu olanakları elektronik sektörde sağlayan **NanoDimension DragonFly** 3D Elektronik Baskı Devre üretim makinesinin tedarik, teknik ve yazılım desteği ile ülkemize getirilmesini sağlamıştır. Söz konusu üst seviye teknolojinin ülkemize gelmesi ile dışarıda üretilebilecek herhangi bir ürünün çok kısa sürede ülkemizde de üretilmesine olanak sağlamıştır.

**DragonFly**, elektronik mühendislerine bir baskı devre kartının (PCB), RF devresinin ya da sensörünün birkaç gün içerisinde fikirden gerçek bir ürüne dönüştürülmesi olanağını sağlıyor. Üretim, test ve teslim süreçlerinin kurum içinde tamamlanmasının ve tasarımdan üretime geçiş sürecinin hızlı olmasını sağlayarak, yeni ürünlerin oluşturulmasında projelere haftalar hatta aylar kazandırmaktadır.

**DragonFly** sayesinde elektronik mühendisleri, üç boyutlu düşünebilme ve geleneksel elektronik üretim metodlarının dayattığı tasarım kısıtlamalarından kurtulma olanağı buluyor.

Değişik geometrilere, düzlem kısıtları olmadan özgür tasarımlar yapabilmek şansını elde ediyor. Pek çok farklı fikrin daha hızlı ve ucuz test edilerek ürünleştirilebilmesi sayesinde, kurumun inovasyon yetilerine katkı sağlıyor.

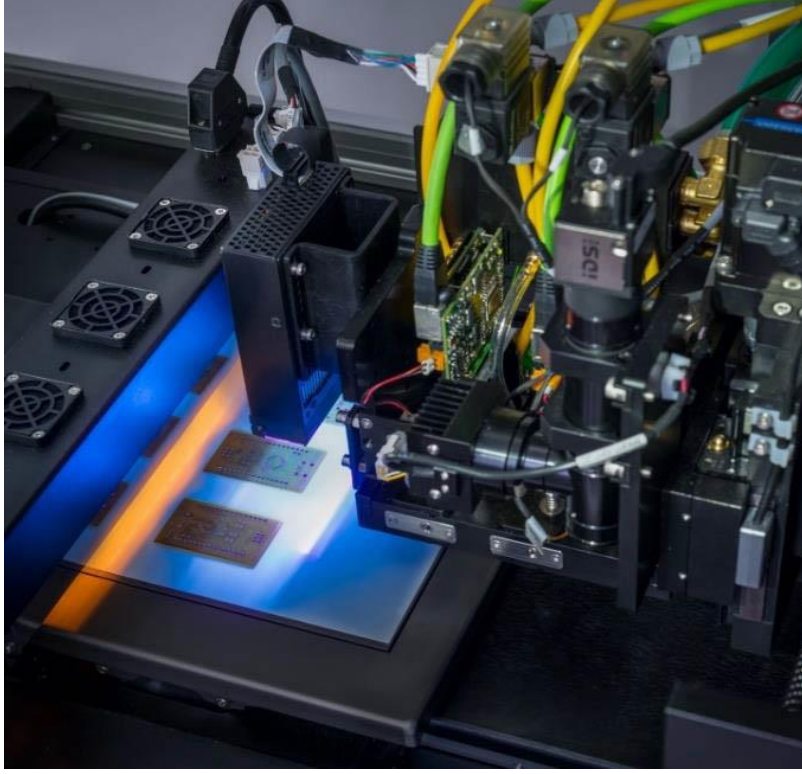
Prototipleme aşamasında kartın kurum içinde basılmasına olanak sağlayarak, tedarikçilere olan bağımlılığı ve güvenlik risklerini ortadan kaldırıyor.

