

# KATALOG USŁUG BADAWCZYCH

NANO-/MIKROELEKTRONIKA I FOTONIKA  
ELEKTRONIKA DRUKOWANA I TEKSTRONIKA  
MAGAZYNOWANIE I KONWERSJA ENERGII



Politechnika Warszawska  
Centrum Zaawansowanych Materiałów  
i Technologii CEZAMAT



**Politechnika Warszawska**  
Centrum Zaawansowanych Materiałów  
i Technologii CEZAMAT

---

**Centrum Zaawansowanych Materiałów  
i Technologii CEZAMAT PW**

ul. Poleczki 19, 02-822 Warszawa  
tel.: (22) 182 12 69  
e-mail: [uslugi.cezamat@pw.edu.pl](mailto:uslugi.cezamat@pw.edu.pl)

---

Szanowni Państwo,

Centrum Zaawansowanych Materiałów i Technologii CEZAMAT Politechniki Warszawskiej to zarówno zespół profesjonalistów, jak i unikalna infrastruktura oraz specjalistyczny sprzęt badawczy. Wyposażenie laboratoriów CEZAMAT PW umożliwia prowadzenie prac m.in. w zakresie nanotechnologii, mikrosystemów półprzewodnikowych czy elektroniki drukowanej.

Przedstawiamy bieżącą ofertę usług oferowanych przez Centrum Zaawansowanych Materiałów i Technologii CEZAMAT Politechniki Warszawskiej w zakresie nano-/mikroelektroniki i fotoniki, elektroniki drukowanej oraz magazynowania i konwersji energii.

Dodatkowo w oparciu o nasze unikalne doświadczenie, wysoko wyspecjalizowaną kadrę i zaplecze badawcze możemy podjąć się także innych prac po wcześniejszym uzgodnieniu.

Zachęcamy do kontaktu.

# SPIS TREŚCI

---

<b>1</b>	<b>Produkcja masek fotolitograficznych</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Modyfikacja właściwości materiału</b>	<b>7</b>
<b>2.1</b>	<b>Implantacja jonów</b>	<b>7</b>
<b>2.2</b>	<b>Dyfuzja wysokotemperaturowa</b>	<b>8</b>
<b>2.3</b>	<b>Wyrzewanie</b>	<b>8</b>
<b>2.4</b>	<b>Ultra szybkie wygrzewanie Rapid Thermal Processing (RTP)</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>Łączenie podłoży – Wafer Bonding</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>Procesy litografii</b>	<b>10</b>
<b>4.1</b>	<b>Elektronolitografia</b>	<b>10</b>
<b>4.2</b>	<b>Fotolitografia</b>	<b>11</b>
<b>5</b>	<b>Wytwarzanie warstw</b>	<b>12</b>
<b>5.1</b>	<b>Rozpylanie magnetronowe</b>	<b>12</b>
<b>5.2</b>	<b>Osadzanie metodą PECVD</b>	<b>13</b>
<b>5.3</b>	<b>Procesy utleniania termicznego</b>	<b>14</b>
<b>5.4</b>	<b>Procesy osadzania metodą LPCVD</b>	<b>15</b>
<b>5.5</b>	<b>Pulsed Laser Deposition</b>	<b>15</b>
<b>6</b>	<b>Trawienie warstw</b>	<b>16</b>
<b>6.1</b>	<b>Trawienie mokre</b>	<b>16</b>
<b>6.2</b>	<b>Trawienie suche</b>	<b>16</b>
<b>7</b>	<b>Procesy czyszczenia</b>	<b>17</b>
<b>7.1</b>	<b>Laboratoryjne czyszczenie chemiczne</b>	<b>17</b>
<b>7.2</b>	<b>Produkcyjne czyszczenie chemiczne</b>	<b>18</b>

<b>8</b>	Skaningowa mikroskopia elektronowa	<b>19</b>
<b>9</b>	Pomiary elipsometryczne	<b>19</b>
<b>10</b>	Modelowanie i symulacje nowych technologii w zakresie elektroniki i fotoniki	<b>20</b>
<b>11</b>	Doradztwo techniczne w zakresie wdrażania technologii	<b>20</b>
<b>12</b>	Opracowanie materiałów do technik drukarskich	<b>21</b>
<b>13</b>	Charakteryzacja i badania materiałów	<b>21</b>
<b>13.1</b>	Badania właściwości elektrycznych	<b>22</b>
<b>13.2</b>	Badania właściwości reologicznych	<b>22</b>
<b>13.3</b>	Badania właściwości mechanicznych	<b>23</b>
<b>13.3.1</b>	Badania w komorze klimatycznej	<b>23</b>
<b>13.3.2</b>	Badania wytrzymałościowe	<b>23</b>
<b>14</b>	Opracowanie spersonalizowanych rozwiązań w obszarze elektroniki drukowanej	<b>24</b>
<b>15</b>	Przenoszenie technologii do skali przemysłowej	<b>25</b>
<b>16</b>	Wykonywanie biowydruków 2D/3D	<b>26</b>
<b>17</b>	Wydruki na podłożach trójwymiarowych	<b>27</b>
<b>18</b>	Usługi doradcze i analiza rozwiązań w zakresie elektroniki drukowanej	<b>28</b>
	Nano-/mikroelektronika i fotonika, elektronika drukowana oraz magazynowanie i konwersja energii w CEZAMAT PW	<b>29</b>
	Zespoły badawcze	<b>29</b>
	Przykładowa aparatura	<b>29</b>
	Kontakt	<b>30</b>

# 1 PRODUKCJA MASEK FOTOLITOGRAFICZNYCH

Oferujemy możliwość wytwarzania masek fotolitograficznych metodą elektronolitografii na własnych lub dostarczonych podłożach.

Parametry maski:

- rozmiar podłoża: maski 125 mm/5” lub 180 mm/7”,
- rodzaj podłoża: szklane lub kwarcowe,
- rozdzielczość wykonanego wzoru poniżej 300 nm (do ustalenia w zależności od wzoru),
- grubość warstwy chromu 100 nm.

Istnieje możliwość dobrania innej grubości warstwy chromu (z warstwą antyodbićową lub bez), innego materiału podłoża oraz uzyskania większej rozdzielczości.

