



PENGARUH MASSA *SOURCE* AG TERHADAP KETEBALAN *THIN FILM* MELALUI DEPOSISI *VACUUM THERMAL EVAPORATION*

Kurniati Abidin¹, Jasruddin Daud Malago², Fatimah Arofiati Noor³, dan Toto Winata³

¹*Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Makassar*

²*Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Makassar*

³*Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung*

email: kurniati.abidin@uin-alauddin.ac.id

INFO ARTIKEL

Status artikel:

Diterima: 9 Juni 2021

Disetujui: 28 Juni 2021

Tersedia online: 30 Juni 2021

Keywords: Thin film, deposition, vacuum thermal evaporation, mass of source, layer thickness.

ABSTRACT

The purpose of this research to determine the effect of mass of source on the thickness of thin film using the vacuum thermal evaporation method. The metal used is Ag with a purity of 99,99% as a source of evaporated metal and using glass as a substrate on which metal is deposited. By using three types of characterization such as FPP, SEM and EDS, the results were obtained accurately. Based on these characterizations, the results obtained showed a significant relationship between mass of source and thickness of thin film, where increasing the mass of the source will increase the thickness of thin film. This result can be used as a reference in producing thin films with specific thickness.

1. PENDAHULUAN

Deposisi *thin film* merupakan teknologi yang digunakan untuk membentuk lapisan yang sangat tipis (dalam orde nanometer) dari suatu material. *Thin film* tersebut dibentuk di atas permukaan substrat atau di atas lapisan yang telah dideposisi sebelumnya. Pembuatan *thin film* merupakan inti dari industri semikonduktor (Kimura, M., dkk), pembuatan katalis (Abidin, K., dkk), solar sel (Hosen, A., dkk), CD, *drive disk* (Kongtungmon, M., dkk), serta perangkat optik (Zhang, C., dkk).

Deposisi *thin film* terbagi menjadi dua kategori utama, yaitu deposisi secara kimia atau yang dikenal dengan istilah *chemical vapor deposition* (CVD) dan deposisi dengan sistem penguapan secara fisik atau dikenal dengan istilah *physical vapor deposition* (PVD). CVD menggunakan prekursor fluida yang mudah menguap serta meninggalkan lapisan yang diendapkan secara kimiawi, digunakan untuk menghasilkan material padat dengan kemurnian tinggi. Salah satu teknik CVD ini adalah *plasma enhanced CVD* (PECVD) yang dilakukan oleh Momang dkk untuk menumbuhkan graphene berkatalis Nikel.

Berbeda dengan CVD yang menggunakan proses kimia, PVD mengacu pada proses mekanis, elektromekanis atau termodinamik. Dua teknik yang paling umum dari PVD adalah *thermal evaporation* dan *sputtering*. Proses *sputtering* melibatkan injeksi material yang merupakan sumber ke substrat dalam *chamber* yang vakum. Efek ini disebabkan oleh bombardier target oleh gas terionisasi yang seringkali merupakan gas inert seperti Argon, Nitrogen dan Oksigen. Metode ini memiliki kemampuan adalah material dengan titik leleh yang sangat tinggi akan mudah terhambur. Namun memiliki impuritas tertinggi dari semua metode PVD, serta keseragaman yang buruk.

Keseragaman yang sangat baik dapat diperoleh dengan menggunakan teknik *thermal evaporation*. Teknik ini melibatkan pemanasan bahan padat yang akan digunakan untuk melapisi substrat di dalam ruang vakum. Bahan padat tersebut dibiarkan sampai mendidih dan menguap sehingga menghasilkan tekanan uap. Di dalam *chamber* yang vakum, tekanan uap yang rendah sekalipun sudah cukup untuk menaikkan uap. Bahan yang menguap dalam *chamber* yang vakum memungkinkan bergerak tanpa bereaksi atau berhamburan dengan atom lain. Uap tersebut bergerak di dalam *chamber* lalu menyentuh dan menempel pada substrat, yang akhirnya membentuk lapisan atau *thin film*.

