



# Yerli Üretim ve Kolay Uygulanabilir Nitelikli Karbon Nanopartikül Sentezleme Cihazı Tasarım ve Üretimi Design and Construction of Affordable and Domestic Device for Carbon Nanoparticle Synthesis

Dilara AYKUTLU, Berkay OKURSOY ve İsmail  
Cengiz KOÇUM

Biyomedikal Mühendisliği  
Başkent Üniversitesi

Bağlıca Kampüsü Eskişehir Yolu (Ankara, Türkiye)  
dilaraaykutlu@hotmail.com, berkayok\_94@hotmail.com

Dilek ÇÖKELİLER SERDAROĞLU

Biyomedikal Mühendisliği  
Başkent Üniversitesi

Bağlıca Kampüsü Eskişehir Yolu (Ankara, Türkiye)  
cokeliler@baskent.edu.tr

**Özetçe**— Nanoparçacıklar, 100 nanometre ve altındaki yapılarıdır ve gen terapisiyle birlikte moleküler görüntüleme, biyosensör yapılandırma, kanser, patoloji tanı ve tedavisi, hedefe özgül ilaç üretimi vb. birçok biyomedikal uygulamada kullanılmaktadır. Bu çalışmanın amacı, yoğun ortam plazma yöntemiyle karbon nanopartikül sentezleme yapan cihazın; donanım, yazılım ve mekanik tasarımıyla beraber yapılandırılmasıdır. Diğer sentezleme yöntemlerine göre yoğun ortam plazma yöntemi kolay uygulanabilir ve maliyeti düşüktür. Ancak bu yöntemin uygulandığı cihazın, henüz ticari bir üretimi yoktur. Bu nedenle, çalışmada, kullanıcı kolaylığı gözönünde bulundurulmuş, taşınabilir uygun bir tasarım oluşturulmuş ve detayları sunulmuştur. Üretilen prototip cihaz, ilk yerli üretimdir ve donanım, yazılım ve mekanik prob bölümlerinden oluşmaktadır. Donanım bölümü; kontrol ünitesi, güç ünitesi ve indüksiyon bobin ünitesinden oluşmaktadır ve bu üç ünite birbiriyle bağlantılıdır. Kontrol ünitesi, belirli pulse sinyali ve rezonans etkisi sağlamak için kullanılmıştır. Güç ünitesi ise, kontrol ünitesinden gelen belirli bir voltaj sayesinde mosfetlerin tetiklenmesini sağlamaktadır. İndüksiyon bobin ünitesi, düşük voltajı yüksek voltaja çevirerek indükleme yapmaktadır. Mekanik kısımda ise uygun prob tasarımı ile elektrotlar arası argon gazı beslenerek, benzen çözeltisi içerisinde rezonans frekansına ulaşılarak, karbon bazlı nanopartikül üretimi yapılmaktadır. Probda alt ve üst elektrot arası mesafe ayarlamasını daha kolay hale getirmek için çark sistemli tasarım oluşturulmuştur. Böylece verimli nanopartikül sentezlemenin yapıldığı tasarım yapılandırılmıştır. Yazılım bölümünde ise yüksek voltaj ölçümü gösterir ve çalışma süresini takip edilebileceği bir arayüz kullanılmıştır. Cihazın taşınabilir hale getirilmesi için tekerlekli masa üretimi yapılmıştır. Sonuç olarak, yapılan sinyal ve güç kartı testlerinde yüksek voltaj devresi, sinyal devresi ve indüksiyon bobini ile ışıma oluşturması gözlemlenmiştir. Sıvı ortam içerisinde plazma ışıması ile nanopartikül sentezlenebilen bir prototip cihaz, yeni ve kolay uygulanabilir niteliği ile yapılandırılmış ve detayları sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler**—nanopartikül, yoğun ortam plazma, cihaz