DragonFly LDM™	
Teknoloji	Mürekkep Püskürtmeli
Baskı kafa sayısı	2, gümüş ve yalıtkan
Minimum katman	17 mikron
Min. Dielektrik katman	35 mikron
Çalışma Ölçüleri	160mm x 160mm x 3mm
Mekanik Tolerans	1 mikron
İstenen Dosya Uzantısı	Gerber
İşletim Sistemi	Windows
Makine Ölçüleri	1400mmx800mmx1800mm
Makine Ağırlığı	520 kg
Operasyon Sıcaklığı	18 °C – 22 °C
Uyumluluk	UL, FCC, CE

## Üretim Teknolojisi

Geleneksel Baskı Devre Kartları, iki ana materyalden oluşmaktadır. İletken yol olarak bakır ve yalıtkan madde olarak taban malzemesinin (FR4, Polyimide Flexi, CEM1, Alüminyum, CEM3, FR2) birleşiminden oluşmaktadır. PCB üretimi sırasında, katman sayısına bağlı olarak, 30'dan fazla proseste işlem yapmanız gerekmektedir. Tasarım dosyasında bulunan her bir katman için ayrı baskı aşamasına ve UV boya kaplanmasından sonra yüksek yoğunluklu ışık ve ısı işleme gereksinim vardır.

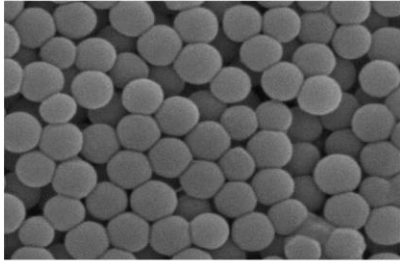
Katmanlı üretim teknolojisi ise bu geleneksel üretim sürecinden oldukça farklı bir yapıdadır. NanoDimension firmasının geliştirdiği **DragonFly**, üç temel teknolojiye dayanıyor: Inkjet teknolojisi (ki mekanik 3D yazıcılarda da zaten yaygın olarak kullanılıyor), tasarımın analiz edilerek katmanlı üretime uygun bir yapıya getirilmesini sağlayan yazılım teknolojisi ve iletken / yalıtkan nano malzeme teknolojisi. **DragonFly**, bu üç hassas teknolojinin birlikte uyumu ile oluşturulmuştur.



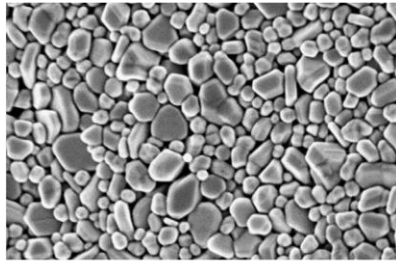
Elektronikte katmalı üretim / 3D baskı için izlenmesi gereken ARGE süreçleri, geleneksel mekanik katmanlı üretim için gerekenlerden çok daha karmaşıktır. **DragonFly**, iletken metal ve yalıtkan polimer aynı anda püskürtülerek basılıyor. Bu da birbirlerinden çok farklı özellikleri olan iki malzemeyi uyum içerisinde ve en iyi performans gösterecek şekilde basılmayı gerektiriyor. Metallerin basımı için tercih edilen çok yüksek sıcaklıklar ve özel koşullar, polimerlerin yapısal farklılıklarından dolayı basıma uygun değildir. Bu nedenle; birden fazla malzemenin fiziksel ve elektriksel özelliklerinin, karmaşık bir üretim sürecinin ve hassaslık kriterlerinin göz önüne alındığı oldukça zorlu bir AR-GE çalışması gerekiyor.

Dolayısıyla NanoDimension ARGE Ekibi, nano malzeme geliştirilmesine odaklanarak, bu alanda bir ilk gerçekleştirerek **AgCite** keşfini ortaya çıkartmıştır. Baskı sırasında kullanılan yüksek iletkenlikli gümüş nanopartiküllü mürekkep, **AgCite** olarak adlandırılmaktadır. Nano gümüş iletken ve yalıtkan polimer malzemenin sahip olduğu özel yapısı patentler ile tescil edilmiş ve global ölçekte kullanıma sunulmuştur.

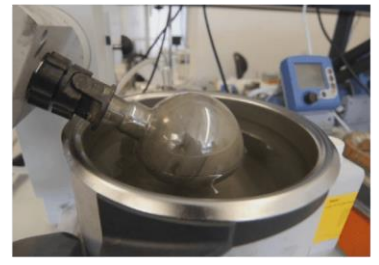
Kullanılan iletken ve dielektrik mürekkep iletkenlik, ısı yalıtımı, ısı yayılımı, manyetik alan etkileri, korozyon, yalıtkan ve dielektrik çekme deneyi, yaşlandırma testleri, lehimlenebilirlik, akışkanlık deneyleri gibi bir dizi laboratuvar testlerinden geçirilmiştir. Testlerin sonucunda DragonFly ile oluşturulan ürünlerin pek çok IPC, UL, CE, RoHS 3 ve MIL standardına uyumlu olduğu kanıtlanmıştır.



