



POLITECHNIKA WARSZAWSKA  
Wydział Inżynierii Chemicznej i Procesowej



# Laboratorium Grafenowe Politechniki Warszawskiej - potencjał badawczy, możliwości współpracy

## Leszek Stobiński - kierownik laboratorium

e-mail: [LGPW@ichip.pw.edu.pl](mailto:LGPW@ichip.pw.edu.pl)

[L.Stobiński@ichip.pw.edu.pl](mailto:L.Stobiński@ichip.pw.edu.pl)

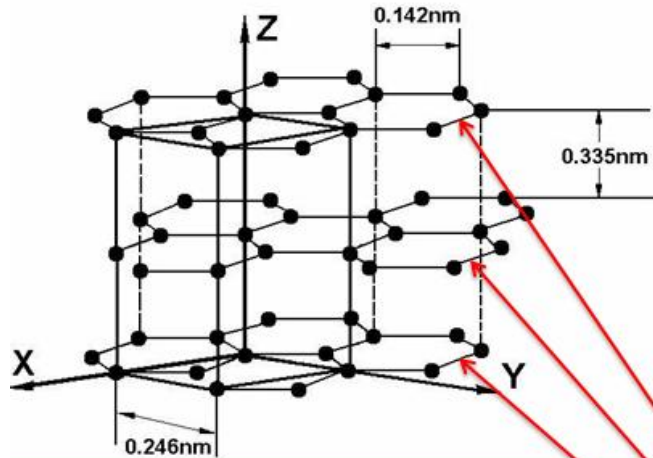
telefon: 0048 22 234 6418

adres: ul. Waryńskiego 1, 00-645 Warszawa

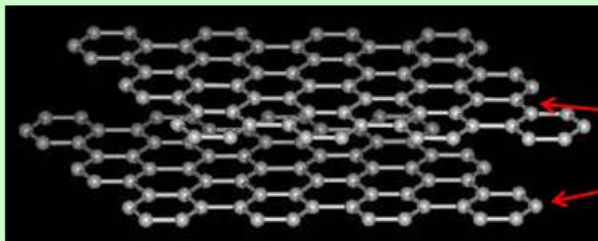
## Laboratorium Grafenowe (LG PW) - zadania:

- a) synteza metodą chemiczną i badanie płatkowego tlenku grafenu oraz zredukowanego płatkowego tlenku grafenu o powtarzalnych, ściśle zdefiniowanych właściwościach,
- b) opracowanie metod modyfikacji i funkcjonalizacji grafenu płatkowego pod kątem jego aplikacji, np. do wytwarzania materiałów kompozytowych w przemyśle chemicznym, elektronice i biomedycynie,
- c) poszukiwanie innowacyjnych zastosowań dla grafenu płatkowego,
- d) badania właściwości nanomateriałów zawierających grafen,
- e) rozwijanie współpracy pomiędzy instytucjami i osobami prowadzącymi badania nad grafenem i jego zastosowaniami,
- f) popularyzacja zastosowań grafenu płatkowego w różnych dziedzinach nauki i techniki.

## grafit (2D), węgiel typu $sp^2$



Źródło: <http://blog.cambridgehouse.com>



plaszczyny  
(warstwy)  
grafenowe

# GRAFEN PŁATKOWY

Jest to stos kilku warstw grafenu (poniżej 10) o rozmiarze płatka od kilku nm do kilkuset  $\mu\text{m}$ , gdzie odległości pomiędzy warstwami są bliskie wielkości 0.35-0.40 nm. Do produkcji grafenu płatkowego używany jest sproszkowany grafit.

## Synteza płatkowego tlenku grafenu GO

Intensywny proces utleniania sproszkowanego grafitu według jednej z metod: Brodiesa, Hofmanna, Staudenmaiera, Hummersa.

**Zastosowana u nas procedura:** zmodyfikowana metoda Hummersa.

## Synteza zredukowanego płatkowego tlenku grafenu rGO

Zredukowany tlenek grafenu można otrzymać przez intensywną redukcję GO, stosując silny czynnik redukujący, np. wodór, hydrazynę, hydrochinon,  $\text{NaBH}_4$ .

