

## Zadanie 23

*Opracowanie metalizacji struktur półprzewodnikowych na bazie GaN i ZnO przeznaczonych do wymagających warunków eksploatacyjnych.*

## Zadanie 24

*Opracowanie technologii warstw dielektrycznych dla heterozłączowych tranzystorów typu ISFET i MISFET na bazie GaN i ZnO.*

**A. Piotrowska, A. Barcz, M. Borysiewicz, M. Ekielski,  
K. Gołaszewska-Malec, M. Guzewicz, E. Kamińska, K.  
Korwin-Mikke, R. Kruszka, I. Pasternak**

## Motywacja

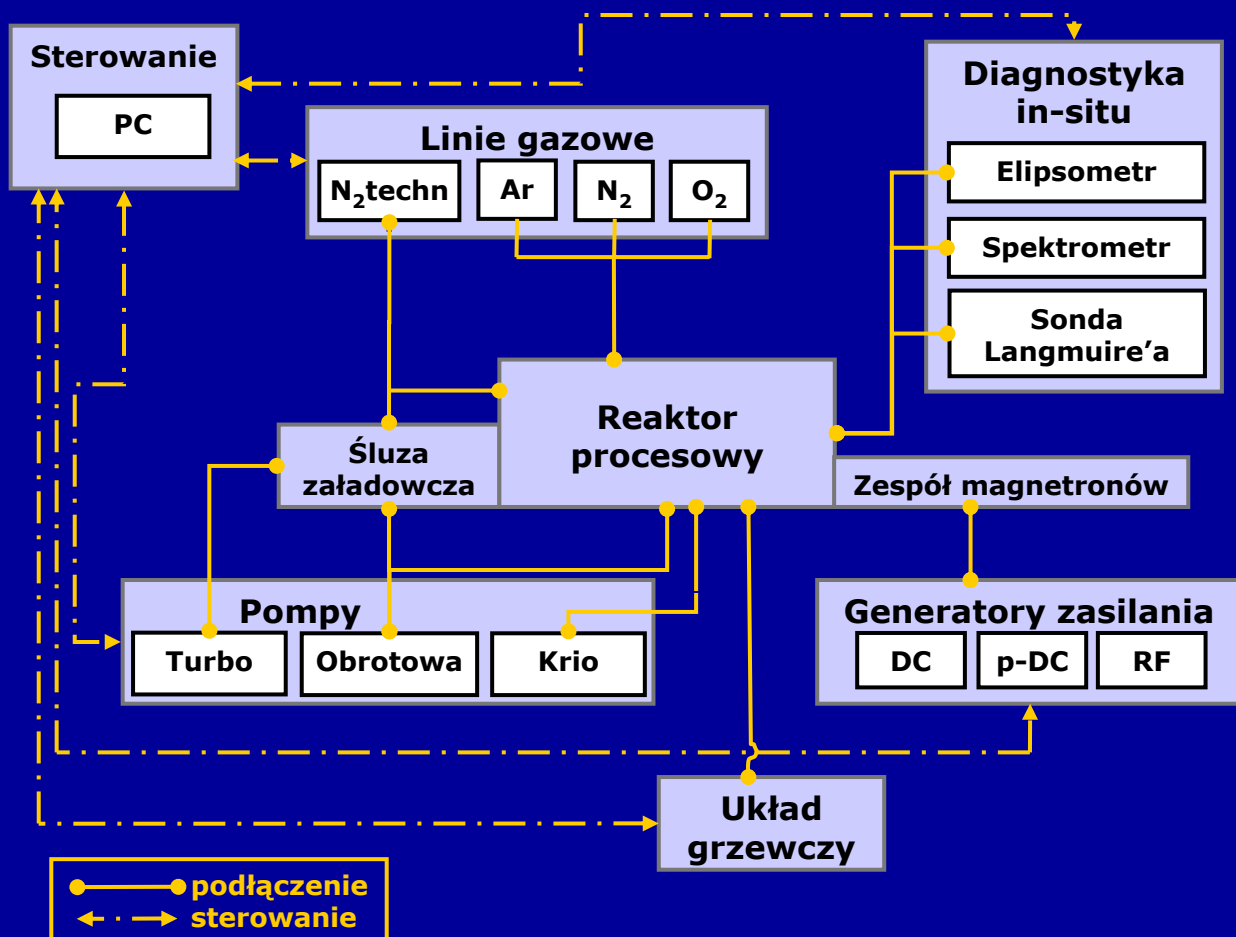
- Wykorzystanie unikatowych właściwości azotków grupy III i ZnO w konstrukcji przyrządów przeznaczonych do pracy w wymagających warunkach eksploatacyjnych.
- Opracowanie processingu struktur półprzewodnikowych (kontakty omowe i prostujące, dielektryki podbramkowe, warstwy pasywacyjne, warstwy sensorowe, strukturyzacja) dla przyrządów elektronicznych i czujników pracujących w ekstremalnych warunkach