*Dielektrik Fotopolimer Partiküller*

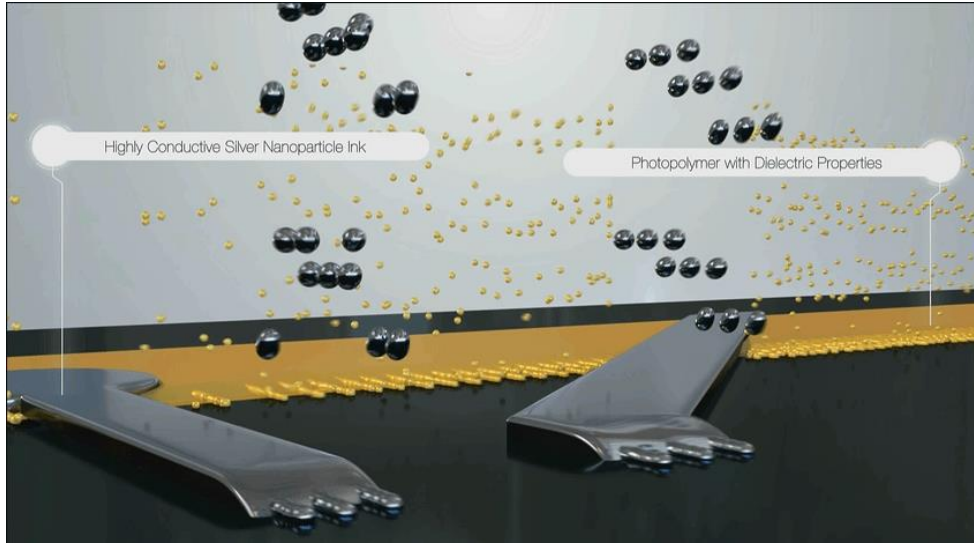


*Yüksek İletkenliğe Sahip Gümüş Partiküller*

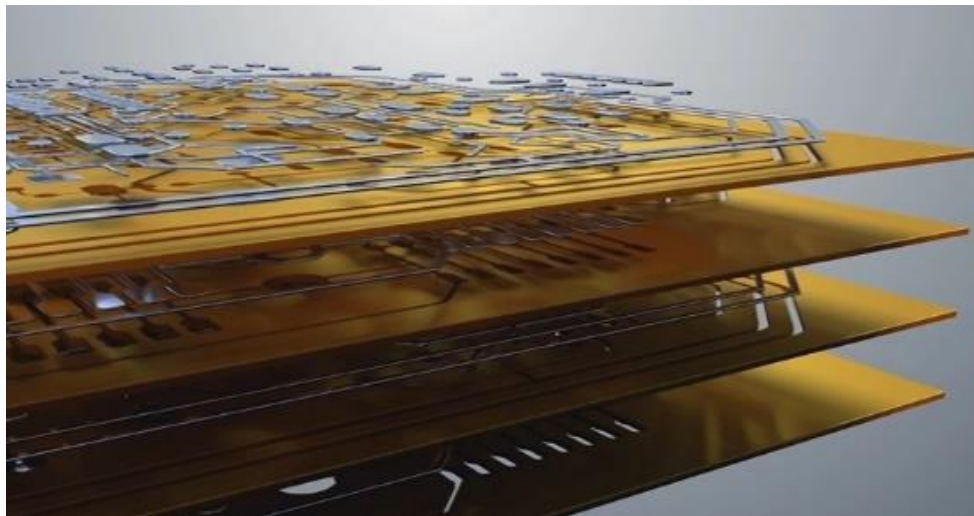


*Yüksek İletkenlikli Gümüş Malzeme Hazırlanması*

**DragonFly** baskı makinesinde katmanlı üretim; her püskürtme işleminden sonra yüksek yoğunluklu Ultraviyole ve Infrared ışık altında nano malzemelerin kürlenmesi ile sağlanıyor. Her kürlenmiş katmandan sonra PCB ve dolayısı ile çift püskürtmeli kafanın yüksekliği değişiyor ve bir sonraki katman basılıyor. Örneğin; 12 katmalı bir Baskı Devre Kartının üretimi, birbirleri ile tam uyumlu olan 250-300 katmanın basılması ile gerçekleşiyor.



