Journal of Chemistry of Goods and Traditional Medicine

J Chem Good Trad Med, Volume 4, Issue 4, 2025 Chemistry of Goods

# GAZ SEENSORLARI UCHUN O‘TKAZUVCHAN POLIMERLAR VA METALL OKSIDLI NANOKOMPOZITLI MATERIALLAR SINTEZI VA RENTGEN-DIFRAKTOMETRIK TAHLILI

***Otabek Artikovich Kuchkarov***
Samarqand davlat pedagogika instituti, Kimyo kafedrasi v.b dotsenti PhD
https://orcid.org/0000-0002-6692-9352
E-mail: o-kuchkarov2018@mail.ru

DOI: https://doi.org/10.55475/jcgtm/vol4.iss4.2025.548

**Kalit so'zlar:**
Polianilin, volfram oksidi, qalay oksidi, trietil amin, yarim o‘tkazgich, gazga sezgir material, sensor

**Annotatsiya**
Polianalin-metall oksidli gibrid nanokompozitlarning moslashuvchan plyonkalari oksidlovchi vosita sifatida ammoniy persulfat (APS) va HCl ishtirokida anilinning oksidlanish-qaytarilish jarayonidan foydalangan holda kimyoviy sintez qilindi. PANI/$WO_3$ nanokompozitining monoklinik $WO_3$ oksididan hosil bo’lganligini tasdiqlandi. PANI/$SnO_2$ nanokompozitining rentgen spektri standart $SnO_2$ oksidining rentgen difraktogrammasi bilan solishtirganda nisbatan cho‘qqilarning kengayganligini kuzatildi. PANI matrisasi tufayli $SnO_2$ oksidining xarakterli cho‘qqilarining ko‘proq qismi amorf tabiatga ega ekanliligi aniqlandi. Trietilamin sensorini gazgsezgir material sifatida PANI/($WO_3$+$SnO_2$) kompozit materilli ekanligi aniqlandi.

**Havola uchun**
Kuchkarov, O. A (2025). GAZ SEENSORLARI UCHUN O‘TKAZUVCHAN POLIMERLAR VA METALL OKSIDLI NANOKOMPOZITLI MATERIALLAR SINTEZI VA RENTGEN-DIFRAKTOMETRIK TAHLILI. Tovarlar Kimyosi Va Xalq Tabobati Jurnali, 4(4), 66-86. https://doi.org/10.55475/jcgtm/vol4.iss4.2025.548

**Kirish.** O‘tkazuvchan polimerlar yarimo‘tkazgichli sensorlar ishlab chiqarishda qo‘llanilishi mumkin bo‘lgan eng istiqbolli materiallardan biridir. Ulardan plyonkalar ishlab chiqarish arzon va yengil tayyorlanishi mumkin. Bu esa sensorlar tayyorlash uchun qulay. Asosan, polimerlar yupqa plyonkalar shaklida qo’llaniladi, ularning asosiy vazifasi sensorli qurilmaning sezgirligini oshirishdir [1]. Umuman olganda, polimerlar xona haroratida ishlashi mumkin bo’lgan barcha turdagi sensorlarda ishlatilishi mumkin. Dopant turini va miqdorini o‘zgartirib, izolyatorlardan yarim o‘tkazgichlargacha bo’lgan keng elektr xususiyatlariga ega polimerlarni olish mumkin [2].

Polipirol (PPy), polianilin (PANI), politiofen (PTh) va ularning hosilalari kabi elektr o‘tkazuvchan polimerlar 1980 yillarning boshidan beri gaz sensorlarida sezgir qatlamlar sifatida ishlatilib kelinmoqda [3]. Gaz analizatorlari uchun o‘tkazuvchan polimerlardan foydalanish uzoq vaqtdan beri muhim tadqiqot mavzusi bo’lib kelgan. Ushbu polimerlarni sintez qilish qulayligi va xona haroratidagi sezgirligi sensorning afzalliklarini oshiradi[4].

Yarim o’tkazuvchan polimerlarga asoslangan gaz sensorlarning ishlash prinsipi asosan elektr o’tkazuvchanlikni o’lchashga asoslangan. Polianilin plyonkalarining gaz muhitidagi elektr o’tkazuvchanligi gazsimon ammiakning konsentrasiyasiga bog’liq. Ular kimyoviy yoki elektrokimyoviy sensorlarni ishlab chiqish uchun yaxshi materiallardir[5].

