



İSKENDERUN TEKNİK

ÜNİVERSİTESİ

MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YÜKSEK
LİSANS
TEZİ**

**METİL ALKOL YAKIT HÜCRELERİNDE
KULLANILACAK KARBON
TEMELLİ KOMPOZİTLERİN
ÜRETİMİ VE PETROL
MÜHENDİSLİĞİNDE KULLANIMI**

Büşra Gizem GÜNEŞTEKİN

**PETROL VE DOĞALGAZ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

EYLÜL 2020



**METİL ALKOL YAKIT HÜCRELERİNDE KULLANILACAK KARBON
TEMELLİ KOMPOZİTLERİN ÜRETİMİ VE PETROL
MÜHENDİSLİĞİNDE KULLANIMI**

Büşra Gizem GÜNEŞTEKİN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
PETROL VE DOĞALGAZ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

EYLÜL 2020

ETİK BEYAN

İskenderun Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülendiğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu,
 - Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
 - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
 - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Büşra Gizem GÜNEŞTEKİN

4.6.2020



METİL ALKOL YAKIT HÜCRELERİNDE KULLANILACAK KARBON TEMELLİ
KOMPOZİTLERİN ÜRETİMİ VE PETROL MÜHENDİSLİĞİNDE KULLANIMI
(Yüksek Lisans Tezi)

Büşra Gizem GÜNEŞTEKİN

İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Eylül 2020

ÖZET

Tez çalışmasında, metanol yakıt hücresinde katalizör olarak kullanılmak üzere grafen kuantum noktacıkları (GKN)/fonksiyonelleştirilmiş çok duvarlı karbon nanotüp (f-ÇDKN) kompoziti sentezlenmiştir. Söz konusu katalizörün optik, elektronik ve petrol mühendisliğinde uygulamalarında yararlı olması beklenen özellikleri literatür araştırmasıyla tespit edilmiş ve yapılan çalışmalarla etkinliği desteklenmiştir. Kompozit malzemelerin yapıları taramalı elektron mikroskobu (SEM), raman spektroskopisi, x-ışını kırınımı (XRD), UV-Vis spektroskopisi, fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (FTIR) ve elektrokimyasal empedans spektroskopisi (EIS) teknikleri kullanılarak aydınlatılmıştır. Elde edilen kompozit malzemenin karakterizasyon çalışmaları gerçekleştirildikten sonra dönüşümlü voltametri (CV) ve kronoamperometri (CA) teknikleri kullanılarak yakıt olarak kullanılan metil alkole olan elektrokatalik aktivitesi incelenmiştir. GKN, f-ÇDKN ve GKN/f-ÇDKN nanomalzemeler ile modifiye edilmiş camsa karbon elektrotlar (GCE) hazırlandıktan sonra elektrotların spesifik yüzey alanları (SSA) hesaplanmıştır. SSA değerlerine göre hazırlanan kompozit malzemenin yüzey alanı GKN ve f-ÇDKN nanomalzemelerin yüzey alanlarından 2,34 ve 2,84 kat daha yüksek olduğu bulunmuştur. Son olarak CA deneyleri ışığında tez çalışması kapsamında hazırlanan karbon temelli kompozit malzemenin metil alkol oksidasyonu sırasında literatür de kullanılan diğer katalizörlere göre daha verimli olduğu bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler : grafen, çok duvarlı karbon nanotüp, kompozit, metanol yakıt hücreleri

Sayfa Adedi : 44

Danışman : Prof. Dr. Mehmet Lütfi YOLA

PRODUCTION OF CARBON BASED COMPOSITES IN METHYL ALCOHOL FUEL
CELLS AND ITS USE ON PETROLEUM ENGINEERING

(M. Sc. Thesis)

Büşra Gizem GÜNEŞTEKİN

ISKENDERUN.TECHNICAL.UNIVERSITY
ENGINEERING.AND.SCIENCE.INSTITUTE

September 2020

ABSTRACT

In the thesis study, graphene quantum dots (GQD) / functionalized multi-walled carbon nanotube (f-MWCT) composite were synthesized so that methanol can be as a catalyst in the fuel cell. The properties that can be utilized in the applications of the said catalyst in optical, electronic and gasoline engineering have been determined by literature research and its effectiveness is supported in the studies conducted. The structures of composite materials was illuminated by using a scanning electron microscopy (SEM), raman spectroscopy, x-ray diffraction (XRD), UV-Vis spectroscopy, fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) and electrochemical impedance spectroscopy (EIS) technique. After the characterization studies of the composite material obtained, the electrocatalytic activity to methyl alcohol used as fuel was examined with the use cyclic voltammetry (CV) and chronoamperometry (CA) techniques. Specific surface areas (SSA) of the electrodes were calculated after preparing GQD, f-MWCT and GQD / f-MWCT nanomaterials and modified glassy carbon electrodes (GCE). The surface area of composite material prepared according to SSA values was found to be 2.34 and 2.84 times higher than the surface areas of GQD and f-MWCT nanomaterials. Finally, in the light of CA experiments, the carbon-based composite material prepared within the scope of the thesis study was found to be more efficient than other catalysts used in the literature during the oxidation of methyl alcohol.

Key Words : Graphene, multi-walled carbon nanotube, composite, methanol fuel
Page Number : 44
Supervisor : Prof. Dr. Mehmet Lütfi YOLA

TEŐEKKÖR

Bu alıŐma sűresince beni yűnlendiren, gerekli çalıŐma ve laboratuvar ortamını saėlayan, destek ve yardımlarını esirgemeyen Pamukkale Ŭniversitesi Rektűr Yardımcısı Prof. Dr. Necip ATAR'a ve İskenderun Teknik Ŭniversitesi Biyomedikal Műhendisliėi Bűlűm BaŐkanı Prof. Dr. Mehmet Lűtfi YOLA'ya, teŐekkűrű bir borç bilirim.

Ayrıca çalıŐmalarım sűresince bana inanan ve gűvenen sevgili aileme çok teŐekkűr ederim.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	x
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR TARAMASI.....	4
2.1 Grafen Kuantum Noktacıkları (GQDs)	4
2.1.1. GQDs'ların fiziksel/kimyasal özellikleri	4
2.1.2. GQDs'ların üretimi	4
2.1.3. GQDs'ların uygulamaları.....	5
2.1.4. GQDs'ların uygulamaları hakkında literatür özeti	6
2.2. Karbon Nanotüpler.....	10
2.2.1. Karbon nanotüp türleri.....	11
2.2.2. Çok duvarlı karbon nanotüpler ile ilgili yapılan akademik çalışmalar	14
2.3. Metanol Yakıt Hücreleri.....	16
2.3.1. Yakıt hücreleri	16
2.3.2. Uygulama	17
2.3.3. Metanol.....	17
2.3.4. Cross-over akım	17

2.3.5. Taşınabilir direkt metanol yakıt hücreleri güç uygulamaları.....	18
2.3.6. Metanol yakıt hücrelerinde uygulamak için yapılan çok duvarlı karbon nanatüp literatür çalışmaları	18
3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	23
3.1. Kullanılan Malzemeler.....	23
3.2. GQD'lerin, f-MWCT'lerin ve GQD'lerin & f-MWCT'lerin Sentezi	23
3.2.1. GQD sentezi.....	24
3.2.2. MWCT'lerin fonksiyonelleştirilmesi.....	24
3.3. Elektrokimyasal Deneyler.....	24
3.3.1. Elektrot modifikasyonu.....	25
3.3.2. Elektrokimyasal ölçümler	25
4. SONUÇLAR.....	26
4.1. Nanopartiküllerin Karakterizasyonları.....	26
4.1.1. GQD'nın f-MWCT'leri ile karakterizasyonu	26
4.1.2. GQD'larının & f-MWCT'lerin modifiye edilmiş camı karbon elektrot (CKE) ile karakterizasyonu	28
4.1.3. Literatürde önceki katalizörler ile karşılaştırmaları.....	33
5. TARTIŞMA	34
KAYNAKLAR	36
ÖZGEÇMİŞ	43
DİZİN.....	44

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Malzeme Listesi.....	23
Çizelge 4.1. Üretilen modifiye edilmiş elektrotların DMFC'ler için verimliliklerinin karşılaştırılması (Tarama hızı: 100 mV s ⁻¹).....	32



ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 4.1. F-MWCT'lerin, GQD'lerin ve GQD & f-MWCT kompozitinin Raman spektroskopisi ve XRN Paternleri.....	27
Şekil 4.2. CKE , GKN & CKE ve CKE & GKN ve f-ÇDKN bileşimlerinin CV ve EIS karakterizasyonları.....	30
Şekil 4.3. UV-Vis ve FTIR spektrumları (siyah: f-ÇDKN; mavi: GKN; kırmızı: GKN/f-ÇDKN.....	31
Şekil 4.4. CKE, f-ÇDKN & CKE, GKN & CKE ve GKN & f-ÇDKN & CKE'nin elektrokatalitik aktiviteleri.....	31
Şekil 4.5. Tüm elektrokatalizörler sabit akım durumundan önceki akım bozulması	33

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Grafen kuantum noktaları ve olası enerji uygulamaları	6
Resim 2.2. Oksijen zengin fonksiyonel gruplara sahip azot doped grafen kuantum noktaları	6
Resim 2.3. (a) N ₂ -doymuş 0.1 M KOH, O ₂ -doymuş 0.1 M KOH ve O ₂ -doymuş 3 M CH ₃ OH çözeltilerinde N-GQD / grafen elektrodunun CV'leri (b) grafen ile desteklenmiş N-GQD'lerin düzeni, (c) elektron transfer sayısının potansiyele bağımlılığı. (d) O ₂ 'ye doymuş 0.1 M KOH'de sürekli sıklık voltametri ile belirlenen N-GQD / grafenin elektrokimyasal stabilitesi....	8
Resim 2.4. Oksijen indirgenmesi için verimli elektrokatalizörler olarak bor ve azot dopenli grafen kuantum noktaları / Grafen hibrit nanoplateler	8
Resim 2.5. GQDs'ların floresans algılama uygulamaları	9
Resim 2.6. Tek duvarlı karbon nanotüp bir tarama tünelleme mikroskobu görüntüsü...	11
Resim 2.7. Üç duvarlı karbon nanotüp	12
Resim 2.8. Ark yöntemi ile sentezlenmiş çok duvarlı KNT'lerin SEM görüntüsü	13
Resim 2.9. Pt(220<) peek detayı (MWCT destekli Pt bazlı katalizörler için XRD modellerinde)	22
Resim 4.1. Sentezlenen GO ve çok duvarlı karbon nanotüp kompozitlerinin SEM görüntüleri	27

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile beraber aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

M	Metre, uzunluk
Cm	Santimetre, uzunluk, $1m = 10^2 \text{ cm}$
μm	Mikrometre, uzunluk, $1m = 10^6 \mu\text{m}$
Nm	Nanometre, uzunluk, $1m = 10^9 \text{ nm}$
G	Gram, kütle
L	Litre, hacim
g/L	Gram/Litre, yoğunluk
M	Molar, konsantrasyon
°C	Derece Celcius, sıcaklık
S	Saniye, zaman
A	Amper, akım
V	Volt, potansiyel
A cm^{-2}	Current density, Akım yoğunluğu
Ω	Ohm, direnç
J	Joule, enerji
eV	Elektronvolt, enerji $1\text{eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$
cm^{-1}	Dalga sayısı, birim uzunluktaki dalga boyu
2θ	Theta derece, x-ışını kırınım açısı
V s^{-1}	Tarama hızı

Kısaltmalar

Açıklamalar

AFM	Atomic force microscopy, Atomik kuvvet mikroskopisi
CV	Cyclic voltammetry, Dönüşümlü voltametri
CVD	Chemical vapour deposition, Kimyasal buhar depolama
DMFC	Direct methanol fuel cell, Doğrudan metanol yakıt hücresi

Kısaltmalar	Açıklamalar
FC	Fuel cell, Yakıt hücresi
GIC	Graphene intercalation compund, Grafen interkalat bileşiği
GO	Graphene oxide, Grafen oksit
GQDs	Graphene quantum dots, Grafen kuantum noktacıkları
IR	Infrared spectroscopy, Kızılötesi spektroskopisi
MWCTs	Multi Walled Carbon Nanotubes, çok duvarlı karbon nanotüp
SWCTs	Single Walled Carbon Nanotubes, tek duvarlı karbon nanotüp
RGO	Reduced graphite oxide, İndirgenmiş grafit oksit
r-GO	Reduced graphene oxide, İndirgenmiş grafen oksit
SEM	Scanning electron microscopy, Taramalı elektron mikroskopisi
SGO	Singel layer graphene oxide, Tek tabakalı grafen oksit
STM	Scanning tunneling microscopy, Taramalı tünelleme mikroskopisi
TEM	Tunneling electron microscopy, Tünellemeli elektron mikroskopisi
UV-Vis	Ultraviolet–visible spectroscopy, Morötesi-Görünür bölge spektroskopisi
XPS	X-ray photoelectron spectroscopy, X-Işını fotoelektron spektroskopisi
XRD	X-ray diffraction, X-Işını kırınımı

1.GİRİŞ

Yakıt hücreleri, yakıtları kimyasal reaksiyon gerçekleştirerek elektriğe çeviren elektrokimyasal hücrelerdir. Yakıt hücreleri çevre dostu ve yenilenebilir etkili bir enerji üretimi sağlarlar. Taşınabilir, en küçük elektronik parçalara bile uygulanabilen ve sabit güç üretebilen avantajları vardır. Özellikle son 20 yıl içerisinde pek çok yakıt hücresiyle ilgili farklı alanlarda kullanılmak üzere çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bunlardan en verimli ve umut verici olan doğrudan metanol yakıt hücreleridir (DMFC). Oda sıcaklığında, etkili ve çevre dostu çalışabilmeleri bunun yanı sıra yeniden hızla doldurulabilmeleri gibi özellikleriyle taşınabilir güç aygıtları için etkili yakıt hücreleridir. Böylece DMFC'ler elektronik ürünler olarak kullanılmaya başlanmış ve 6000 tane kullanıldığı taşınabilir elektronik cihaz kayıtlara geçmiştir [1-2].

Doğrudan metanol elektro-oksidasyonu özellikle alternatif enerji yöntemi çalışmaları için pek çok araştırmacı tarafından ilgi duyulan bir konudur [3-6]. Birçok küçük farklı molekül arasında ucuz, kolaylıkla temin edilebilir, taşınabilir ve depolanabilir olan metanol bu tip yakıt hücrelerinde en fazla kullanılan yakıt türüdür. Likit halde olan metanol hidrojen gazı dahil çok daha yüksek enerji potansiyeline sahiptir ve eş zamanlı olarak mevcut durumdaki durumu ile yakıt hücrelerine iyi uyum sağlar [7]. DMFC'de bir anot ve bir de katot bulunur. Anotta metanol elektro-oksidasyon ile CO₂'e dönüşürken katotta oksijen ise su ve buhara indirgenir. Normalinden daha düşük sıcaklıklarda (<100°C) çalışabildikleri için taşınabilir DMFC için oldukça uygun yakıtlardır. Yakıt değişimi sürekli olabilecek şekilde tasarlanabilirler [8].

Asidik çözeltilerde metanolün elektrokimyasal reaktivitesi düşük olduğundan bir katalizör ile aktifleştirilmesi gereklidir. Bu sebeple DMFC'ler için daha çok platin ve platin bazı alaşımlar seçilmiştir. Fakat pahalı olduğu için verimli enerji uygulamalarında pek kullanışlı olmamaktadır [2]. Son zamanlarda nanoparçacıklar katalizör olarak kullanılmış ve iyi sonuçlar elde edilmiştir [6]. Ayrıca hacim başına düşen yüzey alanının büyük olmasından dolayı nano malzemelerin oldukça yararlı uygulamaları bulunmaktadır. Nanokataliz reaksiyonu, nanoparçacıkların kataliz sırasında kullanılması işlemine denilmektedir. Atomların oldukça büyük bir kısmı nano parçacıklardan oluştuğu için nanokataliz reaksiyonlarında reaksiyon hızı ve seçiciliği daha fazladır [9-11].

Platin nanoparçacıklar bu anlamda oldukça iş gören anot katalizörlerdir. Ancak daha önce de söylediğimiz gibi hem maliyeti hem de yetersiz dayanımı yakıt hücrelerinde kullanımını engellemektedir. Platin yüzeylerin CO ile kaplanması platin zehirlenmesine yol açmakta olup bu tip katalizörlerin etkinliği farklı yöntemler kullanılarak artırılabilir [12-13]. Kullanılan yöntemlerden ilki platin varlığını minimuma indirecek altın, gümüş ve paladyum gibi metallerle birlikte oluşturulan bimetalik katalizörlerin daha iyi performans gösterdiği gözlemlenmiştir. Buradan yola çıkarak şimdiye kadar platin metali nikel, paladyum, altın, gümüş ve daha birçok metalle birlikte kullanılarak çalışmalar yapılmıştır. Bunlardan en kararlı ve iyi performans gösterenin paladyum metali olduğu görülmüştür. Hem daha ucuz hem de daha çok bulunmasından ötürü Pt-Pd bi-metalik katalizörler en çok tercih edilen malzemeler olmuştur [14].