**FOTOLITOGRAFIA, ELEKTRONOLITOGRAFIA, MASKI FOTOLITOGRAFICZNE, PODŁOŻA SZKLANE, PODŁOŻA KWARCOWE**



# 2 MODYFIKACJA WŁAŚCIWOŚCI MATERIAŁU

## 2.1 IMPLANTACJA JONÓW

Oferujemy proces implantacji jonów dla potrzeb m.in. elektroniki, optoelektroniki czy spintroniki. W zastosowaniach elektronicznych implantator jonów umożliwia wytwarzanie źródeł i drenów, formowanie napięcia progowego przyrządów CMOS, domieszkowanie obszarów emitera, bazy i kolektora przyrządów bipolarnych, a także wykonywanie implantacji Well i Halo. Do zastosowań elektroniki krzemowej używane są jony następujących pierwiastków: B, P, As, Si. Do półprzewodników alternatywnych używane są jony grup IIb, IIIa, IVa, Va, VIa. Podczas implantacji temperatura podłoża nie przekracza 100°C. Dla potrzeb optoelektroniki i spintroniki istnieje możliwość implantowania jonami metali ziem rzadkich oraz jonami metali przejściowych. Posiadane urządzenie pozwala również na wyznaczenie inżynierii defektów przy podłożach podgrzewanych do 500°C. Dodatkowo wyposażenie w postaci robota do automatycznego załadunku płytek pozwala na zastosowanie tego urządzenia w małoseryjnej produkcji.

Warunki prowadzenia procesu:

- możliwość implantacji jonów tlenu, azotu, wodoru, argonu, boru oraz innych (w bardzo szerokim zakresie mas, tj. 1-210 AMU),
- możliwość implantacji na podłożach 100 mm/4", 150 mm/6" i 200 mm/8", mniejsze podłoża po wcześniejszych uzgodnieniach,
- chłodzenie podłoża wspomagane helem – możliwość implantacji przez maskę z grubej emulsji fotolitograficznej,
- możliwość implantacji przy podwyższonej, kontrolowanej temperaturze podłoża od 100°C do 500°C,
- napięcie przyspieszające z zakresu 5 kV do 200 kV, prąd wiązki do 1,5 mA (zależnie od rodzaju jonów).

**IMPLANTACJA, IMPLANTATOR JONÓW, OPTOELEKTRONIKA, SPINTRONIKA, FORMOWANIE NAPIĘCIA PROGOWEGO, WELL I HALO, INŻYNIERIA DEFEKTÓW, SMART-CUT**

## 2.2 DYFUZJA WYSOKOTEMPERATUROWA

Oferujemy wykonanie procesu dyfuzji do zastosowań w mikro- i nanoelektronice, fotonice czy fotowoltaice oraz mikromechanice.

W ramach usługi możliwe jest:

- prowadzenie dyfuzji boru w temperaturze do 1 000°C,
- procesowanie w powtarzalny sposób dużych partii w jednym procesie: 25 podłoży o średnicy 200 mm/8'' oraz 50 podłoży o średnicy 100 mm/4'' i 150 mm/6''.

DYFUZJA BORU, DYFUZJA WYSOKOTEMPERATUROWA, PROCES DYFUZJI

## 2.3 WYGRZEWANIE

Oferujemy proces wygrzewania dużych partii podłoży półprzewodnikowych w kontrolowany sposób.

W ramach usługi możliwe jest:

- wygrzewanie w atmosferze azotu, argonu i/lub w mieszaninie azotu i wodoru w temperaturze do 1 200°C,
- procesowanie w powtarzalny sposób dużych partii w jednym procesie: 25 podłoży o średnicy 200 mm/8'' oraz 50 podłoży o średnicy 100 mm/4'' i 150 mm/6''.

WYGRZEWANIE, WYGRZEWANIE KONTROLOWANE

## 2.4 ULTRA SZYBKIE WYGRZEWANIE RAPID THERMAL PROCESSING (RTP)

Oferujemy procesy ultraszybkiego wygrzewania podłoży krzemowych z możliwością szybkości nagrzewania do 200°C/s.



Specyfikacja procesu:

- wygrzewanie podłoży o rozmiarach 100 mm/4", 150 mm/6", 200 mm/8" z szybkością grzania do 200°C/s,
- wygrzewanie podłoży o nieregularnych kształtach z szybkością grzania do 20°C/s,
- maksymalna temperatura procesu: 1 400°C,
- procesy mogą być prowadzone w atmosferze gazów N<sub>2</sub>, Ar, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O,
- możliwość wygrzewania pod obniżonym ciśnieniem.

RTP, RAPID THERMAL PROCESSING, WYGRZEWANIE, WYGRZEWANIE WARSTW

## 3 ŁĄCZENIE PODŁOŻY – WAFER BONDING

Oferujemy łączenie podłoży wytworzonych z różnych materiałów, w tym z materiałów półprzewodnikowych (krzemu i in.) i dielektryków (szkło, ceramika i in.), do zastosowania w mikroelektronice, nanoelektronice, fotonice oraz w mikrosystemach. Przystosowane do pracy z podłożami okrągłymi 100 mm do 200 mm (4"-8") oraz fragmentami nie mniejszymi niż 10 mm x 10 mm (0,28" x 0,28").

Możliwość łączenia (Bonding) próbek następującymi technikami:

- adhezyjną (klej),
- eutektyczną (termokompesyjną),
- anodową,
- przy użyciu szkliwa (Glass Frit),
- bezpośrednią (Direct Bonding).

Parametry prowadzenia procesu:

- komora płukana gazem obojętnym,
- zakres kontroli temperatury od 50°C do 500°C z dokładnością  $\pm 3^\circ\text{C}$ , stabilnością  $\pm 1,0^\circ\text{C}$  i jednorodnością na poziomie  $\pm 2\%$ ,
- siła nacisku do 20 kN, z programową regulacją,

- maksymalna próżnia  $5 \cdot 10^{-5}$  mbar (sterowanie ciśnieniem w komorze procesowej poprzez dozowanie gazu procesowego –  $N_2$ , w zakresie od 1 do 1 000 mbar),
- możliwość centrowania podłoży z wykorzystaniem urządzenia do centrowania wzorów/masek.