Metall oksidli gaz sensorlari ancha arzon, mustahkam, yengil, uzoq muddatli va material signalning tezkorligi kabi afzalliklariga ega. Metall oksidli sensorlar yordamida gazlarni aniqlash bugungi kunda katta ahamiyatga ega. Ammo yuqori haroratlarda (300-500 $^0$C) ishlash zarurati ko’pincha bu turdagi sensorlardan foydalanishni cheklaydi [6]. Shunday qilib, nano o’lchamli metall

oksidlari va o'tkazuvchan polimerlarning kombinasiyasi yuqoridagi muammolarni hal qilishda samarali yondashuv hisoblanadi. Nanometr o'lchamlari tufayli to'ldiruvchi dispersiyaga ega nanokompozitlar sof polimerlar yoki ularning an'anaviy kompozisiyalari bilan solishtirganda sezilarli darajada yaxshilangan xususiyatlarni ko'rsatadi. Bularga modul va quvvatni oshirish, to'siqni yo'qotish xususiyatlari, yaxshilangan erituvchanlik, termik barqarorlik kabilar kiradi [7].

Gaz seensorlari uchun o'tkazuvchan polimerlar va metall oksidli nanokompozitli materiallar sintez qilish kam o'rganilgan soha degan xulosaga kelishimiz mumkin. Shuning uchun volfram, titan, polianilin va metall oksidlari asosida sensorlar yaratish qonuniyatlarini o'rganish va ularning rentgen difraktogrammasi tahlil qilish ham nazariy, ham amaliy ahamiyatga ega hisoblanadi.

**Tajriba qismi va natijalar muhokamasi.**

**Volfram oksidi nanozarachalarini zol-gel usuli yordamida tayyorlash.** 35 ml 0,15 M natriy volframat eritmasiga ($Na_2WO_4$), 25 ml 3 M nitrat kislota eritmasidan ($HNO_3$) magnitli aralashtirgich yordamida kuchli aralashtirilgan holda tomchilab qo'shildi. Hosil bo'lgan sariq cho'kma 30 kun davomida 25 $^0$C da saqlandi.

$WO_3$ nanozarachalarini olish uchun ishlatiladigan gel 24 soat davomida 100$^0$C da quritilgan va keyin 400-500 $^0$C da termik ishlov berildi(1-rasm).



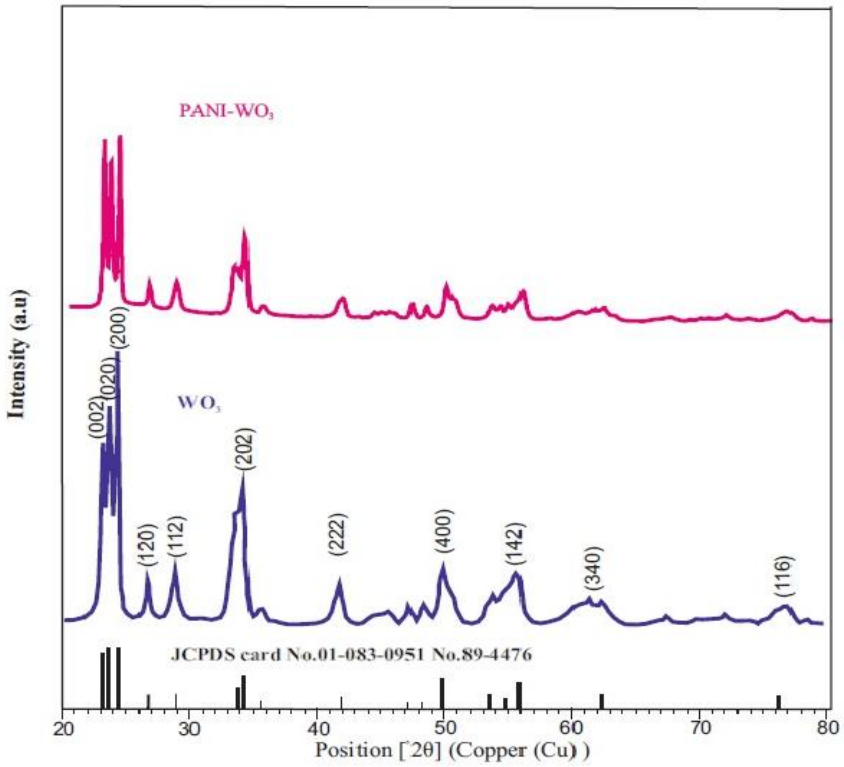
**1-rasm. Gel 400-500 $^0$C da termik ishlov berilib olingan $WO_3$ nanozarrachalari**