Teknik vacuum thermal evaporation inilah yang digunakan dalam tulisan ini, dengan menggunakan material Ag dengan kemurnian 99,99%. Lapisan *thin film* yang terbentuk akan menjadi langkah awal pembentukan katalis, yang dapat dijadikan site atau wadah penumbuhan material nano karbon seperti carbon nanotube (CNT), graphene, dan graphite. Aplikasi material nano karbon tersebut menjadi teknologi baru dalam bidang actuator (Xu, Y., dkk), biosensor (Pan, S., dkk), sel surya (Cao, Y., dkk), baterai (Cao, Y., dkk), transistor efek medan (Yao, Z., dkk) dan sebagai pembawa pada obat (Zare, H., dkk).

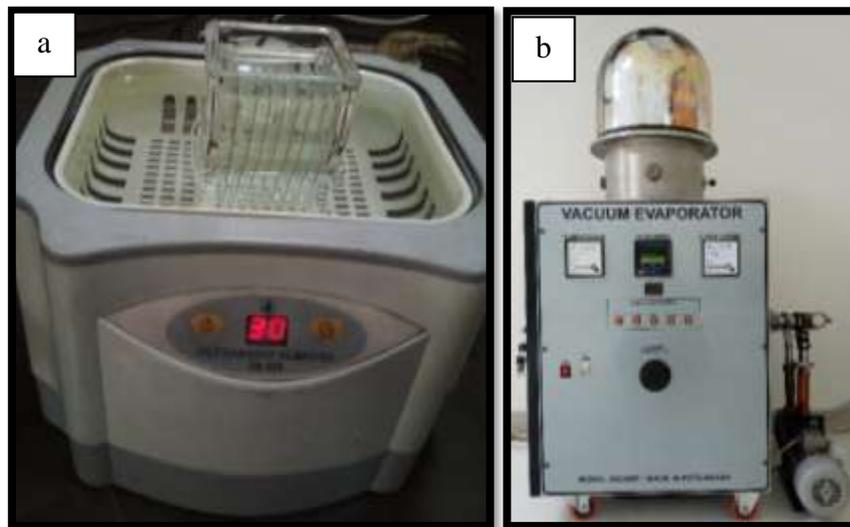
Katalis yang digunakan untuk penumbuhan CNT, merupakan katalis dengan islands yang berukuran nanometer. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi ukuran katalis, salah satunya adalah ketebalan lapisan *thin film*. Hal inilah yang menjadi dasar dilakukan optimasi pada massa *source* untuk melihat pengaruh ketebalan lapisan pada substrat. *Source*

yang digunakan adalah logam transisi, yaitu Perak (Ag). Logam nano ini memiliki kemampuan secara katalitik menguraikan molekul yang mengandung gas karbon serta kemungkinannya untuk melarutkan karbon (Labbave, T., dkk).

2.METODE PENELITIAN

Deposisi *thin film* pada penelitian ini menggunakan substrat berupa kaca preparat yang telah dibersihkan. Tiga jenis cairan yang digunakan untuk proses *cleaning* berturut-turut adalah *methanol*, *acetone* dan *aquades*. Cairan tersebut secara bergantian dituang ke dalam gelas pembersih yang sebelumnya telah terdapat susunan kaca preparat. Selanjutnya diletakkan di atas *ultrasonic cleaner*, menekan tombol on untuk menyalakan alat serta mengatur kontrol waktu selama 30 menit (Gambar 1a). Setelah selesai, kaca preparat dikeluarkan menggunakan pinset berbahan *stainless steel*. Kemudian disemprot menggunakan *gun* gas nitrogen, sampai permukaan kaca benar-benar kering dan tidak meninggalkan noda.