## Podejście

- wybór materiałów: metalizacje stabilne termicznie i odporne chemicznie, izolatory o dużej stałej dielektrycznej
- metody wytwarzania : rozpylanie katodowe, obróbka termiczna
- strukturyzacja: fotolitografia, trawienie suche

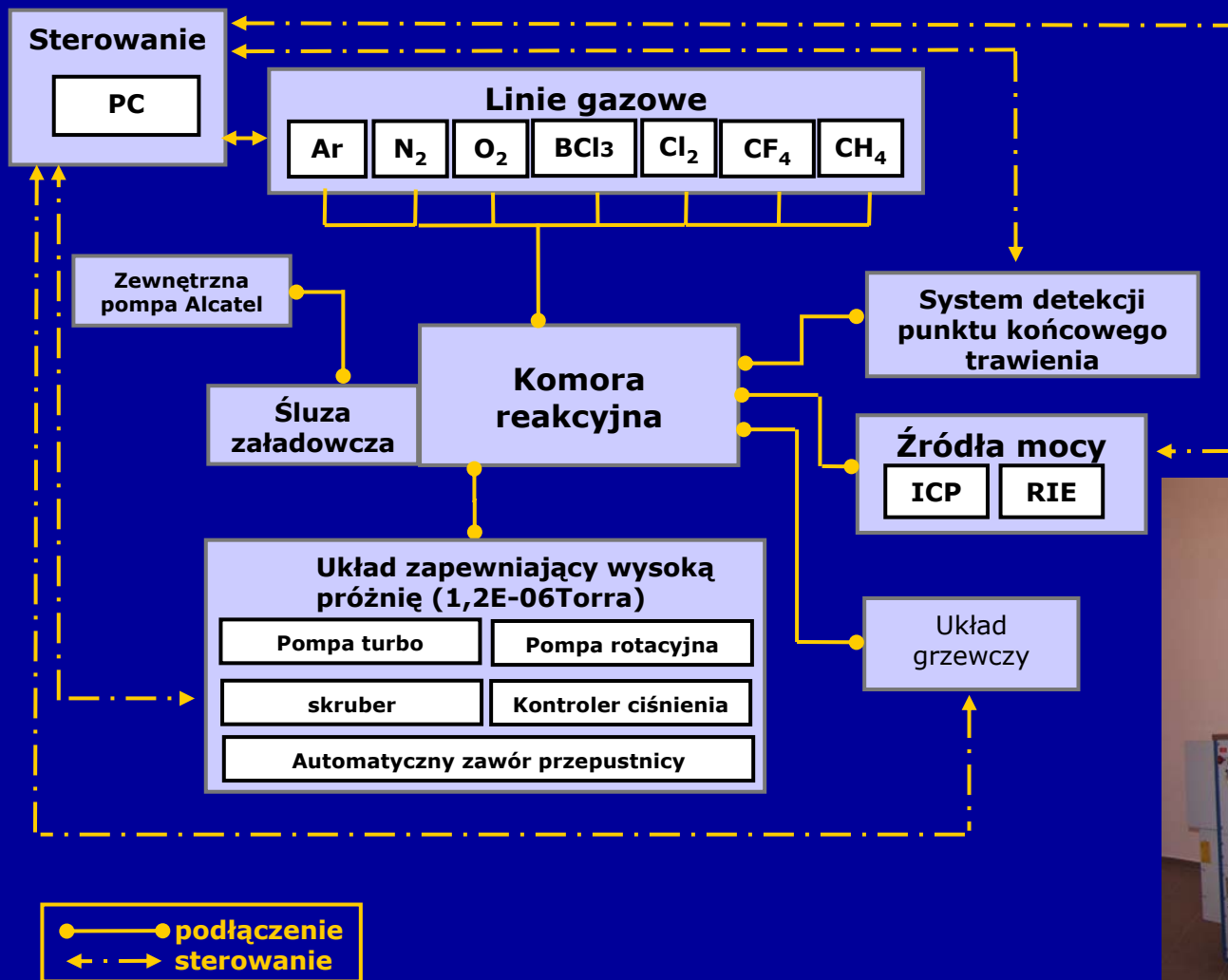


## Surrey Nanosystems Gamma $\gamma$ 1000C





## PlasmaLab System 100





## Zadanie 23

# Opracowanie metalizacji struktur półprzewodnikowych na bazie GaN i ZnO przeznaczonych do wymagających warunków eksploatacyjnych.