**PANI-$WO_3$ nanokompozit plyonkasining sintezi.** Polianilin nanozarachalari kimyoviy oksidlanish polimerlash usuli yordamida anilin monomerlaridan sintez qilingan. 0,46 ml anilin (foydalanishdan oldin qayta haydab olingan) va turli massa nisbatda volfram (VI) oksidi ($WO_3$) (mass %=10, 20, 30, 40 va 50) 25ml 1M HCl eritmasiga qo'shildi va magnitli aralashtirgich 30 minut va ultratovush to'lqinlar bilan 30 minut davomida aralashtirildi. Shu bilan birga, 0.005 mol amoniy persulfat $(NH_4)S_2O_8$/HCl eritmasini olish uchun 30 min davomida kuchli aralashtirilgan holda ma'lum miqdordagi HCl eritmasida eritildi. So'ngra, $(NH_4)S_2O_8$/HCl eritmasi yuqorida olingan eritmaga qo'shildi va xona haroratida 48 soat saqlanib, filtrlab olindi.

**Polianilin- $WO_3$-$SnO_2$ (PANI/$WO_3$- $SnO_2$) sensor plyonkalarini ishlab chiqarish** Sintezlangan $WO_3$ nanozarrachalari $SnO_2$ nanozarrachalari bilan aralashtirilib, turli xil $WO_3$-$SnO_2$ molyar nisbatlarga ega (5:95, 10:90, 15:85, 20:80, 25:85 va 30:70) gomogen eritma olindi. Nihoyat, PANI $WO_3$:$SnO_2$ kompozit eritmasiga 2 mol-PANI+1mol(0,5$WO_3$:0,5$SnO_2$) nisbatida aralashtirildi. So'ngra hosil bo'lgan kompozit eritmalari sentrifugalash orqali barcha eritmalar uchun 300 nm yupqa plyonka qalinligini saqlagan holda, (korning) shisha substratiga yotqizildi. Tayyorlangan plyonkalar prekursorni bug'lantirish uchun 100 $^0$C da piroliz jarayoni o'tkazildi. Keyinchalik, tayyorlangan plyonkalar 3 soat davomida 300 $^0$C da termo ishlov berish orqali barqarorlashtirildi.

2-rasmda polianilin va $WO_3$ asosida olingan PANI/$WO_3$ nanokompozitining XRD spektri keltirilgan. Rasmdan polianilin va $WO_3$ nanokompozitining rentgen (XRD) spektrda: $2\theta$=23.1°,

23.6°, 24.3°, 26.6°, 28.8°, 33.9°, 34.1°, 35.5°, 41.8°, 47.2°, 48.3°, 49.9°, 53.4°, 54.8° va 62.3° sohalariga mos keluvchi intensiv cho'qilarning mavjudligi hamda Miller indekslariga (002), (020), (200), (120) (112), (022), (220), (222) ega bo'lishi (JCDPD kartasi №71-2141, №83-0950), olingan PANI/$WO_3$ nanokompozitining monoklinik $WO_3$ oksididan hosil bo'lganligini tasdiqlaydi[8-9].




**2 - rasm. PANI/$WO_3$ va $WO_3$ larning rentgenogrammasi**

Tadqiqotlar davomida $WO_3$ nanozarachalarini olish jarayonida namuna 400-500 $^0$C haroratda 3 soat davomida kuydirilgan. Kuydirish jarayonida haroratni 450 $^0$C dan oshishi barqaror monoklinik struktura hosil qilishi aniqlangan [8]. Kristallarning o'rtacha o'lchamlari metall oksidi nanostrukturalarining xususiyatlariga ta'sir qiluvchi muhim parametrlardan bo'lib, u Debye-Scherrer formulasi yordamida hisoblanadi.