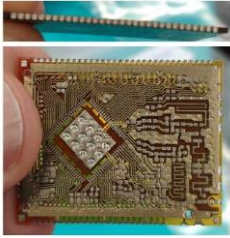
Oluşturulan PCB Katmanı



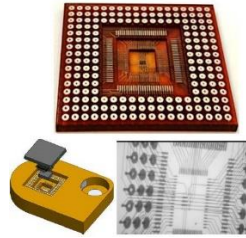
Çok Katlı DragonFly Baskı Devre Kartı

## DragonFly LDM'nin PCB Üretiminde Avantajları

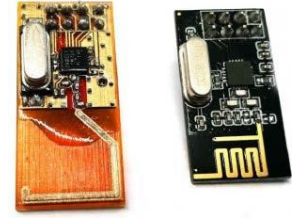
- 3 Boyutlu ve zor geometrik yapılarıdaki tasarımların olanaklı hale gelmesi. Hem fiziksel yapıların hem de elektriksel iletim hatlarının aynı anda üretilmesi sağlanabiliyor.
- Geleneksel baskı devre üretiminde kullanılan malzeme ve işlemlerden kaynaklanan performans kısıtlarının, kullanılan yeni malzemelerle aşılması.
- Daha esnek ve hassas üretim süreçleri ile yer ve hacim kısıtlarının aşılması.
- Tasarımdan üretime hızlı geçiş ve prototipleme kolaylığı ile zaman ve maliyet kazançları sağlaması.
- Gizlilik taşıyan Ar-Ge çalışmalarının ve tasarımların kurum içinde kalması ile ürün geliştirmede gizlilik ve güvenlik sorunlarının ortadan kaldırılması.
- Çok katlı baskı devre kartlarında uygulanan sıcak press işlemine ihtiyaç duyulmaması sayesinde malzeme stresi ve yıpranması kaynaklı sorunların azaltılması.
- Oluşturulan katmanlar arasında via deliklerine ve delik içi kaplama proseslerine girmesine gerek duyulmaması.
- İletken montaj noktalarının HASL (Hot Air Solder Level) ile lehim yapılmasına gerek duyulmaması.
- İletken malzemenin yüksek iletkenlik özelliği sayesinde, devre içinde kayıpların en aza inmiş olması.
- Yana (kenar kısımlara) montaj teknolojisi ile daha küçük devrelerin üretilmesini sağlaması.
- Üretimde PCB kenarlarında çapak kalma olasılığının olmaması.



Via Deliksiz, Lehimsiz Çok Katlı Devre



Çok Katmanlı Entegre Montajı



RF Anten Tasarımı

## Kullanım Alanları ve Günümüze Dek Geliştirilen Ürünler

2017 Productronica Innovasyon ödülünü kazanan **DragonFly**, piyasaya sunulduğu 2018 yılından bu yana dünyada inovasyon odaklı savunma, uzay ve otomotiv sanayi firmalarının, Ar-Ge merkezleri ve teknoloji enstitülerinin büyük ilgisini görmüş ve elliye yakın noktada, ürün geliştirme faaliyeti odaklı olarak kullanılmaya başlamıştır. Kullanıcılar arasında **ABD Kara ve Hava Kuvvetleri**, **NASA**, **Harris Corporation**, **TTM Technologies**, **Airbus-Hensholdt**, **Safran** gibi uzay ve savunma devlerinin yanı sıra **Istituto Italiano di Technologia (İtalya)**, **Manufacturing Tecnology Center (İngiltere)**, **Productivity Council (HongKong)**, **NangYang Technological University (Singapur)** gibi pek çok yüksek öğrenim kurumu ve araştırma enstitüsü de yer almaktadır.

