

கார்பன் மீநுண் குழாய்கள் மற்றும் கலவைகளின் ஹைட்ரஜன் சேமிப்புத் திறன்

அ. கார்த்திகேயன், வெ. லதாப்ரியா,
க.ராமமூர்த்தி, கொ.ஜய்யாக்குட்டி

இயற்பியல் மற்றும் நானோ தொழில்நுட்பத்துறை
தீரு, இராமசாமி நினைவு அறிவியல் மற்றும் தொழில்நுட்ப நிறுவனம்,
காட்டாங்குளத்தூர், சென்னை.

சுருக்கம்

ஒற்றை சுவர் மீநுண் குழாய்கள் மற்றும் பல சுவர் மீநுண் குழாய்களின் மேற்பரப்பில் டின்ஆக்ஸைடானது எளிய வேதியல் முறையின் மூலம் படிய வைக்கப்பட்டது. மேலும், தயாரிக்கப்பட்ட MW CNT/ SnO_2 மற்றும் SWCNT/ SnO_2 மீநுண் கலவைகளின் வடிவ மற்றும் இரசாயன மாற்றம் ஊடுகதிர் விளிம்பு வளைவு பகுப்பாய்வு (XRD), புலவீச்சு அலகீட்டு மின்துகள் நுண்ணோக்கி (FESEM), ஊடுகதிர் ஆற்றல் சிதறல் நிறமாலையியல் (EDX) மற்றும் வெப்ப பரும அளவியல் (TG) பகுப்பாய்வு ஆகியவற்றின் மூலம் ஆய்வு செய்யப்பட்டது.

மீநுண் கலவையானது அதன் ஹைட்ரஜன் சேமிப்பு / புறந்தள்ளுதல் திறன் ஹைட்ரஜனேற்ற அமைப்பு மற்றும் வெப்ப பரும அளவியல் (TG) பகுப்பாய்வின் மூலம் சோதிக்கப்பட்டது. ஊடுகதிர் விளிம்பு பகுப்பாய்வின் மூலம் மீநுண் கலவைகளின் உரு அமைவானது ஆராயப்பட்டது. மேலும், தயாரிக்கப்பட்ட மீநுண் கலவைகளில், மீநுண் குழாய்களின் மேற் பரப்பானது டின்ஆக்ஸைடால் முற்றிலுமாக கவரப்பட்டிருப்பது உருவியல் பகுப்பாய்வின் உதவியோடு உறுதி செய்யப்பட்டது. மற்றும் மீநுண் கலவைகளில் கார்பன், டின் மற்றும் ஆக்ஸிஜன் இருப்பதை EDX நிறமாலையியல் காட்டுகிறது. கூடுதலாக, MWCNT/ SnO_2 மீநுண் கலவையானது 100°C வெப்பநிலையில் 5 bar நிலையான ஹைட்ரஜன் அழுத்தத்தில் 0.75 wt % ஹைட்ரஜனை சேமித்துள்ளது என்பது வெப்பப் பகுப்பாய்வு சோதனையின் மூலம் கண்டு பிடிக்கப்பட்டது.

முக்கிய வார்த்தைகள் : ஒற்றை சுவர் கார்பன் மீநுண் குழாய்கள்;
 SnO_2 ; பல சுவர் கார்பன் மீநுண் குழாய்கள்; ஹைட்ரஜன்சேமிப்புத்திறன்

1. அறிமுகம் :

மக்கள் தொகையில், விரைவான வளர்ச்சி மற்றும் தொழில் மயமாக்கல், உலகளாவிய போக்குவரத்து தேவைகளுக்கு அதிக அளவு படிம எரிபொருட்களை நுகர்வு, CO₂ உமிழ்வு, புவி வெப்பமடைதல் மற்றும் சுற்றுச்சூழல் பேரழிவு ஆகியவற்றிற்கான பிரதான காரணம்.

வருங்கால ஆற்றல் தேவையைப் பூர்த்தி செய்ய, விரிவான ஆராய்ச்சி, மாற்று மற்றும் நிலையான எரிபொருள் மீது கவனம் செலுத்தப்படுகிறது. எதிர்காலத்தின் சுத்தமான மற்றும் பசுமை எரிபொருளாக ஹைட்ரஜன் பல்வேறு சாத்தியமான பயன்பாடுகளைக் கொண்டுள்ளது. லேசான எடை, ஆற்றல் (143MJ / kg), அதாவது பெட்ரோலை (46.4MJ / kg) விட மூன்று மடங்கு அதிகமான ஆற்றல் கொண்டது, ஆனால் மிகக்குறைந்த ஆற்றல் அடர்த்தி (~ 5.5 MJ / L) அதாவது, பெட்ரோலை [34.2MJ/L] விட நான்கு மடங்கு குறைவாக உள்ளது என்றாலும், இன்னும் நவீன வாகன எரிபொருள்களின் ஒரு பாதுகாப்பான, திறமையான மற்றும் வசதியான முறையில் ஹைட்ரஜனை சேமிப்பதில் சவால்கள் உள்ளன.