Son yıllarda nano yapıları katalizörlerin zehirlenmeye karşı daha iyi direnç göstermeleri, daha iyi katalitik ve seçicilik özellikleri, büyük reaksiyon hızları gibi özelliklerinden dolayı DMFC'lerde kullanımı artmaktadır [15]. Özellikle grafen temelli nanoyapılı katalizörlerin DMFC'lerde uygulamaları gün geçtikçe artmaktadır. Grafen gerek ısı iletkenliği olsun gerekse yüksek mekanik mukavemeti olsun gerekse elastiklik özelliklerinden dolayı çok iyi bir katalizördür. Bir atom kalındığındaki grafen karbon allotropu olan bir malzemedir. Karbon atomlarıyla oluşturulan sp^2 bağları ile birlikte grafen hegzagonal bir yapı oluşturmuştur. Grafen oluşturduğu yapılar ve konfigürasyonlar sayesinde sıradan dışı özellikler göstermektedir. Grafenin doğrudan tecrit edilmesi 2004 yılında kadar Novoselev'e kadar pek mümkün olmamıştır [16-18].

Özellikle grafen tabakalarının çeşitli yöntemler (mekanik eksfoliasyonu) sayesinde türevlendirilmesi daha iyi termal ve elektriksel özellikler kazandırılmasına neden olmaktadır. Böylece grafen temelli DMFC'lerde istenilen özellikte ve etkinlikte yakıt olarak kullanılan metil alkolün elektro-oksidasyonu mümkün olabilmektedir. Özellikle oksitli yapısı olan grafen oksit ile daha küçük boyutlara sahip olan grafen kuantum noktaları daha az tabakalı istiflenme yapıları nedeniyle hem kimyasal hemde fiziksel özellikleri diğer nano yapıları malzemelere göre daha gelişmiştir [19-20]. Benzer şekilde karbon nanotüpler eşsiz fiziksel ve kimyasal özelliklerinden dolayı elektrokataliz uygulamaları son yıllarda artan önemli karbon malzemedir [21-22].

Karbon nanotüpler, grafen çok katlı katmanlar (konsantre tüpler) içerir. Tek bir grafen

tabakasından oluşan tübüler formuna tek duvarlı karbon nanotüp (SWCNTs) ve birden fazla grafen tabakasının i içe girmesiyle oluşan tübüler formuna çok duvarlı karbon nanotüp (MWCNTs) denilmektedir. Özellikle grafen malzeme ile karbon nanotüplerden kompozit malzemeler elektrokimyasal ölçümlerde yüksek elektrot alanları oluturduklarından dolayı DMFC'lerde uygulanabilirliği artması beklenmektedir.



2. LİTERATÜR TARAMASI

2.1. Grafen Kuantum Noktacıkları (GQDs)

2.1.1. GQDs'ların fiziksel/kimyasal özellikleri

GQD'lerin en çekici özelliklerinden biri, düşük bir toksisite gösteren, çeşitli çözücülerde yüksek oranda çözünebilen ve kenarlarında fonksiyonel gruplarla donatılabilen, bir karbon materyali olmaları ve bu nedenle bol miktarda mevcut olmalarıdır (prensip olarak) [23]. Bu özellikler, inorganik yarı iletken QD'lere kıyasla birçok uygulama için onları daha arzu edilir kılmaktadır. Bununla birlikte, GQD'lerle ilgili araştırmalar henüz erken bir aşamadır ve bu materyalin tam potansiyeli henüz kavranmamıştır [24].

Yarı iletken olan kuantum parçacıkları nano boyutlu kristallerdir. Kuantum parçacıkları için, birkaç atomdan çok daha fazla atoma kadar içerebilen devasa bir gerçek olmayan atom denilebilir. Binlerce atomu barındırabileceği söylene de, günümüzde farklı uygulamalarda kullanılan kuantum parçacıklarının çapları genellikle 2-15 nanometre (10-75 atom) boyutundadır. Kolloidal yarı iletken Grafen kuantum noktaları güneş pillerinde, ışık yayan diyotlarda, biyolojik ve elektronik görüntülemeler de ve diğer optoelektronik cihazlarda, elektro-optik özelliklerine bağlı olarak çok sayıda potansiyel uygulamaları bulunmaktadır.

2.1.2. GQDs'ların üretimi

Geçmişte GQDs üretimi, grafen veya fotonik kristaller gibi yüksek maliyetli malzemeler kullanılarak yapılabildiği gibi elektron ışını litografi veya elektrokimyasal sentez gibi yöntemler de kullanılarak yapılabildi. Son yıllarda GQDs sitrik asit/ürea gibi oldukça ucuz organik kaynaklardan daha büyük bir ölçekte ürün maliyeti düşürerek hazırlanmaktadır. Bununla birlikte, GQDs'ların kömürden sentezi (en ucuz malzeme olarak bilinmektedir), gelecekteki ticari ürünlerdeki GQDs'lerin kullanım olasılığını artırmaktadır. Düşük üretim maliyetlerinden dolayı, kömür kaynaklı GQDs'lar büyük ölçekli endüstriyel uygulamalar için uygundur ve çevre dostu bir alternatif olarak başarıyla kullanılabilir. Bu yöntemde kömür derişik nitrik asit içinde karıştırılır ve birkaç saat 100-120°C'de ısıtılır.

Çözelti soğutulur ve nitrik asit buharlaştırılır. GQDs'lar daha sonra çapraz akış ultra-filtrasyon kullanılarak filtrelenir. Safılaştırmadan sonra katı GQDs'lar elde etmek için çözelti döner buharlaştırma kullanılarak konsantre edilir.

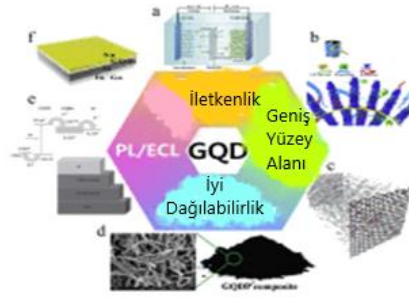
Bugüne kadar, iyi özelliklere sahip ve yüksek verimde GQDs'lar hazırlamaya yönelik pek çok yöntem getirilmiştir. Bunlardan başlıcası küçük organik moleküllerden GQDs'ların sentezi GQDs'ların boyutunu kontrol etmek için uygundur, ancak her aşamada çok adımlı organik reaksiyonlar ve saflaştırma gerektirir. Bununla birlikte, büyük bir karbon kaynağının karbon-karbon bağlarını kırmak basittir ve bu nedenle seri üretim için uygundur [25].

2.1.3. GQDs'ların uygulamaları

GQDs'lar biyouyumlu, foto kararlı ve grafenden üstün termal, elektriksel ve mekanik özelliklere sahiptir. Bu özellikler sayesinde aşağıda verilen optik/elektronik uygulamaları için son yıllarda sıklıkla kullanılmaktadır (Bknz. Resim 2.1).

- Biyolojik görüntü belirteçleri
- Floresan polimerler
- Antibakteriyel, Antibiyoplast ve dezenfeksiyon sistemleri
- Ağır Metaller, Nem ve Basınç Sensörleri
- Piller
- Flash bellek aygıtları
- Fotovoltaik aygıtlar
- Işık yayan diyotlar

Fakat GQDs'lar geliştirebilir özellikleri sayesinde yeni uygulama alanları gün geçtikçe artmaktadır. Özellikle yüksek verimli GQDs üretimi sayesinde sadece enerji alanında değil tıp, eczacılık ve biyomedikal alanlarında da uygulamaları ortaya çıkmaktadır [26].



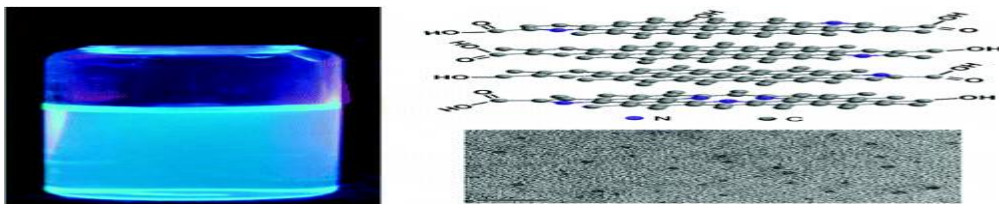
Resim 2.1. Grafen kuantum noktaları ve olası enerji uygulamaları [25].

Kuantum sınırlandırması ve kenar etkileri nedeniyle grafen kuantum noktalarında bir bant genişliği vardır. Böyle bir band aralığı grafenin taşıyıcı davranışlarını değiştirir ve optoelektronikte çok yönlü uygulamalara neden olabilir. Grafen ve grafen kuantum noktalarının fiziksel özelliklerinin yanı sıra fotodeksiyon, fotovolttaik, ışık yayan diyotlar (LED) ve plazmoniklere yönelik uygulamaları da bulunmaktadır [27].

2.1.4. GQDs'ların uygulamaları hakkında literatür özeti

Yapılan bir çalışmada, oksijen açısından zengin fonksiyonel gruplarla birlikte parlak ve elektrokatalitik açıdan aktif nitrojen katkılı GQD'lere (N-GQDs) basit bir elektrokimyasal yaklaşım sunulmuştur.

N-free eşdeğerlerinden farklı olarak, yeni üretilen N-GQD, alkalın bir ortamda oksijen indirgeme reaksiyonu (ORR) için piyasada bulunan bir Pt/C katalizörüyle karşılaştırılabilir bir elektrokatalitik etkinliğe sahiptir. Yakıt hücrelerinde metal içermeyen ORR katalizörleri olarak kullanılmalarına ek olarak, N-GQD'lerin üstün lüminesans özelliği ile biyomedikal görüntüleme ve diğer optoelektronik uygulamalar için kullanılmasına izin verir.



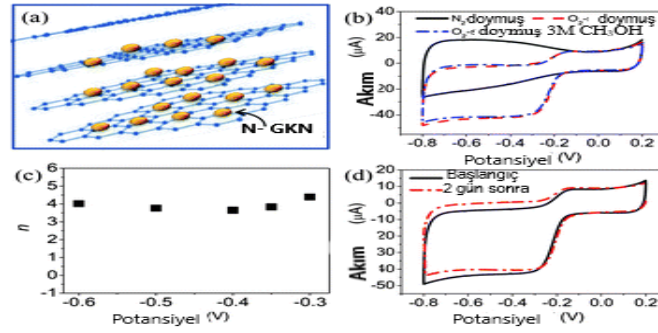
Resim 2.2. Oksijen zengin fonksiyonel gruplara sahip azot doped grafen kuantum noktaları [28]

Yakıt hücrelerinde kullanılmak amacıyla işlevselleştirilmiş grafen kuantum noktalarından (GKN) kolay ve uygun maliyetli bir katalizör geliştirilmiştir (Pt-PdNP). Nanomalzemelerin ve hazırlanan camsı karbon elektrot (GCE) yüzeylerinin başarılı sentezi, transmisyon elektron mikroskobu (TEM), X-ışını foto elektron spektroskopisi (XPS), taramalı elektron mikroskobu (SEM), elektrokimyasal impedans spektroskopisi (EIS) ve X -ray difraksiyon (XRD) yöntemi ve TEM görüntülerine göre, PtNP'lerin ve PdNP'lerin ortalama parçacık boyutlarının yaklaşık 20-30 nm olduğu bulunmuştur.

Pt-PdNPs & NaPWO & GQDs, PdNPs & NaPWO & GQDs ve PtNPs & NaPWO & GQDs karşılaştırıldığında Pt-PdNPs & NaPWO & GQDs daha yüksek bir elektron katalitik aktivitesi için kanıt sağlayan metanol oksidasyonu için daha yüksek bir tepe akımı sergilediği gözlemlenmiştir [29].

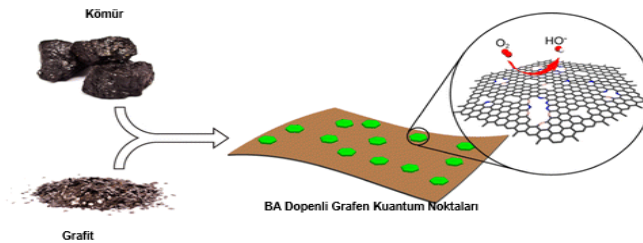
GQD'lerin olağanüstü optoelektronik özellikleri kısa bir süre önce ortaya çıkmış ve güneş pilleri, yakıt hücreleri ve diğerleri için önemli potansiyelleri ortaya çıkmıştır. Grafen durumunda, iki boyutlu (2D) tek atomlu karbon levhası, geniş yüzey alanı, yüksek taşıyıcı taşıma hareketliliği, üstün mekanik esneklik ve mükemmel termal / kimyasal kararlılık nedeniyle yapılan çalışma araştırma ilgi çekmiştir.

Karbon nanotüpleri ve grafen levhaları gibi N katkılı karbon nanomalzemelerin yakıt hücresindeki oksijen indirgeme reaksiyonu (OIR) için ticari olarak temin edilebilen Pt bazlı katalizörlerin yerini aldığı başarılı oldukları görülmüştür. (Bknz. Resim 2.11a, Resim 2.11b). Elektrokimyasal kinetikler, N-GQD / grafenin reaksiyonda yer alan elektron transfer sayısının 3.6-4.4 (Bknz. Resim 2.11c) olduğu ve teorik dörtlü reaksiyona karşılık geldiğini göstermiştir. N-GQD / grafen ayrıca O₂-doymuş 0.1 M KOH'de mükemmel bir kararlılık gösterirken (Bknz. 2.11d) ve bunu OIR katalizörü olarak Pt'ye yakıt hücrelerinde umut verici bir alternatif olarak nitelendirilmiştir [30].



Resim 2.3. (a) N₂-doymuş 0.1 M KOH, O₂-doymuş 0.1 M KOH ve O₂-doymuş 3 CH₃OH çözeltilerinde N-GKN / grafen elektrodunun CV'leri (b) grafen ile desteklenmiş N-GKN'lerin düzeni, (c) elektron transfer sayısının potansiyele bağımlılığı. (d) O₂'ye doymuş 0.1 M KOH'de sürekli siklik voltametri ile belirlenen N-GKN / grafenin elektrokimyasal stabilitesi [28]

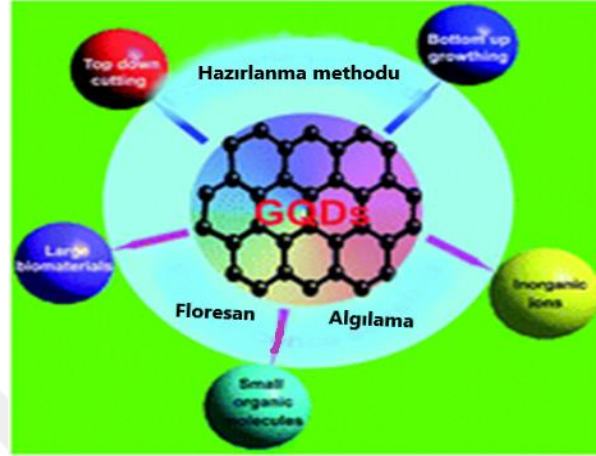
Platin bazlı elektrokatalizörlerin oksijen redüksiyon reaksiyonu (ORR) için azlığı ve yüksek maliyeti yakıt hücrelerinin ticari ve ölçeklenebilir kullanımını kısıtlamıştır. Bir başka çalışmada, heteroatom katkılı nanokarbon materyalleri, ORR için etkili alternatif katalizörler olarak gösterilmiştir. Burada, ucuz ve bol miktarda antrasit kömürden sentezlenen grafen kuantum noktaları, yüksek sıcaklık tavlama ile azot ve bor ile birlikte kodlanmış olan hibrid nanoplateletleri oluşturularak hidrotermal işlemle kompozite edilmiştir. Bu hibrit malzeme, bol kenarlar ve doping alanları, yüksek elektrik iletkenliği ve yüksek yüzey alanı gibi her iki bileşenin avantajlarını bir araya getirerek elde edilen materyalleri alkalın ortamda ticari Pt / C'den daha yüksek aktiviteye sahip mükemmel oksijen indirgeme elektrokatalistleri haline getirmiştir.