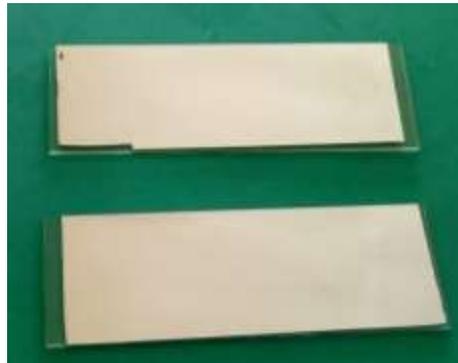
Langkah selanjutnya adalah deposisi *thin film* menggunakan substrat yang telah dibersihkan, serta logam katalis Ag yang sebelumnya telah dipecah/dibelah sampai diperoleh massa *source* yang diinginkan yaitu 46 mg, 80 mg dan 150 mg. Logam Ag ini diletakkan pada *heater* evaporator, sedangkan substrat diletakkan pada *holder* substrat berjarak 7,5 cm terhadap *heater*. Setelah meletakkan substrat serta *source* maka *chamber* ditutup menggunakan sungkup *chamber*.



Gambar 1. a. Proses pembersihan kaca preparat menggunakan *ultrasonic cleaner*, b. Alat *thermal vacuum evaporator* yang digunakan dalam penelitian ini.

Menyalakan mesin vakum sampai tekanan dalam *chamber* berkisar 5×10^{-5} torr (Gambar 1b). Proses deposisi dimulai dengan memberikan arus ke filamen sebesar 52 Ampere. Serta mematikan arus sesaat setelah *source* habis menguap. Proses deposisi setelah

arus mengalir ini memerlukan waktu sekitar 1 menit. Dengan tetap mengontrol logam *source* pada *heater* melalui jendela *chamber*. Proses tersebut dilakukan sebanyak tiga kali dengan massa *source* yang berbeda. Gambar 2 merupakan kaca preparat (substrat) yang telah dievaporasi.



Gambar 2. Kaca preparat setelah dievaporasi dengan salah satu massa *source* Ag.

Dilanjutkan dengan proses karakterisasi yaitu pengujian *Four Point Probe* (FPP), *Scanning Electron Microscop* (SEM) dan *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS). Pengujian FPP dimaksudkan untuk mengukur ketebalan lapisan yang terbentuk, pengujian SEM untuk melihat morfologi permukaan *thin film*, serta EDS untuk mengetahui persen komposisi *thin film* yang terbentuk.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian *Four Point Probe* (FPP)

Pada dasarnya metode FPP ini merupakan pengukuran resistivitas. Alat ukur ini terdiri dari empat *probe*, dua *probe* digunakan untuk sumber arus dan dua *probe* lainnya digunakan untuk mengukur tegangan. Untuk mengetahui *volume resistivity* ($\Omega.cm$) diperlukan ketebalan *thin film*. Hubungan *volume resistivity* terhadap ketebalan *thin film* diperoleh berdasarkan persamaan 1 (Keithley). Data inilah yang digunakan untuk mengetahui ketebalan lapisan yang dihasilkan dari hasil deposisi. Hasil yang diperoleh ditunjukkan pada tabel. 1.

$$\rho = \frac{\omega}{\ln 2} \times \frac{V}{I} \times t \times k \quad (1)$$

Dimana

ρ = volume resistivitas ($\Omega.cm$)

V = tegangan pengukuran (V)

I = sumber arus (Ampere)

t = ketebalan sampel (cm)