**Zastosowana u nas procedura:** redukcja hydrazyną  $\text{N}_2\text{H}_4$ .

## Produkcja grafenu płatkowego



Interkalacja proszku grafitowego np. kwasem siarkowym w obecności środka utleniającego. W czasie utleniania grafitu następuje ekspandowanie płaszczyzn grafenowych z odległości 0,34 nm do 0,6-0,9 nm.

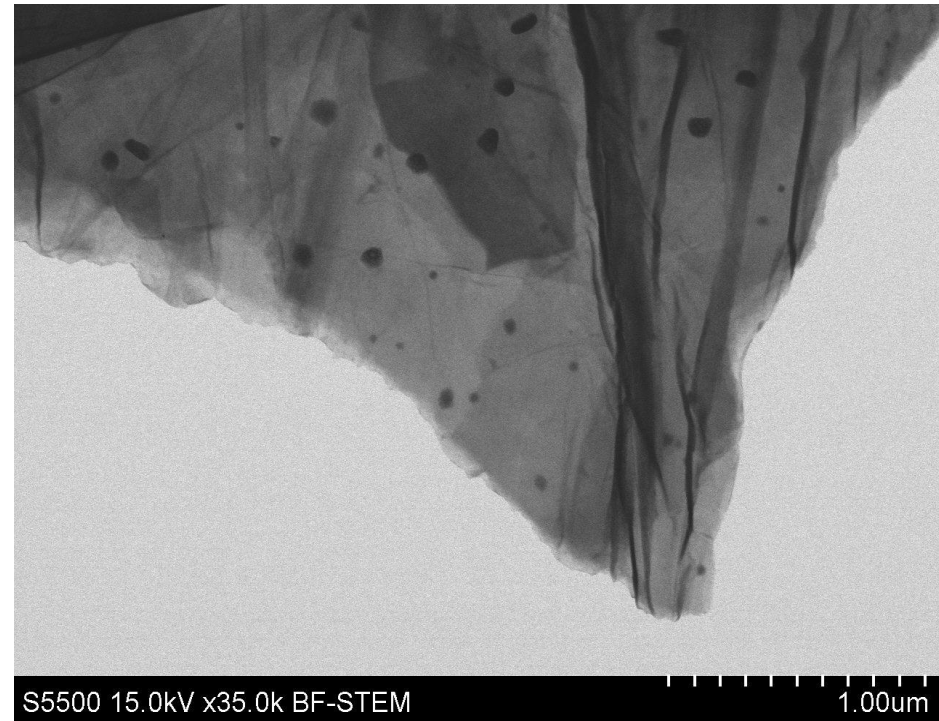
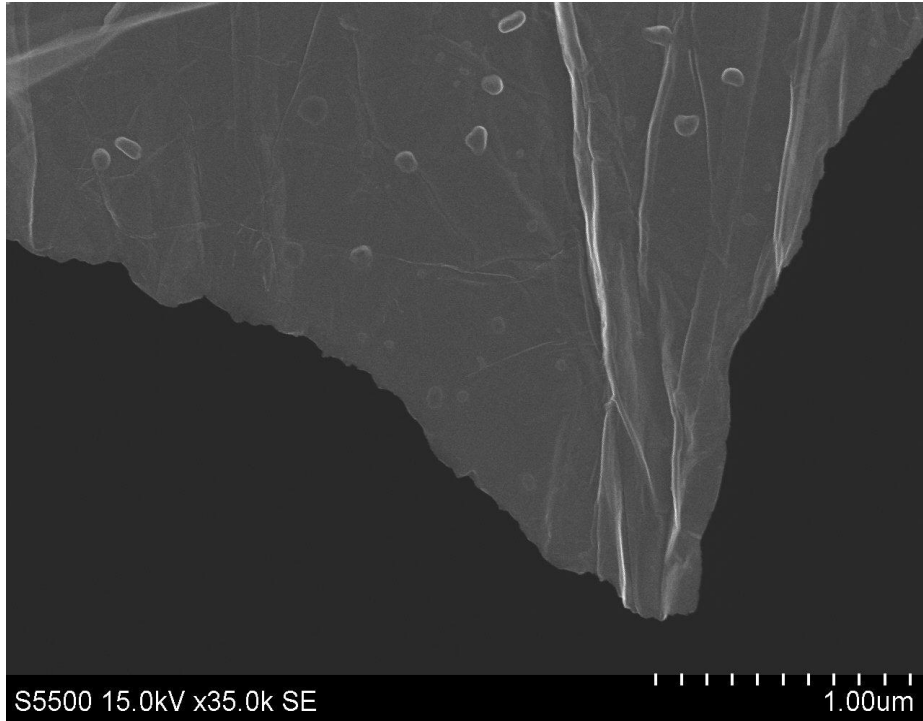


Ekspandowany grafit ulega eksfoliacji na płatki grafenowe pod wpływem ultradźwięków.

