

**OŚRODEK MECHATRONIKI**

L/42

BE 10

Główny wykonawca: mgr inż. Andrzej Badowski



Wykonawcy:

**Opracowanie i badania sterowanego mikroprocesorowo  
manipulatora do stanowiska epitaksji z fazy ciekłej warstw YAG.**

**Sprawozdanie z badań sterowanego mikroprocesorowo  
manipulatora do stanowiska epitaksji z fazy ciekłej warstw YAG.**

**DOKUMENT WZORCOWY**

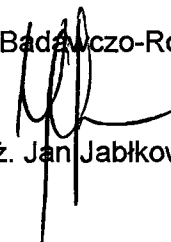
Zleceniodawca: Instytut Technologii Materiałów Elektronicznych

Kierownik Ośrodka Mechatroniki



mgr inż. Zbigniew Pilat

Z-ca Dyr. d/s Badań i Rozwojowych



dr inż. Jan Jabłkowski

Pracę zakończono dnia **15.06.1998 r.**

Nr arch. **7559**

Nr zlecenia **1785-**

## **Analiza deskryptorowa**

MANIPULATORY PRZEMYSŁOWE + BADANIA

## **Abstrakt**

Sprawozdanie zawiera wyniki badań opracowanego w PIAP manipulatora z mikroprocesorowym, programowalnym układem sterowania zainstalowanego na stanowisku do epitaksji z fazy ciekłej warstw YAG.

## **Tytuły poprzednich sprawozdań**

Nie było

## **Rozdzielnik**

Egz. 1 OIN

Egz. 2 OME

Egz. 3 ITME

**Sprawozdanie z badań**  
**sterowanego mikroprocesorowo manipulatora**  
**do stanowiska epitaksji z fazy ciekłej**  
**warstw YAG**

Opracował:

mgr inż. Andrzej Badowski



---

WARSZAWA, czerwiec 1998

## SPIS TREŚCI

1. Podstawa opracowania . . . . .	3
2. Przedmiot badań . . . . .	3
3. Zakres badań . . . . .	4
4. Wyniki badań . . . . .	4
4.1. Sprawdzenie działania manipulatora w trybie ręcznego sterowania . . . . .	4
4.2. Sprawdzenie zakresu parametrów ruchu manipulatora . . . . .	5
4.3. Sprawdzenie działania blokad i zabezpieczeń układowych . . . . .	6
4.4. Sprawdzenie programowania przebiegu cyklu i parametrów pracy . . . . .	7
4.5. Sprawdzenie działania manipulatora w trybie pracy automatycznej . . . . .	7
4.6. Sprawdzenie drogi hamowania manipulatora . . . . .	8
5. Wnioski . . . . .	9

## WYKAZ RYSUNKÓW

Rys. 1. Widok ogólny manipulatora.

Rys. 2. Widok ogólny stanowiska do epitaksji z fazy ciekłej warstw YAG.

Rys. 3. Widok pulpitu sterowniczego.

Rys. 4. Przykładowy przebieg automatycznego cyklu pracy manipulatora.

## 1. Podstawa opracowania

Podstawą opracowania jest umowa nr 10/NM-1/koop./97 z dnia 18.08.1997 r. zawarta pomiędzy Instytutem Technologii Materiałów Elektronicznych ITME a Przemysłowym Instytutem Automatyki i Pomiarów PIAP na pracę pt.: Opracowanie i badania sterowanego mikroprocesorowo manipulatora do stanowiska epitaksji z fazy ciekłej warstw YAG". Niniejsze opracowanie zawiera sprawozdanie z badań manipulatora wraz z mikroprocesorowym układem sterowania.

## 2. Przedmiot badań

W Przemysłowym Instytucie Automatyki i Pomiarów PIAP opracowano i wykonano manipulator (rys. 1) przystosowany do procesów wolnozmiennych. Realizuje on ruchy obrotowe w jednym kierunku (prawe i lewe) lub obroty rewersyjne wrzeciona oraz przesuw liniowy w kierunku pionowym (podnoszenie - opuszczanie).

Manipulator został wyposażony w mikroprocesorowy układ sterowania według szczegółowych założeń, opracowanych w ramach niniejszej umowy.

Zakresy parametrów technicznych manipulatora wynikają z wymagań stawianych przez Zamawiającego dla procesu epitaksji. Prędkość liniowa opuszczania i podnoszenia wrzeciona zawiera się w zakresie od 5 mm/min do 170 mm/min. Prędkość ruchu obrotowego wrzeciona nastawiać można w zakresie od 5 obr/min do 720 obr/min. Całkowity przesuw wrzeciona wynosi 995 mm.

