

**PENGARUH BERAT KMnO_4 DAN WAKTU OKSIDASI DI
METODE *HUMMERS* TERHADAP STRUKTUR,
MORFOLOGI DAN KONDUKTIVITAS
LISTRIK MEMBRAN ZnO/GO
MELALUI SPRAY COATING**

SKRIPSI

Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Mendapat Gelar Sarjana Teknik Pada
Jurusan Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa



MUHAMMAD IRFAN

3334160075

**JURUSAN TEKNIK METALURGI FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
CILEGON - BANTEN**

2022

LEMBAR PENGESAHAN

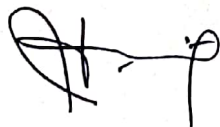
**PENGARUH BERAT $KMnO_4$ DAN WAKTU OKSIDASI DI
METODE *HUMMERS* TERHADAP STRUKTUR,
MORFOLOGI DAN KONDUKTIVITAS
LISTRIK MEMBRAN ZnO/GO
MELALUI SPRAY COATING**

SKRIPSI

Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Mendapat Gelar Sarjana Teknik Pada Jurusan
Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Disetujui untuk Jurusan Teknik Metalurgi oleh:

Pembimbing 1



Adhitya Trenggono, S.T., M.Sc.
NIP. 197804102003121001

Pembimbing 2



Yus Rama Denny M, S.Si., M.Si., Ph. D
NIP. 198206222009121002

LEMBAR PERSETUJUAN

**PENGARUH BERAT $KMnO_4$ DAN WAKTU OKSIDASI DI
METODE *HUMMERS* TERHADAP STRUKTUR,
MORFOLOGI DAN KONDUKTIVITAS
LISTRIK MEMBRAN ZnO/GO
MELALUI SPRAY COATING**

Disusun dan diajukan oleh:

Muhammad Irfan

3334160075

Telah disidangkan di depan dewan penguji pada tanggal

22 Juni 2022

Susunan Dewan Penguji

Penguji I (Ketua Sidang) : Adhitya Trenggono, S.T., M.Sc.

Penguji II : Yus Rama Denny M, S.Si., M.Si., Ph. D

Penguji III : Suryana, S.T., M.Si

Tanda Tangan

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Metalurgi



Adhitya Trenggono, S.T., M.Sc.

NIP. 197804102003121001

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya sebagai penulis Skripsi berikut:

Judul : Pengaruh Berat $KMnO_4$ dan Waktu Oksidasi di Metode *Hummers* terhadap Struktur, Morfologi dan Konduktivitas Listrik Membran ZnO/GO Melalui Spray Coating

Nama : Muhammad Irfan

NIM : 3334160075

Fakultas : Teknik

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi tersebut di atas adalah benar-benar hasil karya saya sendiri dan tidak memuat hasil karya orang lain, kecuali dinyatakan melalui rujukan yang benar dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila di kemudian hari ditemukan hal-hal yang menunjukkan bahwa sebagian atau seluruh karya ini bukan karya saya, maka saya bersedia dituntut melalui hukum yang berlaku. Saya juga bersedia menanggung segala akibat hukum yang timbul dari pernyataan yang secara sadar dan sengaja saya nyatakan melalui lembar pernyataan ini.