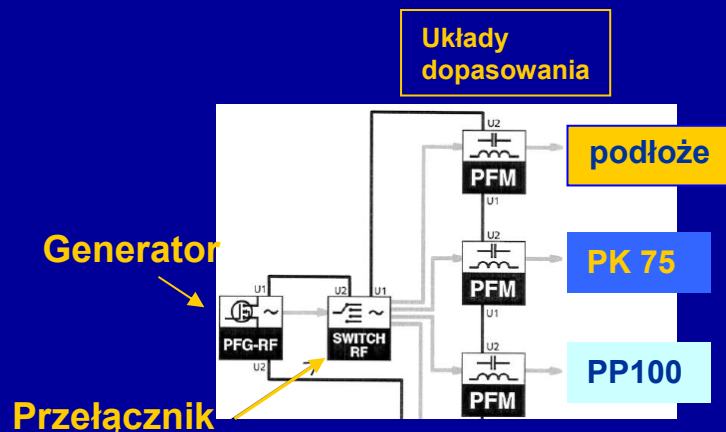
I.p.	Nazwa etapu (kamienia milowego)	Czas realizacji (miesiące)
1	Zakup zasilacza RF do Universal Coating System L560 Wykonanie kontaktów omowych i Schottky'ego do I partii warstw n-GaN/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - sprawozdanie	1-6
2	Wykonanie kontaktów omowych i Schottky'ego do II partii warstw n-GaN/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - sprawozdanie	7-12
3	Wykonanie kontaktów omowych i Schottky'ego do I partii warstw n-ZnO/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - sprawozdanie	13-18
4	Wykonanie kontaktów omowych i Schottky'ego do II partii warstw n-ZnO/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - sprawozdanie	19-24
5	Wykonanie kontaktów omowych i Schottky'ego do I partii struktur AlGaN/GaN/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - sprawozdanie	25-30
6	Wykonanie kontaktów omowych i Schottky'ego do II partii struktur AlGaN/GaN/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , -sprawozdanie	31-36
7	Optymalizacja metalizacji kontaktów omowych i Schottky'ego do struktur AlGaN/GaN/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -sprawozdanie	37-42
8	Wykonanie kontaktów omowych i Schottky'ego do I partii struktur na bazie ZnO z 2DEG -sprawozdanie	42-48
9	Optymalizacja technologii i wykonanie kontaktów omowych i Schottky'ego do II partii struktur na bazie ZnO z 2DEG -sprawozdanie	49-54
10	Badania stabilności termicznej kontaktów omowych i Schottky'ego -sprawozdanie	55-60



# Zadanie 23 etap I: Zakup zasilacza RF do Universal Coating System L560



**Przeznaczenie:** zasilanie 2 magnetronów (PK75 i PP100) i polaryzacja podłoża w komorze



**Układ dopasowania:**

- 2 układy są zainstalowane w L-560;
- niezbędny 1 dodatkowy do magn. P100 oraz 1 przełącznik RF.

**Zakup inwestycyjny:**

generator QINTO, przełącznik PFS i układ dopasowania PFM firmy Huttinger

## Wymagania:

- maksymalna moc 2.5 kW
- ciągła kontrola mocy od min. 20 W do maksymalnej
- kontrola mocy odbitej
- częstotliwość  $f = 13.65 \text{ MHz } (+/-0.05\%)$
- chłodzenie wodą: 10-30 °C, wymiary: 483(max)x 450(max)x550(max) [mm]
- przyłącza kompatybilne z istniejącymi gniazdami w rozdzielni mocy Huttinger
- sterowanie kompatybilne z istniejącym układem przełączania opcji *sputtering/etching*, *sputtering with bias* dla obu magnetronów
- kompatybilność z istniejącym w stanowisku układem dopasowania Leybold
- nowy układ dopasowania do drugiego magnetronu zapewniający moc odbitą mniejszą od <2% dla w/w opcji.