**Abstract**—Nanoparticles are structures below 100 nanometer and used for molecular imaging with gene therapy, implementation of many biomedical applications such as biosensor, cancer-pathology diagnosis and treatment, targeted drug-making and therefore superior in application areas. The aim of the study is to develop a device that synthesizes carbon nanoparticles by dense medium plasma method; together with hardware, software and mechanical design. Dense medium plasma is an easy synthesis approach with low cost; However, it is necessary for the user of this device to be more comfortable to use, feasible, portable and suitable for market. Moreover there is no commercial device for synthesing carbon nanoparticles by dense medium plasma technique. This research presents details of construction of affordable device for carbon nanoparticle synthesis. Prototype is an unique domestic product and contains integrated hardware, software and mechanical probe parts. Hardware part consists of control, power unit and induction coil unit and these three units are connected to each other. The power unit ensures that the mosfets are triggered by a certain voltage from the control unit. The induction coil unit is induced by turning the low voltage to high voltage. In the mechanical part, probe design supplies discharge between electrodes which are fed by argon gas that converts benzene to the carbon nanoparticles. The probe reaches the resonance frequency and to make it easier to adjust the distance between the bottom and top electrode, a spindle system is used. Software operation is measuring high voltage. To make the appliance portable, moreover wheeled table production was done. As a result, signal and power card tests were made, it was observed that the high voltage circuit, the signal circuit and the induction coil cause radiation. More nanoparticle production was achieved with the controllable distance between the bottom electrode and the top electrode of probe. The efficiency of the synthesis was improved and the usage of the device was made practical. Finally prototype device that is usable for synthesis nanoparticles by dense medium technology is constructed affordability and presented with all details.

**Keywords** — nanoparticles, dense medium plasma, device



## I. GİRİŞ

Nanoteknoloji, atom veya moleküller seviyesinde (nanometre skalasında) çalışarak, özelliği geliştirilmiş ya da yeni fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikler sahip yapıların elde edilmesine imkan sağlaması açısından önemlidir. Cisimlerin ve malzeme özelliklerinin boyut olarak küçülmesi ile beklenen değişimlere ek olarak nano-boyutta makro boyutlarda gözlemlenmeyen yeni özellikler ve işlevler de ortaya çıkmaktadır ve nanoteknolojiyi özel kılan da bu özelliklerdir. Araştırmalara göre nanoteknolojinin pazar payının 2008 yılında \$28.7 billion ve %30.6 büyüme hızına sahip olduğu, 2015'te ise \$1 trilyona ulaştığı, 2025 yılında ise \$3 trilyona ulaşabileceği görülmektedir [1].

Nanopartikül sentezi yüksek aktiviteli katalizörler, optik uygulamalar için özel teknolojik malzemeler ile birlikte süperiletkenler, aşınmaya karşı katkılar, yüzey aktif maddeler, ilaç taşıyıcılar ve özel teşhis aletleri gibi birçok teknolojik ve farmakolojik ürünlerin hazırlanmasının yolunu açmıştır. Bu sentezleme yöntemlerinin kolaylaştırılması ve artırılması ile mühendislik uygulamalarının artırılması ve kolay ulaşılabilir olması mümkündür [2].

## II. SENTEZLEME CİHAZLARI VE KULLANIM

Nanopartiküllerin üretiminde kullanılan yöntemler başlıca iki yaklaşımda sınıflandırılabilirler. (i) Yukarıdan aşağıya yaklaşımı ile çalışan yöntemlere verilebilecek en genel örnekler; mekanik öğütme ve aşındırma olabilir. Bu tekniklerde klasik öğütme işlemlerinden çok daha fazla enerji tüketimi gerçekleştiğinden yüksek enerjili öğütme veya yüksek hız değirmenleri olarak da adlandırılmaktadırlar. (ii) Aşağıdan yukarı yaklaşımında ise atomik veya moleküler boyuttaki yapıları kimyasal reaksiyonlar ile büyütürük partikül oluşumunun gerçekleştirilmesi olarak tanımlanmaktadır. Nanokristalin metal ve alaşımlarının üretiminde kullanılan ilk yöntem olan gaz yoğunlaştırma tekniği aşağıdan yukarıya yaklaşımıyla çalışmaktadır. Kimyasal buhar kaplama, kimyasal buhar yoğunlaştırma, sol jel ve sprey piroliz yöntemleri de bu yaklaşımın en çok bilinen diğer üyeleridir [3]. Bu yöntemlerin uygulandığı cihaz örneklerinden birkaç örnek Şekil 1'de sunulmuştur.

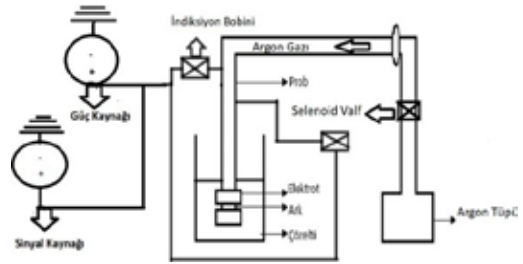


Şekil 1. Partikül dizayn sistemleri[4-5].