Cilegon, Juni 2022



Muhammad Irfan

NIM. 3334160075

ABSTRAK

Di era yang serba digital ini, teknologi seperti produk elektronik merupakan hal yang penting. Menghilangkan ketergantungan pada produk elektronik, khususnya ilmuwan material, diharapkan dapat menghasilkan material yang berukuran kecil dan ringan, namun memiliki sifat elektronik dan mekanik yang baik. Dengan teknologi thin film diharapkan dapat diperoleh suatu bahan yang berkualitas baik, sehingga dapat diaplikasikan ke dalam suatu bahan. Dewasa ini perkembangan penelitian tentang penumbuhan lapisan tipis semakin maju yang dapat diaplikasikan untuk bidang komunikasi, ilmu teknik dan teknologi lainnya termasuk aplikasi dalam fisika, yang digunakan dalam industri elektronika, mikro elektronika untuk perangkat bahan semikonduktor. *Zinc Oxide* (ZnO) merupakan salah satu bahan dasar pembuatan lapisan tipis. ZnO adalah material semikonduktor tipe-n golongan II-IV dengan lebar band gap 3,20 eV pada suhu kamar, Selain itu, ZnO memiliki sifat emisi yang dekat dengan sinar UV, fotokatalis, konduktivitas dan transparansi yang tinggi. Bahan ini digunakan sebagai bahan dasar lapisan tipis, karena memiliki beberapa keunggulan dalam aplikasinya, terutama dalam bidang sensor, sel surya, serta *nanodevice*. *Grafena oxide* (GO) merupakan bahan yang baik sebagai substrat pertumbuhan untuk nanomaterial dengan morfologi dan karakteristik yang dapat dioptimalkan. Pada penelitian ini dilakukan pembuatan membran ZnO/GO. Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan berat KMnO_4 dan waktu oksidasi untuk mengetahui pengaruhnya terhadap struktur, morfologi dan konduktivitas listrik membran ZnO/GO. Membran ZnO/GO pada penelitian ini dibuat dengan proses filtrasi vakum untuk mendapatkan membran GO dan dilanjutkan dengan proses *spray coating* untuk mendeposisikan ZnO. Hasil penelitian menunjukkan waktu oksidasi pada metode *Hummers* yang optimal adalah 3 jam dan berat KMnO_4 pada metode *Hummers* yang optimal adalah 8 gram. Nilai sheet resistance terendah didapat pada sampel dengan waktu oksidasi 3 jam dan berat KMnO_4 8 gram sebesar 0,4898k Ω /sq. Nilai konduktivitas listrik tertinggi didapat pada sampel dengan waktu oksidasi 3 jam dan berat KMnO_4 8 gram sebesar 8,0514S/m. Nilai Intensitas pita G dan D pada spektrum Raman terdapat pada sampel dengan waktu oksidasi 3 jam dan berat KMnO_4 8 gram. Analisis XRD yang didapat menunjukkan membran ZnO/GO memiliki unsur karbon dengan struktur kristal ortorombik dan memiliki unsur zinc dengan struktur kristal heksagonal

Kata Kunci : *Zinc Oxide*, *Grafena oxide*, semikonduktor, konduktivitas listrik

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan skripsi ini dengan baik. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Adhitya Trenggono, S.T., M.Sc. selaku Ketua Jurusan sekaligus Koordinator Skripsi Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, serta sebagai Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, saran dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Yus Rama Denny M., S.Si., M.Si., Ph. D. sebagai Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan serta motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak, ibu, dan keluarga penulis yang tak pernah lelah memberi motivasi, semangat, serta do'a untuk menyelesaikan penelitian ini.
4. Keluarga kontrakan Alamanda 23 yang telah membantu.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pihak lain yang membaca.

Cilegon, Juni 2022

Muhammad Irfan

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
BAB I _PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB II _TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Karbon.....	5
2.2 Grafena	7
2.2.1 Grafena Oksida	8
2.3 Sintetis Grafena Oksida (Metode <i>Hummers</i>)	9

2.4	Seng Oksida	10
2.5	Filtrasi Vakum.....	11
2.6	Spray Pyrolisis	13
2.7	Karakterisasi <i>Membran</i>	14
	2.7.1 <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	14
	2.7.2 <i>Raman Spectroscopy</i>	15
	2.7.3 Konduktivitas Listrik (<i>Four Point Probe</i>)	17

BAB III _METODE PENELITIAN

3.1	Diagram Alir Penelitian	19
3.2	Alat dan Bahan.....	21
	3.2.1 Alat	21
	3.2.2 Bahan	21
3.3	Prosedur Penelitian.....	22
	3.3.1 Tahap Sintesis Grafena Oksida	22
	3.3.2 Tahap Pembuatan Membran GO	22
	3.3.3 Tahap Pembuatan Lapisan Tipis ZnO pada substrat GO	23
	3.3.4 Tahap Karakterisasi Lapisan Tipis	23