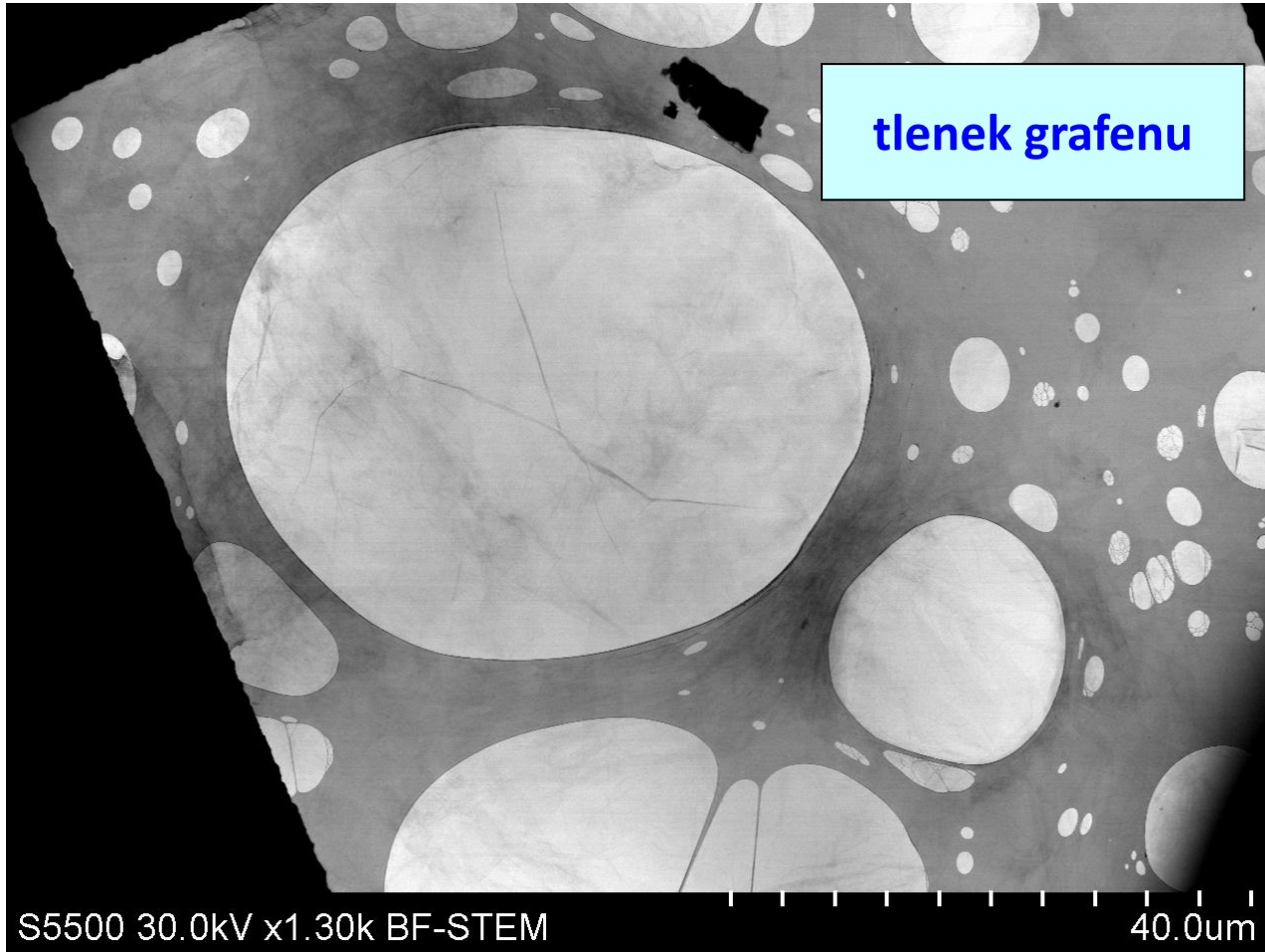


## Nasze próbki

(płatkowy, kilkuwarstwowy tlenek grafenu)