BONDING, WAFER BONDING, ŁĄCZENIE PODŁOŻY, ŁĄCZENIE ADHEZYJNE, TERMOKOMPRESJA, ŁĄCZENIE ANODOWE, DIRECT BONDING, GLASS FRIT

## 4 ŁĄCZENIE PODŁOŻY – WAFER BONDING

### 4.1 ELEKTRONOLITOGRAFIA

Elektronolitografia, czyli litografia wiązką elektronową pozwala na bezpośrednie pisanie wzorów na warstwie rezystu, co umożliwia uzyskanie wymiarów elementów na poziomie pojedynczych nanometrów. Pozwala to na dużo większą swobodę przenoszenia wzorów na warstwę w porównaniu do innych rodzajów litografii. Takie rozwiązanie eliminuje konieczność wytworzenia i naświetlania wzorów przez maskę stosowaną np. w procesie fotolitografii. Dzięki temu możliwe są szybkie zmiany i korekty w projekcie wzorów. Zalety te nadają litografii wiązką elektronową dużą elastyczność przydatną zwłaszcza w fazie badań i prototypowania struktur i elementów. Stosowane napięcia przyspieszające to 100 kV. Minimalna średnica wiązki elektronów stosowana do naświetlania nie przekracza 5 nm, a minimalna szerokość uzyskanej linii jest poniżej 20 nm. Maksymalny obszar naświetlania bez konieczności stosowania zszywania (Stitching) to 1 mm<sup>2</sup>.

Możliwość technologiczne:

- napięcie przyspieszające 100 kV, zakres prądu wiązki naświetlającej 0,1-50 nA, wielkość pola naświetlania 100 x 100  $\mu\text{m}$ , 500 x 500  $\mu\text{m}$  i 1 000 x 1 000  $\mu\text{m}$ ,
- błąd zszywania pól naświetlania (Stitching)  $\leq \pm 30$  nm,
- możliwość pracy z okrągłymi podłożami o średnicach 50 mm/2", 75 mm/3", 100 mm/4", 150 mm/6", 200 mm/8" i kwadratowymi o długości boku 125 mm/5" i 180 mm/7",

- istnieje możliwość procesowania niestandardowych podłoży po wcześniejszym uzgodnieniu,
- możliwość pracy z rezystami pozytywowymi (np. 950PMMA A firmy MicroChem i ZEP520A firmy Zeon) oraz negatywowym (np. XR-1541 firmy Dow Corning) – możliwe inne po wcześniejszym uzgodnieniu,
- możliwość wytworzenia warstwy rezystu od kilkudziesięciu nanometrów wzwyż,
- minimalna szerokość linii możliwa do uzyskania w rezyście negatywowym od kilkunastu nm, natomiast w rezyście pozytywowym od kilkudziesięciu nm;
- akceptowane wzory w plikach: LEDB, GDS OASIS, LTxt, CIF, DXF, PNG,
- możliwość przygotowania i optymalizacji procesu naświetlania – dostępne oprogramowanie umożliwia m.in.: optymalny dobór i kolejność naświetlania obszarów pod kątem minimalizacji błędów odwzorowania i skrócenia czasu pracy, przygotowanie planu dawkowania wiązki z uwzględnieniem efektów sąsiedztwa oraz wizualizację efektów naświetlania.

**ELEKTRONOLITOGRAFIA, LITOGRAFIA, WIĄZKA ELEKTRONOWA, WIĄZKA NAŚWIE TLAJĄCA, PROCES NAŚWIE TLANIA**

## **4.2 FOTOLITOGRAFIA**

Oferujemy pełen proces fotolitografii, zaczynając od przygotowania podłoża, naniesienia warstwy rezystu, naświetlenia oraz wywołania, aż po hartowanie (przygotowanie do trawienia mokrego lub suchego).

Warunki prowadzenia procesu:

- przystosowane do pracy z podłożami okrągłymi do 200 mm (50 mm/2”, 100 mm/4”, 150 mm/6”, 200 mm/8”) oraz fragmentami nie mniejszymi niż 10 mm x 10 mm,
- możliwość centrowania wzorów względem obrazów na powierzchni górnej (TSA) z dokładnością 0,5  $\mu\text{m}$  i dolnej (BSA) – z dokładnością 1,0  $\mu\text{m}$ ,
- odwzorowanie realizowane metodą zbliżeniową (Proximity), kontaktową (Soft Contact, Hard Contact) oraz kontakt próżniowy (Vacuum),
- naświetlanie warstw światłoczułych (fotorezyst) o grubości do 200 $\mu\text{m}$ ,

- kompatybilność z maskami o rozmiarach 2,5" x 2,5", 5" x 5", 7" x 7", 9" x 9",
- spektrum wiązki naświetlającej kształtowane za pomocą filtrów,
- naświetlanie w trybie ze stałą mocą (Constant Time) i stałą dawką (Constant Dose), również w interwałach,
- zakres ruchu stolika podczas centrowania w zakresie  $X \geq \pm 5\text{mm}$ ,  $Y \geq \pm 5\text{mm}$ ,  $\phi \geq \pm 3^\circ$ ,
- równoległość stolika i maski w trakcie centrowania i naświetlania  $\leq \Delta 6\mu\text{m}$  zapewniona automatycznie.

FOTOLITOGRAFIA, REZYST, FOTOREZYST, HARTOWANIE, CENTROWANIE WZORÓW,  
PROCES NAŚWIETLANIA

## 5 WYTWARZANIE WARSTW

### 5.1 ROZPYLANIE MAGNETRONOWE

Oferujemy osadzanie warstw metodą rozpylania magnetronowego do zastosowania m.in. w elektronice półprzewodnikowej, fotowoltaice, optoelektronice. System PVD idealnie nadaje się do przeprowadzania zarówno pojedynczych procesów na potrzeby prac badawczo-rozwojowych, jak i małych serii produkcyjnych na podłożach, zarówno o standardowych, jak i nietypowych wymiarach do średnicy 200 mm/8".

Posiadany system umożliwia sekwencyjne rozpylanie nawet czterech materiałów bez konieczności wyjmowania próbki z komory próżniowej i kontaktu z powietrzem. Dwa tryby rozpylania (RF i DC) pozwalają na wytworzenie warstw dielektryków i metali, przy czym możliwe jest również wykonywanie rozpylania reaktywnego w atmosferze azotu i tlenu.