BAB IV _HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Data Hasil Penelitian.....	24
4.2	Konduktivitas Listrik	25
4.3	<i>Raman Spectroscopy</i>	32
4.4	<i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	37

BAB V _KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	42
5.2 Saran.....	42
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN A_CONTOH PERHITUNGAN	49
LAMPIRAN B_DATA HASIL PENELITIAN	51
LAMPIRAN C_ALAT DAN BAHAN.....	56

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 2.1. Sifat Grafena	6
Tabel 4.1 Data Pengujian <i>Four Point Probe</i>	24
Tabel 4.2 Data Pengujian <i>Raman Spectroscopy</i>	24

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 2.1 Jenis Alotrop Karbon	6
Gambar 2.2 (a) Grafena dan (b) Grafena Oksida	9
Gambar 2.3 Skema Proses Pembuatan Membran GO dengan Filtrasi Vakum.....	12
Gambar 2.4 Skema Proses <i>Spray Pyrolysis</i>	14
Gambar 2.5 Skema Proses <i>X-Ray Diffraction</i>	15
Gambar 2.6 Skema Proses <i>Raman Spectroscopy</i>	16
Gambar 2.7 Skema Proses Four Point Probe	18
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	20
Gambar 4.1 Grafik Pengaruh Waktu Oksidasi pada penambahan KMnO ₄ 6 gram.....	25
Gambar 4.2 Grafik Pengaruh Waktu Oksidasi pada penambahan KMnO ₄ 8 gram.....	26
Gambar 4.3 Grafik Pengaruh Waktu Oksidasi pada penambahan KMnO ₄ 10 gram.....	27
Gambar 4.4 Grafik Pengaruh Penambahan KMnO ₄ pada Waktu Oksidasi 2 jam.....	28
Gambar 4.5 Grafik Pengaruh Penambahan KMnO ₄ pada Waktu Oksidasi 3 jam.....	29
Gambar 4.6 Grafik Pengaruh Penambahan KMnO ₄ pada Waktu Oksidasi 4 jam.....	30

Gambar 4.7 Raman Spektrum dari Membran GO	33
Gambar 4.8 Raman Spektrum dari Membran ZnO/GO dengan KMnO ₄ 6 gram dan waktu oksidasi 2 jam.....	35
Gambar 4.9 Raman Spektrum dari Membran ZnO/GO dengan KMnO ₄ 6 gram dan waktu oksidasi 3 jam.....	35
Gambar 4.10 Raman Spektrum dari Membran ZnO/GO dengan KMnO ₄ 8 gram dan waktu oksidasi 2 jam.....	36
Gambar 4.11 Raman Spektrum dari Membran ZnO/GO dengan KMnO ₄ 6 gram dan waktu oksidasi 2 jam.....	36
Gambar 2.12 Hasil Karakterisasi XRD	37
Gambar 2.13 Hasil Karakterisasi XRD GO Standar	38
Gambar 2.14 Hasil Karakterisasi XRD Membran ZnO/GO dengan Berat KMnO ₄ 6 gram.....	39
Gambar 2.15 Hasil Karakterisasi XRD Membran ZnO/GO dengan Berat KMnO ₄ 8 gram.....	40
Gambar 2.16 Hasil Karakterisasi XRD Membran ZnO/GO dengan Berat KMnO ₄ 10 gram.....	41
Gambar B.1 Raman Spektrum dari Membran GO.....	48
Gambar B.2 Raman Spektrum dari Membran ZnO/GO dengan KMnO ₄ 6 gram dan waktu oksidasi 2 jam.....	48
Gambar B.3 Raman Spektrum dari Membran ZnO/GO dengan KMnO ₄ 6 gram dan waktu oksidasi 3 jam.....	49
Gambar B.4 Raman Spektrum dari Membran ZnO/GO dengan KMnO ₄	