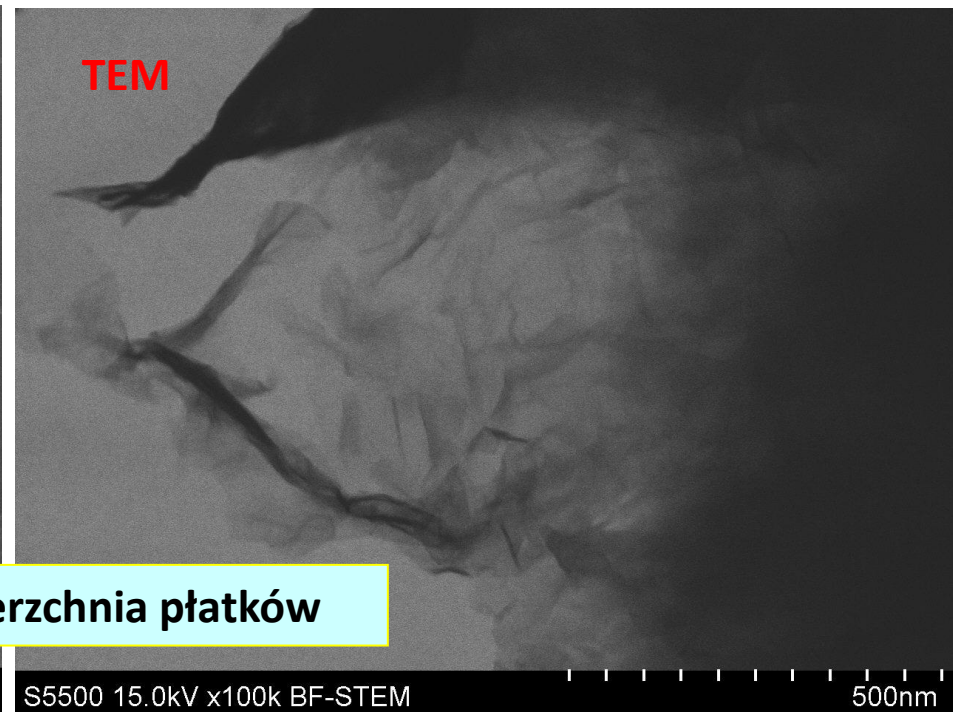
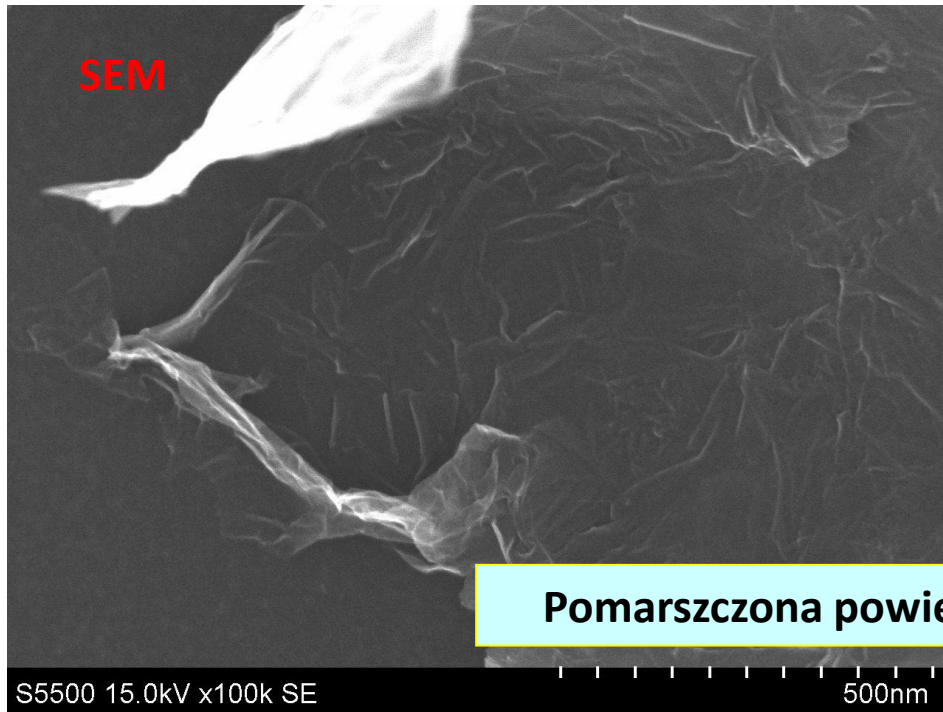