Warunki prowadzenia procesu:

- możliwość prowadzenia procesu na podłożach o średnicy do 200 mm (możliwe także płytki mniejsze, jak i małe kawałki),

- osadzanie warstw metali Al, Ti, Cr, Mo oraz dielektryków AlN, TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiN, AlO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>, TiO<sub>x</sub>N<sub>y</sub> i innych (możliwe inne materiały po wcześniejszych ustaleniach),
- grubości warstw od kilku nanometrów do ok. 1 μm,
- magnetrony pozwalające na pracę w trybie DC, RF oraz pulsed DC.

ROZPYLANIE, ROZPYLANIE MAGNETRONOWE, SYSTEM PVD, SEKWENCYJNE ROZPYLANIE, ROZPYLANIE RF, ROZPYLANIE DC, PULSED DC

## 5.2 OSADZANIE METODĄ PECVD

Oferujemy osadzanie CVD wspomaganie plazmą (PECVD – Plasma Enhanced Chemical Vapour Deposition) do zastosowań m.in. w nanoelektronice, fotonice, mikromechanice, pasywacji, hermetyzacji czy wytwarzaniu warstw maskujących. Urządzenie umożliwia nanoszenie warstw tlenków, azotków i tlenoazotków krzemu o regulowanym współczynniku załamania światła, a także na uzyskanie w kontrolowany sposób warstw materiałów o różnym naprężeniu mechanicznym.



Warunki prowadzonego procesu:

- grubości warstw od dziesiątek nanometrów do pojedynczych mikrometrów,
- generator plazmy RF 13,56 MHz oraz generator o zakresie częstotliwości 50-450 kHz,
- możliwość pracy na pojedynczych podłożach o wymiarach do 200 mm/8" średnicy, jak również na mniejszych podłożach o dowolnych kształtach,
- osadzanie warstw ditlenku krzemu ( $\text{SiO}_2$ ), azotku krzemu ( $\text{SiN}_x$ ), tlenoazotku krzemu ( $\text{SiO}_x\text{N}_y$ ), krzemu amorficznego (a-Si) z możliwością kontroli składu i naprężeń.

**OSADZANIE CVD, PECVD, WARSTWY MASKUJĄCE, TLENEK KRZEMU, AZOTEK KRZEMU, TLENOAZOTEK KRZEMU, KRZEM AMORFICZNY**

### **5.3 PROCESY UTLENIANIA TERMICZNEGO**

Oferujemy proces utleniania dużych partii podłoży krzemowych w kontrolowany i powtarzalny sposób. Możliwość otrzymywania dobrej jakości tlenków termicznych w zakresie grubości od pojedynczych nanometrów do mikrometrów.

W ramach usługi oferujemy:

- utlenianie mokre w temperaturze do 1 200°C,
- utlenianie suche przy niskim przepływie tlenu w temperaturze do 1 000°C,
- możliwość procesowania w powtarzalny sposób dużych partii w jednym procesie: 25 podłoż o średnicy 200 mm oraz 50 podłoż o średnicy 100 mm/4" i 150 mm/6".

**UTLENIANIE, UTLENIANIE TERMICZNE, UTLENIANIE SUCHE, UTLENIANIE MOKRE, KONTROLOWANE UTLENIANIE, TLENKI**

## 5.4 PROCESY OSADZANIA METODĄ LPCVD

Oferujemy wykonanie w kontrolowany sposób procesów chemicznego osadzania z fazy lotnej warstw polikrzemu oraz azotku krzemu pod obniżonym ciśnieniem (Low Pressure Chemical Vapor Deposition).

Wykonujemy:

- chemiczne osadzanie z fazy lotnej pod obniżonym ciśnieniem (Low Pressure Chemical Vapor Deposition) polikrzemu w temperaturze do 900°C,
- chemiczne osadzanie z fazy lotnej pod obniżonym ciśnieniem (Low Pressure Chemical Vapor Deposition) azotku krzemu w temperaturze do 900°C,
- procesowanie w powtarzalny sposób dużych partii w jednym procesie: 25 podłóż o średnicy 200 mm/8'' oraz 50 podłóż o średnicy 100 mm/4'' i 150 mm/6''.

LPCVD, CHEMICZNE OSADZANIE, FAZA LOTNA POLIKRZEMU, FAZA LOTNA AZOTKU KRZEMU

## 5.5 PULSED LASER DEPOSITION

Oferujemy osadzanie cienkich warstw materiałów tlenkowych metodą ablacji wiązką laserową (Pulsed Laser Deposition). Posiadana instalacja umożliwia wytwarzanie pojedynczych warstw lub heterostruktur oraz prowadzenie pojedynczych procesów lub krótkich serii. Możliwe jest prowadzenie procesu w warunkach wysokiej próżni (UHV) lub w atmosferze procesowej tlenu lub azotu.

Warunki procesowe:

- charakterystyka lasera: długość fali 248 nm, częstotliwość do 50 Hz,
- temperatura podłoża: od temperatury pokojowej do 1 000°C,
- możliwość zastosowania do 8 różnych materiałów w jednym procesie,
- możliwość ograniczenia ekspozycji wytworzonych warstw na działanie powietrza.

PLD, OSADZANIE CIENKICH WARSTW, POWŁOKI, ABLACJA LASEROWA

# 6 TRAWIENIE WARSTW

## 6.1 ROZPYLANIE MAGNETRONOWE

Oferujemy trawienie różnych podłoży oraz osadzonych warstw w procesach mokrych chemicznych.

Procesy obejmują kontrolowane i powtarzalne trawienie:

- warstw dwutlenku krzemu,
- warstw krzemu poli- i monokrystalicznego,
- warstw azotku krzemu i tlenkoazotku krzemu,
- cienkich warstw metalicznych – np. aluminium, tytanu i innych.

Każdy z procesów może być wykonany również w trybie produkcyjnym na podłożach o średnicach 100 mm/4”, 125 mm/5”, 150 mm/6” oraz 200 mm/8” w trybie wsadowym (do 25 podłoży) i w systemie Dry-In/Dry-Out.

**TRAWIENIE MOKRE, KONTROLOWANE TRAWIENIE, POWTARZALNE TRAWIENIE, DRY-IN, DRY-OUT**

## 6.2 TRAWIENIE SUCHE

Proces ten pozwala na trawienie szerokiej gamy dielektryków, metali i półprzewodników na podłożach zarówno o standardowych, jak i nietypowych wymiarach do średnicy 200 mm. Zależnie od procesu możliwe jest uzyskiwanie wysokich selektywności, silnie anizotropowych profili trawienia, także pionowego profilu ścian.