Resim 2.4. Oksijen indirgenmesi için verimli elektrokatalizörler olarak bor ve azot dopenli grafen kuantum noktaları / grafen hibrit nanoplateletler [31]

Yapılan bir başka çalışmada Floresans grafen kuantum noktaları incelenmiştir. Floresans grafen kuantum noktaları benzersiz 2 boyutlu katmanlı yapıları, geniş yüzey alanı, iyi suda çözünürlük, yüksek fotostabilite, mükemmel biyoyumumluluk ve düşük toksisite sayesinde

önemli uygulama alanlarına sahiptir. Özellikle inorganik iyonların, organik moleküllerin ve biyomalzemelerin floresans algılamasında GQDs'ların kullanıldığını görüyoruz [32] (Bkn. Resim 2.5).



Resim 2.5. GQDs'ların floresans algılama uygulamaları [33]

Kimyasal fonksiyonelleştirmenin GQDs'ların yığılmasına etkilerini araştırmak için moleküler dinamik simülasyonlar kullanılmıştır. GQDs'lar 1 nm'den daha az ara katman aralığıyla paralel moleküllerin istiflenmesi yoluyla suda küçük agregalar oluştururlar. GQDs'ların boyutlarına ve terminal gruplarına bağlı olarak, agregalar içerisinde üç tür yinelenen altyapı bulunduğu gözlemlenmiştir. Böylece bu çalışmalar ışığında etkileşimlerin derecesini kontrol eden fiziksel-kimyasal faktörlerle ve sulu bir ortamda oluşan GQDs'ların stabilitesi hakkında derinlemesine bir rehberlik sağlanmaktadır [33].

Başka bir çalışmada, üzüm çekirdeği ekstresini yeşil bir terapötik karbon kaynağı olarak kullanarak GQDs'lar mikrodalga yardımı ile sentezlenmiştir. Üretilen GQDs'lar yardımıyla L929, HT-1080, MIA PaCa⁻², HeLa ve MG-63 gibi kodlanmış hücrelerin çekirdek etiketleme ajanı olarak belirlenmesi sağlanmıştır. Bunun yanı sıra biyoyumlu bir malzeme olarak canlı içinde yara çizilme analizi ve hücre döngüsü analizi çalışmalarında kullanılmıştır. Ayrıca optik pH algılama uygulaması için GQDs'ların fotolüminesans özelliği (ömür boyu yaklaşık 10 ns) kullanılmıştır. GQDs'lar, pH 3 ile pH 10 arasında (tepki süresi:~1 dakika, hassasiyet -49.96 ± 3.5 mV/pH) doğrusal, dögüsel ve geri çevrilebilir bir eğilim gösterir ve böylece iyi bir pH algılama ajanı olarak görev yapar. Basit, düşük maliyetli, ölçeklenebilir ve yeşil sentez yaklaşımına dayalı GQDs'lar, seçici

organel etiketleme, çekirdek hedeflemesi, tedavi yaklaşımları ve optik algılama problemleri geliştirmek için kullanılabilir [34].

2.2. Karbon Nanotüpler

Karbon nanotüpler silindirik bir nanoyapıya sahip karbon allotroplarıdır. Bu silindirik karbon molekülleri nanoteknoloji, elektronik, optik ve diğer teknoloji alanları için değerli olan sıradışı özelliklere sahiptir. Malzemenin istisnai mukavemeti ve sertliği sayesinde, nanotüpler diğer malzemelerden önemli ölçüde daha üstündür [35]. Ek olarak, olağanüstü ısı iletkenliği, mekanik ve elektriksel özellikleri sayesinde karbon nanotüpleri çeşitli yapısal malzemelere katkı olarak uygulama alanı bulurlar. Örneğin, nanotüpler bazı (esas olarak karbon fiber) beyzbol sopaları, golf kulüpleri, araba parçaları veya şam çeliğinde malzemenin küçük bir kısmını oluşturur [36]. Nanotüpler, fulleren ailesinin bir üyesidir ve grafen olarak adlandırılan, bir karbon tabakasının oluşturduğu uzun, içi boş yapılarından türetilmiştir. Bu tabakaların yuvarlanma açısı ve yarıçap kombinasyonu nanotüp türünü göstermektedir.

Karbon Nanotüplerin Uygulamaları:

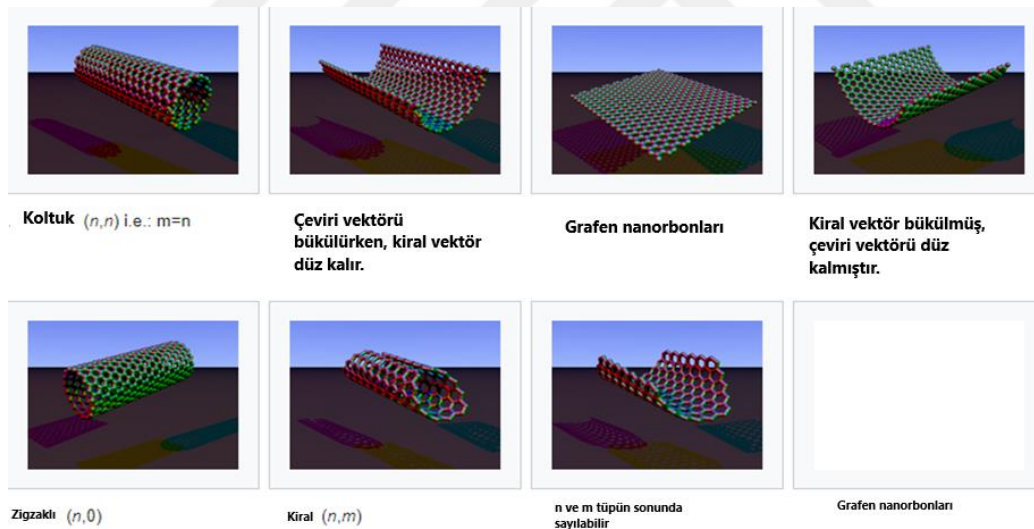
- Mikroskop Problemleri
- Elektron Yayılımı Temelli Cihazlar
- Kimyasal Sensörler
- Katalizör Desteği
- Sondaj Çamuru
- Üç Boyutlu Güneş Hücreleri
- Nanotüple Alaşımlandırılmış Karbon Fiberler
- Kapasitörler
- Yakıt Hücreleri
- Gaz Depolama
- Abzorbantlar
- Bio-Sensörler
- Kompozit Malzemeler
 - Metal Matrisli Kompozitler
 - Seramik Matrisli Kompozitler

- Plastik Matrisli Kompozitler
- Çok Fonksiyonlu Malzemeler
- Nano Araçlar, Nano Cihazlar, Nano Sistemler

2.2.1. Karbon nanotüp türleri

Karbon nanotüpler, tek duvarlı karbon nanotüpler (SWCTs) ve çok duvarlı karbon nanotüpler (MWCTs) olarak kategorize edilir. Çok duvarlı olanlar tek duvarlara göre daha fazla elektriksel iletkenliklerine sahiptirlerdir. Nanotüplerin kimyasal bağları tamamen sp^2 -hibrid karbon atomlarını içerir. Grafite benzer olan elmasa (sp^3 -hibrit karbon atomları kullanan) göre daha güçlü olan kimyasal bağlara sahiptirlerdir.

Karbon nanotüpün önemli bir türü olan SWCTs 0 ile yaklaşık 2 eV'ye kadar değişebilir ve elektriksel iletkenlikleri metalik veya yarı iletken davranış sergileyebilir [37].

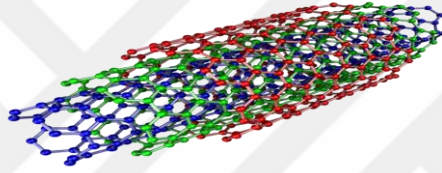


Resim 2.6. Tek duvarlı karbon nanotüp bir tarama tünelleme mikroskobu görüntüsü [37]

Grafen tabakalarından yola çıkarak bir tek duvarlı karbon nanotüpün nasıl elde edildiği gösterilmiştir (Bkn.Resim 2.6). Özellikle grafen tabakaları arasındaki zayıf etkileşimler küçük bir mekanik kuvvet ile kırıldıktan sonra 2 boyutlu bir eksen boyunca kıvrılarak tübüler yapıyı oluşturmaktadır.

Grafenin simetrisi ve benzersiz elektriksel yapısı nedeniyle, karbon nanotüpün yapısı elektriksel özelliklerini önemli ölçüde etkiler. Nanotüplerin elektriksel özellikleri atomların dizilişine göre değişmektedir. Örneğin, tüm koltuk tipi nanotüpler metalik özelliklere sahiptir; yani iletkenlerdir. Teorik olarak, metalik nanotüplerin elektrik voltaj yoğunluğu, gümüş veya bakır gibi metallere 1000 kat daha yüksektir [38].

MWCTs, grafen çok katlı katmanlar (konsantrik tüpler) içerir. MWCTs (Bkn.Resim 2.7), nanotüplerin özel bir sınıfını oluştururlar. Çünkü morfolojileri ve özellikleri tek duvarlı olanlarına benzerdir ancak kimyasallara karşı daha dirençlidir. Bu özellik nanotüplerin yüzeyine (fonksiyonelleştirme) istenilen fonksiyonel grupların eklenmesine neden olurlar.



Resim 2.7. Üç duvarlı karbon nanotüp [39]

Karbon nanotüp sentezlenmesi için uzun süreçler alan denemeler ışığında belirli metodlar ortaya konulmuştur. Sentezleme metodlarının her biri farklı uygulama ve kullanım istekleri doğrultusunda oluşturulmuştur. Yüksek saflıkta üretim arzusu, düşük sıcaklıklarda sentez ve üretim kapasitesinin artırılması konusunda yapılan çalışmalarla pek çok farklı yol ortaya konulmuş ve üretimde uygulanan malzemelerin hallerinden referans olarak katı hâlde karbondan ve gaz hâlde karbondan sentez şeklinde bir sınıflandırma yapılmıştır. Bu hallerin dışında kalan ve farklı isteklere cevap veren durumlar ise diğer sentezleme metodları olarak belirtilmiş [38].

Katı halde karbondan sentezleme yöntemleri:

- Lazerle Aşındırma Yöntemi
- Ark Boşaltma Yöntemi
- Solar Fırın Yöntemi

Akma dayanımı Ark boşaltma yöntemine göre daha yüksek ve daha iyi olan Lazerle aşındırma yöntemi, tek duvarlı karbon nano tüpleri üretmek için daha kullanışlıdır. Ancak hem üretim kapasitesinin azlığı hem de yüksek maliyeti sebebiyle çok tercih edilen bir yöntem değildir [38].



Resim 2.8. Ark yöntemi ile sentezlenmiş çok duvarlı KNT'lerin SEM görüntüsü [40]

Gaz halden karbondan sentezleme yöntemleri:

- Kimyasal Buhar Çökeltme (KBÇ, CVD)
- Isıl Kimyasal Buhar Çökeltme (IKBÇ, Thermal-CVD)
- Plazmayla Güçlendirilmiş Kimyasal Buhar Çökeltme (PGKBÇ, PECVD)
- Mikrodalga Plazmayla Kimyasal Buhar Çökeltme (MDPGBÇ, MWPCVD)

Diğer Sentezleme Yöntemleri:

- Hidrotermal sentezleme: Bu yöntem gerekli karbon, oksijen ve hidrojen atomlarının oranlarının tutturulması dışında kullanılan karbon kaynağının tipine bağlı değildir. Neredeyse bütün hidrokarbon/su karışımı uygun bir şekilde oluşturulabilir. Susuz uygulamalarda daha az grafitik yapı, çok sayıda kapalı iç yapıların oluşumuyla karşılaşmıştır [38].
- Elektroliz: Bu yöntemde, çok duvarlı nanotüpler, bir grafit hücre kullanılarak erimiş lityum klorürün elektroliz edilmesiyle üretilir. Grafit hücrenin içindeki anot bir grafit potadır. Atmosferdeki grafit potanın sıcaklığı yaklaşık 600 ° C'dir. 3–20 A ve 20 V'tan az DC güç kullanıldığında 2–10 nm çaplı ve 0,5 μm ya da daha büyük boyutlarda çok duvarlı nanotüpler bu yöntemle üretilebilmektedir. Amorf karbonlar KNT'lerin içinde yan ürün olarak ortaya çıkmaktadır [38].

Ülkemizde nanoteknoloji ile ilgili çalışmaların yanı sıra nanotüplere yoğunlaşan kurum ve kuruluşlar bulunmaktadır. Günümüzde çalışmalar nanotüp üretimi ve araştırmaları üzerine yoğunlaşsa da kısa vadede endüstriyel uygulamalara geçiş tasarlanmaktadır. [38].

Sonuç olarak yüksek teknolojili malzemelerin üretiminin bir parçası olan KNT'ler, üstün özellikleri nedeniyle en çok çalışılan malzemeler arasında yer almaktadır. Birçok yöntemle sentezlenerek geniş kullanım alanı bulur. Sentez yöntemlerinin içerisinde yüksek sıcaklıklarda küçük miktarlarda; ancak yüksek kalitede ve yüksek saflıkta KNT üretebilen elektrik ark yönteminin yanı sıra daha büyük miktarlarda ancak daha düşük kalitede nanotüp üretmek için kullanılan KBC gibi yöntemler de bulunmaktadır. Üretim yöntemi seçiminde ihtiyacımız olan nanotüp miktarı ve kalitesi önem kazanıyor. KNT'lerin kullanım alanlarıyla ilgili pek çok araştırmadan olumlu dönüşler alınmasıyla çok mukavemetli malzemelerden arzuya göre değişen iletkenliğe sahip elektronik ürünlere kadar birçok ilerleme mümkün olacaktır. [38].

2.2.2. Karbon nanotüpler ile ilgili yapılan akademik çalışmalar

Son zamanlarda karbon nano tüplerin pil, kondansatör ve biosensör geliştirme çalışmalarında oldukça etkili potansiyellere sahip oldukları görülmüştür. Bu bağlamda yapılan bir çalışmada PTh/MWCNT kompozitleri kullanılmıştır. Literatürde bu çok duvarlı karbon nanotüp ile ilgili pek çok farklı çalışma yapılmıştır. Kimyasal oksidatif polimerizasyon metodu kullanılarak yapılan bir araştırmada politiyofen/çok duvarlı karbon nanotüp (PTh/MWCNT) oluşturulmuştur. Sonuçlar CV, FTIR ve SEM gibi pek çok farklı analiz yöntemiyle incelenmiştir. Sentezlenen kompozitler dopamine karşı hassas bir biyosensör elde etmek amacıyla karbon elektrot üzerine konularak hazırlanan elektrotlarla çalışılmıştır. pH, derişim gibi parametrelerde dikkate alınarak en iyi sonuçlar 7.4 pH değerinde 160 µL/16 m seçilmiştir. Tiyofen miktarı arttıkça politiyofeninde arttığı gözlemlenmiştir. Ayrıca SEM sonuçlarında kompozitlerin tüplerin morfolojik yapılarını koruduğunu göstermiştir. Yapılan CV analizi sonuçlarına göre ise karbon nanotüp ile hazırlanan elektrodun difüzyon kontrollü olduğu görülmüştür. Ayrıca kompozit yapılan tekrarlanabilirlik, uzun süreli kararlılık testlerinden de başarıyla geçmiştir [42].

Nanoteknoloji, rezervuardaki petrol ve gazın ayrılmasını kolaylaştırarak delme işlemini ve petrol ve gaz üretimini iyileştirmek için kullanılabilir. Nanoteknoloji, endüstriyi daha yeşil

hale getirebilir. Nanoteknolojinin hali hazırda mevcut olanlardan daha verimli, daha ucuz ve çevreye daha duyarlı teknolojilere katkıda bulunabileceği çok sayıda alan vardır [43].

Petrol endüstrisi, neredeyse tüm süreçlerinde güçlü ve istikrarlı malzemelere ihtiyaç duyar. Bu maddeleri bir nano ölçekte inşa ederek daha hafif, daha dayanıklı ve daha güçlü ekipman üretebilir. Hong Kong'daki GP Nano Technology Group Ltd., nano boyutunda bir seramik tozu olan silikon karbür geliştiren ilk şirketlerden biriydi. Son derece sert malzemeler verir. Şirket şimdi diğer kompozitleri araştırıyor ve nanokristalin maddelerin daha sert, daha aşınmaya dayanıklı ve daha dayanıklı sondaj ekipmanlarına katkıda bulunabileceğine inanıyor. Nanotüplerin petrol endüstrisinde birçok potansiyel uygulaması vardır. Örneğin, nanotüpler açık deniz sondajı platformlarında daha hafif, daha güçlü ve korozyona daha dayanıklı yapısal malzemeler oluşturmak için kullanılabilir. Nanoteknoloji, rezervuardaki petrol ve gazın ayrılmasını kolaylaştırarak (örneğin, moleküler düzeydeki süreçlerin daha iyi anlaşılması yoluyla) petrol ve gaz üretiminin geliştirilmesine yardımcı olabilir. Nanoteknoloji kullanılarak geliştirilebilecek başka potansiyel temiz enerji kaynakları da vardır. Nanoteknolojinin petrol sektöründe pratik uygulaması neyse ki daha az korkutucu. Sıvı ve katılar arasındaki arayüzdeki süreçlerin daha iyi anlaşılmasıyla değil, daha iyi yağ geri kazanımı için ilginç beklentiler açar. Amaç, petrol ve suyun nasıl daha etkili bir şekilde ayrılabileceğini anlamaktır. Nanoteknoloji, yüzey aktif cisimlerini uyarlamak için gelişmiş yağ geri kazanımına uygulanabilir. Bunlar daha sonra rezervuara mevcut maddelerden daha kontrollü bir şekilde eklenebilir, böylece daha fazla yağ salar. Rezervuar hakkında daha iyi bilgi sağlamak için küçük sensörlerle yeni ölçüm tekniklerinin geliştirilmesine de yardımcı olabilir [43].