கார்பன் மீநுண்குழாய்கள் (CNT) இயற்பியல், இயந்திர மற்றும் வெப்ப பண்புகள் கொண்ட பல்வேறு பயன்பாடுகளுக்கு நல்ல பொருள்களாக அமைந்துள்ளது. பெரிய மேற்பரப்புப் பகுதி மற்றும் மிக உயர்ந்த ஸ்திரத்தன்மை கொண்ட இந்த லேசான எடைபொருள், வித்தியம் பேட்டரிகள், இரசாயன எரிவாயு உணரிகள், மின்தேக்கிகள், சூரிய மின்கலங்கள் மற்றும் ஹைட்ரஜன் சேமிப்பு போன்ற குறிப்பிடத்தக்க பயன்பாடுகளைக் கொண்டுள்ளன.

இந்த ஆராய்ச்சியில் ஒற்றை சுவர் கார்பன் மீநுண் குழாய்கள் (SWCNT) மற்றும் SnO₂ உடன் செயல்படும் பல சுவர் கார்பன் மீநுண் குழாய்கள் (MWCNT) போன்ற பல்வேறு கலவைகள், செய்முறை மற்றும் SnO-MWCNT ஹைட்ரஜன் சேமிப்பு திறன் பற்றி குறிப்பாக விவாதிக்கப்படுகிறது.

சோதனை பகுதி

டீன்குளோரைடுடைஹைட்ரேட் (SnCl₂. 2H₂O) (சூய்மை 99% மெர்க்), SWCNT (1-2 nm விட்டம்) மற்றும் MWCNT (110–170 nm விட்டம் மற்றும் நீளம் 5–9 மைக்ரோ மீட்டர்) சிக்மா அல்ட்ரிச்லிருந்து வாங்கப்பட்டது. மேலும் சுத்தி கரிப்பு இல்லாமல் பொருட்கள் பயன்படுத்தப்பட்டன.

MW CNT/ SnO₂ மீநுண் கலவைகள் செய்முறை

MWCNT-ன் மேற்பரப்பில் SnO₂ படிதல், எளிய வேதியியல் முறை பயன்படுத்தப்பட்டது. 50 mg பல சுவர் மீநுண் குழாய்களானது 75 ml வடிகட்டிய நீரில் ஒரு மணி நேரம் செவியுணரா ஒலியின் (Ultrasound) மூலம் பரவ செய்யப்பட்டது. அதேசமயம், குறிப்பிட்ட அளவு டீன் குளோரைடு ஆனது வடிகட்டிய நீரில் கரைக்கப்பட்டது. மேலும் டீன்குளோரைடு கரைசலானது முற்றிலும் கரைவதற்காக காந்த அலைகள் மூலம் வேகமாக அரை மணி நேரம் சுற்றப்பட்டது (கரைசல் B). கூடுதலாக, வடிகட்டிய நீரில் கரைக்கப்பட்ட டீன்குளோரைடு கரைசலானது (கரைசல் B) சொட்டு சொட்டாக பல சுவர் மீநுண் குழாய் கலவையோடு (கரைசல் A) சேர்க்கப்பட்டது. மேலும், இக்கலவையானது கரைப்பான் ஆவியாவதற்காக 90°C வெப்பநிலையில் பராமரிக்கப்பட்டது. கரைப்பான் அகற்றப்பட்ட பிறகு பெறப்பட்ட கருப்புநிறதூள் 24 மணி நேரத்திற்கு 120°C யில் உலர்த்தப்பட்டது மற்றும் MWCNT / SnO₂ மீநுண் கலவைகள் என பெயரிடப்பட்டது. இதேபோல், SWCNT / SnO₂ கலவைகளும் தயாரிக்கப்பட்டன. இறுதியாக, தயாரிக்கப்பட்ட கலப்புக்கள் 350°C யில் காற்று மண்டலத்தில் வெப்பப்படுத்தப்பட்டது. இக் கூற்றுகளின் வடிவ மற்றும் இரசாயன மாற்றம் ஊடுகதிர் விளிம்பு பகுப்பாய்வு (XRD), எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி (FESEM), ஊடுகதிர் ஆற்றல் சிதறல் நிறமாலையியல் (EDX) மற்றும் வெப்ப பரும அளவியல் (TG) பகுப்பாய்வு ஆகியவற்றின் மூலம் ஆய்வு செய்யப்பட்டது.