Oferujemy trawienia w plazmach tlenowych, chlorowych, fluorowych, argonowych, azotowych. Wykonujemy również trawienia kriogeniczne w temperaturach do -150°C, w tym trawienia w krzemie struktur o wysokim współczynniku kształtu (High Aspect Ratio).

Procesy trawienia mogą być kontrolowane in situ z wykorzystaniem laserowego systemu interferometrycznego.



# 7 PROCESY CZYSZCZENIA

## 7.1 LABORATORYJNE CZYSZCZENIE CHEMICZNE

Oferujemy czyszczenie podłoży krzemowych, kwarcowych i masek fotolitograficznych.

- Procesy wykonujemy na:
  - podłożach krzemowych i kwarcowych o średnicach 50 mm/2", 100 mm/4", 150 mm/6", 200 mm/8",
  - maskach fotolitograficznych o wymiarach 2,5" x 2,5", 5" x 5", 7" x 7", 9" x 9",
- Rodzaje procesów czyszczenia:
  - SPM (Sulfuric Peroxide Mix) mieszanina H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> i H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> do usuwania zanieczyszczeń organicznych,
  - SC1 (Standard Clean 1) mieszanina NH<sub>4</sub>OH, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> i wody dejonizowanej do usuwania jonów zanieczyszczeń organicznych,
  - SC2 (Standard Clean 2) mieszanina HCl, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> i wody dejonizowanej do usuwania jonów zanieczyszczeń metalicznych.
- System płukania Megasonic do usuwania submikrometrowych cząsteczek pozostałych po procesach czyszczenia wraz z system rozładowania nagromadzonego ładunku elektrostatycznego.
- Realizowane w systemie Dry-In/Dry-Out.
- Efektywna i powtarzalna realizacja procesów.

## 7.2 PRODUKCYJNE CZYSZCZENIE CHEMICZNE

Oferujemy efektywną i powtarzalną realizację procesów czyszczenia dużych partii podłoży krzemowych oraz przygotowanie ich do dalszych kroków technologicznych. Procesy wykonywane są na podłożach o średnicach 100 mm/4", 125 mm/5", 150 mm/6" oraz 200 mm/8" w trybie wsadowym (do 25 podłoży).

Procesy te obejmują:

- czyszczenie SPM w temperaturze do 120°C,
- czyszczenie SC1 w temperaturze do 80°C,
- czyszczenie SC2 w temperaturze do 80°C,
- usuwanie natywnego SiO<sub>2</sub> w rozcieńczonym roztworze HF.

Czyszczenie realizowane jest w systemie Dry-In/Dry-Out.

**CZYSZCZENIE CHEMICZNE, CZYSZCZENIE PRODUKCYJNE, CZYSZCZENIE PODŁOŻY, SPM, SC1, SC2, DRY-IN, DRY-OUT, CZYSZCZENIE POWTARZALNE**



## 8 SKANINGOWA MIKROSKOPIA ELEKTRONOWA

---

Oferujemy charakteryzację topografii próbek za pomocą wysokorozdzielczego skaningowego mikroskopu elektronowego (HR-SEM) Auriga 60 firmy Carl Zeiss o zdolności rozdzielczej powyżej 2,0 nm 1 kV, powyżej 1,0 nm 15 kV, powiększeniu: od 20 do 2 000 000:

- napięcie przyspieszające: od 0,1 kV do 30 kV,
- średnica badanych próbek do 200 mm,
- możliwość charakteryzacji z przechyłem kątowym do 65 stopni,
- możliwość charakteryzacji przetomów próbek.

## 9 POMIARY ELIPSOMETRYCZNE

---

Wykonujemy kompleksowe pomiary elipsometryczne próbek wraz z ich analizą.

Oferujemy:

- możliwość badania podłoża o maksymalnej średnicy 200 mm,
- wyznaczanie grubości cienkich warstw z materiałów przepuszczających lub częściowo przepuszczających światło,
- szacowanie składu materiałów wieloskładnikowych,
- pomiar grubości materiałów wielowarstwowych oraz wyznaczanie parametrów optycznych tych warstw,
- mapowanie (2D) wyznaczanych parametrów (grubości i parametrów optycznych) na powierzchni próbki,
- zakres spektralny pomiaru od 190 nm do 2 100 nm,
- zakres ruchu kąтового ramion od 40° do 90°,
- bogatą bazę materiałów umożliwiającą dopasowanie modelu do warunków pomiarowych i mierzonych materiałów.

**ELIPSOMETR, POMIARY ELIPSOMETRYCZNE, ANALIZA ELIPSOMETRYCZNA, SZACOWANIE SKŁADU, POMIAR GRUBOŚCI, MAPOWANIE 2D**

# 10

## MODELOWANIE I SYMULACJE NOWYCH TECHNOLOGII W ZAKRESIE ELEKTRONIKI I FOTONIKI

---

Oferujemy testowanie koncepcji, modelowanie i symulacje struktur, przyrządów i układów oraz procesów. Wykorzystujemy do tego specjalistyczne oprogramowanie oraz wiedzę ekspercką.

Działania obejmują w szczególności wsparcie w stworzeniu modeli i demonstratorów przyrządów oraz ich elementów lub zintegrowanych systemów opartych o innowacyjne konstrukcje i technologie elektroniki i/lub fotoniki (w tym struktury, przyrządy i układy półprzewodnikowe, sensory, MEMS/MOEMS, mikrofluidyka, energy harvestery i in.), a także inżynierii materiałowej.

**MODELOWANIE SYMULACJE PRZYRZĄDÓW I UKŁADÓW PÓŁPRZEWODNIKOWYCH,  
MODELOWANIE PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH**

# 11

## DORADZTWO TECHNICZNE W ZAKRESIE WDRAŻANIA TECHNOLOGII

---

Oferta doradcza obejmuje działania dotyczące wdrażania technologii na potrzeby wytwarzania przyrządów elektronicznych, fonicznych, elektroniki drukowanej, biosensorów, rozwiązań mikrofluidycznych oraz MOEMS, które zostaną wykorzystane w produktach opracowywanych przez firmę. Usługa może obejmować pomoc w doborze i zakupach odpowiedniej do potrzeb aparatury technologicznej, asystę przy instalacji oraz uruchamianiu urządzeń technologicznych, asystę przy wdrażaniu oraz optymalizacji procesów technologicznych w siedzibie firmy.