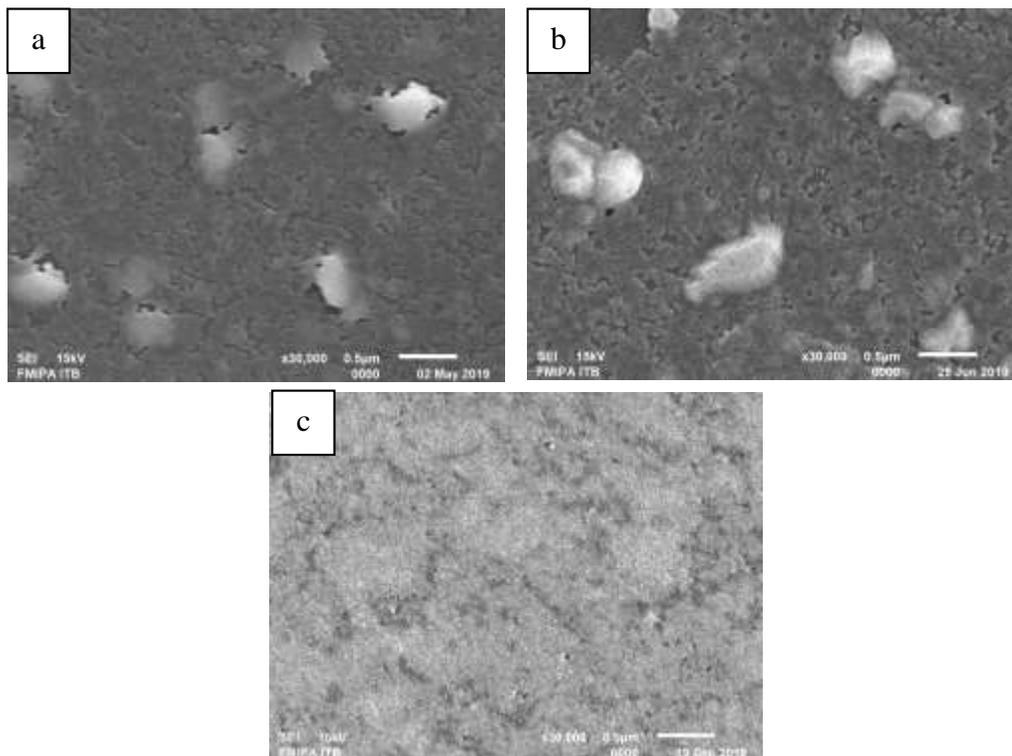
k = faktor koreksi

Berdasarkan tabel tersebut, terlihat kecenderungan peningkatan ketebalan seiring dengan bertambahnya massa *source*. Trend ini sangat masuk akal, mengingat semakin besar massa *source*, maka semakin banyak uap logam yang terdeposisi pada permukaan substrat. Sehingga menyebabkan semakin tebalnya lapisan *thin film*. Meskipun ketebalan *thin film* pada pada massa 80 mg yang terukur lebih tebal dari massa 150 mg, hal tersebut dapat disebabkan oleh pengambilan titik pengukuran yang permukaannya memang tidak seragam. Sehingga kemungkinan besar titik pada massa 150 mg yang terukur adalah titik dengan ketebalan yang minim. Oleh sebab itu, diperlukan pengujian lebih lanjut seperti pengujian SEM dan EDS. Peningkatan volume resistivitas terhadap pengurangan massa *source*, juga ditemukan oleh Hegemann dkk. Dimana mereka menggunakan material Ag yang di *coating* PET monofilament serta multifilament.

Tabel 1. Hasil pengujian menggunakan FPP

Massa Source (mg)	46	80	150
Volume Resistivitas (Ω .cm)	0,0155	0,0084	0,0018
Ketebalan (mm)	2,42	4,35	4,30

3.2 Karakteristik *Scanning Electron Microscopy* (SEM)



Gambar 3. Hasil SEM pada permukaan substrat yang telah di evaporasi logam Ag dengan massa a. 46 mg, b. 80 mg dan c. 150 mg.