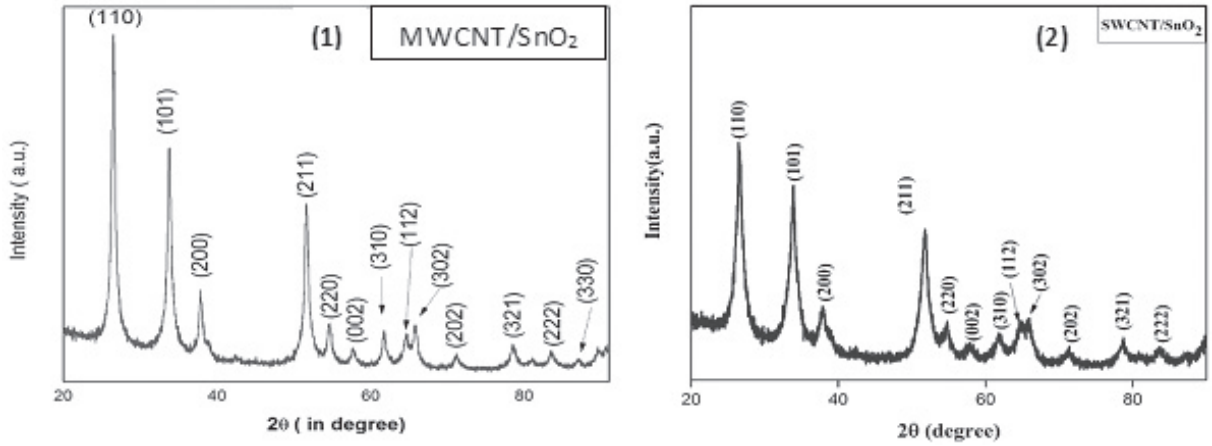
மேலும், மீநுண் கலவையானது அதன் ஹைட்ரஜன் சேமிப்பு/புறந்தள்ளுதல் திறன் ஹைட்ரஜனேற்ற அமைப்பு மற்றும் வெப்ப பரும அளவியல் (TG) பகுப்பாய்வின் மூலம் சோதிக்கப் பட்டது.

முடிவுகள் மற்றும் விவாதம்

ஊடுகதிர் விளிம்பு பகுப்பாய்வு

ஊடுகதிர் விளிம்பு பகுப்பாய்வின் மூலம் கலவை உறுதி செய்யப்பட்டது. படம் 1 மற்றும் 2 ஆகியவை முறையே MWCNT / SnO₂ மற்றும் SWCNT/SnO₂ கலவைகளின் ஊடுகதிர் விளிம்பு விளைவுகளைக் காட்டுகிறது. $2\theta =$

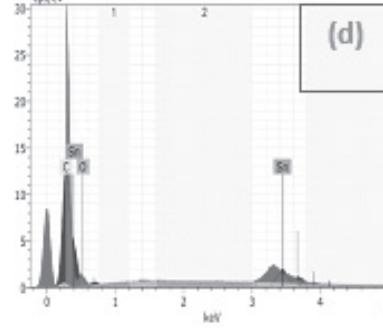
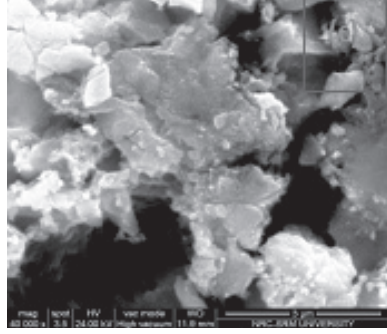
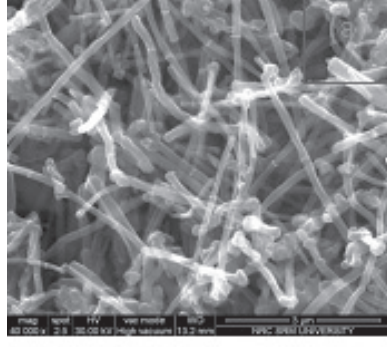
26.6°, 33.9°, 37.7°, 51.6°, 54.5°, 61.6°, 64.6° மற்றும் 65.9°ல் இருக்கும் கூர்மையான உச்சங்கள் டின் ஆக்ஸைடன் அலை வளைவுதளங்களான (110), (101), (200), (211), (220), (002), (310), (112) மற்றும் (302) தளங்களின் பிரதிபளிப்பு (JCPDS கார்டு எண் 41-1445). இது டின் ஆக்ஸைடன் நாற்கோண வடிவ அமைப்பினை உறுதி செய்கிறது. மேலும், MWCNT / SWCNT (002) படிக தளம், MWCNT / SnO₂ மற்றும் SWCNT / SnO₂ன் தொடர்புடைய ஊடுகதிர் விளிம்பு விளைவுகளில் காணப்படவில்லை. இது MWCNT (002) மற்றும் (110) SO₂ படிக தளங்களின் மேற்குவிப்பினை காட்டுகிறது. [9, 10]