## Zadanie 24

# Opracowanie technologii warstw dielektrycznych dla heterozłączowych tranzystorów typu ISFET i MISFET na bazie GaN i ZnO.



	Nazwa etapu (kamienia milowego)	Czas realizacji (miesiące)
1	Opracowanie procesów osadzania amorficznych warstw dielektrycznych $\text{HfO}_2$ i badania ich właściwości elektrycznych i optycznych-sprawozdanie	1-6
2	Opracowanie procesów osadzania amorficznych warstw dielektrycznych na bazie $\text{TiO}_2$ , $\text{ZrO}_2$ i badania ich właściwości elektrycznych i optycznych -sprawozdanie	7-12
3	Zakup jednostki zapobiegającej wyladowaniu lukowemu SPARC-LE do sputronu Z400 Nalozenie warstw pasywacyjnych na I partię struktur n-GaN/ $\text{Al}_2\text{O}_3$ i pomiary elektryczne - sprawozdanie	13-18
4	Nalozenie warstw pasywacyjnych na I partię struktur n-ZnO/ $\text{Al}_2\text{O}_3$ i pomiary elektryczne - sprawozdanie	19-24
5	Nalozenie warstw pasywacyjnych na I partię struktur GaN/ $\text{Al}_2\text{O}_3$ i pomiary elektryczne i transportowe 2DEG -sprawozdanie	25-30
6	Nalozenie warstw pasywacyjnych na II partię struktur AlGaN/GaN/ $\text{Al}_2\text{O}_3$ i pomiary elektryczne i transportowe 2DEG -sprawozdanie	31-36
7	Nalozenie warstw pasywacyjnych na III partię struktur AlGaN/GaN/ $\text{Al}_2\text{O}_3$ i pomiary elektryczne i transportowe 2DEG -sprawozdanie	37-42
8	Nalozenie warstw pasywacyjnych na I partię struktur z 2DEG na bazie ZnO i pomiary elektryczne i transportowe -sprawozdanie	42-48
9	Nalozenie warstw pasywacyjnych na II partię struktur z 2DEG na bazie ZnO i pomiary elektryczne i transportowe -sprawozdanie	49-54
10	Nalozenie warstw pasywacyjnych na III partię struktur z 2DEG na bazie ZnO i pomiary elektryczne i transportowe -sprawozdanie	55-60



## Skalowanie tranzystora MOSFET:

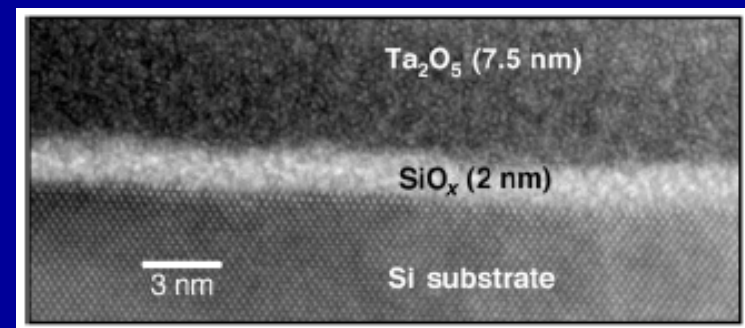
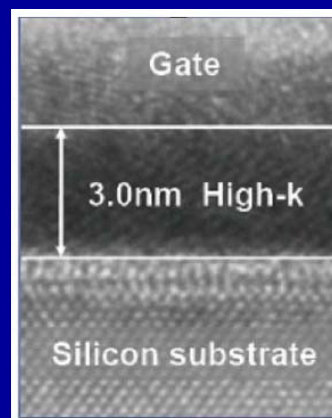
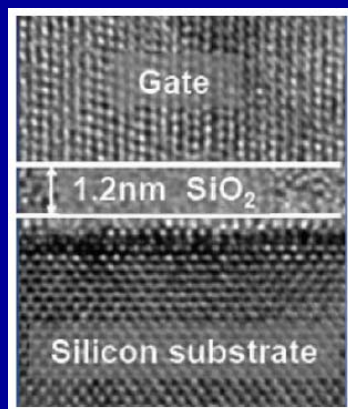
$I_{Dsat}$ ,  $g_{max}$ ,  $f_T \uparrow$  gdy  $L \downarrow$  i  $d \downarrow$