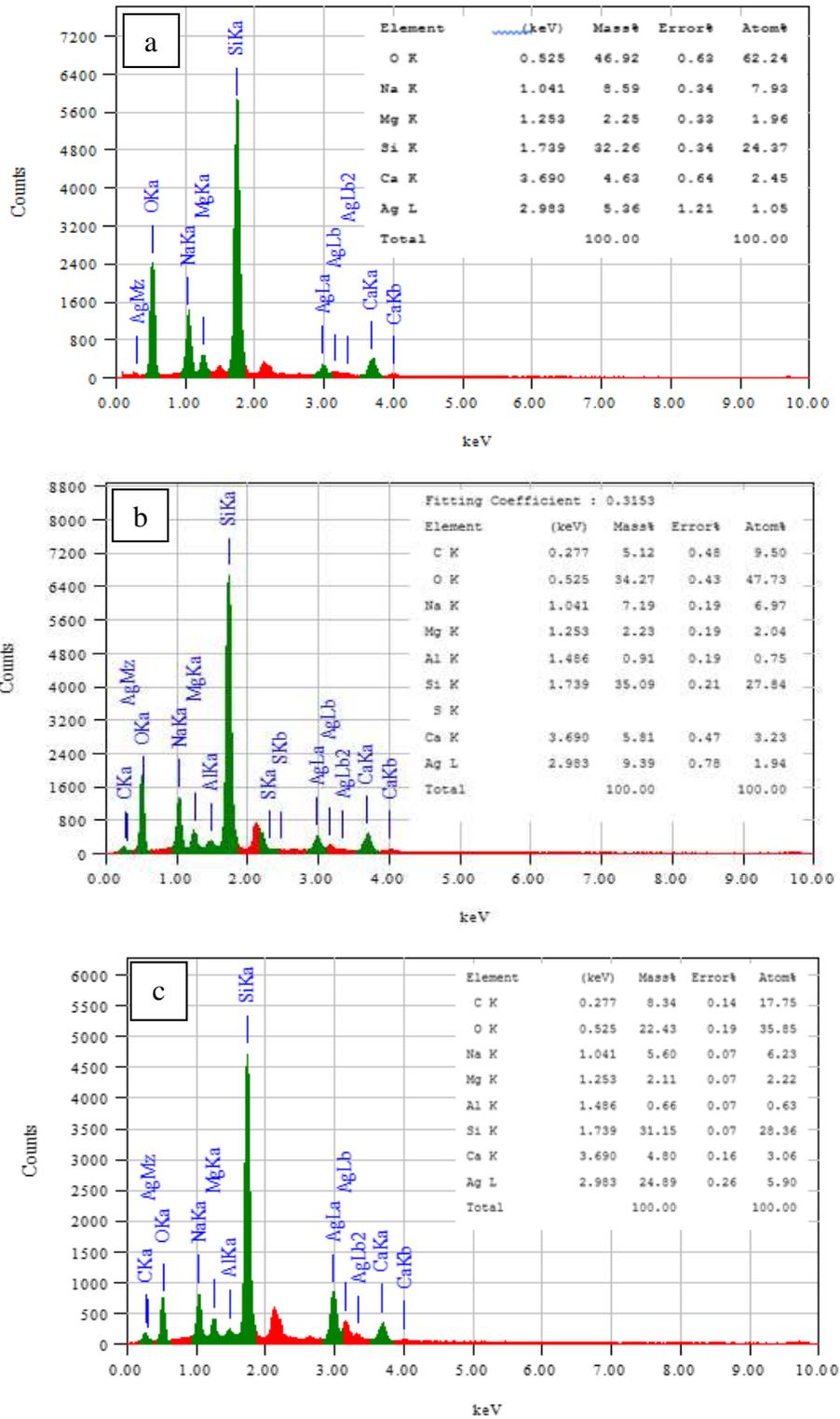
Pengujian SEM bertujuan untuk melihat morfologi permukaan *thin film*, selain itu hasil uji ini dijadikan sebagai perbandingan terhadap hasil uji FPP yang telah dilakukan. Hal tersebut penting mengingat *thin film* yang terbentuk akan dijadikan katalis dalam penumbuhan CNT. Dimana katalis yang dibutuhkan merupakan katalis dengan ukuran berorde nanometer dengan morfologi yang berbentuk bundar (setelah proses annealing)