Yapılan bir başka çalışmada, yaptıkları çalışmada nanopartiküllerin sondaj sıvılarının özelliklerinde yapılan değişiklikler üzerindeki etkisi incelenmiştir. Kaya gazı, şeyl yağı, derin su ve kutup rezervuarları gibi geleneksel olmayan hidrokarbon kaynaklarından üretim, gelişmiş delme ve çıkarma teknolojileri gerektirir. Ayrıca, petrol geri kazanım prosesleriyle ilişkili çevresel ayak izlerini en aza indirmek kritik önem taşır. Nanoteknolojinin petrol ve gaz endüstrisindeki bu tür sorunların üstesinden gelmek için umut verici çözümler gösterilmiştir. Nanoteknoloji kullanılarak sondaj sıvılarının arttırılmasını analiz etmek için birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalarda reolojik, filtrasyon ve ısı transfer özelliklerinin modifikasyonu ve sondaj sıvılarıyla ilişkili sürtünme azalması araştırılmıştır. Ayrıca nanopartiküllerin sıvı termal stabilitesini

iyileştirebileceğini, daha iyi yağlama, delik temizleme ve kuyu deliği stabilitesi sağlayabileceğini ve sıvı sirkülasyon sistemi içinde hidrat oluşumunu azaltabileceğini gösterdiler. Bu makale, bu çalışmaların sonuçlarını ve sondaj sıvılarında nanoparçacıkların uygulanması için gözlemlenen gelişmeleri analiz etmeyi amaçlamaktadır. Bu derleme, araştırmacılara sondaj sıvıları ve nanoteknoloji alanındaki son gelişmelerin ayrıntılı bir genel görünümünü ve karşılaştırmasını sunmaktadır [44] .

Bu çalışma sonucunda; sondaj sıvılarında nanoparçacıkların uygulanması, sondaj işlemleri sırasında karşılaşılabilecek sorunları azaltma ve azaltma potansiyeline sahip olarak olağanüstü performans sağladığı görülmüştür. Sondaj sıvılarının özelliklerinin değiştirilmesinde nanoparçacıkların rolleri hakkında sonuçlar aşağıdaki gibi çizilebilir:

- Genel olarak, NP'lerin eklenmesi ile ilgili çalışmalar reolojik özelliklerde genel bir iyileşme gösterirken, sıvılar Herschel-Buckley modelini takip eden kesme inceltme özelliğini koruyabilir. Bununla birlikte, NP'ler çamurun reolojik özelliklerini önemli ölçüde azaltabileceğinden bentonit / barit yerine kullanılmamalıdır.
- Filtrasyon kaybı ve filtre keki özellikleri genellikle NP'leri kullanarak iyileşmeler gösterir. Filtrat hacminde bir azalma olacağı gözlenmiştir [44].

2.3. Metanol Yakıt Hücreleri

2.3.1. Yakıt hücreleri

Dolaylı metanol yakıt hücrelerinden farklı olarak DMFC'ler, reaktantı hücreye taşımak için bir metanol çözeltisi (genellikle yaklaşık 1M) kullanır. Genel çalışma sıcaklıkları 50-120 °C aralığındadır. DMFC'lerin kendileri yüksek sıcaklık ve basınçlarda daha verimli olmasına karşın, bu koşullar komple sistemde çok fazla kayıp oluşturmalarına neden olmakta ve bu da dezavantaj olmaktadır. Bu nedenle atmosferik basınç konfigürasyonları halen tercih edilmektedir [45].

Metanolün cross-over olması veya etkileri:

- (a) Alternatif membranların geliştirilmesi, (örn.) [46]

- (b) Katalizör tabakasındaki elektro oksidasyon prosesinin iyileştirilmesi ve katalizör ve gaz difüzyon tabakalarının yapısının iyileştirilmesi (örn.) incelenerek elde edilebilen akış alanı ve membran elektrod kompleksinin (MEA) tasarımını optimize etmek. [47]
- (c) Akım yoğunluğu dağılımları (örn.) [48]

2.3.2. Uygulama

Mevcut DMFC'lerin üretebilecekleri güç sınırlıdır ancak küçük bir alanda yüksek enerjili bir güç depolayabilirler. Bu, uzun bir süre az miktarda güç üretebilecekleri anlamına gelir. Bu, onları büyük araçlara (en azından doğrudan) güç vermek için uygun olmayan bir duruma getirir, ancak forkliftler, çekiciler ve cep telefonları, dijital kameralar veya dizüstü bilgisayarlar gibi tüketici ürünleri gibi daha küçük araçlar için idealdir. DMFC'lerin askeri uygulamaları, gürültüye ve termal imzaya sahip olduklarından zehirli atıklara sahip olmadığı için ortaya çıkan bir uygulamadır [49].

2.3.3. Metanol

Metanol, atmosferik basınçta $-97.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ila $64.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ arasındaki bir sıvıdır. Metanolün enerji yoğunluğu, yüksek oranda sıkıştırılmış hidrojenden bile büyüklükte bir sıralamayla ve Lityum iyon pillerden 15 kat daha yüksektir.

Metanol zehirli ve yanıcıdır. Bununla birlikte, Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü'nün (ICAO) Tehlikeli Mallar Paneli (DGP) Kasım 2005'te, dizüstü bilgisayarlara ve diğer tüketici elektronik cihazlarına güç sağlamak için uçaklarda yolcuların mikro yakıt hücrelerini ve metanol yakıt kartuşlarını taşımalarına ve kullanmasına izin vermek için oy kullandı.

24 Eylül 2007 tarihinde ABD Ulaştırma Bakanlığı havayolu yolcularının yakıt pili kartuşlarını gemide taşımalarına izin vermek için bir öneri yayınladı [50].

2.3.4. Cross-over akım

Anodik taraftaki metanol genellikle yüksek konsantrasyonlarda olan metanol, oksijen tarafından hızla tüketildiği için konsantrasyonu yaklaşık sıfır olan katottan katota yayılma

eğilimi gösterdiğinden, zayıf bir çözelti (1M ile 3M arası) içindedir. Düşük konsantrasyonlar çapraz geçişin azaltılmasına yardımcı olur, ancak ulaşılabilir maksimum akımı sınırlar.

Pratik olarak gerçekleşmesi, genellikle bir çözelti halkasının anoda girmesi, çıkışlar olması, metanol ile doldurulması ve tekrar anoda dönmesi demektir. Alternatif olarak, optimize edilmiş yapılara sahip yakıt hücreleri doğrudan yüksek konsantrasyonlu metanol solüsyonları veya hatta saf metanol ile beslenebilir [51].

2.3.5. Taşınabilir direkt metanol yakıt hücreleri güç uygulamaları

Taşınabilir güç uygulamaları söz konusu olduğunda, yakıt pillerinin temel avantaj özellikleri potansiyel taşıma veya sabit güç uygulamalardan biraz farklıdır. İkinci uygulamalarda, çeşitli potansiyel kaynaklardan elde edilebilen bir yakıtın (temel olarak hidrojen) daha yüksek dönüşüm verimliliği ve düşük kuyruk borusu emisyonlarının yanı sıra tüketilen birim enerji başına düşen CO₂ emisyonunu azaltmaktadır. Taşınabilir güç uygulamaları durumunda, merkezi avantaj özelliği, ileri pillerin yakıtlara karşı yüksek enerji yoğunluğudur [52].

2.3.6. Metanol yakıt hücrelerinde uygulamak için yapılan çok duvarlı karbon nanatüp literatür çalışmaları

Bu bölümde çok duvarlı karbon nanotüplerin metanol yakıt hücrelerinde kullanımı ile ilgili çeşitli çalışmalar incelenmiş ve özet olarak anlatılmıştır.

Ülgen A.T., Döner A., Haskul M. (2019), yapılan bu çalışmada metanollü yakıt hücreleri için çok duvarlı TiO₂ nano-tüpler (TiO₂-NT) katalizör desteği olarak hazırlanmıştır. TiO₂-NT hazırlandıktan sonra yüzeyindeki küçük miktarlarda olan Nikel (Ni) nanotanecikleri (TiO₂-NT-Ni) elektrokimyasal olarak çöktürülmüştür. Bu şekilde hazırlanan anot katalizörlerinin yüzey ve kristal yapısı sırasıyla taramalı elektron mikroskobu (SEM), dönüşümlü voltametri (CV) ve X-ışını kırınımı (XRD) ile karakterize edilmiştir. Hazırlanan TiO₂-NT-Ni anot katalizörlerinin metanol oksidasyonu için katalitik aktiviteleri 1 M KOH içeren 1 M Metanol çözeltisinde CV ve zamanla kararlılıkları ve dayanıklılıkları kronoamperometri (CA) tekniği ile ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre TiO₂-NT metanollü ortamda

aktivite göstermemiş bununla beraber yüzeyin az miktarda Ni ile kaplanması metanol oksidasyonunu arttırmıştır. Katalizör yüzeyindeki Ni miktarı arttıkça oksidasyon hızı artmaktadır. CV tarama hızı arttıkça oksidasyon pik akımlarında artış gözlemlenmiştir.

CA sonuçlarına göre hazırlanan katalizörler bir saat boyunca çalışılan ortamda kararlı ve dayanıklı yapı sergilemiştir. Hazırlanan TiO₂-NT-Ni metanollü yakıt hücreleri için etkin bir anot katalizörü olarak kullanılabilir olduğu ortaya çıkmıştır. [53].

Yapılan bu çalışmada elektrotların hazırlanması sürecinde, substrat elektrot olarak titanyum (Ti) elektrot kullanılmıştır. Kullanılan Ti elektrotun yüzey alanı 0,5024 cm²' dir. Ti elektrot yaklaşık 5 cm uzunluğundaki yuvarlak çubuklardan kesilmiş ve bakır kablo ile iletkenlik sağlanarak sadece çalışılacak yüzey açıkta kalacak şekilde diğer tüm yüzeyler polyester ile kaplanmıştır. Hazırlanan Ti elektrotların yüzeyi değişik tanecik boyutlarında zımpara kağıdı (320-1200) ile zımparalanmış ve daha sonra saf sudan geçirilmiş önce aseton, etanol ve sonra deiyonize su ile yıkanmıştır. Sonra hava koşullarında kurutulmuştur. Sonuç olarak çok duvarlı TiO₂ nano-tüpler oluşturulmuştur [54].

Çok duvarlı TiO₂ nano-tüplerin oluşturulması için anodik oksidasyon yöntemi kullanılmıştır. Anodik oksidasyon yöntemi için hazırlanan çözeltide %0,5 NH₄F (kütlece), %2 H₂O (hacimce) ve geri kalanı etilen glikol (toplam hacim 100 mL) kullanılmıştır. Anodik oksidasyon, dışarıdan sabit 60 V ve iki saat boyunca DC kaynağı kullanılarak yapılmıştır. Anodik oksidasyon işlemi iki elektrot tekniği kullanılarak oda sıcaklığında (~25°C) yapılmıştır. Çok duvarlı TiO₂ nano-tüpler oluşturulduktan sonra yüzeyde az miktarlarda Ni çöktürülmüştür. Bu amaçla Ni banyosu kullanılmıştır. Banyo bileşimi: %30 NiSO₄.6H₂O, %1,0 NiCl₂.6H₂O ve %1,25 H₃BO₃ (kütlece) (toplam hacim 100 mL) ile oluşturulmuştur. Ni kaplamalar üç elektrot tekniği kullanılarak ve kronopotansiyometri ile sisteme 1,0 mA cm² akım yoğunluğu ile 360 ve 720 saniye uygulanarak yapılmıştır. Üç elektrot tekniğinde TiO₂-NT çalışma elektrotu, Ni ve Ag/AgCl (3 M KCl) referans elektrot olarak kullanılmıştır. Faraday yasalarına göre yaklaşık olarak yüzeye çöken Ni miktarı 360 saniye için 55 µg ve 720 saniye için 110 µg' dır. Ni çöktürme işleminden sonra kaplı elektrotlar bol suyla yıkanmış ve 80 °C' de kurutulmuştur. Hazırlanan elektrotlar TiO₂-NT-Ni (360) ve TiO₂-NT-Ni (720) şeklinde adlandırılmıştır.

Ni çöktürme işleminden sonra elektrotların metanol oksidasyon aktiviteleri 1,0 M KOH çözeltisi içeren 1,0 M Metanol çözeltisinde oda sıcaklığında (~25°C) denenmiştir. Kullanılan kimyasallar analitik saflıkta olup çözeltiler deiyonize su ile seyreltilerek hazırlanmıştır [54].

Çok duvarlı TiO₂-nanotüplerin yüzeyde oluşup oluşmadığını anlamak için taramalı elektron mikroskopu (SEM) kullanılmıştır. Ayrıca çöktürülmüş Ni elektrotların SEM görüntüleri alınmıştır. TiO₂-NT, TiO₂-NT-Ni (360) ve TiO₂-NT-Ni (720) elektrotların kristal yapılarını belirlemek için X-ışını kırınımı (XRD) yöntemi kullanılmıştır. Yüzeyde metal veya oksit yapılarının varlığı dönüşümlü voltametri (CV) tekniği ile aydınlatılmıştır [54].

TiO₂-NT, TiO₂-NT-Ni (360) ve TiO₂-NT-Ni (720) elektrotların metanol oksidasyonuna katalitik aktiviteleri 1,0 M KOH içeren 1,0 M metanol çözeltisinde Ivium Vertex (model no: V55600) potansiyostat&galvanostat cihazı kullanılarak ve üç elektrot tekniği ile oda sıcaklığında (~25 °C) CV yöntemi aracılığıyla belirlenmiştir. CV ler hidrojen çıkış potansiyeli ile oksijen çıkış potansiyeli aralığında 100 mV s⁻¹ tarama hızında alınmıştır. Tarama hızının (25, 50, 75, 100, 150, 200, 250 ve 300 mV s⁻¹) oksidasyon özelliğine etkisi ayrıca araştırılmıştır. Hazırlanan elektrotların zamanla kararlılıkları ve dayanıklılıkları kronoamperometri (CA) yöntemiyle bir saat boyunca 1,0 M KOH içeren 1,0 M Metanol çözeltisinde 0,6 V sabit potansiyelde ve oda sıcaklığında (~25 °C) test edilmiştir. Deneyler esnasında çözelti sıcaklıkları Nüve BS 30 marka su banyosu ile kontrol edilmiştir. Her bir elektrokimyasal deney en az üç kez tekrarlanmıştır [54].

Çok duvarlı TiO₂ nanotüpler anodik oksidasyon yöntemi kullanılarak Ti yüzeyinde oluşturulmuştur. Bunun yüzeyine düşük miktarlarda Ni tanecikler elektrokimyasal çöktürme yöntemi kullanılarak başarılı bir şekilde çöktürülmüştür. Azot katalizörler hazırlandıktan sonra metanollü yakıt pilleri için metanollü ortamda katalitik aktiviteleri araştırılmıştır. Elde edilen bulgulara göre, TiO₂-NT'ler metanol oksidasyonu açısından inaktiftir.

Bununla beraber, Ni çöktürülmüş katalizörlerde metanol oksidasyonu açıkça görülmüştür. Tarama hızıyla metanol oksidasyon pik akımları artmış ve oksidasyonun difüzyon kontrollü olduğu bulunmuştur. Çalışılan ortamda Ni çöktürülmüş anot katalizörler bir saat

boyunca kararlı ve dayanıklı bir yapı sergilemişlerdir. Hazırlanan TiO₂-NT'ler-Ni metanollü yakıt hücreleri için etkin bir anot katalizörü olarak kullanılabilir [53].