## Nasze próbki



## Nasze próbki

(płatkowy, kilkuwarstwowy zredukowany tlenek grafenu)



Pomarszczona powierzchnia płatków



## Główne wyposażenie LG PW

1. Reaktor do syntez chemicznych (20 L) oraz modyfikacji nanomateriałów grafenowych
2. Filtracyjny układ z ceramicznymi membranami
3. Reaktor (piec) próżniowy
4. Kalander laboratoryjny (trójwalcówka)
5. Spektrofotometr UV-Vis
6. Analizator elementarny CHNSO
7. Spektrometr fluorescencji rentgenowskiej EDXRF
8. Wielomodułowe urządzenie TGA/DSC/FTIR/QMS
9. Reometr rotacyjny
10. Wysokosprawny chromatograf cieczowy HPLC
11. Mikroskop optyczny inwersyjny z manipulatorami
12. Komora klimatyczna
13. Komora plazmowa
14. Spin coating
15. Tape casting
16. Homogenizatory, dezintegratory ultradźwiękowe
17. Specjalistyczne mieszadła.

## Analiza elementarna C, H, N, O dla grafitu, GO i rGO



<b>Badana próbka</b>	<b>Zawartość C (%masowy)</b>	<b>Zawartość H (% masowy)</b>	<b>Zawartość N (% masowy)</b>	<b>Zawartość O i inne (% masowy)</b>
<b>Grafit</b>	<b>99,97</b>	<b>0,172</b>	<b>0,009</b>	<b>0,0</b>
<b>GO</b>	<b>45,44</b>	<b>2,193</b>	<b>0,112</b>	<b>~48 (O) i ~4 inne</b>
<b>rGO</b>	<b>85,69</b>	<b>1,056</b>	<b>3,088</b>	<b>~9,6(O) i ~0,6 inne</b>

# Spektrometr fluorescencji rentgenowskiej (XRF)

Jakościowa i ilościowa nieniszcząca analiza zawartości pierwiastków (w tym różnych zanieczyszczeń) o liczbie masowej od 12 do 243 (od C do Am)

### 1. Substrate – graphite powder, ACROS product

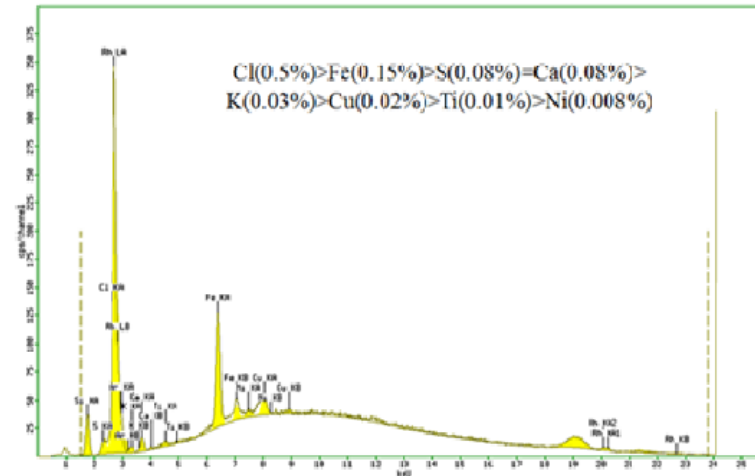
Cl(0.5%)>Fe(0.15%)>S(0.08%)=Ca(0.08%)>K(0.03%)>Cu(0.02%)>Ti(0.01%)>Ni(0.008%)

### 2. FL-GO foil

S(2.5%)>Ca(1%)>Mn(0.5%)>K(0.3%)>Cl(0.08%)=Fe(0.08%)>Cu(0.2%)=Zn(0.02%)>Ni(0.007%)>Cr(0.006%)