$$D = k\lambda/(\beta\cos\theta) \qquad (2.2)$$

D-kristallar o'lchami nm, k-0,9 (Scherrer doimiysi), λ-0,15406 nm (rentgen nurlari manbalarining to'lqin uzunligi), β-FWHM (radians) radiandagi difraksiya chiziqlarining yarim kengligi, $\theta$-daraja bo'yicha difraksiya burchagi. Tajribalar davomida polianilin va WO3 nanokompozitining rentgen (XRD) spektrida kuzatilgan asosiy cho'qqilar 23.1°(002), 23.6°(020), 24.3°(200), 26.6°(120) bo'yicha hisoblangan o'rtacha kristall o'lchamlari quyidagi 1-jadvalda keltirilgan. Jadvaldan o'rtacha kristal o'lchamlari aniqlangan asosiy chuqqilarga mos ravishda 35.67, 36.82, 40.42 va 21.27 nm qiymatlarga ega ekanligi aniqlandi.

1-Jadval

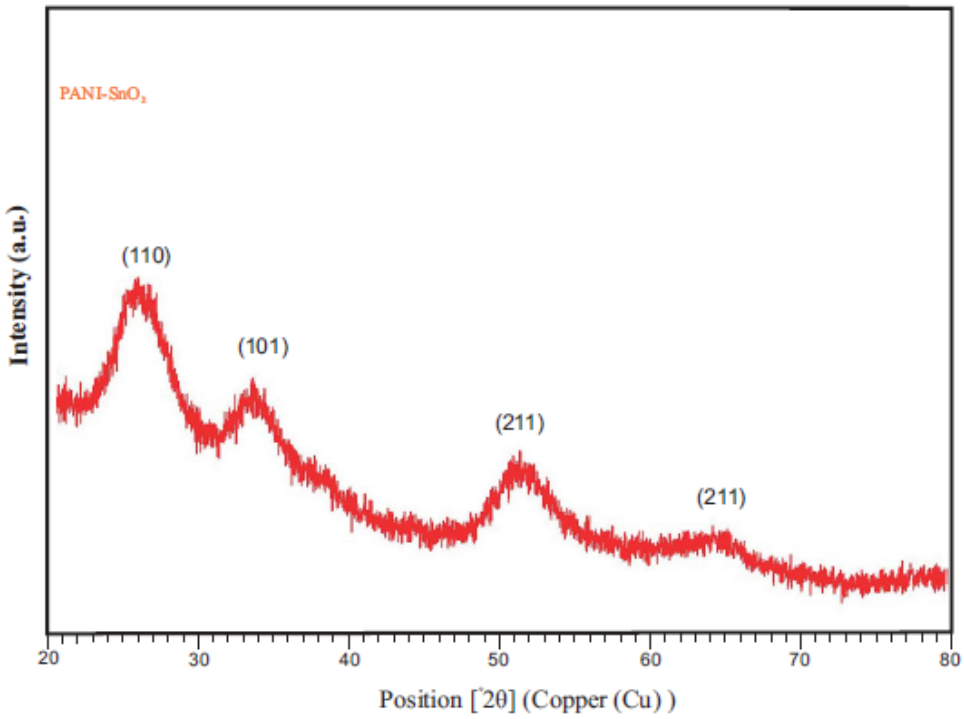
Polianilin va $WO_3$ nanokompozitining rentgen (XRD) spektrda kuzatilgan asosiy cho'qqilar bo'yicha hisoblangan kristallarning o'rtacha o'lchamlari

| Difraksiya burchagi Pos. [°2θ] | Difraksiya cho'qqilarining yarim kengligi FWHM [°2θ] | O'rtacha o'lchami D, nm |
|---|---|---|
| 23.1 | 0.2373 | 35.67 |
| 23.6 | 0.2301 | 36.82 |
| 24.3 | 0.2099 | 40.42 |
| 26.6 | 0.4007 | 21.27 |

Jadvaldan o'rtacha kristall o'lchamlari aniqlangan asosiy chuqqilarga mos ravishda 35.67, 36.82, 40.42 va 21.27 nm qiymatlarga ega ekanligi aniqlandi.

3-rasmda keltirilgan spektrdan, nanokompozitining $2\theta$=26.2°, 33.9°, 51.6° sohalariga mos ravishda (110), (101), va (211) cho'qqilarning mavjudligini ko'ramiz (JCDPD kartasi № 41-1445). Bu kristalni oddiy tetragonal tuzilishli ekanligini tasdiqlaydi.