Neetu Jha, R. Imran Jafri, N. Rajalakshmi, S. Ramaprabhu(2011), Hidrojen ve Enerji dergisinde yayımladıkları bu çalışmada Metanol yakıt hücrelerinde kullanılmak üzere grafen-çok duvarlı karbon nanotüp hibrit elektrokatalist destek malzemesi geliştirilmiştir. Metanol oksidasyonu için dönüşümlü voltametri (CV) ve kronoamperometri tekniği kullanılarak elektrokimyasal çalışmalar yapılmıştır. Tam hücre ölçümleri, fonksiyonelleştirilmiş grafen (f-G) ve fonksiyonelleştirilmiş çok duvarlı karbon nanotüplerin (f- MWCT) karışımı, metanol oksidasyonu için anot elektrokatalizörü olarak farklı oranlarda ve oksijenli katot katalizörü olarak Pt & f- MWCT karışımı üzerinde dağılmış Pt-Ru nanoparçacıkları kullanılarak direkt metanol yakıt hücresinde (DMFC) indirgeme reaksiyonunda gerçekleştirilmiştir. Ek olarak, anot ve katot elektrokatalist olarak PtRu / (ağırlıkça %50 f- MWCT-ağırlıkça %50 f-G) ve Pt / (ağırlıkça %50 f- MWCT -ağırlıkça %50 f-G) ile tam hücre ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Anot elektrokatalist olarak PtRu / (ağırlıkça %50 f- MWCT -ağırlıkça %50 f-G) ile, dönüşümlü voltametri çalışmalarına uygun olarak, yaklaşık 40 mW / cm²lik yüksek bir güç yoğunluğu elde edilmiştir.

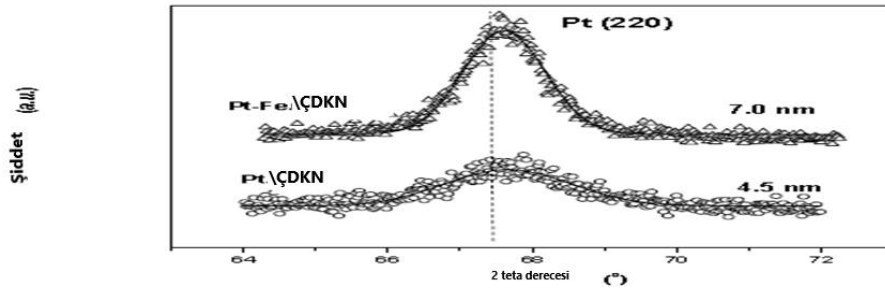
Sırasıyla anot ve katotda elektrokatalizör olarak PtRu / (ağırlıkça %50 f- MWCT-ağırlıkça %50 f-G) ve Pt / (ağırlıkça %50 f-ÇDKN-ağırlıkça %50 f-G) ile yaklaşık 68 mW / cm²lik güç yoğunluğunda daha fazla artış gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar, f- MWCT eklenmesine bağlı olarak f-G tabakalarının morfolojisindeki değişime dayanarak tartışılmıştır [55].

PtRu / Pt nanoparçacıkları ve f-MWCT, pul pul dökülmüş grafen tabakalarının yeniden püskürmesini önlemeye yardımcı olabilir ve dolayısıyla katalizör yüklemesi için daha fazla yüzey alanı sağlar [54].

Wenzhen Li, Changhai Liang, Jieshan Qiu, Huanqiao Li, Weijiang Zhou, Gongquan Suna and Qin Xin (2004), Çok duvarlı karbon nanotüpleri destekleyen Pt-Fe katodik katalizörü, doğrudan metanol yakıt hücresinde katodik katalizör olarak kullanıldığında Pt / MWCT'lere kıyasla oksijen indirgeme reaksiyonu için daha yüksek spesifik aktivite gösterdiğini açıklayan bir çalışma yapılmıştır [55].

Bu çalışmada kullanılan MWCT'ler, klasik ark deşarj yöntemi ile yüksek saflıkta grafitten üretilmiştir ve çapları çoğunlukla 4 ve 60 nm'dir. MWCT'ler, tarif edilen bir prosedür izlenerek saflaştırılmış ve yüzey oksitlenmiştir [56]. Pt-Fe / MWCT'ler, çalışmayı yapan araştırmacılar tarafından geliştirilen modifiye edilmiş bir poliol sentez stratejisi (EG yöntemi) ile hazırlanmıştır [57;58].

MWCT destekli Pt-Fe alaşım etkisinin ortalama partikül boyutu hakkında bilgi almak için Cu-a Ni filtresi kullanılarak, Rigaku Rotaflex (RU-200B) X-ışını difraktometresinde X-ışını kırınımı (XRD) karakterizasyonu yapıldı [56]. Bu katalizörlerin ortalama Pt partikül boyutu, Sherrer formülüne göre Pt (220) kırınım tepelerinden (Bknz. Resim 2.9'de gösterilmiştir) hesaplanabilir [56]. Pt & ÇDKN(MWCT) 'lerin ortalama partikül boyutu 4.5 nm iken, Pt-Fe & ÇDKN(MWCT)'lerin ortalama partikül boyutu 7.0 nm daha büyüktür, bunun nedeni muhtemelen Pt ve Fe partiküllerinin ÇDKN(MWCT) 'lerin dış yüzeylerinde daha hareketli olmasıdır [59].



Resim 2.9. Pt(220<) peak detayı (MWCT destekli Pt bazlı katalizörler için XRD modellerinde) [56]

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

3.1. Kullanılan Malzemeler

Bütün solüsyonlar 18,3 MΩ cm dirençli ultra-saf su ile birlikte hazırlanmıştır. Çalışmalarda kullanılan malzemeler Bknz. Çizelge 3.1’de verilmiştir [60].

Çizelge 3.1. Malzeme listesi [60]

Kullanılan Malzeme	Açıklama
C	Grafit tozu
H ₂ SO ₄	Sülfürik asit, %98
K ₂ S ₂ O ₈	Potasyum persülfat
KMnO ₄	Potasyum permanganat
P ₂ O ₅	Fosfor pentoksit
H ₂ O ₂	Hidrojen peroksit, %30
HCl	Hidroklorik asit, %37
CH ₃ OH	Metanol
C ₂ H ₅ OH	Etanol
C ₃ H ₇ NO ₂ S	Sistein
C ₈ H ₁₇ N ₃	1-etil-3-(3-dimetilaminopropil) karbodiimid (EDC)
AgNO ₃	Gümüş nitrat
C ₄₂ H ₇₀ O ₃₅	β-siklodekstrin
HAuCl ₄	Aurik asit
Na ₃ C ₆ H ₅ O ₇	Trisodyum sitrat
FeCl ₃	%97 Demir(III) Klorür
FeCl ₂	%98 Demir(II) Klorür
NH ₄ OH	Amonyum hidroksit
NaBH ₄	Sodyum borhidrür
C ₆ H ₈ O ₆	Askorbik asit
NH ₂ OH·HCl	Hidroksilamin hidroklorür
Fe(NO₃)₃	Demir(III) nitrat
C ₃ H ₇ OH	İzopropil alkol (IPA)
CH ₃ CN	Asetonitril (MeCN), HPLC saflıkta
HClO ₄	Perklorik asit

3.2. GQD'lerin, f-MWCT'lerin ve GQD & f-MWCT'lerin Sentezi

GQD'lerin ve f-MWCT'lerin başarılı bir şekilde sentezlenmesinden sonra, karıştırma altında f-MWCT'ler (5.0 mL, 0.5 mg/mL) çözeltisine GQD'ler (5.0 mL, 0.5 mg/mL) çözeltisi ilave edildi [61]. Bundan sonra, santrifüjleme işlemi (10000 rpm) gerçekleştirildi ve süspansiyon, ultra saf su ile yıkandı ve 100 ° C'de kurutuldu. Son olarak, GQD'ler & f-MWCT'ler bileşiği (0.5 mg/mL) ultra saf suda dağıtılmıştır [62]. Süspansiyon çözeltilerinin hazırlanması 18.3 MΩcm (Human Power 1+ Scholar arıtma sistemi) direncine sahip ultra saf su kalitesi kullanılarak gerçekleştirildi [63].

3.2.1. GQD sentezi

Grafen oksit önceki raporumuza göre hazırlanmıştır [64]. Grafen tabakaları, 2 saat boyunca 350 °C'de grafen oksidin termal deoksidasyonu ile elde edilmiştir. Daha sonra 0.1 g grafen yaprağı, H₂SO₄ (20 mL) ve HNO₃ (35 mL) içerisinde 15 saat süreyle oksitlendi ve GQD'ler elde edildi [65]. GQD süspansiyon, 10 saat boyunca 0.2 M EDC çözeltisi ile etkileşime girdi. Bundan sonra, süspansiyon 1.0 mM 2-AET ile 1: 1 hacim oranında 1 saat (işlevselleştirilmiş GQD'ler) ile iyice karıştırıldı [66].

3.2.2. MWCT'lerin fonksiyonelleştirilmesi

100 mg MWCT'ler, 24 saat boyunca 10 mL konsantre edilmiş HNO₃ + H₂SO₄ (3: 1) (h / h) ile işleme tabi tutuldu. Sonikasyondan sonra, karışım dolduruldu ve 6.5-7.0 pH seviyesine ulaşılan kadar birkaç kez ultra saf su ile yıkandı. F-MWCT'ler, 6 saat boyunca 120 °C'de kurutuldu [67]. Bu işlem karbon nanotüplerin uçlarını açmak ve karbon nanotüplerin yüzeyine karboksilik grupları eklemek için yapıldı [68].

3.3. Elektrokimyasal Deneyler

Bu çalışmadaki tüm elektrokimyasal çalışmalar, BAS-100B elektrokimyasal analizör (Bioanalytical System Inc., Lafayette, IL, ABD) ve Gamry Reference 600 çalışma istasyonu kullanılarak gerçekleştirildi. Çalışma sırasında inert bir ortam oluşturmak için ortamda Ar gazı geçişi sağlanmıştır [69].

3.3.1. Elektrot modifikasyonu

Camsı karbon elektrot (GC) parlak bir zemin oluşturulana kadar kalın olmayan ıslak zımpara kağıdı ile zımparalanmıştır. Bu uygulama 0,1 μm ve 0,05 μm alümina mikro bez kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu uygulamanın ardından ultra saf suda ve akabinde hacimce 50:50 oranda IPA ve MeCN ortamında ultrasonik banyoda sonike edilmiştir. Daha sonra su ile ve sonrasında MeCN ile yıkanarak fiziksel adsorpsiyon ile elektrot yüzeyindeki kirliliklerden kurtarılmıştır. Sona gelindiğinde deneysel aşamada kullanılacak 20 μL nanomateryal karışım GC yüzeyine katılarak, kızıl ötesi lamba altında geri kalanı gazlaştırılmıştır. Bu sayede GC elektrot zemini önceden hazırladığımız nanomateryal ile modifiye edilmiştir. Bu adımlar, her nanomateryal için yeniden oluşturulmuştur [69].

3.3.2. Elektrokimyasal ölçümler

Sentezlenmiş olan modifiye elektrotlar elektrokimyasal ölçümler için kullanıldı. 0,5 M konsantrasyonda metanolün elektrokatalitik oksidasyonu, potansiyel ölçümlerinde standart olarak alınan elektrot Ag/AgCl elektrot ve karşıt elektrot seçilen Pt tel kullanıldığı, dönüşümlü voltametri ile -500 ve +1500 mV potansiyel aralığında 0,1 M derişimde HClO_4 ortamında elde edilmiştir [69].

4. SONUÇLAR

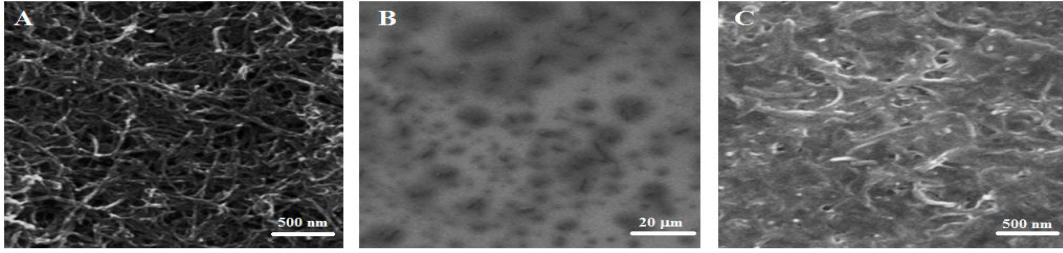
Yapılan deneysel çalışmalarının sonuçlarını daha iyi görebilmek adına karakterizasyon çalışmaları yapılmıştır. Bu sayede sonuçlar daha gözle görülebilir halde açıkça gelmiştir. Bu tezde kullandığımız nanomalzemelerin elektrokataliz etkilerini görebilmek adına CV ve kronoamperometri ölçümleri TEM, SEM, IR, UV-Vis, XPS ve XRD teknikleri ile yapılmıştır. Ayrıca bu yüksek lisans tezinin temelini oluşturan metanol oksidasyonunun elektrokataliz performansı üzerinde çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

4.1.Nanopartiküllerin Karakterizasyonları

4.1.1.GQD'nın MWCT'leri ile karakterizasyonu

Çok duvarlı karbon nanotüp kompozitlerinin birbirine bağlanmış tüp yapısında rastgele yönlü şekildeki oluşmuş formasyonunu içeren doğrulanmış karakteristik yapısı Bknz. Resim 4.1-A'da verilmiştir. Bknz. Resim 4.1-B'de görüldüğü üzere, GQD 15-20 nm çaplarında muntazam bir şekilde dağılmıştır. Fonsiyonelleşmiş çok duvarlı karbon nanotüplerden hazırladığımız GQD'lı kompozitinin SEM analizi sonuçlarında (Bknz. Resim 4.1-C) çok geniş alana yayıldıkları görüldü. Konjuge GQD & f-MWCT kompozitlerinin oluşturulması, GQD ve f-MWCT'lerin birikmesini önlemiştir. Sonuç olarak, GQD & f-MWCT'lerin elektro kimyasal ölçümler için suda dağılılabilen ve stabil olan kompozit bazlı elektrokataliz olduğu söylenebilir.

SEM'in çalışma prensibinden bahsedecek olursak, temel olarak Taramalı elektron mikroskobu (SEM), Tungsten, Lantan hekza borit katottan veya Alan Emisyonlu (FEG) Gun'dan ortaya çıkan elektronların kullanımı incelenecek malzeme yüzeyine gönderilmesi sonucu oluşan etkileşimlerden yararlanılması esasına dayanır. SEM'lerde genel olarak bu elektron enerjisi 200-300 eV dan 100 keV a kadar değişebilir. Bu amaçla, yoğunlaştırıcı elektromanyetik mercekle toplanan, objektif mercekle odaklanan elektron demeti, yine elektromanyetik saptırıcı bobinlerle örnek yüzeyinde tarama işlemini (scanning) gerçekleştirir.

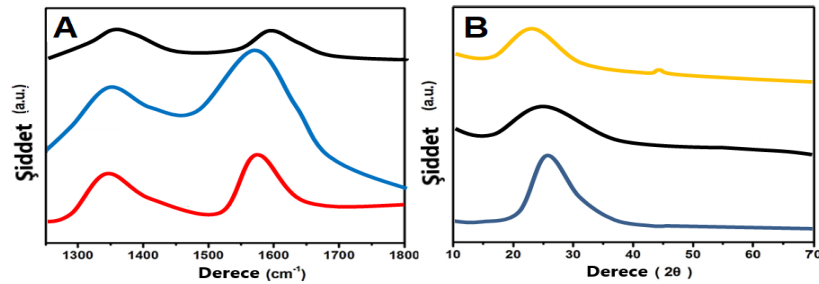


Resim 4.1. Sentezlenen GO ve çok duvarlı karbon nanotüp kompozitlerinin SEM görüntüleri [70]

F-MWCT'lerin , GQD'lerin ve GQD & f-MWCT kompozitinin yapısını vurgulamak için Raman spektroskopisi de yapıldı. Raman spektrumlarına göre (Bknz. Şekil 4.1-A), sırasıyla D ve G bandlarında $\sim 1340 \text{ cm}^{-1}$ ve $\sim 1600 \text{ cm}^{-1}$ iki belirgin pik gösterdi. $\sim 1340 \text{ cm}^{-1}$ tepe noktasında local bozukluklara ve düzensiz bir yapıya dönüşmüştür. $\sim 1600 \text{ cm}^{-1}$ tepe noktası, grafitleşmeyle ilişkili karbon atomlarının sp^2 bağlarına karşılık gelir [71] .

Yaklaşık 0,85'lik I_D/I_G oranı, GQD'larının karakteristik Raman spektrumlarına karşılık gelir [72] . GQD & f-MWCT kompozitinin I_D/I_G oranı 0,84'tür ve bu değer f-MWCT'lerinkinden daha yüksektir (0,75).