**DORADZTWO, WDRAŻANIE TECHNOLOGII, DOBÓR APARATURY, ASYSTA PRZY WDRAŻANIU,  
OPTIMALIZACJA PROCESÓW**

## 12 OPRACOWANIE MATERIAŁÓW DO TECHNIK DRUKARSKICH

---

Oferujemy opracowanie materiałów do technik drukarskich pod dedykowane zastosowania. Posiadamy niezbędny sprzęt do produkcji past i tuszów pozwalający na ważenie, rozdrabnianie, homogenizację i mielenie substratów. Posiadamy doświadczenie w pracy z nano-/mikro- materiałami w postaci różnych form węgla: rurek, płatków, sfer itp.

Posiadamy linię produkcyjną past i tuszów składającą się z urządzeń o następujących parametrach:

- wanny ultradźwiękowe o pojemnościach 2-3 l i 6-10 l,
- homogenizator ultradźwiękowy: 750 W, od 250  $\mu$ l do 1 l,
- mikser planetarny: 90 różnych wzorców prędkości obrotowej poprzez zmianę stosunku obrotów do obrotów, prędkość: do - 1 430 obr./min,
- trójwalcarkę: maksymalne rozdrobnienie produktu do  $<1\mu\text{m}$ , wydajność od 0,02 do 20 l na godzinę,
- parownik: zakres prędkości 5-280 obr./min, odwracalny kierunek obrotów; zakres temperatur grzania: od temperatury pokojowej do 180°C,
- ucierak moździerzowy: ilości wsadu ~10-190 ml o maksymalnej wielkości ziarna 8 mm.

PASTY DRUKARSKIE, TUSZE DRUKARSKIE, MATERIAŁY NA BAZIE NANOFORM WĘGLA, GRAFEN

## 13 CHARAKTERYZACJA I BADANIA MATERIAŁÓW

---

Oferujemy charakteryzację i badania materiałów stosowanych w elektronice drukowanej. Badamy właściwości reologiczne, elektryczne i mechaniczne materiałów drukarskich.

## 13.1 BADANIA WŁAŚCIWOŚCI ELEKTRYCZNYCH

Wykonujemy pomiar natężenia, napięcia, pojemności, częstotliwości prądu, oporu (2-przewody), oporu (4-przewody). Posiadamy zestaw do pomiarów elektrycznych obejmujący 2 multimetry, nanowoltomierz i zasilacz prądu stałego. Istnieje możliwość pomiaru sondą 2-punktową i 4-punktową.

Zakresy pomiarowe:

- napięcie: 100 mV - 1 kV,
- natężenie prądu: 100 $\mu$ A - 10 A,
- opór: 100  $\Omega$  - 100 M $\Omega$ ,
- pojemność: 1 nF - 100  $\mu$ F,
- częstotliwość: 3-300 kHz.

**NATĘŻENIE, NAPIĘCIE, POJEMNOŚĆ, CZĘSTOTLIWOŚĆ, OPÓR**

## 13.2 BADANIA WŁAŚCIWOŚCI REOLOGICZNYCH

Wykonujemy pomiar lepkości cieczy nienewtonowskich, rejestrację krzywych płynności oraz wyznaczanie funkcji cieczy nienewtonowskich w warunkach zachowania przepływów podtrzymujących. Wykorzystanie reometru obrotowego umożliwia pomiar przy kontrolowanych szybkościach ścinania lub kontrolowanym naprężeniu ścinającym.

Dane techniczne:

- wymiary: 480 mm x 300 mm x 290 mm,
- zakres lepkości: 0,002 do 125 000 P,
- dokładność: 1,0% wartości maksymalnego zakresu,
- zakres momentu obrotowego: 0,05-50 nm,
- rozdzielczość momentu obrotowego: 0,01 mNm,
- zakres prędkości: 0,01 do 1000 min<sup>-1</sup>,
- zakres temperatur: -20°C do +180°C,
- zakres szybkości ścinania: od 0,013 do 6000 s<sup>-1</sup>,
- zakres naprężeń ścinających: od 4,5 do 16 300 Pa.

Wykonujemy również pomiary lepkości cieczy przy wykorzystaniu wiskozymetru.

Dane techniczne:

- zakres prędkości: 0,1-200 obr./min,
- zakres wykrywania temperatury: -20°C do 180°C,
- dokładność pomiaru lepkości:  $\pm 1,0\%$  pełnego zakresu skali,
- powtarzalność lepkości:  $\pm 0,2\%$  pełnego zakresu skali.

**LEPKOŚĆ, KRZYWE PŁYNNOŚCI, WISKOZYMETR, WŁAŚCIWOŚCI REOLOGICZNE**

## **13.3 BADANIA WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNYCH**

### **13.3.1 BADANIA W KOMORZE KLIMATYCZNEJ**

Oferujemy badania w komorze klimatycznej. Testujemy ekspozycję materiałów na różnego rodzaju warunki środowiskowe poprzez regulację parametrów takich jak wilgotność czy temperatura. Badamy wpływ warunków zewnętrznych na produkty, materiały lub urządzenia elektroniczne. Urządzenie posiada możliwość badania symulacji wpływu promieni słonecznych na produkt.

Dane techniczne:

- zakres temperatur: od -70°C do +180°C,
- zakres temperatur: od 10°C do +95°C,
- zakres wilgotności: od 10% do 98%,
- I zakres temperatur punktu rosy: od 7°C do +94°C,
- II zakres temperatur punktu rosy: od -10°C do +7°C,
- fluktuacja temperatury nie większa niż 0,3 K.

Wymiary wewnętrzne (W x H x D): 650 x 750 x 400 mm, pojemność: 200 l

**KOMORA KLIMATYCZNA, TESTY TEMPERATUROWE, TESTY WILGOTNOŚCIOWE**

### **13.3.2 BADANIA WYTRZYMAŁOŚCIOWE**

Badamy wytrzymałość materiałów na rozciąganie i ściskanie. Określamy maksymal-

ną siłę, czyli opór, jaki stawia materiał poddany działaniu sił rozciągających/ściskających.

Dane techniczne:

- zakres siły testowej 0-20 kN,
- zakres prędkości regulowanej: 0,0002~1 000 mm/min,
- zakres napięcia przyspieszającego: 0,5~30 kV,
- rozdzielczość siły 1/100 000 (31 bitów).