படம். 1 மற்றும் படம்.2 MWCNT/SnO₂ மற்றும் SWCNT/SnO₂ கலவைகளின் ஊடுகதிர் விளிம்பு பகுப்பாய்வு நிறமாலைகள்

உருவியல் பகுப்பாய்வு

MWCNT (படம்.3a), MWCNT / SnO₂ (படம்.3b) மற்றும் SWCNT / SnO₂ (படம்.3c) ஆகியவற்றின் மேற்பரப்பு தோற்றம் படம் 3ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. நுண்ணிய MWCNT-கள் சராசரியாக 110 முதல் 170 nm (படம் 3a) வரையிலான சராசரி விட்டம் கொண்டதாக இருப்பதை மேற்பரப்புத் தோற்றம் தெளிவாகக் காட்டுகிறது. படம் 3b மற்றும் படம் 3cல் இருந்து பல சுவர் கார்பன் மீநுண் குழாய்களின் மேற்பரப்பானது டின் ஆக்ஸைடால் முற்றிலுமாக சுற்றப்பட்டிருக்கிறது என்பது உறுதி ஆகிறது. படம் 3dல் இருந்து கார்பன், தகரம் (tin) மற்றும் ஆக்ஸிஜன், மீநுண் கலவைகளில் உள்ளது உறுதிப்படுத்துகிறது.



படம். 3(a) MWCNT (b) MWCNT / SnO₂; (c) SWCNT / SnO₂ மற்றும் (d) MWCNT / SnO₂-EDS

வெப்ப பரும அளவியல் (THERMO GRAVIMETRIC ANALYSIS)

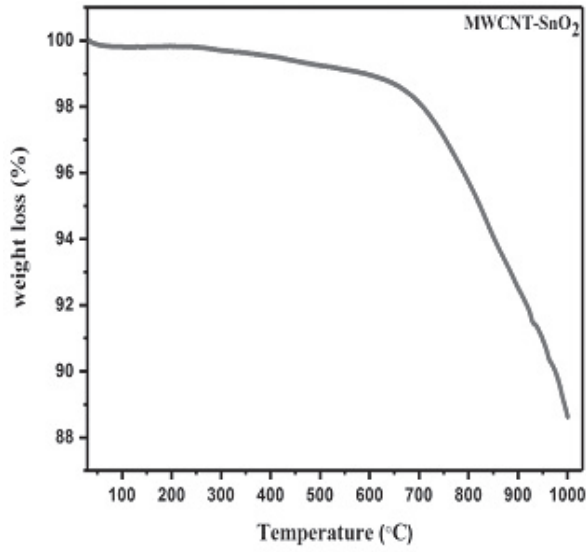
நைட்ரஜன் வளி மண்டலத்தில் MWCNT/SnO₂ வடிவ மற்றும் இரசாயன பண்புகளின் மாற்றத்தை அறை வெப்பநிலையிலிருந்து 1000°C வரை எடுக்கப்பட்ட வெப்ப எடை அளவறி வரை படம் விளக்குகிறது (படம் 4). அறை வெப்பநிலைமுதல் 635°C வரம்பில் காணப்படும் ~1wt% எடை இழப்பானது MWCNT இன் மேற்பரப்பில் ஒட்டி இருக்கும் நீர்மூலக் கூறுகள் மற்றும் Sn-OH குழுக்களின் சிதைவு காரணமாக வெப்ப எடை அளவறிவரை படம் காட்டுகிறது. 635°C க்கு பிறகு காணப்படும் எடை இழப்பு ~11 wt% MWCNT-ன் ஆக்சிஜனேற்றம் காரணமாக ஏற்பட்டது.