Bu durum, GQD'larının π - π etkileşimi yoluyla f-MWCT'lere penetrasyonundan sonra bariz bir bozukluk gösterdi. XRD paternlerine göre (Bknz. Şekil 4.1-B), GQD'larının XRD paterni $24,5^\circ$ (002) gösterdi. Katmanlar arası boşluk, grafitte (0,34 nm) kıyasla 0,40 nm'dir [73] . Bu durum GQD'larında oksijen varlığına karşılık geldi. F-MWCT'lerin XRD paterni $24,5^\circ$ 'de (002) yoğun bir tepe noktası ve $42,5^\circ$ 'de (100) küçük bir tepe noktası göstermiştir. $24,3^\circ$ ve $42,6^\circ$ 'taki zirveler, GQD & f-MWCT kompozitinin başarılı bir şekilde oluştuğunu doğrulamıştır.



Şekil 4.1. F-MWCT'lerin, GQD'lerin ve GQD & f-MWCT kompozitinin Raman spektroskopisi ve XRD Paternleri [63]

Burada kısaca Raman Spektroskopisi ve XRD çalışma prensiplerinden söz edecek olursak;

Raman spektroskopisi çalışma prensibi: Raman spektroskopisi, infrared gibi bir maddenin yapısı veya özellikleriyle ilgili önemli bilgiler edinmek için ışığın madde ile etkileşiminden yararlanan moleküler bir spektroskopik bir tekniktir. Raman spektroskopisi ile sağlanan bilgiler bir ışık saçılması prosesinden kaynaklanırken kızılötesi spektroskopisi ışığın emilmesine dayanır. Raman spektroskopisi, molekül için ve moleküller arası titreşimlerle ilgili bilgiler verir ve bir reaksiyonla ilgili daha geniş bir anlayış sağlayabilir.

XRD çalışma prensibi: X-Işını Kırınım yöntemi yani XRD, her bir kristalin fazın kendine özgü atomik dizilimlerine bağlı olarak X ışınları karakteristik bir düzen içerisinde kırılması esasına dayanarak çalışır. Farklı olan her kristalin faz için bu kırınım profilleri bir nevi parmak izi gibi o kristali tanımlar. X-Işını Kırınım analiz metodu, analiz sırasında numuneyi tahrip etmez ve çok az miktardaki numunelerin dahi analizlerinin yapılmasını sağlar. Numuneler sıvı, toz, kristal ve ince film halinde olabilir. X-Işını Kırınım cihazıyla kayaçların, kristalin malzemelerin, ince filmlerin ve polimerlerin nitel ve nicel incelemeleri yapılabilir.

4.1.2. GQD'larının & f-MWCT'lerin modifiye edilmiş camısı karbon elektrot (CKE) ile karakterizasyonu

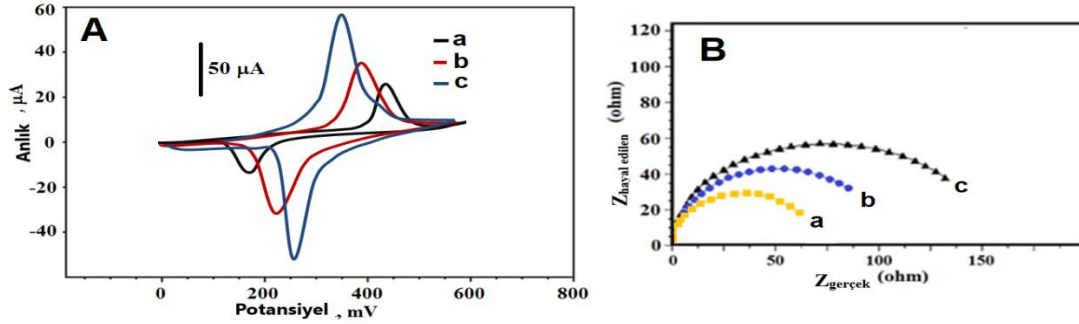
Elektrokimyasal çalışmalar için öncelikle Tez çalışması için hazırlanmış farklı nanomalzemeler temizlenmiş camısı karbon elektrotları yüzeyine damlatıldıktan sonra IR lambası altında kurutularak modifiye edilmiş elektrotlar hazırlanmıştır.

275 mV tepe potansiyel farkına (ΔE_p) sahip geri dönüşümlü pikler bariz bir şekilde CKE'de ortaya çıktı (Bknz. Şekil 4.2-A'daki eğri a'da). Yüksek yüzey alanı ve G'larının iyi kataliz özelliklerinden dolayı, GQD'ları & CKE (Bknz. Şekil 4.2-A'nın eğrisi b'nde) kompozisyonu kullanılarak daha kesin pikler gözlemlenmiştir [74]. Daha düşük kütle transfer direnci, ÇDKN (MWCT)'lerin daha fazla iletkenliğine bağlı olarak GKN'ları & f-ÇDKN(MWCT) & CKE ($\Delta E_p = 100$ mV) kullanılarak elde edilmiştir (Bknz. Şekil 4.2-A'nın eğrisi c'sinde) [75]. Şekil 4.2-A'da voltammogram a'dan voltammogram c'ye gidildikçe hem anodik ve katodik pik akımlarında belirgin bir artış hem de pik

potansiyelleri arasında farkın azaldığı görülmektedir. Bu durum tez çalışması için kullanılan GKN ve f-ÇDKN nanomalzemelerin yüksek iletkenlik ve yüksek spesifik yüzey alanlarından kaynaklanmaktadır. Böylece tez çalışması için katalizör olarak sentezlediğimiz GKN/f-ÇDKN'lerin kompozit malzemenin bir yakıt hücresi tasarlamak istediğimizde verimli bir katalizör olduğunu göstermektedir. CKE, f-ÇDKN(MWCT) & CKE, GKN(GQD) & GCE ve GKN(GQD) & f-ÇDKN(MWCT) & CKE'nin elektrokimyasal aktif alanları da sırasıyla 17,00 m²/g ; 41.90 m²/g ; 50,70 m²/g ve 119,00 m²/g olarak hesaplanmıştır. $i_p = 2,69 \times 10^5 A n^{3/2} D^{1/2} C v^{1/2}$ denklemiyle (Randles – Sevcik) [76]. Ek olarak, EIS spektrumları farklı modifiye edilmiş elektrotlar ile elde edilmiştir (Bknz. Şekil 4.2-B). EIS deneyleri esnasında Redoks probu olarak ferri siyanür/ferro siyanür redoks prop çiftini tercih edildi. Bu redoks çiftinin yüksek tersinir elektrokimyasal davranışı ve hem ileri yönde potansiyel taramasında hem de geri yönde potansiyel taramasında aktarılan elektron sayısının 1 olması Randles-Sevcik eşitliğinin kullanılmasında kolaylık sağladı. Yük aktarma direnci (R_{ct}) değerleri sırasıyla 175 ohm (eğri c), 75 ohm (eğri b) ve 25 ohm (a eğrisi) olarak elde edilir. CV ve EIS deneylerine göre, GKN(GQD)'ları & f-ÇDKN(MWCT)'leri & CKE kompoziti kullanılarak optimal elektrokimyasal tepkiler elde edildi. Şekil 4.2-B'de ise elde edilen impedans eğrilerinin CV voltammogramlarında elde edilen sonuçları doğruladığı göstermektedir. C eğrisi verilen modifiye edilmemiş camısı karbon elektrotta belirli bir kütle transfer direncinin olduğu ama nanomalzemeler ile modifiye edilmiş elektrot yüzeylerinde bu direncin azaldığı impedans eğrilerinde görülmektedir. Hem CV hem de EIS deneyleri iletkenliği yüksek ve elektrokatalitik aktivitesi oldukça iyi katalizörlerin elde edildiğini göstermektedir.

Dönüşümlü Voltametrinin çalışma prensimben söz edecek olursak;

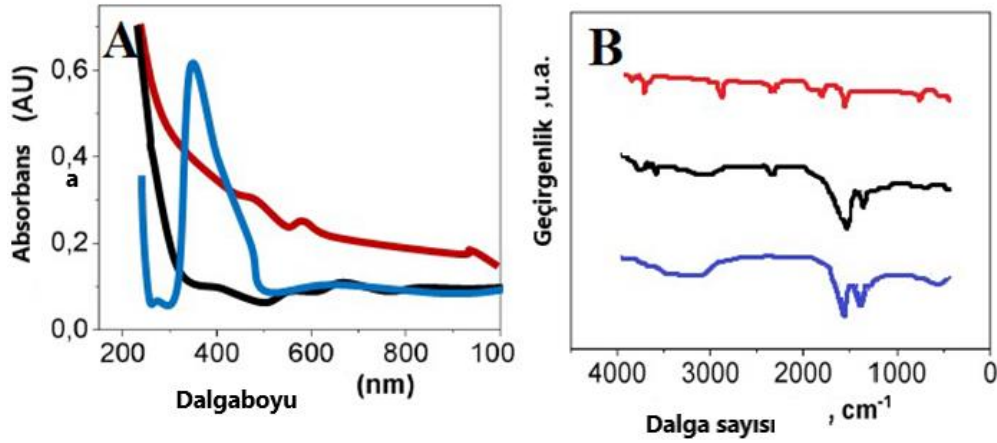
Dönüşümlü voltametri, çözültide ve çözülti elektrot ara yüzeyinde elektro aktif türlerin incelenmesi açısından en uygun elektro analitik tekniklerden birisidir. Bu teknikte sabit bir elektroda çok hızlı potansiyel taramaları uygulanır. Normal polarografide, potansiyel tarama hızı (v), damla ömrüne göre çok yavaştır. Örneğin 5 mV/s tarama hızında damla süresi 1 s ise bir damla ömrü esnasında potansiyeldeki değişme 5 mV kadardır. Tarama hızı bir damla ömrü için 100-200 mV/s civarında tutulursa ve belli bir potansiyelden sonra ilk tarama yönünde tarama yapılırsa bu voltametrik yöntem dönüşümlü voltametri (CV) adını alır.



Şekil 4.2. CKE , GKN & CKE ve CKE & GKN ve f-ÇDKN bileşimlerinin CV ve EIS karakterizasyonları [63]

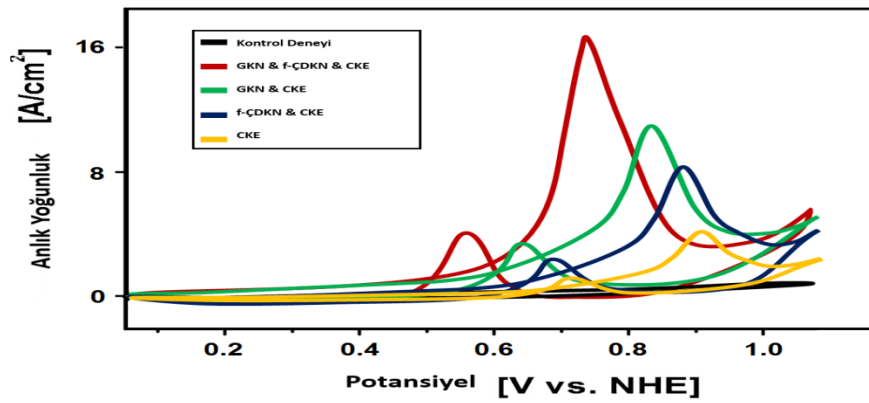
GKN, f-ÇDKN ve GKN/f-ÇDKN kompozit malzemenin optik özellikleri UV-Vis spektroskopisi ile verilmiştir (Şekil 4.3-A). GKN için yaklaşık 355 nm’de absorpsiyon piki aromatik C=C bağlarına karşılık gelen π - π^* geçişlerine karşılık gelmektedir. f-ÇDKN için ise sırasıyla 225 nm ve 335 nm bandlarına karşılık gelen π - π^* ve n- π^* geçişlerine aittir. Kompozit malzeme için ise gözlenen π - π^* ve n- π^* geçişleri malzemede GKN ve ÇDKN olduğunu kanıtlamaktadır. Şekil 4.3-B ise tipik fourer dönüşümlü infrared spektrumlarını (FTIR) göstermektedir. GKN için 1550 cm^{-1} de C=O gerilimi, 1275 cm^{-1} de C=O gerilimi, 2980 cm^{-1} de $-\text{CH}_2$ gerilimi ve 3325 cm^{-1} de $-\text{OH}$ gerilimi GKN başarılı eldesini kanıtlamaktadır. Fonksiyonelleşmiş çok duvarlı karbon nanotüpler için (f-ÇDKN) 3325 cm^{-1} de $-\text{OH}$ gerilimi ve 1585 cm^{-1} de C=O gerilimi çok duvarlı karbon nanotüpün yüzeyinde $-\text{COOH}$ ve $-\text{OH}$ gruplarının olduğunu kanıtlamaktadır. Kompozit malzeme için tipik -C=O, $-\text{OH}$ ve $-\text{C}-\text{O}$ gerilimleri GKN/f-ÇDKN kompozit malzemenin başarılı bir şekilde üretildiğini kanıtlamaktadır.

UV-Vis ve FTIR spektroskopisi çalışma prensibi: Ultraviyole ve görünür ışık (UV-Vis) absorpsiyon spektroskopisi bir ışın demetinin bir örnekten geçtikten veya bir örnek yüzeyinden yansıtıldıktan sonraki azalmasının ölçülmesidir. Işığın şiddetinin azalması absorpsiyonun arttığını gösterir. Örneğin derişimi belirli bir dalga boyundaki absorpsiyonunu ölçerek bulunur. Kızılötesi (IR) Spektroskopisi temel olarak kızılötesi ışığın incelenen madde tarafından soğurulmasına dayanır. Soğurulma, moleküldeki bağların titreşimi ve dönüşleri için gerekli miktarda dalga enerjisinin, cihaz tarafından elektromanyetik spektrumun kızılötesi bölgesinden gönderilmesiyle gerçekleşir.



Şekil 4.3. UV-Vis ve FTIR spektrumları (siyah: f-ÇDKN; mavi: GKN; kırmızı: GKN/f-ÇDKN [63])

Ek olarak, ÇKE, f-ÇDKN & ÇKE, GKN & ÇKE ve GKN & f-ÇDKN & ÇKE'nin elektrokatalitik aktiviteleri, $100 \text{ mV}\cdot\text{s}^{-1}$ 'de $0,5 \text{ M}$ metanol içeren $0,1 \text{ mol L}^{-1} \text{ HClO}_4$ 'te araştırıldı (Bknz. Şekil 4.4 'de) . Kontrol deneyinde herhangi bir yakıt kullanılmadığından doğal olarak herhangi bir elektrokimyasal davranış gözlenilmemiştir. Önceki CV ve EIS deneylerini destekleyecek türden kullanılan yakıtı karşı da GKN/f-ÇDKN/ÇKE modifiye elektrotun da en yüksek elektrokimyasal kataliz gösterdiği hem ileri yönde hem de geri yönde yapılan taramalar sonucu gözlenilmektedir. GKN & f-ÇDKN & ÇKE için $0,74 \text{ V}$ 'de $16,1 \pm 0,02 \text{ A cm}^{-2}$ ileri akım sinyali elde edilirken, $0,58 \text{ V}$ 'de $4,2 \pm 0,03 \text{ A cm}^{-2}$ ters akım sinyali görülmüştür.



9

Şekil 4.4. ÇKE, f-ÇDKN & ÇKE, GKN & ÇKE ve GKN & f-ÇDKN & ÇKE'nin elektrokatalitik aktiviteleri [63]

DMYH'ler için modifiye edilmiş elektrotlar Çizelge 4.1'de özetlenmiştir. Modifiye edilmemiş elektrottan modifiye edilmiş elektrota doğru gidildiğinde Pik potansiyellerinin daha küçük değerlere ($0,91 \text{ V}$ 'dan $0,74 \text{ V}$ 'a) kaydığı bu durum ise tasarlanacak yakıt hücresi için daha az enerji kullanılarak daha yüksek akım etkinliğinde bir hücre

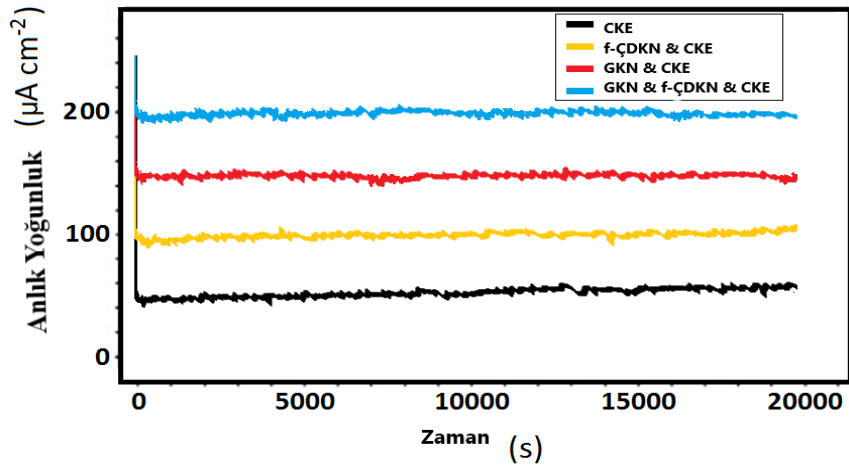
tasarlandığını göstermektedir. GKN & f-ÇDKN & CKE'nin ileri akım sinyali, sırasıyla GKN & CKE, f-ÇDKN & CKE ve CKE'ninkinden 1,49; 1,87 ve 3,43 kat daha yüksekti. Metanol içermeyen bir kontrol deneyi ayrıca GKN'ler & f-ÇDKN'ler & CKE ile gerçekleştirildi. Elde edilen voltammograma göre, ileri ve geri taramalarda akım sinyali alınmamıştır. Etkili yüzey alanı ve GKN'ler ile f-ÇDKN'ler arasındaki sinerjistik etkileşimler nedeniyle, GKN'ler & f-ÇDKN'ler & CKE kullanılarak metanole karşı önemli elektrokimyasal aktivite gözlenmiştir [77].