**NOŚNOŚĆ, WYTRZYMAŁOŚĆ NA ROZCIĄGANIE**

## **14** **OPRACOWANIE SPERSONALIZOWANYCH ROZWIĄZAŃ W OBSZARZE ELEKTRONIKI DRUKOWANEJ**

Oferujemy opracowanie rozwiązań elektroniki drukowanej, elastycznej, tekstroniki pod wymagane zastosowanie. Drukujemy na powierzchniach płaskich takich jak folie polimerowe, papier czy tekstylia przy wykorzystaniu technologii sitodruku. Wybrane przykłady opracowanych rozwiązań to jednorazowe układy elektroniczne dla telemedycyny czy inteligentny opatrunek do zdalnego monitorowania rany.

Specyfikacja techniczna:

- maksymalna powierzchnia wydruku: 35 x 40 cm,
- maksymalna wielkość podłoża: 45 x 45 cm,
- maksymalna szerokość rakli: 40 cm,
- prędkość posuwu rakli: 0-300 mm/s,
- ciśnienie docisku rakli: 0-12 kg,
- pneumatyczny stół do elastycznych podłoży,
- możliwość druku szablonowego jak i również przy wykorzystaniu sit,
- system wizyjny ProAlign Vision.

**ELEKTRODY, CZUJNIKI GRAFENOWE, TELEMEDYCYNA, TELEREHABILITACJA, TATUAŻE ELEKTRONICZNE,  
GRAFENOWE ELEKTRODY, GRZAŁKI, PROMIENNIKI PODCZERWIENI, SITODRUK, DRUK SZABLONOWY**



# 15 PRZENOSZENIE TECHNOLOGII DO SKALI PRZEMYSŁOWEJ

Oferujemy skalowanie technologii drukarskich do skali przemysłowej – przygotowanie do wdrożenia do produkcji, w tym testowanie koncepcji, modelowanie cyfrowe i symulacje produktów, ich elementów składowych i procesów. Wykorzystujemy do tego specjalistyczne oprogramowanie, platformy obliczeniowe, unikatowe w skali kraju urządzenia pomiarowe oraz wiedzę ekspercką.

Działania obejmują wsparcie w tworzeniu demonstratorów przyrządów i ich elementów lub zintegrowanych systemów. Ponadto oferujemy działania wspomagające wdrażanie technologii na potrzeby wytwarzania przyrządów elektroniki drukowanej, które zostaną wykorzystane w produktach opracowywanych przez firmę. Usługa może obejmować pomoc w doborze i zakupach odpowiedniej do potrzeb aparatury technologicznej, asystę przy instalacji oraz uruchamianiu urządzeń technologicznych, asystę przy wdrażaniu i optymalizacji procesów technologicznych w siedzibie firmy.

TESTOWANIE, MODELOWANIE CYFROWE, SYMULACJE, SOFTWARE



# 16 WYKONYWANIE BIOWYDRUKÓW 2D/3D

Oferujemy wykonywanie biowydruków 2D/3D techniką druku bezpośredniego (Direct Printing Dispenser), kroplą na żądanie (Drop-on-Demand) bądź przez osadzanie topionego materiału (Fused Deposition Modelling).

Dane techniczne:

- liczba gniazd głowicy drukującej: 3,
- rozdzielczość w osiach X Y: 1  $\mu\text{m}$ ,
- rozdzielczość warstwy: 1  $\mu\text{m}$ ,
- powierzchnia robocza: 130 x 90 x 70 mm,
- pojemność kartridża z materiałem drukarskim: 3-10 ml (w zależności od typu głowicy),
- zakres ciśnień: 0-200 kPa,
- zakres temperatur pracy głowic drukujących: 4-250°C (w zależności od typu głowicy),
- zakres temperatur stołu: 4-65°C,
- kalibracja: automatyczna i manualna,
- obsługiwane pliki: STL, GCODE;

Oferujemy wykonanie biowydruków przy wykorzystaniu 6 typów głowic:

- pneumatyczna głowica drukująca:
  - dozowanie pneumatyczne,
  - dokładność kontroli temperatury: 0,5°C,
  - wydajność grzewcza: 30-65°C,
  - pojemność kartridża: 3 ml;
- głowica drukująca z kontrolowaną temperaturą:
  - dozowanie pneumatyczne,
  - dokładność kontroli temperatury: 0,5°C,
  - wydajność grzewcza: do 65°C,
  - wydajność chłodzenia: do 4°C (lub 17°C poniżej temperatury pokojowej),
  - pojemność kartridża: 3 ml;
- elektromagnetyczna głowica drukująca kroplami:
  - druk pojedyncza kropla i strugą kropel,

- dozowanie kontaktowe biotuszy oraz hydrożeli o wysokiej i niskiej lepkości,
- nasada mikrozaworu: SMLD 300G,
- wydajność grzewcza: do 65°C,
- pojemność kartridża: 3 ml;
- strzykawkowa głowica drukująca:
  - dozowanie przez tłokowe wytłaczanie kropel bądź włókien,
  - do biomateriałów i biotuszy o wysokiej i niskiej lepkości,
  - precyzyjna kontrola natężenia przepływu i wytłaczanej objętości,
  - pojemność kartridża: 3 ml;
- termoplastyczna głowica drukująca:
  - do tworzyw termoplastycznych,
  - wymienny kartridż ze stali nierdzewnej,
  - dostosowanie średnicy drukowanego włókna,
  - wydajność grzewcza: od temperatury pokojowej do 250°C,
  - pojemność kartridża: 10 ml.

**BIODRUKARKA 3D, HYDROŻEL, BIOTUSZ**

## **17 WYDRUKI NA PODŁOŻACH TRÓJWYMIAROWYCH**

Oferujemy wykonywanie funkcjonalnych wydruków na podłożach trójwymiarowych (np. sfery, półsfery, podłoża cylindryczne) techniką druku aerozolowego (Aerosol Jet Printing).

Dane techniczne:

- atomizacja ultradźwiękowa lub pneumatyczna,
- przetwarzanie w niskiej temperaturze,
- szerokość wydruków lub nadruków: od 10-20  $\mu\text{m}$  (zależne od podłoża),
- grubość pojedynczej warstwy nadruku: 100 nm,
- prędkość druku: do 200 mm/s (typowo 100 mm/s),
- zakres druku: 30 x 30 cm,

- kontrola temperatury: 25-60°C,
- możliwość wykorzystania atramentów heterofazowych.