8 gram dan waktu oksidasi 2 jam.....	49
Gambar B.5 Raman Spektrum dari Membran ZnO/GO dengan KMnO ₄	
6 gram dan waktu oksidasi 2 jam.....	50
Gambar C.1 Furnace	52
Gambar C.2 Gelas Beker.....	52
Gambar C.3 <i>Magnetic Stirrer</i>	52
Gambar C.4 Neraca Digital.....	52
Gambar C.5 Filtrasi Vakum	52
Gambar C.6 <i>Ultrasonic Bath</i>	52
Gambar C.7 Filtrasi Vakum	52
Gambar C.8 <i>Air Brush Kit</i>	52
Gambar C.9 Grafit.....	53
Gambar C.10 Air Deionisasi	53
Gambar C.11 Zinc Acetate Dihydrate.....	53
Gambar C.12 Isopropanol	53
Gambar C.13 <i>Membrane filter mix cellulose ester</i>	53
Gambar C.14 Aseton.....	53
Gambar C.15 Asam Sulfat (H ₂ SO ₄) 98%.....	53
Gambar C.16 Asam Nitrat (HNO ₃).....	53
Gambar C.17 Potasium Permanganat (KMnO ₄)	54
Gambar C.18 Hidrogen Peroxide (H ₂ O ₂) 30%	54
Gambar C.19 Asam Klorida (HCl) 37%	54

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di era yang serba digital ini, teknologi seperti produk elektronik merupakan hal yang penting. Menghilangkan ketergantungan pada produk elektronik, khususnya ilmuwan material, diharapkan dapat menghasilkan material yang berukuran kecil dan ringan, namun memiliki sifat elektronik dan mekanik yang baik. Dengan teknologi thin film diharapkan dapat diperoleh suatu bahan yang berkualitas baik, sehingga dapat diaplikasikan kedalam suatu bahan. Dewasa ini perkembangan penelitian tentang penumbuhan lapisan tipis semakin maju yang dapat diaplikasikan untuk bidang komunikasi, ilmu teknik dan teknologi lainnya termasuk aplikasi dalam fisika, yang digunakan dalam industri elektronika, mikro elektronika untuk perangkat bahan semikonduktor (Li, 2010).

ZnO merupakan salah satu bahan dasar pembuatan lapisan tipis. ZnO adalah material semikonduktor tipe-n golongan II-IV dengan lebar band gap 3,20 eV pada suhu kamar (Li, 2010). Selain itu, ZnO memiliki sifat emisi yang dekat dengan sinar UV, fotokatalis, konduktivitas dan transparansi yang tinggi. Bahan ini digunakan sebagai bahan dasar lapisan tipis, karena memiliki beberapa keunggulan dalam aplikasinya, terutama dalam bidang sensor, sel surya, serta *nanodevice* (Guanglong, 2007). *Grafena oxide* merupakan bahan yang baik sebagai substrat penumbuhan

untuk nanomaterial dengan morfologi dan karakteristik yang dapat dioptimalkan (Wang, 2010).

Peneliti sebelumnya (Kim, 2021) telah berhasil melakukan sintesis seng oksida di atas substrat grafena. Pada penelitian tersebut diperoleh film tipis seng oksida dengan struktur kristal berbentuk *nano wire*. Maka dari itu tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana struktur kristal lapisan tipis ZnO yang disintesis pada permukaan grafena oksida sekaligus guna mengetahui bagaimana berat KMnO_4 dan waktu oksidasi di metode *Hummers* pada membran ZnO/GO mempengaruhi membran tersebut.