## Wymagania na alternatywny tlenek podbramkowy:

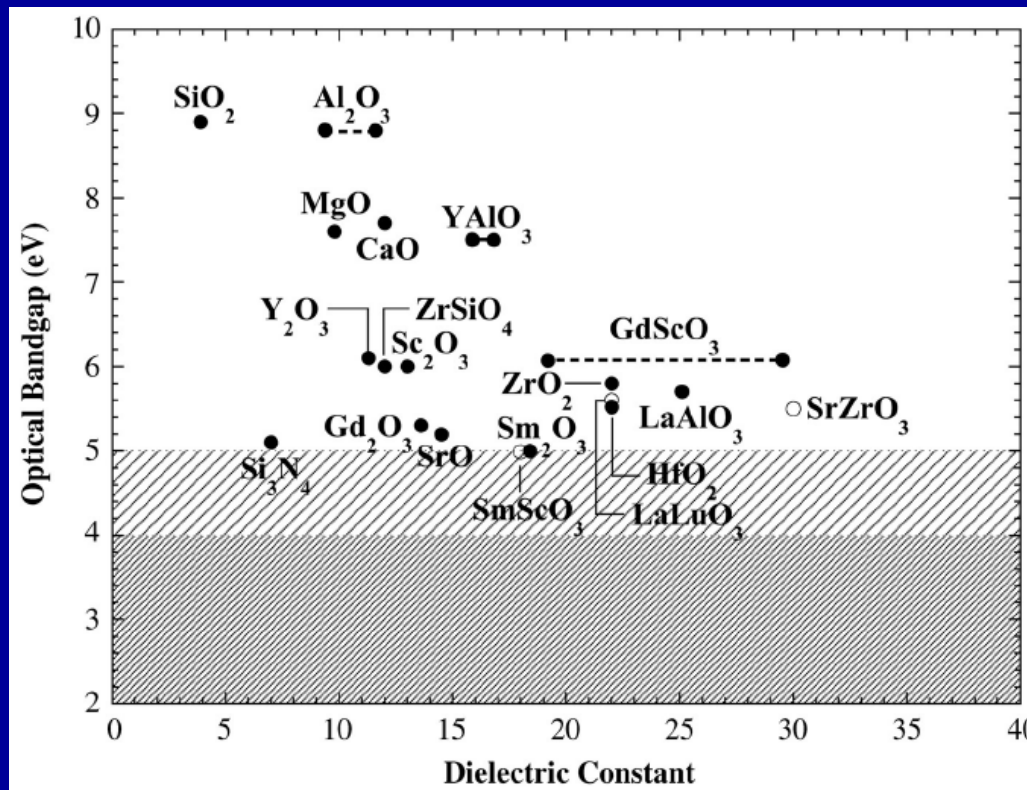
**Duża stała dielektryczna  $k$**

**Stabilność chemiczna – brak reakcji z półprzewodnikiem:**  
**Tlenki o dużym ciepłe tworzenia:  $HfO_2$ ,  $Zr$ ,  $Y$ ,  $La$ ,  $Al$ .**