Biroq PANI/$SnO_2$ nanokompozitining rentgen spektri standart $SnO_2$ oksidining rentgen difraktogrammasi bilan solishtirganda nisbatan cho'qqilarning kengayganligini kuzatdik [133; 103738 b]. Bu polianilin matrisasida qalay oksidi mavjudligini ko'rsatadi, shuningdek PANI matrisasi tufayli $SnO_2$ oksidining xarakterli cho'qqilarining ko'proq qismi amorf tabiatga ega ekanliligi aniqlandi.




**2.9-rasm. PANI/$SnO_2$ ning rentgenogrammasi**

Bundan tashqari o'rtacha kristall o'lchami Sherer tenglamasi (1) yordamida o'rtacha kristall o'lchami 4.87, 5.07 nm ekanligi aniqlandi (2-jadval).

2-Jadval

PANI/$SnO_2$ ning Sherer tenglamasi (1) yordamida aniqlangan o'rtacha kristall o'lchami

| Difrakssiya burchagi Pos. [°2θ] | Difraksiya cho'qqilarining yarim kengligi FWHM [°2θ] | O'rtacha o'lchami D nm |
|---|---|---|
| 26.2 | 1.75 | 4.87 |
| 33.9 | 1.7 | 5.07 |

Trietilaminni aniqlashda sensor ko'rsatkichlarining gaz sezgir material tarkibiga bog'liqligi 3-jadvalda keltirilgan.

3-jadval

Trietilaminni aniqlashda sensor ko'rsatkichlarining gaz sezgir material tarkibiga bog'liqligi n=5, P=0,95.

| T/r | Gazsezgir materialning tarkibi | TEA uchun sensor signali, (mV) | | | Dinamik parametrlar, s | | Sezgirlik koeffisiyenti (S) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | x ±Δx | S | Sr*$10^2$ | Signal ($t_{90}$) | Qayta tik-lanish ($t_{10}$) | |
| 1 | PANI | 6±0,02 | 0,016 | 0,27 | 171 | 205 | 1,0 |
| 2 | PANI+$WO_3$ | 27±0,04 | 0,032 | 0,12 | 134 | 188 | 5,3 |
| 3 | PANI+$SnO_2$ | 37±0,05 | 0,04 | 0,11 | 89 | 151 | 2,4 |
| 4 | PANI+$TiO_2$ | 16±0,03 | 0,024 | 0,15 | 109 | 163 | 4,3 |
| 5 | PANI/($WO_3$+$SnO_2$) | 55±0,06 | 0,048 | 0,09 | 51 | 78 | 7,9 |
| 6 | PANI/($WO_3$+$TiO_2$) | 42±0,05 | 0,04 | 0,10 | 29 | 101 | 8,2 |
| 7 | PANI/($SnO_2$+$TiO_2$) | 49±0,04 | 0,032 | 0,07 | 42 | 95 | 7,3 |

Jadvaldagi ma'lumotlardan TEA ni aniqlashda sensorlarning sezgirligini quyidagi ketma-ketligi kuzatildi: PANI+$WO_3$+$SnO_2$ > PANI+$SnO_2$+$TiO_2$ >PANI+$WO_3$+$TiO_2$ >PANI+$SnO_2$ >PANI+$WO_3$ >PANI+$TiO_2$ >PANI. (Sensorlar 20-30 $^0$C xona haroratida aminni aniqlashda sezgirligining kamayishi tartibida joylashtirilgan). Ushbu ma'lumotlardan kelib chiqqan holda, trietilaminni aniqlashda PANI/($WO_3$+$SnO_2$) asosidagi sensor eng yaxshi parametr bilan tavsiflanadi. Shu bois keyingi tajribalarda trietilamin sensorini gazgsezgir material sifatida PANI/($WO_3$+$SnO_2$) nanokompoziti tanlab olindi.