ஹைட்ரஜன்சேமிப்பு / புறந்தள்ளுதல் ஆய்வுகள்

ஹைட்ரஜன் சேமிப்பு சோதனைக்காக 20mg MWCNT/SnO₂ மீநுண் கலவையானது ஒரு நிலையான ஹைட்ரஜன் அழுத்தத்தின் கீழ்

100°Cஇல் இயக்கப்படும் ஹைட்ரஜன் சேமிப்பு அமைப்பில் வைக்கப்பட்டது. ஹைட்ரஜன் ஏற்றத்திற்குமுன், ஹைட்ரஜன் சேமிப்பு அமைப்பானது காற்று வெளியேற்றம் செய்யப்பட்டது. பின்னர் 10 நிமிடத்திற்கு ஹைட்ரஜன் வாயு ஓட்டமானது நிலையான ஹைட்ரஜன் அழுத்தத்தின் கீழ் ஹைட்ரஜன் சேமிப்பு அமைப்புக்குள் அனுப்பப்பட்டது.

மேலும், MWCNT/SnO₂ மீநுண் கலவையானது 100°C வெப்பநிலையில் ஒரு மணி நேரம் பராமரிக்கப்பட்டது மற்றும் MWCNT/SnO₂ மீநுண் கலவையானது ஹைட்ரஜன் சேமிப்பு சோதனைக்காக நிலையான H₂ அழுத்தத்தின் கீழ் சுமார் 15 நிமிடம் வைக்கப்பட்டது. பின்னர், ஹைட்ரஜன் புறந்தள்ளுதல் ஆய்வுக்காக TGA கருவியில் மூடப்பட்ட கண்ணாடி குப்பியை பயன்படுத்தி மாற்றப்பட்டது. 5°C / min என்ற நிலையான வெப்பவிகிதத்தில் 30-600 °C வெப்பநிலை வரம்பில், நைட்ரஜன் சூழலில் ஹைட்ரஜன் புறந்தள்ளுதல் ஆய்வுகள் நடத்தப்பட்டன



படம்.4 நைட்ரஜன் வளிமண்டலத்தில் எடுக்கப்பட்ட MWCNT/SnO₂ நானோ கலவையின் வெப்பஎடை அளவறிவரை படம்.

MWCNT / SnO₂ மீநூண் கலவையின் ஹைட்ரஜன் புறந்தள்ளுதல் 30-600°C. வரம்பில், படம் 5-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. 600°C க்கும் குறைவான முதல் கட்ட எடை இழப்பு, வடிவ ரீதியாக மேற்பரப்பில் ஒட்டியுள்ள நீர் மூலக்கூறுகள் காரணமாக உள்ளது. வெப்பநிலைவரம்பில் 128 முதல் 540 டிகிரி செல்சியஸ் வரையிலான இரண்டாம் கட்டஎடைஇழப்பு, வேதியியல் ரீதியாக ஏராளமான H₂ அணுக்களை புறந்தள்ளுதலால் [6-10] ஏற்படுகிறது. MWCNT / SnO₂ கலவையின் ஹைட்ரஜன் சேமிப்பு திறன் மேலே குறிப்பிட்டுள்ள வளிமண்டலத்தில் 0.75 wt% ஆக

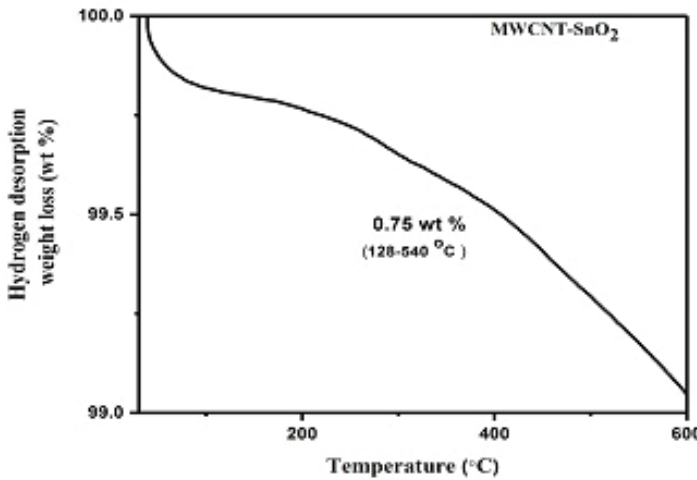
காணப்படுகிறது. இது சுத்தமான MWCNT-உடன் ஒப்பிடுகையில், மீநூண் கலவையின் ஹைட்ரஜன் சேமிப்புதிறன் அதிகரிக்கிறது. இது MWCNT மற்றும் SnO₂ ஆகியவற்றின் ஒட்டு மொத்த இணக்கத்தன்மையின் காரணமாகும்.