1.2 Identifikasi Masalah

Grafrit memiliki beberapa ikatan antar karbon pada setiap layernya. Oleh karena itu dilakukan sintesis dengan metode *Hummers* untuk dapat memutus ikatan lapisan karbon grafrit sehingga menjadi beberapa lembaran grafena oksida. Dengan variasi oksidator kuat yaitu kalium permanganat (KMnO_4) dengan waktu oksidasi sehingga diharapkan mendapatkan grafena oksida yang lebih bagus dan dapat meningkatkan ikatan antara grafena oksida dengan ZnO.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini secara umum adalah untuk memperoleh cara mengendalikan morfologi dari ZnO nanokristal. Secara khusus, tujuan dilakukannya penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh penambahan oksidator KmnO_4 di reaksi *Hummers* pada membran ZnO/GO.
2. Mengetahui pengaruh waktu reaksi oksidasi pada membran ZnO/GO.
3. Mengetahui konduktivitas listrik dari membran ZnO/GO.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Grafena oksida dibuat dengan metode *Hummers* yang dimodifikasi.
2. Larutan kimia yang digunakan untuk melakukan proses sintesis grafena oksida adalah asam sulfat (H_2SO_4), asam nitrat (HNO_3), kalium permanganat (KMnO_4), hidrogen peroksida (H_2O_2), dan Isopropanol.
3. Variabel tetap pada proses sintesis grafena oksida adalah temperatur pemanasan 85°C , temperatur *ice bath*, dan temperatur hangat 35°C .
4. Membran GO dibuat dengan metode filtrasi vakum dan ZnO dideposisi diatas membran GO dengan metode *spray pyrolysis*.
5. Variabel tetap pada proses filtrasi vakum membran grafena oksida adalah berat grafena oksida 25 gram, volume akuades 10mL waktu pemanasan 30 menit dan suhu pemanasan 55°C .
6. Variabel tetap pada proses deposisi ZnO pada membran grafena oksida adalah konsentrasi ZnO 0,10 M, ukuran *nozzle* 0,5 mm, jarak *nozzle* terhadap membran sejauh 30 cm, dan waktu deposisi 5 menit.
7. Variabel bebas penelitian ini yaitu

- a. Waktu oksidasi pada proses sintesis grafena oksida dengan menggunakan metode *Hummers* yang dimodifikasi dengan variasi waktu 2 jam, 3 jam, dan 4 jam.
 - b. Penambahan berat KMnO_4 pada proses sintesis grafena oksida dengan menggunakan metode *Hummers* yang dimodifikasi dengan variasi berat 6 gram, 8 gram, dan 10 gram.
8. Penelitian dilakukan di Laboratorium Metalurgi dan Laboratorium Material Fungsional Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Kota Cilegon.
 9. Karakterisasi untuk mengetahui sifat material menggunakan *Four Point Probe*, *X-Ray Diffraction (XRD)*, dan *Raman Spectroscopy*.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan penelitian ini terdiri atas lima bab. Bab 1 menjelaskan tentang latar belakang adanya penelitian, rumusan masalah merupakan dasar penelitian ini, tujuan penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan. Bab 2 menjelaskan tentang teori-teori karbon, grafena, grafena oksida, metode yang digunakan, dan teori lainnya yang mendukung penelitian ini. Bab 3 menjelaskan mengenai bahan dan alat yang digunakan, tahapan proses dan uraian proses penelitian. Bab 4 menjelaskan mengenai hasil penelitian dan pembahasan yang didukung oleh literatur. Bab 5 menjelaskan mengenai kesimpulan penelitian yang dikaitkan dengan tujuan penelitian dan saran untuk penelitian berikutnya.

DAFTAR PUSTAKA

Alami, J. (2022). *Plasma Characterization & Thin Film Growth and Analysis in Highly Ionized Magnetron Sputtering*.

Arief E. R., Asep S, Dudi D. (2019). Pengukuran Resistivitas pada Pelat Konduktor Tipis Menggunakan Metode *Four Point Probe*. e-Proceeding of Engineering : Vol.6, No.2 Agustus 2019 | Page 5305

Bhuyan, Md, dkk. (2016). *Synthesis of graphene*. International Nano Letters. 6. 65-83. 10.1007/s40089-015-0176-1.

Canham, GR. (2000). Descriptive *Inorganic Chemistry*. W.H. Freeman and Company. New York. 249 – 256, 277.