**Xulosalar**

Polianalin-metall oksidli gibrid nanokompozitlarning moslashuvchan plyonkalari oksidlovchi vosita sifatida ammoniy persulfat (APS) va HCl ishtirokida anilinning oksidlanish-qaytarilish jarayonidan foydalangan kimyoviy sintez qilindi.PANI/$WO_3$ nanokompozitining monoklinik $WO_3$ oksididan hosil bo'lganligini tasdiqlandi. PANI/$SnO_2$ nanokompozitining rentgen spektri standart $SnO_2$ oksidining rentgen difraktogrammasi bilan solishtirganda nisbatan cho'qqilarning kengayganligini kuzatildi. PANI matrisasi tufayli $SnO_2$ oksidining xarakterli cho'qqilarining ko'proq qismi amorf tabiatga ega ekanliligi aniqlandi. Trietilamin sensorini gazgsezgir material sifatida PANI/($WO_3$+$SnO_2$) kompozit materilli ekanligi aniqlandi.

Ishlab chiqilgan TEA sensorlari aniqligi va takrorlanuvchanligi bo'yicha taniqli xorijiy analoglardan qolishmaydi va xona haroratida havo va texnologik gazlar tarkibidan kontsentrasiyalarning keng oralig'ida TEA ni aniqlashga tavsiya etiladi. Sensor ushbu toifadagi qurilmalar uchun qo'yiladigan GOST talablariga to'liq javob beradi.

**Adabiyotlar**

1. Giselle Jiménez-Cadena, Jordi Riu and F. Xavier Rius, Gas sensors based on nanostructured materials, Analyst, 2007, 132, – P. 1083–1099

2. Ekarat Detsri, Stephan Thierry Dubas, Interfacial Polymerization of Water- Soluble Polyaniline and Its Assembly Using the Layer-By-Layer Technique, Journal of Metals, Materials and Minerals. Vol.19. -2009. No.1 – P. 39-44,

3.Hua Bai and Gaoquan Shi, Gas Sensors Based on Conducting Polymers, Sensors -2007, 7, – P 267-307.

20. Ghenadii Korotcenkov, Chemical Sensors Comprehensive Sensor Technologies: Volume 4 Solid State Devices, "Chap. 1 - //Introduction to Chemical Sensor Technologies// 2011.– P 1-38.

4. Hatchett DW, Josowicz M., Composites of Intrinsically Conducting Polymers as Sensing Nanomaterials, Chem Review, Volume: 108, Issue: 2, -2008. – P 746-769.

5. George F. Fine, Leon M. Cavanagh, Ayo Afonja and Russell Binions, Metal Oxide Semi-Conductor Gas Sensors in Environmental Monitoring, Sensors 2010, -P. 5469-5502.

6. Arunkumar Lagashetty and A. Venkataraman, Polymer Nanocomposites, Resonance: Volume 10, Number 7 (2005), – P. 49-57.

7. Séverin N'goran EROI, Aimé Serge Ello, Donourou Diabate, Diby Benjamin Ossonon and Jocelin Martial $YaO_3$, Catalytic activity of using tungsten oxide with hydrogen peroxide for methyl orange degradation, African Journal of Pure and Applied Chemistry, Vol. 14(4), -P. 69-80, DOI: 10.5897/AJPAC2019.0827

8. R.Hatel, M. Baitoul, Nanostructured Tungsten Trioxide ($WO_3$): synthesis, structural and morphological investigations, IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series, 1292 (2019) 012014 doi:10.1088/1742-6596/1292/1/012014

9. Abdurakhmanov I. E., Kuchkarov O. A., Abdurakhmanov E. Gas sensitivityspeed of ammonia semiconductor sensors based on metal –oxide films $SiO_2/TiO_2$+ $Fe_2O_3$ //Rasayan Journal of chemistry. Vol.13. №. 3. 2020. pp. 1486-1490.doi.org/10.31788/RJC.2020. 1335718.

10. Journal of Chemistry of Goods and Traditional Medicine, Vol. 1, Iss. 4 , P. 52-69.

11. Zhai, C.B.; Zhu, M.M.; Jiang, L.N.; Yang, T.Y.; Zhao, Q.; Luo, Y.; Zhang, M.Z. Fast triethylamine gas sensing response properties of nanosheets assembled $WO_3$ hollow microspheres. Appl. Surf. Sci. 2019, 463, -P. 1078–1084.

12. Ma, Q.; Chu, S.S.; Liu, Y.; Chen, Y.; Song, J.C.; Li, H.; Wang, J.P.; Che, Q.D.; Wang, G.; Fang, Y. Construction of SnS2 /ZIF-8 derived flower-like porous $SnO_2$/ZnO heterostructures with enhanced triethylamine gas sensing performance. Mater. Lett. 2019, 263, -P. 452–455