Nanopartikül üretim cihazlarında, sistemin karışık olması ve işlem sırasında birçok parametrenin kontrol edilmesi, hammadde maliyetlerinin yüksek olması, işlem süresinin uzun olması gibi dezavantajları mevcuttur. Bu nedenle yeni cihazlar geliştirmek oldukça önemlidir.

## III. MATERYAL VE METOT

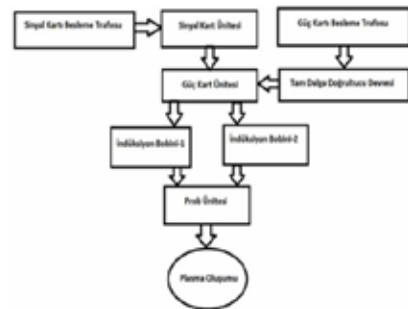
Dense Medium plazma tekniğinde, sinyal kaynağından üretilen belirli bir voltajın güç kaynağında mosfet tetiklemesiyle pulse sinyali oluşturulur ve indüksiyon bobinlerine iletilir. Bobinlerde oluşan indüklenme sayesinde yüksek voltaj üretimi sağlanıp prob kısmındaki üst ve alt elektrotlara gönderilir. Şekil 2'de çalışma kapsamında yapılandırılan cihazda tercih edilen yoğun ortam plazma (DMP) ile nanopartikül üretim yaklaşımının genel prensibi gösterilmiştir.



Şekil 2. Nanopartikül üretim yöntemi

Elektrotlar arasında herhangi bir besleme gaz akışında sağlandığında, bu gazın plazma ışıması atmosferik ortamdaki yük boşalımı ile sağlanmış olur [6,7,8]. Prob, uygun bir kimyasal ortama daldırıldığında ise, bu plazma boloncuqları, sıvı ara yüzeyde kimyasal parçalanma ve yeniden sentezlenme ile nanopartikül oluşumuna sebep olur.

Araştırma kapsamında yapılandırılan cihaz, donanım, mekanik prob ve yazılım bölümlerinden oluşturulmaktadır. Donanım kısmının ana bileşenleri ve prob ünitesi ile birlikte cihazın bölümlerinin blok diyagramı Şekil 3'te sunulmuştur.



Şekil 3. Donanım kısmı blok diyagramı

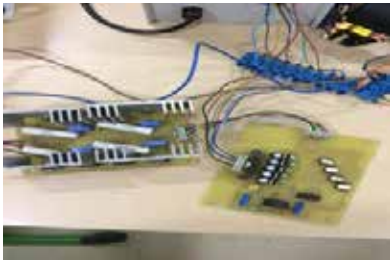
## A. ELEKTRONİK DONANIM VE YAZILIMSAL TASARIM VE YAPILANDIRMA

Tasarımdaki kritik noktalar: kolay olması ve izolasyona uygun olmasıdır. Bu noktada, transformator tasarımı, en kritik noktalardan bir tanesidir. Primer sargıların paralel, sekonder sargıların ise seri olmasıyla çıkış voltajının 2 kat artırmak mümkündür. Bunların dışında plazma oluşturabilmek için sinyal üreteç devresi tasarlanmıştır. Dirençler akımı sınırlandırmak için, zener diyotlar birbirine uç uca eklenerek voltaj sabitleme (saturasyon) için kullanılmış, kondansatörler

ise gelen pulse sinyallerini, dışardan gelebilecek gürültüleri filtrelemek amacıyla kullanılmıştır.

## I. KONTROL ÜNİTESİ:

Kontrol ünitesi güç kaynağı ve sinyal kaynağından oluşmaktadır. Sinyal kaynağında kullanılan trimpotlar frekans ayarlama ve genlik ayarlama için kullanılmıştır. Sistemde yer alan TLP250'ler, mosfetleri düzenli ve hızlı sürerek izolasyonu sağlayıp, güç kartını korur. Entegreler ise sinyal kartındaki gelen pulselerin kontrol edilmesinde kullanılmıştır. Şekil 4'te güç kartı ve sinyal kartının board üzerinde yapılandırılmış hali gösterilmiştir.