### 3. FL-RGO powder

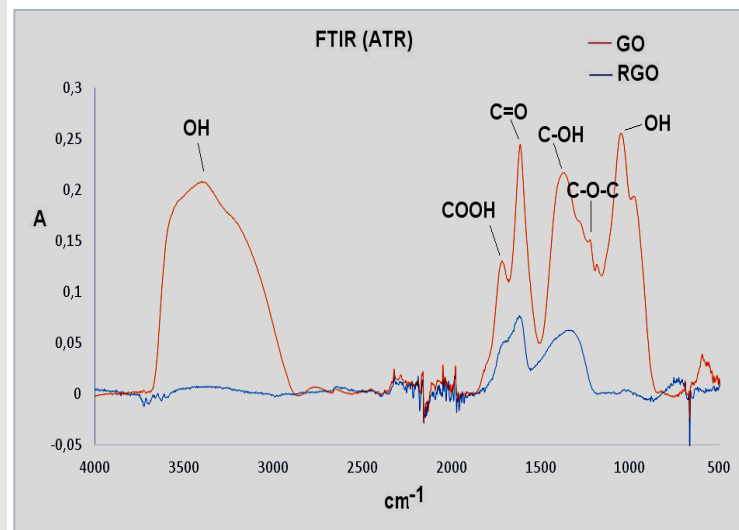
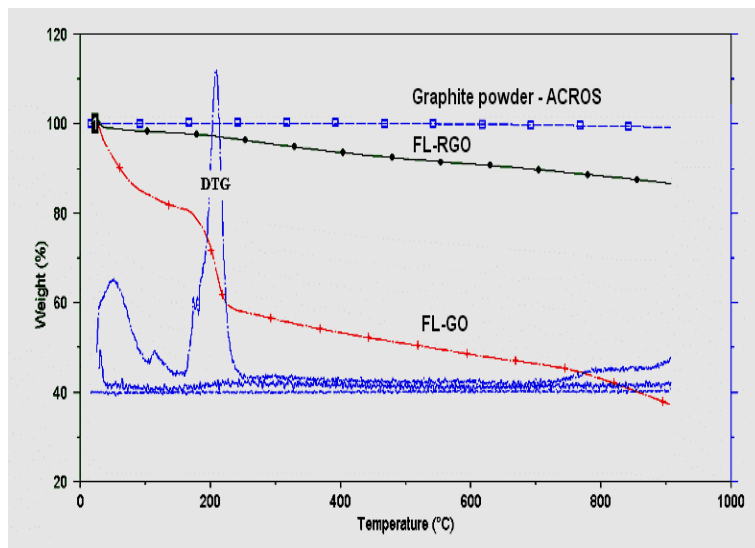
Cl(0.3%)>Mn(0.2%)>S(0.01%)=K(0.01%)=Fe(0.01%)>Ca(0.009%)>Cu(0.006%)>Ni(0.001%)