## 18 USŁUGI DORADCZE I ANALIZA ROZWIĄZAŃ W ZAKRESIE ELEKTRONIKI DRUKOWANEJ

Oferujemy specjalistyczne konsultacje w zakresie analizy rozwiązań w obszarze elektroniki drukowanej. Realizujemy analizę otrzymanych koncepcji, dokonując oceny potencjalnych obszarów zastosowania komponentów elektroniki drukowanej. Bazując na naszym wieloletnim doświadczeniu w pracy z elektroniką drukowaną, pomagamy dobrać odpowiednią technologię druku oraz dedykowane do niej materiały. Świadczymy usługi w zakresie przeprowadzania testów opracowanej metody pod względem jej właściwości elektrycznych i wytrzymałościowych, jednocześnie wspierając optymalizację procesu produkcyjnego.

Nasze działania obejmują wsparcie w procesie tworzenia modeli, demonstratorów oraz komponentów urządzeń. Ponadto, oferujemy pomoc w adaptacji nowych technologii do produkcji przyrządów elektroniki drukowanej. W ramach naszych usług zapewniamy doradztwo w doborze i zakupie odpowiedniej aparatury technologicznej, asystę podczas instalacji i uruchamiania urządzeń, a także wspomagamy proces wdrażania i optymalizacji technologicznych procedur w siedzibie Państwa firmy.

Implementacja rozwiązań elektroniki drukowanej może przynieść istotne korzyści ekonomiczne poprzez redukcję kosztów produkcji. Wykorzystywane technologie cechują się skalowalnością oraz różnorodnością podłoży wykorzystywanych do druku, włączając w to podłoża trójwymiarowe oraz różnorodne materiały, takie jak materiały papierowe, ceramiczne, polimerowe folie, szkło czy tkaniny funkcjonalne. Wynikowe struktury posiadają znaczną rozdzielczość, sięgającą rzędu 1  $\mu\text{m}$  oraz cechują się niewielką grubością (od 100 nm).

# **NANO-/MIKROELEKTRONIKA I FOTONIKA, ELEKTRONIKA DRUKOWANA ORAZ MAGAZYNOWANIE I KONWERSJA ENERGII W CEZAMAT PW**

---

Laboratoria: ISO 4 – 260 m<sup>2</sup>, ISO 5 – 1580 m<sup>2</sup>, ISO 6 – 870 m<sup>2</sup>, ISO – 1100 m<sup>2</sup>.

## **ZESPOŁY BADAWCZE:**

- Dział Inteligentnych Systemów Półprzewodnikowych (SEMINSYS),  
kierownik: dr inż. Piotr Wiśniewski, piotr.wisniewski@pw.edu.pl,
- Dział Elektroniki Drukowanej, Tekstroniki i Montażu,  
kierownik: prof. dr hab. inż. Małgorzata Jakubowska,  
malgorzata.jakubowska@pw.edu.pl,
- Dział Magazynowania i Konwersji Energii,  
kierownik: dr inż. Michał Struzik, michal.struzik@pw.edu.pl.

## **PRZYKŁADOWA APARATURA:**

- wysokorozdzielczy skaningowy mikroskop elektronowy (HR-SEM) Auriga 60 firmy Carl Zeiss o zdolności rozdzielczej powyżej 2,0 nm 1 kV, powyżej 1,0 nm 15 kV, powiększeniu: od 20 do 2 000 000,
- mikroskop optyczny Axio firmy Carl Zeiss (powiększenie od 12,5 do 1500);
- elipsometr spektroskopowy Uvisel2 firmy Horiba Jobin Yvon (zakres spektrum pomiarowego: 190-2100 nm),
- system do bondingu EVG510/200 firmy EVGroup (EVG),
- urządzenie do centrowania i naświetlania masek EVG6200NT/200/TB firmy EV-Group (EVG);
- system przygotowania podłoży Spin|Step SpinMask 300 firmy AP&S,
- półautomatyczne stacje do nanoszenia warstw rezystu (emulsji światłoczułej) oraz jej wywoływania firmy EVGroup (EVG),
- urządzenie do trawienia w plazmie chlorowej oraz fluorowej za pomocą jonów reaktywnych (RIE – Reactive Ion Etching) PlasmaPro 100 ICP (Inductively Coupled Plasma) firmy Oxford Instruments,

- urządzenie do osadzania warstw metodą rozpylania magnetronowego (w tym także reaktywnego) PlasmaPro 400 firmy Oxford Instruments,
- urządzenie do osadzania w plazmie metodą PECVD (Plasma Enhanced Chemical Vapour Deposition) PlasmaPro 100 firmy Oxford Instruments wykorzystywane do osadzania warstw dwutlenku krzemu ( $\text{SiO}_2$ ), azotku krzemu ( $\text{SiN}_x$ ), tlenko-azotku krzemu ( $\text{SiO}_x\text{N}_y$ ), krzemu amorficznego (a-Si), z możliwością kontroli składu i naprężeń mechanicznych,
- implantator jonów FLEXion 200 firmy IBS do implantacji jonów – napięcie przyspieszające do 200 kV, podgrzewanie podłoża do 500°C,
- urządzenia do obróbki chemicznej podłoża (etch/clean – batch spray) firmy Siconnex,
- urządzenie do litografii wiązką elektronową JBX-9300FS firmy Jeol dwa zestawy pieców horyzontalnych do procesów średnio i wysokotemperaturowych firmy Thermco oraz LPCVD (Low Pressure Chemical Vapour Deposition),
- chemia rezystów – zestaw urządzeń firmy Sawatec umożliwiający kontrolowaną obróbkę termiczną rezystów,
- maszyna do druku (Aurel C920),
- maszyna do druku aerozolu (Optomec 300aj),
- biodrukarka BioX.

## KONTAKT

---

Zapraszamy do współpracy i kontaktu  
 Centrum Zaawansowanych Materiałów i Technologii CEZAMAT  
 Politechniki Warszawskiej  
 ul. Poleczki 19, 02-822 Warszawa  
 tel.: (22) 182 12 69  
 www.cezamat.eu  
 e-mail: cezamat.uslugi@pw.edu.pl