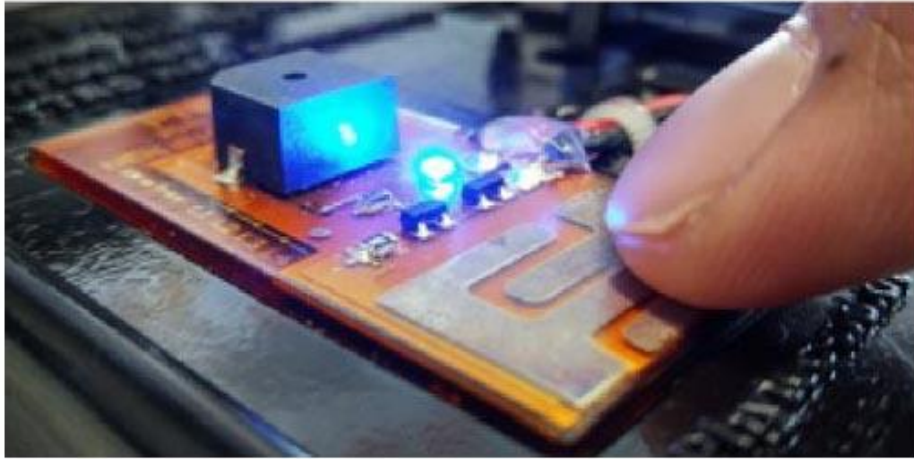


Püskürtme ve UV/IR Kırleme Aşaması



Uluslararası Uzay İstasyonu RF Kartı (NASA)

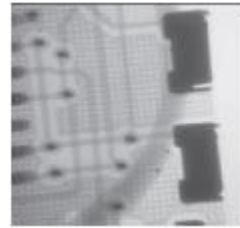
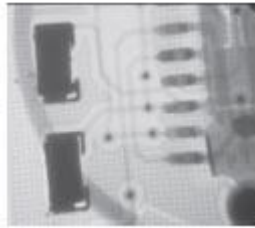
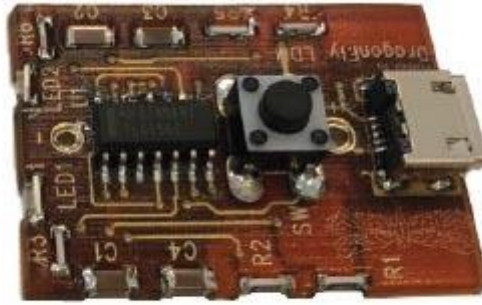
NanoDimension firması, **Uluslararası Silah Trafiği Yönetmeliği (ITAR)** kapsamında ABD Dışişleri Bakanlığı Savunma Ticareti Kontroller Müdürlüğü (DDTC) onaylı tedarikçidir.



PCB Dış Yüzeyine Hassas Dokunmatik Yüzey

Bugüne dek **DragonFly** ile geliştirilen ürünler arasında zor şartlarda görev yapabilen RF devreler, antenler, sensörler, pasif komponentli devreler önemli yer tutmaktadır. Bunlara ek olarak, özellikle geleneksel baskı devre (PCB) üretiminde kullanılan malzeme ve işlemlerin getirdiği kısıtların aşılması ile pek çok yenilikçi ürün geliştirilmiştir. Bunlara ilişkin bazı örnekler:

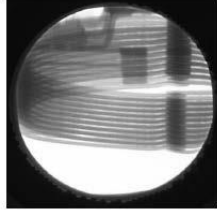
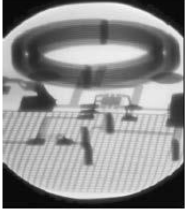
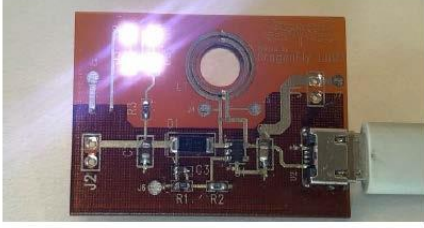
- Yeni karmaşık geometriler – yeni konseptleri denemek için tasarım sınırlarının zorlanması. Kutu – PCB montaj ihtiyacını ortadan kaldıracak birlikte üretim örnekleri: PCB devresi tümleşik işitme cihazı.