## Wielomodułowe urządzenie TGA/DSC/FT-IR/QMS (grzanie do temp. 1600 C)

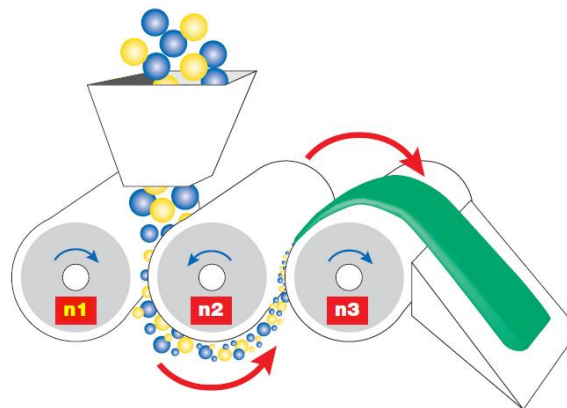


Przystawka ATR

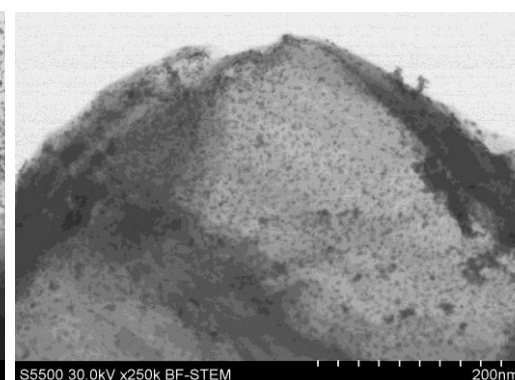
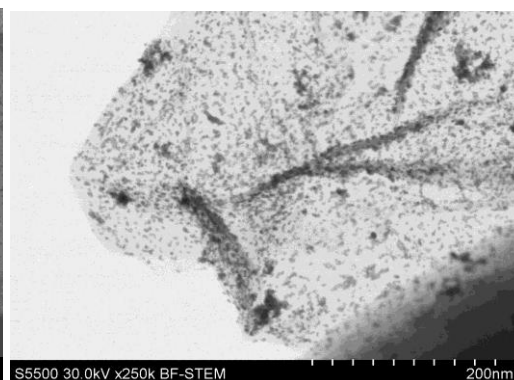
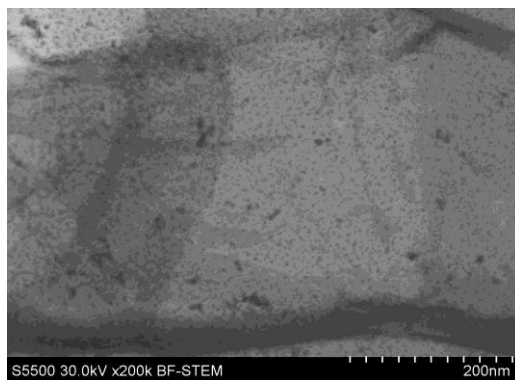
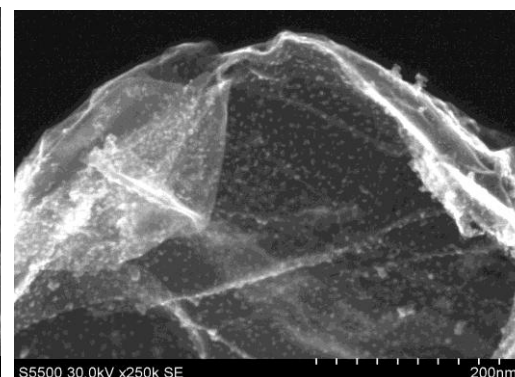
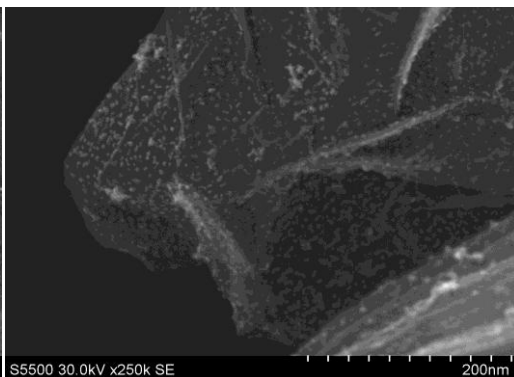
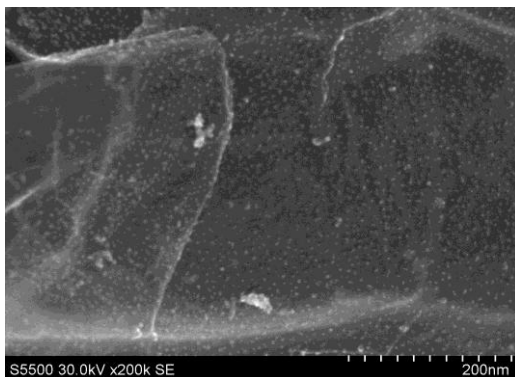


## Kalander laboratoryjny (trójwalcówka) (do wytwarzania kompozytów, np. żywic z grafenem)

Wyposażony jest w trzy walce pokryte bardzo twardym materiałem (SiC), szczelina pomiędzy walcami jest elektronicznie regulowana i nie przekracza 5  $\mu\text{m}$ .



# Kompozyty grafenowe: Pd/Pt/GO(rGO) (elektrokatalizatory do ogniw paliwowych)



**Dziękujemy za uwagę  
i zapraszamy do zwiedzenia naszego laboratorium.**

**Zapraszamy do współpracy zespoły badawcze i instytucje  
zainteresowane badaniami nad grafenem płatkowym i jego licznymi  
zastosowaniami.**

## Kontakt

**Wydział Inżynierii Chemicznej i  
Procesowej Politechniki Warszawskiej  
Laboratorium Grafenowe PW  
ul. Waryńskiego 1, 00-645 Warszawa  
Tel. 22 234 6418  
Email: [LGPW@ichip.pw.edu.pl](mailto:LGPW@ichip.pw.edu.pl)**