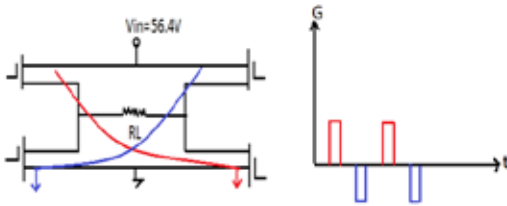


Şekil 4. Güç ve sinyal kartı entegrasyonu

Şehir şebekesi 50 Hz'dir. Fakat cihazımız 10 kHz aralığında çalışmaktadır. Sebebi, indüksiyon bobini ünitesinde kullanılan transformatörlerin uygun çalışma frekans aralığı 10kHz olması ve trafonun bozulma ihtimalini engellemesidir. Kontrol ünitesinde, trimpotlar ile ayarlama yaparak (frekans ve genlik) sistemin rezonansa gelmesi sağlanır.

## II. GÜÇ ÜNİTESİ:

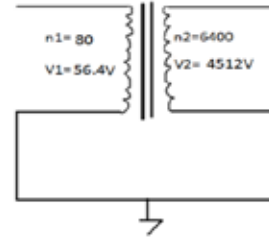
Mosfetin gate ucuna gelen voltaj ile mosfetler açılır ve akımlar şekilde gösterildiği gibi beslemeden toprağa doğru akar. (Şekil 5). Pulse sinyalleri mosfetlerin açılıp- kapanması ile elde edilir. RL ise Devrenin çalışmasını test etmek amacıyla kullanılan bir suni yükür. Sonra yerine transformatörler bağlanmıştır.



Şekil 5. Mosfet açılıp kapanma diyagramı

## III. İNDÜKSİYON BOBİNİ ÜNİTESİ:

İndüksiyon bobininde kritik nokta sarım sayısıdır. Yapılan hesaplamalar neticesinde, yaklaşık 80 sarımlık bir bobin tasarımı tercih edilmiştir (Şekil 6).



Şekil 6. Sarım gösterimi

Projede 2 trafo kullanıldığından toplam çıkış 9024V'tur. Tasarım prensipleri temel alınarak donanımın çıkışından alt ve üst elektrotlara yüksek voltaj uygulama çalışmalarına geçilmiştir. Bu aşamada ise öncelikle mekanik prob tasarımı yapılandırma tamamlanmıştır.

## B. MEKANİK PROB TASARIMI

Mekanik prob alt ve üst elektrot, bu elektrotların birbirinden yalıtımı ve yük atlama problemini önleyici izolasyon tabakası bölümlerinden oluşmaktadır. Öncelikle Şekil 7'de görüldüğü üzere Inventor programında probun taslağı çizilmiştir. Bu yapılandırmada, probun boyu 350 mm, çapı 45 mm 'ye olarak karar verilmiştir. Bir yandan geniş bir çalışma alanı beklenirken diğer taraftan da yük boşalımının homojen sağlanması için elektrot yüzeylerin belirli bir çapta tutulması uygun görülmüştür.

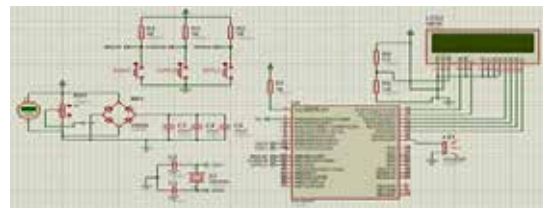


Şekil 7. Prob Inventor Çizimi

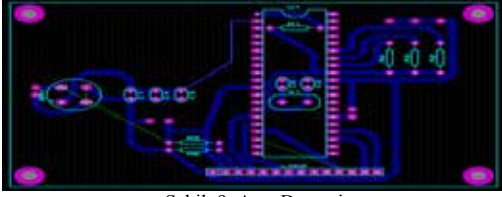
Prob arasındaki mesafelerin, plazma oluşumuna etkisi oldukça fazladır. Bu sebepten dolayı elektrot arası mesafe çark sistemi ile ayarlanabilir nitelikte yapılandırılmıştır.

## C. YAZILIM ÇALIŞMALARI

Kurulan simülasyon devresinde yüksek gerilim ölçülmekte ve çalışmaların süresi belirlenebilmektedir. Devrede giriş voltajı analog olarak alınıp, yazılım ile hesaplamaları sonucunda sayısallaştırma işlemi yapılır. Şekil 8 ve Şekil 9'da Isis ve Ares tasarımları sunulmuştur.



Şekil 8. Isis Devresi



Şekil. 9. Ares Devresi

Panelde ilk olarak süre ve voltaj değerleri oluşturulmakta daha sonra bu değerler analogtan dijital karşılıkları hesaplanarak LCD ekranda yazdırılmaktadır.