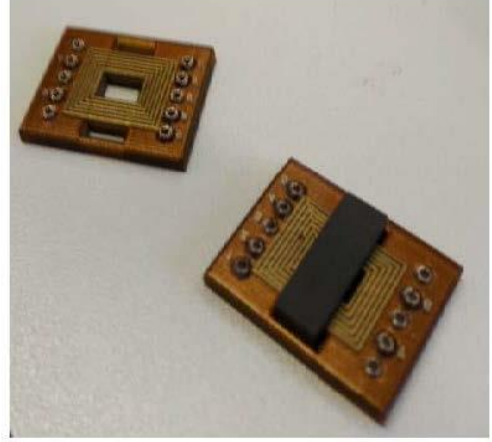
Kenara Komponent Montajlı Devre

- Çok yüksek ve düşük sıcaklıklarda çalışabilen baskı devre kartları: **NASA** tarafından geliştirilmekte olan PCB'ler uzay istasyonunda kullanılmaktadır.
- Kullanılan nano yalıtkan malzemenin özellikleri sayesinde, RF devrelerde bugüne dek yüksek frekanslarda (Roger malzeme kullanımında bile) sağlanamayan performans değerleri elde edilmiştir. Uluslararası uzay istasyonu için 5,2 GHz frekansında çalışacak olan RF anteni, 6 GHz'e kadar çalışan RF amplifikatörü ve 20 GHz frekansında çalışacak yüksek performanslı RF tasarımların üretimi gerçekleştirilmiştir.
- Katmanlı entegre montajına olanak sağlamıştır. Komponentlerin; işlemcilerin üst üste montajı ile yer, hacim ve ağırlık kazançları sağlanmıştır. İstenen komponentlerin gizli tutularak devrenin çözülmesini imkansız hale getirmektedir.
- Bio medikal ve tıp elektroniğinde nano teknoloji uygulamaları: Nano sensörlerle biyolojik veri toplama ve kapton tape üzerine basılan nano elektrik üreticileri ile kalp pillerine olan ihtiyacın ortadan kaldırılmasına yönelik çalışmalar yapılmış.
- PCB'lerin genelde kare / dikdörtgen dünyasının ötesine geçilebilmesi, özellikle robotik ve tüketici elektroniğinde üç boyutlu tasarımların üretilebilir hale gelmesi. Robot kollar için parmak uçları ile aynı şekle sahip / bütünleşik sensör tasarımların yapılması.
- PCB yüzeylerinde kapasitif dokunmatik yüzeyler oluşturulabilmesi, pasif devrelerde komponent montaj ihtiyacının ortadan kaldırılması.

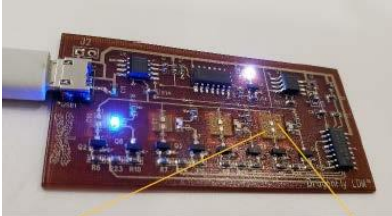
- PCB yüzeyine katman ve iletkenlerinin hesaplamaları yapılarak devre için özel dahili kapasitörler oluşturulması. Devre içi çok katmanlı bobin sarımları yaparak DC-DC konvertör üretimi, AC-AC dönüştürücünün sarımları PCB üzerine entegrasyonu sağlanması.



Devre İçi Bobin Sarımı



AC-AC Konvertör Devre İçi Sarımı

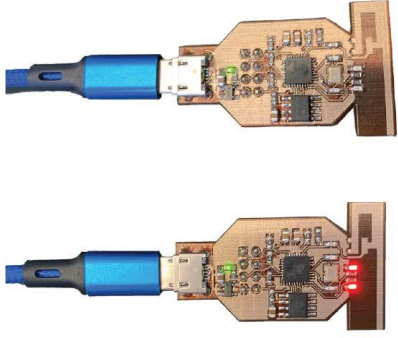


Devre İçi Dahili Kapasitör Oluşturulması

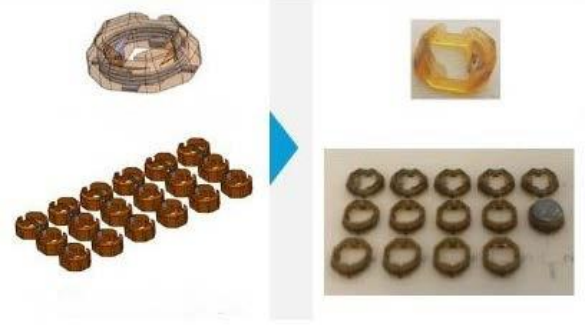


Plastik dış gövde ile devrenin birlikte oluşturulması





IoT / Wifi uygulaması



RF Antenli Pil Tutucu

**Kıvanç Mutlu**

Defence Turk Yazarı

İletişim: [kivancmutlu@yandex.com](mailto:kivancmutlu@yandex.com)

<https://www.defenceturk.net/elektronikte-katmanli-uretim-teknolojisi>