Hasil SEM pada gambar 3 merupakan hasil evaporasi menggunakan logam *source* Ag dengan massa yang berbeda. Dimana pada gambar tersebut bercak putih (*islands*) mengindikasikan logam Ag yang terevaporasi, sedangkan warna hitam merupakan substrat kaca preparat. *Island* pada massa *source* Ag 46 mg berdiameter 205,75 nm sedangkan untuk deposisi dengan massa *source* 80 mg berdiameter 349,97 nm. Berdasarkan hasil SEM serta ukuran diameter tersebut, jelas terlihat bahwa semakin banyak massa *source*, maka warna putih yang terlihat semakin menebal serta semakin menutupi permukaan substrat. Semakin banyak massa *source* yang terevaporasi maka semakin banyak ion-ion Ag yang terdeposisi pada permukaan substrat.

Terlihat pada hasil SEM, *thin film* yang terbentuk bukan merupakan lapisan *layer by layer* (Seperti metode *Frank-van der Merwe*), melainkan berbentuk gundukan-gundukan yang tidak merata yang dikenal dengan istilah penumbuhan *Volmer-Weber*. Hal ini disebabkan karena logam yang digunakan merupakan logam yang kurang reaktif atau dalam hal ini menggunakan logam mulia (Ag). Sebagaimana dikemukakan Carey dkk, bahwa, logam yang kurang reaktif seperti logam mulia, tidak menghasilkan “wetting layer” serta lapisan 2D, namun membentuk aglomerasi *islands* 3D yang dikenal sebagai mode penumbuhan *Volmer-Weber*.

3.3 Karakteristik *Electron Dispersive Spectroscopy* (EDS)

Komposisi unsur yang terkandung pada permukaan substrat, dilakukan menggunakan pengujian EDS. Melalui karakteristik ini juga banyaknya *source* yang terdeposisi dapat diketahui. Terdapat beberapa unsur yang terdeteksi pada hasil EDS (Gambar 4), selain unsur Ag yang merupakan *source* logam itu sendiri. Unsur lain tersebut merupakan unsur penyusun material substrat diantaranya C, O, Na, Mg, Al, Si, Ca dan Ni. Munculnya unsur tersebut meskipun terdapat di bawah lapisan *source*, namun tetap terbaca pada EDS disebabkan karena *acceleration voltage* yang digunakan sebesar 15kV. Dengan nilai *acceleration voltage* sebesar ini memungkinkan sinar-X menembus sampai ke dalam substrat, sehingga unsur penyusun substrat tetap terbaca.



Gambar 4. Hasil EDS pada permukaan substrat yang telah dievaporasi logam Ag dengan massa a. 46 mg, b. 80 mg dan c. 150 mg.

Banyaknya komposisi Ag dapat dijadikan sebagai salah satu faktor penentu ketebalan *thin film*. Terlihat pada gambar 4. persen massa Ag berturut turut sebesar 5.26%, 9.39% dan 24.89% untuk massa *source* 46 mg, 80 mg dan 150 mg. Sehingga, semakin besar massa *source* maka persen massa Ag juga semakin meningkat. Hal ini menandakan semakin besar massa *source* maka ketebalan *thin film* juga semakin meningkat. Keterkaitan massa *source* terhadap ketebalan, dapat dilihat pada persamaan 2 (Fuller, L). Hasil karakterisasi ini, sejalan dengan hasil karakterisasi SEM serta FPP yang telah dilakukan sebelumnya. Meskipun pada FPP terdapat anomali pada massa *source* 150 mg, namun masih berada dalam rentang toleransi.

$$t = \frac{m}{4\rho\pi h^2} \quad (2)$$

Dimana

t = ketebalan lapisan (ηm)

m = massa *source* (mg)

ρ = densitas (g/cm)

h = jarak antara substrat dan holder (cm)