Çizelge 4.1. Üretilen modifiye edilmiş elektrotların DMFC'ler için verimliliklerinin karşılaştırılması (Tarama hızı: 100 mV s⁻¹) [63]

Elektrot	If (A cm ⁻²)	E (V)	Ib (A cm ⁻²)	E (V)	If/Ib
GKN&f-ÇDKN&CKE	16,10±0,02	0,74	4,20±0,03	0,50	3,83
GKN&CKE	10,80±0,01	0,83	3,80±0,04	0,65	2,84
f-ÇDKN&CKE	8,60±0,02	0,89	3,34±0,02	0,70	2,57
CKE	4,70±0,03	0,91	2,37±0,01	0,73	1,98

Anodik akım sinyali elektrokatalizör üzerindeki CO'nun uzaklaştırılması ile bağlantılı olduğundan, If/Ib oranı (ileri ve geri anodik tepe akım yoğunluklarının oranı) CO toleransının değerlendirilmesi ile ilişkilidir [78]. En yüksek If/Ib oranı, elektrokatalizör üzerindeki CO türlerinin en etkili şekilde uzaklaştırılmasını gösterir. GKN & f-ÇDKN & CKE'nin If/Ib oranı 3,83; GKN & CKE için 2,84'ten; f-ÇDKN & CKE için 2,57 ve CKE için 1,98'den yüksekti. Bu nedenle, bu sonuçlar GKN & f-ÇDKN & CKE'nin en etkili CO zehirlenme toleransına sahip olduğunu göstermektedir.

Ek olarak, GKN & f-ÇDKN & CKE, GKN & CKE, f-ÇDKN & CKE ve CKE'nin metanol oksidasyonu üzerindeki etkilerini anlamak için CA deneyleri gerçekleştirildi. Tüm elektrokatalizörler sabit akım durumundan önceki akım bozulmasını gösterir (Bknz. Şekil 4.5). Bozulma, eksik ürünlerin metanol oksidasyonu açısından elektrokatalizörlere adsorbe edebileceği ve zehirlenmeye neden olabileceği anlamına gelir. GKN & f-ÇDKN & CKE'nin mevcut yoğunluğu diğer elektrokatalizörlere kıyasla en yüksektir. Bu nedenle, GKN & f-ÇDKN & CKE, DMFC'ler için en etkili zehirlenme toleransına sahiptir.



Şekil 4.5. Tüm elektrokatalizörler sabit akım durumundan önceki akım bozulması [63]

4.1.3. Literatürde önceki katalizörler ile karşılaştırmaları

DMYH'lerin membran elektrot takımı (MEA) sunuldu. Yeni MEA ve konvansiyonel MEA'nın ESA'sı $52,6 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ ve $44,3 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ olarak bulundu. Sonuçlara göre, bu rapordaki GKN & f-ÇDKN & CKE'nin ESA değeri yeni MEA tabanlı DMFC'lerden daha yüksektir. Ek olarak, GKN & f-ÇDKN & CKE'nin mevcut yoğunluğu yeni MEA bazlı DMFC'lere kıyasla en yüksektir.

Bakır nanodomlar (CuND'ler) yumuşak litografi ve nanosfer litografisinin birleştirilmesiyle geliştirilmiştir. If/Ib oranları, yığın Cu ve Cu-ND elektrotları için 1,18 ve 2,00 olarak bulunmuştur. Bu nedenle, bu çalışmada GKN & f-ÇDKN & CKE'nin, yığın Cu ve Cu-NDs elektrotlarına kıyasla DMFC'ler için daha etkili zehirlenme toleransına sahip olduğunu söyleyebiliriz.

CuO ve Co_3O_4 nanoparçacıklarına (PVA-CuO- Co_3O_4) sahip polivinil alkol (PVA) nanofiberleri DMFC uygulamaları için sentezlendi. ESA ve If/Ib oran değerleri PVACuO- Co_3O_4 ve sırasıyla $54,56 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ ve 1,22 idi. Bu nedenle, bu çalışmada GKN & f-ÇDKN & CKE'nin CKE'nin daha etkili yüzey alanı ve CO toleransı vardı [63].

5. TARTIŞMA

Bu çalışmada, DMFC uygulaması için grafen kuantum noktaları (GKN) ve fonksiyonelleştirilmiş çok duvarlı karbon nanotüpleri (f-ÇDKN) içeren yeni ve etkili bir elektrokatalizör hazırlanmıştır. GKN & f-ÇDKN kompozitinin mikroskobik, spektroskopik ve elektrokimyasal karakterizasyonlarından sonra, GKN & f-ÇDKN kompozit bazlı elektrokatalistlerin metanole doğru elektrokatalitik aktiviteleri değerlendirildi. Özellikle 119.00 m²/g geniş yüzey alanına sahip yeni ve gelecek vaat eden elektrokatalizör hazırlanmış ve gelecekteki DMFC uygulamaları için yüksek elektro-oksidatif aktivite ve üstün CO toleransı bulunmuştur. Ek olarak, GKN & f-ÇDKN elektrokimyasal performansı, akım yoğunlukları ve ileri ve geri anodik tepe akım yoğunluklarının oranı gibi diğer katalizörler ile karşılaştırıldı. Hazırlanan GKN/f-ÇDKN/CKE temelli yakıt hücresi literatürdeki benzer yakıt hücrelerine göre daha iyi akım yoğunluğa sahip olduğunu görüyoruz. Ayrıca ileri ve geri yöndeki pik potansiyellerine bakarsak 0.71 V'da elektrokimyasal reaksiyonun gerçekleştiği görülmektedir. Bu sonucu olarak daha az enerji (potansiyel) uygulanarak hazırlanan elektrokimyasal yakıt hücresinin daha çevre dostu ve daha hızlı bir yakıt hücresi olduğunu da söyleyebiliriz

Ayrıca bu tezde nanomalzemelerin petrol mühendisliğinde kullanımı da incelenmiştir. Sonuçta, nanomalzemelerin sondaj ve tamamlama ile ilgili problemlerin çözümünde büyük rol oynaması beklenmektedir. Bunlar emülsiyon ve köpük instabilitesi, yüksek sıvı kaybı, mikrobiyolojik degradasyon, kuyu deliği instabilitesi, ıslanabilirlik sorunları ve toksik gaz kontaminasyonunu içerir. Gelecekteki sondaj operasyonlarının, geleneksel rezervuarlar ve derin su kaynakları gibi ekonomik ve teknik açıdan zorlayıcı petrol ve gaz kaynaklarının kullanılması nedeniyle daha da büyük teknik zorluklarla karşılaşması muhtemeldir.

Son yıllarda, doğal kaynaklara olan yüksek talep ve verimliliği artıran yeni teknolojilerin geliştirilmesi nedeniyle bu kaynaklardan gaz üretimi önemli ölçüde artmıştır. Ancak, bu kaynakları ekonomik açıdan daha rekabetçi hale getirmek için geliştirilmesi gereken birçok alan vardır. Nanoteknoloji, ekonomik ve teknik açıdan sağlam çözümler sağlayabilir. Derin su kuyularının inşası zor ve pahalıdır ve çalışma basıncı penceresinin darlığı, dolaşım, zayıf delik temizliği, sıkışmış boru, kuyu deliği dengesizliği ve zorlu çevresel kısıtlamalar dahil olmak üzere birçok potansiyel sorun yaratır. Bu nedenle, derin su

sondajı, sondaj maliyetini azaltmak, güvenliği artırmak ve çevresel etkiyi en aza indirmek için yeni teknolojilerin geliştirilmesini gerektirir. Ayrıca, genişletilmiş erişim sondajı rutin hale geliyor ve kendisi büyük teknik zorluklar sunan karmaşık operasyonları içeriyor.

Gelecekteki sondaj işlemleri, bu yeni sondaj teknolojilerinin özel ihtiyaçlarını karşılayan yeni malzemeler gerektirir. Bu tür malzemelerin boyut, mekanik mukavemet, fiziksel ve kimyasal stabilite, biyolojik bozunabilirlik ve çevre dostu olma açısından benzersiz özelliklere sahip olması beklenir. Birçok nanomalzeme bu özelliklerin en azından bir kısmını sergiler ve veya geleneksel malzemelerle etkileşime girdiklerinde benzersiz özellikler üretir [79].

Son olarak petrol endüstrisindeki nanoteknoloji alanlarını listeleyecek olursak;

- Sondaj, boru biçimli ürünler ve dönen parçalarda performansı ve güvenilirliği artırmak için güç ve dayanıklılık sağlayan nanoteknoloji ile geliştirilmiş malzemeler [43].
- Geliştirilmiş elastomerler, derin delme ve yüksek sıcaklık / yüksek basınçlı ortamlarda delme için kritik öneme sahiptir [43].
- Hidrofobik veya hidrofilik davranışı geliştiren, su altı uygulamaları için malzemeleri geliştiren tasarımcı özellikleri [43].
- Heterojen yüzeyler ve gözenekli katılar için çözücülerde ümit veren moleküler dinamikler kullanılarak gerçekleştirilen nanopartikül atlatma [43].
- Açık deniz platformlarında ağırlık gereksinimlerini azaltan hafif, dayanıklı malzemeler ve daha güvenilir ve enerji açısından daha verimli taşıma gemileri [43].
- Derin kuyularda ve düşmanca ortamlarda gelişmiş sıcaklık ve basınç değerleri için nanosensörler [43].
- Rezervuarların daha iyi keşfedilmesi, boyutlandırılması ve karakterizasyonu için yeni görüntüleme ve hesaplama teknikleri [43].
- Rezervuar karakterizasyonu, sıvı akışı izleme ve sıvı tipi tanıma hakkında veri sağlamak için gözenek boşluğuna “nanodust” vasıtasıyla yerleştirilen nanosensörler [43].
- Sondaj maliyetlerini azaltmak ve daha az sondaj atığı nedeniyle daha fazla çevre duyarlılığı sağlamak için küçük matkap deliği değerlendirme cihazları [43].

KAYNAKLAR

1. Kamaruddin M.Z.F., Kamarudin S.K., Daud W.R.W., Masdar M.S. (2013). "An overview of fuel management in direct methanol fuel cells", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 24, 557-565.
2. Yuan W., Zhou B., Deng J., Tang Y., Zhang Z., Li Z. (2014). "Overview on the developments of vapor-feed direct methanol fuel cells", *International Journal of Hydrogen Energy*, 39, 6689-6704.
3. Zhu J., He G., Shen P.K., (2015). "A cobalt phosphide on carbon decorated Pt catalyst with excellent electrocatalytic performance for direct methanol oxidation", *Journal of Power Sources*, 275, 279-283.
4. Ahn K., Kim M., Kim K., Ju H., Oh I., Kim J., (2015). "Fabrication of low-methanol-permeability sulfonated poly(phenylene oxide) membranes with hollow glass microspheres for direct methanol fuel cells", *Journal of Power Sources*, 276, 309-319.
5. Xu W., Zhu S., Li Z., Cui Z., Yang X., (2014). "Evolution of palladium/copper oxide-titanium dioxide nanostructures by dealloying and their catalytic performance for methanol electro-oxidation", *Journal of Power Sources*, 274, 1034-1042.
6. Medetalibeyoğlu H., Manap S., Yokuş Ö. A., Beytur M., Kardaş F., Akyıldırım O., Özkan V., Yüksek H., Yola M. L., Atar N., (2018) "Fabrication of Pt/Pd nanoparticles/polyoxometalate/ionic liquid nano hybrid for electrocatalytic oxidation of methanol", *Journal of The Electrochemical Society*, 165(5), F338-F341.
7. Falcão D.S., Oliveira V.B., Rangel C.M., Pinto A.M.F.R., (2014), "Review on micro-direct methanol fuel cells", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 34, 58-70.
8. Wu H., Cao Y., Li Z., He G., Jiang Z., (2014), "Novel sulfonated poly (ether ether ketone)/phosphonic acid-functionalized titania nano hybrid membrane by an in situ method for direct methanol fuel cells", *Journal of Power Sources* 273, 544-553.
9. Atar N., Eren T., Demirdögen B., Yola M.L., Çağlayan M.O., (2015a), "Silver, gold, and silver@gold nanoparticle-anchored l-cysteine-functionalized reduced graphene oxide as electrocatalyst for methanol oxidation", *Ionics*, 21, 2285-2293.
10. Gupta V.K., Eren T., Atar N., Yola M.L., Parlak C., Karimi-Maleh H., (2015), "CoFe₂O₄@TiO₂ decorated reduced graphene oxide nanocomposite for photocatalytic degradation of chlorpyrifos", *Journal of Molecular Liquids*, 208, 122-129.
11. Atar N., Eren T., Yola M. L., Karimi-Maleh H., Demirdögen B., (2015b), "Magnetic iron oxide and iron oxide@gold nanoparticle anchored nitrogen and

- sulfur-functionalized reduced graphene oxide electrocatalyst for methanol oxidation", RSC Advances, 5, 26402-26409.
12. Akyıldırım O., Kotan G., Yola M.L., Eren T., Atar N., (2016), "Fabrication of bimetallic Pt/Pd nanoparticles on 2-thiolbenzimidazole functionalized reduced graphene oxide for methanol oxidation", Ionics, 22, 593-600.
 13. Yola M.L., Eren T., Atar N., Saral H., Ermiş I., (2015), "Direct-Methanol Fuel Cell Based on Functionalized Graphene Oxide with Mono-Metallic and Bi-Metallic Nanoparticles: Electrochemical Performances of Nanomaterials for Methanol Oxidation", Electroanalysis, 28, 570-579
 14. Zhang Y., Chang G., Shu H., Oyama M., Liu X., He Y., (2014), "Synthesis of Pt-Pd bimetallic nanoparticles anchored on graphene for highly active methanol electro-oxidation", Journal of Power Sources 262, 279-285.
 15. Habibi B., Delnavaz N., (2015), "Pt-CeO₂/reduced graphene oxide nanocomposite for the electrooxidation of formic acid and formaldehyde", RSC Advances, 5, 73639-73650.
 16. Meyer J.C., Geim A.K., Katsnelson M.I., Novoselov K.S., Booth T.J., Roth S., (2007), "The structure of suspended graphene sheets", Nature, 446, 60-63.
 17. Wang H., Wang X., Li X., Dai H., (2009), "Chemical self-assembly of graphene sheets", Nano Research, 2, 336-342.
 18. Bao W., Miao F., Chen Z., Zhang H., Jang W., Dames C., Lau C.N., (2009), Controlled ripple texturing of suspended graphene and ultrathin graphite membranes, Nature Nanotechnology 4, 562-566.
 19. Gupta V.K., Atar N., Yola M.L., Üstündağ Z., Uzun L., (2014), "A novel magnetic Fe@Au core-shell nanoparticles anchored graphene oxide recyclable nanocatalyst for the reduction of nitrophenol compounds", Water Research, 48, 210-217.
 20. Gupta V.K., Yola M.L., Atar N., Ustundagi Z., Solak A.O., (2013a), "A novel sensitive Cu(II) and Cd(II) nanosensor platform: Graphene oxide terminated p-aminophenyl modified glassy carbon surface", Electrochimica Acta, 112, 541-548.
 21. B. Ertan, T. Eren, İ. Ermiş, H. Saral, N. Atar, M. L. Yola, (2016) . "Sensitive analysis of simazine based on platinum nanoparticles on polyoxometalate/multi-walled carbon nanotubes", Journal of Colloid and Interface Science, 470,14-21.
 22. M. L. Yola, N. Atar, (2019) . "Simultaneous Determination of β -agonists on Hexagonal Boron Nitride Nanosheets/Multi-walled Carbon Nanotubes Nanocomposite Modified Glassy Carbon Electrode", Materials Science and Engineering C, 96, 669-676.
 23. Zhu, S., Zhang, J., Qiao, C., Tang, S., Li, Y., Yuan, W., Yang, B. (2011). "Strongly green-photoluminescent graphene quantum dots for bioimaging applications", Chemical Communications, 47(24), 6858.