முடிவுரை:

MWCNT மற்றும் SWCNT ஆகியவற்றின் மேற்பரப்பில் SnO₂ செயல்படுத்துவதற்கு எளிமையான பரிசோதிப்பு முறை பயன்படுத்தப்பட்டது. ஊடுகதிர் விளிம்பு மற்றும் எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி பகுப்பாய்வின் மூலம் மீநூண் கலவைகளின் உருவாக்கம் உறுதிப்படுத்தப்பட்டது. C, Sn, O ஆகியவை இருப்பதை EDX மூலம் உறுதிப்படுத்தப்பட்டது. SnO₂ மற்றும் MWCNT ஆகியவற்றின் கூட்டிணைப்புச் சேர்க்கை காரணமாக கலவைகளின் ஹைட்ரஜன் சேமிப்புதிறன் அதிகரிக்கப்பட்டது.

ஒப்புக்கை

ஆசிரியர்கள் நிதி உதவிக்காக டி.எஸ்.டி - எஸ்இஆர்பி (DST-SERB -SB / S2 / CMP-073/ 2013) - துறைக்கு நன்றி தெரிவிக்கின்றனர். மேலும் நிலையான ஆதரவு மற்றும் ஊக்கு விப்புக்காக ஸ்ரீஇராமசாமி நினைவு அறிவியல் மற்றும் தொழில்நுட்பம் நிறுவனம், காட்டங் குளத்தூர், சென்னை, இயற்பியல் மற்றும் மீநூண் தொழில்நுட்ப துறைக்கு நன்றி தெரிவிக்கின்றனர்.



படம்.5 நைட்ரஜன் வளிமண்டலத்தில் எடுக்கப்பட்ட MWCNT/SnO₂ நானோகலவையின் ஹைட்ரஜன் புறந்தள்ளுதல் வெப்ப எடை அளவறிவரை படம்.

மேற்கோள்கள் :

- [1] Hirscher M. esd., Handbook of hydrogen storage: new materials for future energy storage. John Wiley & Sons 2010.
- [2] Zhou L, Progress and problems in hydrogen storage methods. Renew Sust Energ Rev 2005; 9:395-408.
- [3] Durbin DJ, Malardier-Jugroot C. Review of hydrogen storage techniques for on board vehicle applications. Int J Hydrogen Energy 2013; 38:14595-14617.
- [4] Züttel A, Materials for hydrogen storage. Mater Today 2003; 6:24-33.
- [5] Ye Y, Ahn CC, Witham C, Fultz B, Liu J, Rinzler AG, et al. Hydrogen adsorption and cohesive energy of single-walled carbon nanotubes. Appl Phys Lett 1999; 74: 2307-2309.
- [6] Rather SU, Zacharia R, Hwang SW, Kim AR, Nahm KS. Hydrogen storage of nanostructured TiO₂-impregnated carbon nanotubes. Int J Hydrogen Energy 2009; 34: 961-966.
- [7] Noroozi AH, Safa S. Increasing the hydrogen storage capacity of single-walled carbon nanotube (SWNT) through facile impregnation by TiO₂, ZrO₂ and ZnO nanocatalysts. J of Adv Mater Process 2014; 2: 31-38.
- [8] Silambarasan D, Surya VJ, Vasu V, Iyakutti K. Single Walled Carbon Nanotube- Metal oxide nanocomposites for Reversible and Reproducible Storage of Hydrogen. ACS Appl Mater Inter 2013; 5: 11419-11426.
- [9] Silambarasan D, Surya VJ, Vasu V, Iyakutti K. One-step process of hydrogen storage in single walled carbon nanotubes-tin oxide nano composite. Int J Hydrogen Energy 2013; 38: 4011-4016.
- [10] V. Lathapriya, A. Karthigeyan, K.Ramamurthi, K. Iyakutti, Synthesis and characterization of MWCNT impregnated with different loadings of SnO₂ nanoparticles for hydrogen storage applications, Int J Hydrogen Energy. 43 (2017) 848-860.