**Stabilność termiczna do  $1050^\circ C$ : struktura amorficzna**







**$\kappa$  vs  $E_g$  alternatywnych dielektryków bramkowych o spodziewanej dużej stabilności w kontakcie z Si.**

*D.G. Schlom and J.H. Haeni, MRS BULLETIN, 27, 198-203 (2002)*



# Zadanie 24 etap I:

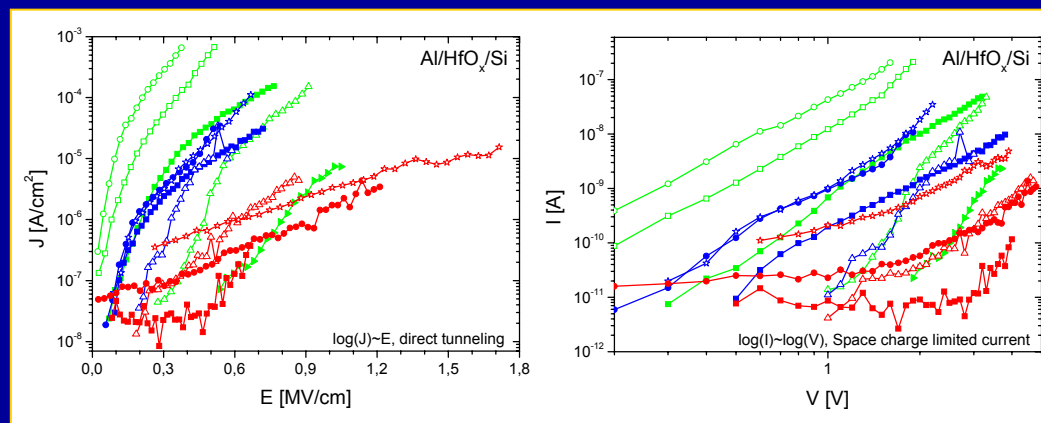
## Opracowanie procesów osadzania amorficznych warstw dielektrycznych HfO<sub>2</sub> i badania ich właściwości elektrycznych i optycznych



### Tlenek hafnu

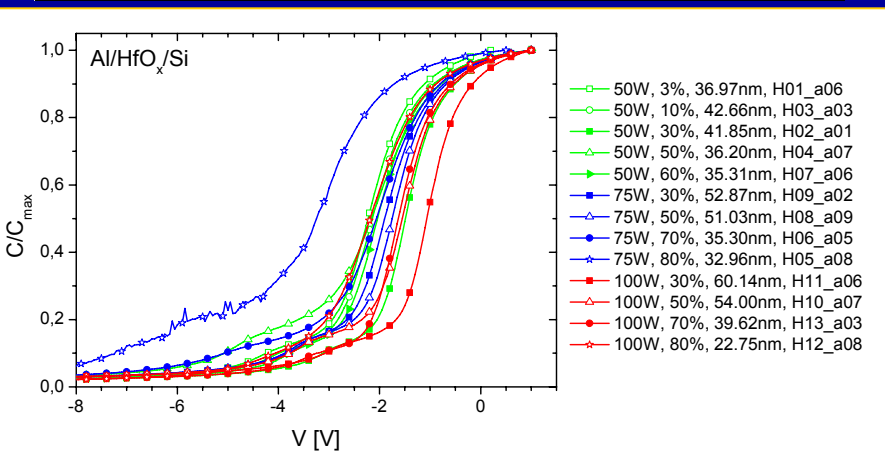
- reaktywne rozpylanie katodowe targetu **Hf** w atmosferze Ar+O<sub>2</sub>

Oznaczenie próbki	Wybrane parametry procesu		Pomiary elipsometryczne		Pomiary ch-k I-V		Pomiary ch-k C-V
	Po <sub>2</sub> :Po <sub>2</sub> +Ar	moc DC [W]	d [nm]	n (λ=630nm)	E <sub>br</sub> [MV/cm]	<E <sub>br</sub> >* [MV/cm]	k
H1	3%	50	36,97	1,91	0,46 - 0,73	0,54	9,9
H3	10%		42,66	2,03	0,4 - 0,44	0,42	10,2
H2	30%		41,85	1,99	0,43 - 1,05	0,58	8,7
H4	50%		36,20	2,00	0,64 - 1,24	0,81	8,7
H7	60%		35,31	2,01	0,59 - 1,33	0,95	8,3
H9	30%	75	52,87	2,06	0,59 - 1,1	0,74	10,3
H8	50%		51,03	2,05	0,61 - 0,96	0,71	10,1
H6	70%		35,30	1,95	0,45 - 1,42	0,62	7,8
H5	80%		32,96	1,97	0,52 - 1	0,70	7,9
H11	30%	100	60,14	2,08	0,53 - 3,79	0,87	9,9
H10	50%		54,00	2,07	0,44 - 1,13	0,79	9,9
H13	70%		39,62	1,92	0,78 - 1,26	1,05	9,2
H12	80%		22,75	1,86	1,19 - 1,98	1,48	7,4



### Wnioski

- Użyteczność warstw zmniejsza się wraz ze wzrostem mocy plazmy oraz wraz ze wzrostem koncentracji O<sub>2</sub> w komorze reakcyjnej.
- W warstwach gromadzi się ładunek przestrzenny, który ogranicza prąd płynący przez warstwy.
- Stała dielektryczna otrzymywanych warstw mieści się w przedziale 7.4 – 10.3.
- Użyteczności, duże rozruty natężenia pola przebicia, gromadzenie się ładunku przestrzennego wynikać mogą z istnienia w warstwie niezwiązanych z tlenem atomów **Hf**.