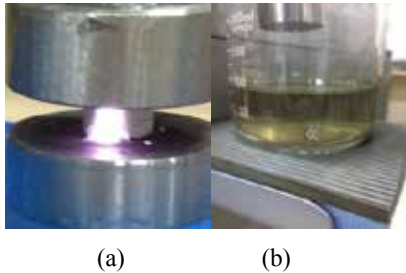
#### D. ENTEGRASYON VE SONUÇLAR

Çalışmanın son aşamasında donanım kısmı kutulanmış, panelle entegre edilmiş ve alt-üst elektrotlardan oluşan mekanik probun entegrasyonu yapılmıştır. Ayrıca, tüm sistem tekerlekli bir masa üstünde yapılandırılmıştır. Şekil 10'da yerli üretim nanopartikül üretim sisteminin fotoğrafı gösterilmektedir.



Şekil. 10. Prototip cihaz, Başkent Üniversitesi, biyomalzeme ve biyosensör araştırma grubu, BİMAG

Cihazın çalışmasını test etmek amacıyla, öncelikle plazma gaz beslemesi ile iki elektrot arası ışına gözlenmiştir. Bu ışınımın görüntüsü Şekil 11'de sunulmuştur. Ayrıca, şeffaf görüntüdeki benzen, platforma yerleştirilerek mekanik prob çözelti içerisine daldırılmıştır. Yaklaşık 10 sn, güç uygulaması sonunda renk değişimi gözlenmiştir (Şekil 11).



Şekil. 11.a.) iki elektrot arası ark; b.) çözelti rengi değişimi

Sonrasında partikül analizörü (Anton Paar, UK) kullanılarak oluşan parçacıkların boyut analizi gerçekleştirilmiştir.  $429\text{nm} \pm 58\text{nm}$  boyutlarında partikül üretildiği kanıtlanmıştır.

Gelişmekte olan teknoloji ile birlikte nano boyutta malzemeler önem kazanmaktadır ve nano yapı malzemelere olan ilgi zamanla artmaktadır. Bu nedenle, yerli üretim cihazlarla yeni nanomalzeme üretim yöntemlerinin denenmesi önemlidir. Bu araştırmada ürün geliştirme aşamasına geçilebilir nitelikte prototip oluşturulmuştur. Gelecek çalışmalarımızda, üretim parametrelerinin (elektrot arası mesafe, güç, gaz akış hızı vs) etkisi ve kararlılık testlerinin tamamlanması planlanmaktadır. Bu çalışma 2017-2018, Başkent Üniversitesi Lisans Bitirme projesi olarak tamamlanmıştır.

#### KAYNAKLAR

- [1] Liveri V. T., *Controlled Synthesis of Nanoparticles in Microheterogeneous Systems*, Springer Inc., New York, 2006.
- [2] Goldstain, A., *Handbook of Nanophase Materials*, Marcel Dekker Inc, New York, 1997.
- [3] Bazargan, A., Yan, Y., Hui, C.W., McKay G., "A Review: Synthesis of Carbon-Based Nano and Micro Materials by High Temperature and High Pressure", *Ind. Eng. Chem. Res.*, Vol. 52, 2013, p 12689.
- [4] Nanoparticle Production Systems, (2016). Particle Design System – Mechano-fusion AMS from Hosokawa Micron. 16 Nisan 2018 tarihinde <https://www.azonano.com/equipment-details.aspx?EquipID=638> adresinden erişildi.
- [5] Metal nanopartiküller için sürekli üretim ekipmanı kontrol ünitesi. 5 Nisan 2018, [http://www.aist.go.jp/aist\\_e/list/latest\\_research/2010/20100408/20100408.html](http://www.aist.go.jp/aist_e/list/latest_research/2010/20100408/20100408.html) adresinden erişildi.
- [6] Ma, Y., Manolache, S., Denes, F.S., Tahmm, D.G., Kurzman, I.D., Vail, D. M., "Plasma synthesis of carbon magnetic nanoparticles and immobilization of doxorubicin for targeted drug delivery", *Journal of Biomaterials Science, Polymer Editio*, Vol. 15, 2004, p 1033.
- [7] Denes, F. S., "Dense medium plasma synthesis of carbon/iron-based magnetic nanoparticle system", *Journal of Applied Physics*, Vol. 94, 2003, p 3498.
- [8] Çökeliler, D., Manolache, S., Denes, F. S., Gunasekaran, S., "Dense medium plasma technology for synthesis carbon nanomaterials", *IEEE International Conference on Plasma Sciences*, 2015, DOI: 10.1109/PLASMA.2015.7179521.