24. Bacon, M., Bradley, S. J., Nann, T. (2013). "Graphene Quantum Dots. Particle & Particle Systems Characterization, 31(4), Pages:415–428. doi:10.1002/ppsc.201300252.
25. Bak, S., Kim, D., & Lee, H.,(2016). "Graphene quantum dots and their possible energy applications: A review", Current Applied Physics, Volume 16(9),Pages 1192-1201 (2016). Graphene quantum dots and their possible energy applications: A review. Current Applied Physics, 16(9), 1192–1201
26. M. L. Yola, N. Atar, (2018). "A novel detection approach for serotonin by graphene quantum dots/two-dimensional (2D) hexagonal boron nitride nanosheets with molecularly imprinted polymer", Applied Surface Science, 458,648-655.
27. Jin, Z., Owour, P., Lei, S., & Ge, L. (2015). "Graphene, graphene quantum dots and their applications in optoelectronics", Current Opinion in Colloid & Interface Science, Pages 439-453, Volume 20.
28. Li, Y., Zhao, Y., Cheng, H., Hu, Y., Shi, G., Dai, L., & Qu, L. (2011). "Nitrogen-Doped Graphene Quantum Dots with Oxygen-Rich Functional Groups", Journal of the American Chemical Society, Volume 134(1), 15.
29. Tolga Çolak, A., Eren, T., Yola, M. L., Beşli, E., Şahin, O., & Atar, N. (2016). "3D Polyoxometalate-Functionalized Graphene Quantum Dots with Mono-Metallic and Bi-Metallic Nanoparticles for Application in Direct Methanol Fuel Cells", Journal of The Electrochemical Society, Volume:163(10), F1237
30. Zhang, Z., Zhang, J., Chen, N., & Qu, L,(2012)."Graphenequantum dots: an emerging material for energy-related applications and beyond", Energy Environ. Sci.,Volume 5, 8869-8890.
31. Fei, H., Ye, R., Ye, G., Gong, Y., Peng, Z., Fan, X.,Tour, J. M. (2014). "Boron- and Nitrogen-Doped Graphene Quantum Dots/Graphene Hybrid Nanoplatelets as Efficient Electrocatalysts for Oxygen Reduction", ACS Nano, Volume 8(10), 10837.
32. Wang, H., Wu, X., Dong, W., Lee, S.-L., Yuan, Q., & Gan, W. (2019). "One-step preparation of single-layered graphene quantum dots for the detection of Fe³⁺", Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, Volume 226,117626.
33. Shenghai Z., Hongbo X., Wei G., Qunhui Y.(2016), "Graphene quantum dots: recent progress in preparation and fluorescence sensing applications", RSC Advances, 110775-110788,6(112).
34. Kumawat, M. K., Thakur, M., Gurung, R. B., & Srivastava, R. (2017). "Graphene Quantum Dots for Cell Proliferation, Nucleus Imaging, and Photoluminescent Sensing Applications" Scientific Reports,volume 7(15858). Published: 20 November 2017.

35. Wang, X.; Li, Qunqing; Xie, Jing; Jin, Zhong; Wang, Jinyong; Li, Yan; Jiang, Kaili; Fan, Shoushan (2009). "Fabrication of Ultralong and Electrically Uniform Single-Walled Carbon Nanotubes on Clean Substrates". *Nano Letters*. 9 (9), Pages 3137–3141
36. Gullapalli, S.; Wong, M.S. (2011). "Nanotechnology: A Guide to Nano-Objects" (PDF). *Chemical Engineering Progress*. 107 (5), Pages:28–32.
37. Luo, J., Wu, J., (2004). "Effect of charge on the stability of single-walled carbon nanotubes". *Science in China Series G: Physics, Mechanics and Astronomy*, 47(6), Pages:685–693.
38. Seunghun, H., Myung, S. (2007). "Nanotube Electronics: A Flexible Approach to Mobility", *Nature Nanotechnology*, Volume 2, Pages 207 - 208.
39. Flahaut, E.; Bacsá, Revathi; Peigney, Alain; Laurent, Christophe (2003). "Gram-Scale CCVD Synthesis of Double-Walled Carbon Nanotubes". *Chemical Communications*. 12 (12), Pages: 1442–1443.
40. İljin Nanotechnology, "<http://www.iljinnanotech.co.kr/en/material/>", son erişim tarihi: 13 Mart 2011.
41. Dohle, H.; Mergel, J. & Stolten, D.,(2002). "Heat and power management of a direct-methanol-fuel-cell (DMFC) system", *Journal of Power Sources*, Volume 111, Pages 268-282.
42. Barış Balıkçı, "Politiyofen/Karbon Nanotüp Kompozitine Dayalı Yeni Bir Dopamin Biyosensörü Geliştirilmesi" (Yüksek Lisans Tezi, Burdur Üniversitesi,2019),44
43. Esmacili, A.,(2009). "Applications of Nanotechnology In Oil and Gas Industry ", *Petrotech 2009*, New Delhi,India, P09-076.
44. Rafati, R., Smith, S. R., Sharifi Haddad, A., Novara, R., & Hamidi, H. (2018). "Effect of nanoparticles on the modifications of drilling fluids properties: A review of recent advances", *Journal of Petroleum Science and Engineering*, Volume 161, Pages 61–76.
45. Dohle, H.; Mergel, J. & Stolten, D.,(2002). "Heat and power management of a direct-methanol-fuel-cell (DMFC) system", *Journal of Power Sources*, Volume 111, Pages 268-282.
46. Wei, Yongsheng; et al. (2012). "A novel membrane for DMFC – Na₂Ti₃O₇ Nanotubes/Nafion® composite membrane: Performances studies", *International Journal of Hydrogen Energy*. 37 (2): 1857–1864.
47. Matar, Saif; Hongtan Liu (2010). "Effect of cathode catalyst layer thickness on methanol cross-over in a DMFC", *Electrochimica Acta*. 56 (1): 600–606.

48. Almheiri, Saif; Hongtan Liu (2014). "Separate measurement of current density under land and channel in Direct Methanol Fuel Cells", *Journal of Power Sources*. 246: 899–905.
49. “<https://abcnews.go.com/Business/wireStory?id=8409053>” sitesinden alındı.
50. Wayback Machine ,“US Department of Transportation moves to approve fuel cells for aircraft use” Arşiv: 2009-02-11.
51. Xianglin L., Amir F.,(2012). “Review and advances of direct methanol fuel cells (DMFCs) part I: Design, fabrication, and testing with high concentration methanol solutions”, *Journal of Power Sources*, Pages: 223-240.
52. Gottesfeld S.,(2002)“Direct Methanol Fuel Cells for Portable Power”, *Fuel Cell Portable Power Workshop*, Phoenix, Arizona.
53. Ülgen A.T.,Döner A.,Haskul M.,(2019). “Doğrudan Metanollü Yakıt Hücreleri için TİO₂ Destekli Anot Geliştirilmesi”, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, Cilt 24, Sayı 1, Sayfalar 277-288.
54. Jha, N., Jafri, R. I., Rajalakshmi, N., & Ramaprabhu, S. (2011). “Graphene-multi walled carbon nanotube hybrid electrocatalyst support material for direct methanol fuel cell” *International Journal of Hydrogen Energy*, Volume 36(12), 7284–7290.
55. Li, W., Liang, C., Qiu, J., Li, H., Zhou, W., Sun, G., & Xin, and Q.,(2004). “Multi-walled carbon nanotubes supported Pt-Fe cathodic catalyst for direct methanol fuel cell”, *Reaction Kinetics and Catalysis Letters*, Volume 82(2), Pages 235–240.
56. Li, W., Liang, C., Zhou, W., Qiu, J., Zhou, Sun, G., & Xin, Q. (2003). “Preparation and Characterization of Multiwalled Carbon Nanotube-Supported Platinum for Cathode Catalysts of Direct Methanol Fuel Cells”, *The Journal of Physical Chemistry B*, Volume 107(26), Pages 6292–6299.
57. Li, W., Liang, C., Qiu, J., Zhou, W., Han, H., Wei, Z.,Xin, Q., (2002). “Carbon nanotubes as support for cathode catalyst of a direct methanol fuel cell”, *Carbon*, Volume 40(5), Pages 791–794.
58. Li, W., Liang, C., Zhou, W., Qiu, J., Li, H., Sun, G., & Xin, Q. (2004). “Homogeneous and controllable Pt particles deposited on multi-wall carbon nanotubes as cathode catalyst for direct methanol fuel cells”, *Carbon*, Volume 42(2), Pages 436–439.
59. W. F. McClune (man.ed.),(1981). *Powder Diffraction File, Inorganic Phases*, JCPDS International Centre for Diffraction Data, Swarthmore, PA, p. xix.
60. Tanju Eren, “Grafen Esaslı Nanomalzemelerin Geliştirilmesi ve Elektrokataliz Etkisiyle Metanol Oksidasyonunun Performanslarının Artırılması” (Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi,2016),11.
61. Yola, M. L., Eren, T., & Atar, N. (2014). “Molecularly imprinted electrochemical biosensor based on Fe@Au nanoparticles involved in 2-aminoethanethiol

- functionalized multi-walled carbon nanotubes for sensitive determination of cefexime in human plasma”, *Biosensors and Bioelectronics*, Volume 60, Pages 277–285. b) Yola, M. L., & Atar, N. (2016). Functionalized Graphene Quantum Dots with Bi-Metallic Nanoparticles Composite: Sensor Application for Simultaneous Determination of Ascorbic Acid, Dopamine, Uric Acid and Tryptophan. *Journal of The Electrochemical Society*, 163(14), B718–B725.
62. Zhu, X., Wu, G., Nan. Lu,N., Yuan, X., Li, B.,(2017]. “A miniaturized electrochemical toxicity biosensor raphene oxide quantum dots/carboxylated carbon nanotubes for assessment of priority pollutants”, *J. Hazard. Mat.*, Volume 324, 272-280.
63. Gizem Güneştekin, B., Medetalibeyoglu, H., Atar, N., & Lütfi Yola, M. (2020). Efficient Direct-Methanol Fuel Cell Based on Graphene Quantum Dots/Multi-Walled Carbon Nanotubes Composite. *Electroanalysis*.
64. Yola, M. L., Eren, T., & Atar, N. (2015). “A sensitive molecular imprinted electrochemical sensor based on gold nanoparticles decorated graphene oxide: Application to selective determination of tyrosine in milk”, *Sensors and Actuators B: Chemical*, Volume 210, Pages 149–157.
65. Mazloun-Ardakani, M., Aghaei, R., Abdollahi-Alibeik, M., & Moaddeli, A. (2015). “Fabrication of modified glassy carbon electrode using graphene quantum dot, gold nanoparticles and 4-(((4-mercaptophenyl)imino)methyl) benzene-1,2-diol by self-assembly method and investigation of their electrocatalytic activities”, *Journal of Electroanalytical Chemistry*, Volume 738, Pages 113–122.
66. Yola, M. L., Eren, T., & Atar, N. (2014). “Molecularly imprinted electrochemical biosensor based on Fe@Au nanoparticles involved in 2-aminoethanethiol functionalized multi-walled carbon nanotubes for sensitive determination of cefexime in human plasma”, *Biosensors and Bioelectronics*, Volume 60, Pages 277–285.
67. Yola, M. L., & Atar, N. (2016). Functionalized Graphene Quantum Dots with Bi-Metallic Nanoparticles Composite: Sensor Application for Simultaneous Determination of Ascorbic Acid, Dopamine, Uric Acid and Tryptophan. *Journal of The Electrochemical Society*, 163(14), B718–B725.
68. Janegitz, B. C., Pauliukaite, R., Ghica, M. E., Brett, C. M. A., & Fatibello-Filho, O. (2011). “Direct electron transfer of glucose oxidase at glassy carbon electrode modified with functionalized carbon nanotubes within a dihexadecylphosphate film”, *Sensors and Actuators B: Chemical*, Volume 158(1), Pages 411–417.
69. Eren, Elektrokataliz Etkisiyle Metanol Oksidasyonun Performanslarının Artırılması,15.
70. Aziz MA, Yang H. ,(2008) “Surfactant and polymer-free electrochemical micropatterning of carboxylated multi-walled carbon nanotubes on indium tin oxide electrodes”, *Chemical Communications*..826-8.

71. Zhang X-F, Xi Q., (2011). "A graphene sheet as an efficient electron acceptor and conductor for photoinduced charge separation", *Carbon.*, Volume 49, Pages 3842-50.
72. Zhang L, Zhang Z-Y, Liang R-P, Li Y-H, Qiu J-D., (2014). "Boron-Doped Graphene Quantum Dots for Selective Glucose Sensing Based on the "Abnormal" Aggregation-Induced Photoluminescence Enhancement", *Analytical Chemistry*;86:4423-30.
73. Sun Y, Wang S, Li C, Luo P, Tao L, Wei Y, (2016). "Large scale preparation of graphene quantum dots from graphite with tunable fluorescence properties", *Physical Chemistry Chemical Physics*;15:9907-13.
74. Yola ML, Atar N.(2016). "Functionalized Graphene Quantum Dots with Bi-Metallic Nanoparticles Composite: Sensor Application for Simultaneous Determination of Ascorbic Acid", Dopamine, Uric Acid and Tryptophan. *Journal of The Electrochemical Society*, Volume 163:B718-B25.
75. Dall'Agnese Y, Rozier P, Taberna P-L, Gogotsi Y, Simon P. (2016). "Capacitance of two dimensional titanium carbide (MXene) and MXene/carbon nanotube composites in organic electrolytes", *Journal of Power Sources.*;306:510-5.
76. Yola ML, Eren T, Atar N, Saral H, Ermiş İ.,(2016). "Direct-methanol Fuel Cell Based on Functionalized Graphene Oxide with Mono-metallic and Bi-metallic Nanoparticles: Electrochemical Performances of Nanomaterials for Methanol Oxidation", *Electroanalysis.* ;28:570-9.
77. Hu Y, Zhao Y, Lu G, Chen N, Zhang Z, Li H, et al. (2013). "Graphene quantum dots-carbon nanotube hybrid arrays for supercapacitors", *Nanotechnology* , Volume 24:195401.
78. Rashid M, Jun T-S, Jung Y, Kim YS., (2015). "Bimetallic core-shell Ag@Pt nanoparticle decorated MWNT electrodes for amperometric H₂ sensors and direct methanol fuel cells", *Sensors and Actuators B: Chemical*, Volume 208:7-13.
79. Ramadan A.,Subodh S.,(2010). "Vital Role of Nanopolymers in Drilling and Stimulation Fluid Applications", *SPE International*, SPE 130413.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : GÜNEŞTEKİN, Büşra Gizem
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 17.06.1994 / BATMAN
 Medeni hali : Bekar
 Telefon : 0 (537) 022 08 03
 Faks : -
 e-mail : b.gizemgnstkn@outlook.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek lisans	İskenderun Teknik Üniversitesi / Petrol ve Doğalgaz Mühendisliği	Devam Ediyor
Lisans	Gazi Üniversitesi / Kimya Mühendisliği	2017
Lise	Ziya Gökalp Anadolu Lisesi	2012

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2015 - Yaz	T.P.A.O. – ANKARA	Stajyer Mühendis
2016 - Yaz	McDonalds- NEW YORK CITY	Kasiyer(Work&Travel)
2017 - Yaz	TÜPRAŞ - BATMAN	Stajyer Mühendis
2018 - 2019	GÜLSAN HOLDİNG-GAZİANTEP	Kalite Kontrol Mühendisi
2019- Halen	ABC Deterjan San. A.Ş. / BAŞER KİMYA -OSMANIYE	Araştırma ve Geliştirme Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce – İspanyolca – Almanca

Yayınlar

Gizem Güneştekin, B., Medetalibeyoğlu, H., Atar, N., & Lütfi Yola, M. (2020). Efficient Direct-Methanol Fuel Cell Based on Graphene Quantum Dots/Multi-Walled Carbon Nanotubes Composite. Electroanalysis. DOI: 10.1002/elan.202060074.

DİZİN

A

Akış Özellikleri · iv

Ç

Çamur Terazisi · xi

E

Elek Analizi · x, xi

F

Filtrasyon Testi · vii

J

Jel · 17
Jel Mukavemeti Testi · 17

P

Petrol · 2, 39

S

SEM · viii
Sondaj · vii, 4, 5, 16

U

Uçucu Kül · iv, ix, 16

V

Viskozimetre · xi

X

XRD · viii
XRF · viii

Y

Yoğunluk Testi · vii, 16



TEKNOVERSİTE



teknoversite **AYRICALIĞINDASINIZ**

İSTE