4. SIMPULAN

Melalui karakterisasi uji FPP, SEM serta EDS pada *thin film*, menunjukkan hubungan yang linear pada ketebalan *thin film* terhadap massa *source*. Dimana semakin banyak massa *source* maka semakin tebal *thin film* yang terbentuk. Ketebalan yang diperoleh bersatuan milimeter. Sehingga untuk penelitian yang mengharapkan ketebalan berorde nano, dapat menggunakan sumber *source* yang jauh lebih kecil dari yang digunakan pada data ini. Data dalam penelitian ini dapat dijadikan sebagai acuan untuk menghasilkan ketebalan tertentu.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada pihak yang telah berkontribusi pada penelitian ini (Bapak Suhartono sebagai operator evaporator di BATAN Yogyakarta serta Ibu Susanna operator SEM FMIPA ITB).

6. DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, K., Keintjem, A. C., Yusuf, A. M., Eliyana, A., Malago, J. D., Noor, F. A., Winata, T. (2021). *Fullerenes, Nanotubes and Carbon Nanostructure*,. doi.org://10.1080/1536383X.2021.1881775. pp. 1-9
- Cao, Y., Zhou, T., Wu, K., Yong, Z., Zhang, Y. (2021). *RSC Advanced*, 11, doi/org/10.1039/D0RA09482J.
- Carey, J. D., Ong, L. L., Silva, S. R. P. (2003). *Nanotechnology*, 14 (11). DOI:10.1088/0957-4484/11/011.
- Fuller, L. (2011), "Physical vapor deposition – evaporation and sputtering" pp. 3

- Hegemann, D., Balazs, D. J. (2007), *Plasma Technologies for Textiles*, Woodhead Publishing, Sweden. pp. 167
- Hosen, A., Mian, M. S., Al Ahmed, S. R. (2021). *SN Applied Sciences*, 3 (544), doi.org/10.1007/s42452-021-04554-z.
- Keithley. (1998). *Application Note Series*, 2475, Ohio.
- Kimura, M., Sumida, R., , Kurasaki, A., Imai, T., Takishita, Y., Nakashima, Y. (2021). *Scientific Report*, 11. doi.org://10.1038/s41598-020-79806-w
- Kongtungmon, M., Kundhikanjana, W., Supadee, L., Chanlek, N., Pojprapai, S. (2020). *Material Today Communications*, doi.org/10.1016/j.mtcomm.2020.101374.
- Labbave, T., Kovacevic, E., Lecas, T., Ammar, M-R., Canizares, A., Raimbous, N., Strunskus, T., Jaeger, C., Simon, P., Boulmer-Leborgne, C. (2018). *Applied Surface Science*, 453, doi.org/10.1016/j.apsusc.2018.05.059.
- Pan, S., Per, Z., Jing, Z., Song, J. (2020). *RSC Advances*, 10 (19), doi.org/10.1039/D0RA00327A.
- Xu, Y., Fei, Q., Page, M., Zhao, G., Ling, Y., Chen, D., Yang, Zheng. (2021). *Nano Research*, ISSN 1998-0124. doi.org/10.1007/s12274-021-3441-9.
- Yao, Z., Zhang, Y., Jin, W., Hu, Y. (2021). *Sensors*, 21 (3), doi.org/10.3390/s21030995.
- Yusuf, M., Abidin, K., Eliyana, A., Malago, J. D., Noor, F. A., Winata, Toto. (2021). *Materials Today*, 44, doi:10.1016/j.matpr.2021.01.381.
- Zhang, C., Ji, C., Park, Y-B., Guo, L. J. (2020). *Advanced Optical Materials*, 9 (3), doi.org/10.1002/adom.202001298.
- Zare, H., Amadi, S., Ghasemi, A., Ghanbari, M., Rabiee, N., Bagherzadeh, M., Karimi, M., Webster, T. J., Hamblin, M. R., Mostavi, E. (2021). *International Journal of Nanomedicine*, 1 (16), doi: 10.2147/IJN.S299448.