### Trawienie HfO<sub>2</sub>

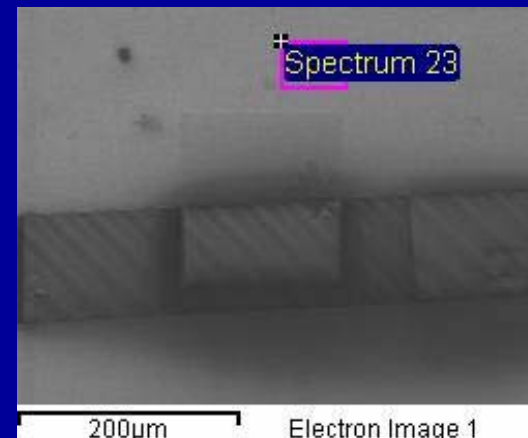
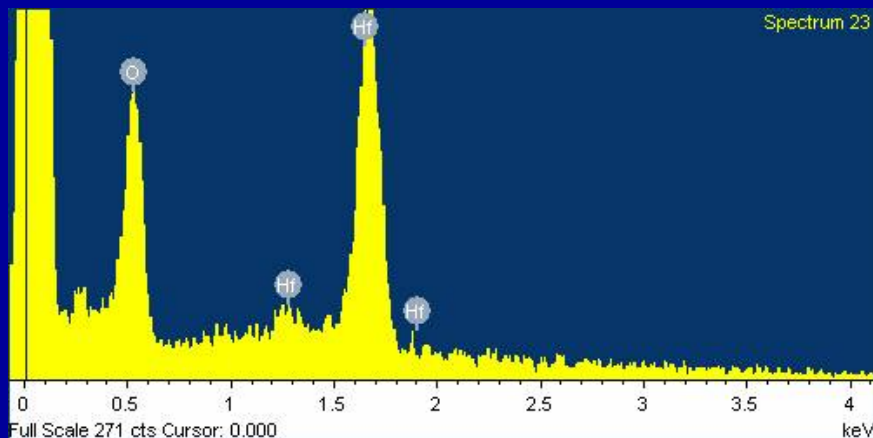
#### • Przygotowanie powierzchni próbek:

Podłoże:	SiC i Al (105)
Warstwa:	HfO <sub>2</sub> (200nm)
Maska:	Paski dyfrakcyjne
Emulsja fotolitograficzna:	ma-N 2405
Grubość emulsji:	6,04kÅ

#### • Parametry trawienia:

Trawiona warstwa:	HfO <sub>2</sub> (200nm)
Gazy:	BCl <sub>3</sub> (20sccm)
ICP:	1000W
RIE:	100W
Czas:	4min.
Temperatura:	20°C
Ciśnienie:	1,7mTorr
Szybkość trawienia:	50nm/min.

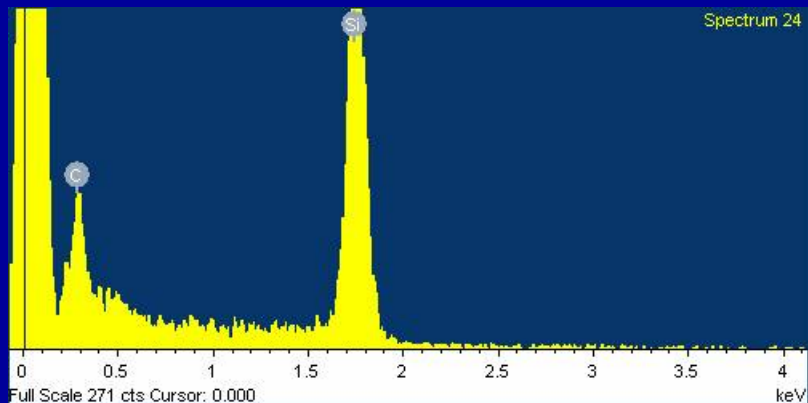
#### • Kontrola postępu trawienia po 2 min.





## Trawienie tlenku hafnu HfO<sub>2</sub>

- Efekt końcowy trawienia 200nm HfO<sub>2</sub> w urządzeniu PlasmaLab System 100:



Trawiona warstwa:	HfO <sub>2</sub> (200nm)
Głębokość trawienia:	200nm
Szybkość trawienia:	50nm/min.
Selektywność:	tak