Feng, H. (2013). *A Low-Temperature Method to Produce Highly Reduced Graphene Oxide*. China : Jurnal Nature Communications DOI : 10.1038

Ferrari A. C, dkk. (2006). *Raman Spectrum of Graphene and Graphene Layers*. Physical Review Letters. DOI:10.1103/PhysRevLett.97.187401

Li, Y, dkk (2010). *Effect of aging time of ZnO sol on the structural and optical properties of ZnO thin films prepared by sol–gel method*. Applied Surface Science - APPL SURF SCI. 256. 4543-4547. 10.1016/j.apsusc.2010.02.044.

Liewhiran, C. dkk. (2007). “*Improvement of flame-made ZnO nanoparticulate thick film morphology for ethanol sensing*”. Sensors, 7, 650-675

Marcano, D.C., et al. (2010) Improved Synthesis of Grafena Oxide. ACS Nano, 4, 4806-4814. doi:10.1021/nn1006368

Mukhopadhyay, Ankan. (2015). *Measurement Of Magnetic Hysteresis Loops in Continuous And Patterned Ferromagnetic Nanostructures by Static Magneto-Optical Kerr Effect Magnetometer*.

Murat, dkk. (2011). *The Synthesis of Graphene Sheets With Controlled Thickness and Order Using Surfactant-Assisted Electrochemical Processes*. Spanyol: Elsevier.

Perednis, D. 2003. *Thin film deposition by spray pyrolysis and the application in solid oxide fuel cells*. Tesis. Swiss Federal Institute of Technology. Zurich.

Ratna K, 2008. Prinsip-Prinsip Kimia Modern / ED.4/JL.2. Erlangga: Jakarta

S. M. Choi, Wonbong, Lee, Jo-won. (2011). *Synthesis and characterization of grafena supported metal nanoparticles by impregnation method with heat treatment in H atmosphere*. Synthetic Metals Science. 319. 1229–1232.

Regonini, Domenico. (2008). *Anodised TiO₂ Nanotubes: Synthesis, Growth Mechanism and Thermal Stability*.

Salisu Nasir, Mohd Zobir Hussein, Zulkarnain Zainal and Nor Azah Yusof. 2018. *Carbon-Based Nanomaterials/Allotropes: A Glimpse of Their Synthesis, Properties and Some Applications*. Materials, 11, 295.

Svarovsky, L. (2001). *Vacuum filtration. Solid-Liquid Separation*, 409–431.
doi:10.1016/b978-075064568-3/50039-0

Szymanski H.A, 1967. *RAMAN SPECTROSCOPY Theory and Practice*. Plenum Press. New York. DOI: 001: 10.1007/978-1-4684-3024-0

Wan L, Ren Z, Wang H, Wang G, Tong X, Gao S, dkk. 2011. *Graphene nanosheets based on controlled exfoliation process for enchanced lithium storage in lithium-ion battery*. Diamond and Related Materials. 20(5-6):756-761

Wang, H., Robinson, J. T., Diankov, G., & Dai, H. (2010). *Nanocrystal Growth on Graphene with Various Degrees of Oxidation*. *Journal of the American Chemical Society*, 132(10), 3270–3271. doi:10.1021/ja100329d

Wang, J., & Wang, H. (2015). *Synthesis of free-standing reduced graphene oxide membranes with different thicknesses and comparison of their electrochemical performance as anodes for lithium-ion batteries*. *RSC Advances*, 5(38), 30084–30091. doi:10.1039/c5ra01533b

Zhang, J. X. J., & Hoshino, K. (2019). *Fundamentals of nano/microfabrication and scale effect*. *Molecular Sensors and Nanodevices*, 43–111. doi:10.1016/b978-0-12-814862-4.00002-8

Zou, Guanglong & Chen, Weixiang & Liu, Run & Xu, Zhude. (2007). *Orientation enhancement of polycrystalline ZnO thin films through thermal oxidation of electrodeposited zinc metal*. *Materials Letters*. 61. 4305-4308. 10.1016/j.matlet.2007.01.092.