Zadaniem manipulatora jest zapewnienie przemieszczeń liniowych uchwytu z podkładkami w procesie epitaksji oraz zrealizowanie jego ruchów obrotowych. Widok stanowiska do epitaksji wraz z zainstalowanym na nim manipulatorem przedstawia rys. 2. Uchwyt zainstalowany we wrzecionie manipulatora wykonuje ruch liniowy tj. przemieszcza podkładkę wzdłuż osi pionowej pieca z prędkościami zależnymi od aktualnie realizowanej fazy procesu. Podobnie prędkość obrotowa wrzeciona i kierunek obrotów mogą być zmieniane wg wymagań realizowanej fazy procesu.

Manipulator z mikroprocesorowym układem sterowania poddano badaniom, których zakres przedstawiono w punkcie 3.

### 3. Zakres badań

Zakres badań manipulatora obejmuje następujące sprawdzenia:

- sprawdzenie działania manipulatora w trybie ręcznego sterowania,
- sprawdzenie zakresu parametrów ruchu manipulatora,
- sprawdzenie drogi hamowania manipulatora,
- sprawdzenie działania blokad i zabezpieczeń układowych ,
- sprawdzenie możliwości programowania parametrów pracy i przebiegu cyklu pracy manipulatora,
- sprawdzenie przebiegu cyklu automatycznego,
- sprawdzenie drogi hamowania manipulatora.

### 4. Wyniki badań

#### 4.1. Sprawdzenie działania manipulatora w trybie ręcznego sterowania

Manipulator podłączono kablem 3-żyłowym o przekroju  $1,5\text{mm}^2$  do sieci elektrycznej 220V/50Hz zaopatrzonej w instalację ochronną.

Po podłączeniu manipulatora do sieci sprawdzono skuteczność instalacji ochronnej i oporność izolacji. Oporność instalacji ochronnej mierzona pomiędzy masą szafy sterowniczej a zaciskiem przewodów ochronnych nie przekraczała  $0,1 \Omega$ . Oporność izolacji mierzona megaomierzem napięciem stałym o wartości 500V wynosiła  $50 \text{M}\Omega$ . Wynik próby jest zgodny z wymaganiami bezpieczeństwa.

Następnie sprawdzono działanie manipulatora w trybie ręcznego sterowania, obserwując jego reakcję na sygnały pochodzące z elementów ręcznego sterowania umieszczonych na pulpicie sterowniczym (rys.3).

Manipulator reagował prawidłowo na sygnały pochodzące z elementów ręcznego sterowania.

- OBROTY LEWE (monostabilny, zielony) - naciśnięcie przycisku powoduje ustawienie sygnału kierunku obrotów modułu wrzeciona w lewo  $KO1 = 0$ , włączenie napędu silnika  $M1 = 1$ , a następnie włączenie wyjścia analogowego F1 z zaprogramowaną wartością napięcia z zakresu  $0 \div 10 \text{ V DC}$ , odpowiadającego wymaganej prędkości obrotowej silnika modułu wrzeciona, parametry ruchu modułu wyświetlane są na ekranie panela operatorskiego umieszczonego na pulpicie, powtórne naciśnięcie przycisku powoduje przełączenie obrotów wrzeciona na tryb rewersyjny o okresie zmian równym czasowi nastawionemu za pomocą panela operatorskiego.
- OBROTY PRAWE (monostabilny, zielony) - naciśnięcie przycisku powoduje ustawienie sygnału kierunku obrotów modułu wrzeciona w prawo  $KO1 = 1$ , włączenie napędu silnika  $M1 = 1$ ,

a następnie włączenie wyjścia analogowego F1 z zaprogramowaną wartością napięcia z zakresu  $0 \div 10$  V DC, odpowiadającego wymaganej prędkości obrotowej silnika modułu wrzeciona, parametry ruchu modułu wyświetlane są na ekranie panela operatorskiego umieszczonego na pulpicie, powtórne naciśnięcie przycisku powoduje przełączenie obrotów wrzeciona na tryb rewersyjny, powtórne naciśnięcie przycisku powoduje przełączenie obrotów wrzeciona na tryb rewersyjny o okresie zmian równym czasowi nastawionemu za pomocą panela operatorskiego.

- **OBROTY STOP** (monostabilny, czerwony) - naciśnięcie przycisku powoduje wyłączenie wyjścia analogowego  $F1 = 0$  (napięcie równe 0 V DC) i zatrzymanie silnika  $M1 = 0$  modułu wrzeciona;
- **PRZESUW W DÓŁ** (monostabilny, zielony) - naciśnięcie przycisku powoduje ustawienie sygnału kierunku obrotów silnika modułu linowego w prawo  $KO2 = 1$ , włączenie napędu silnika  $M2 = 1$ , a następnie włączenie wyjścia analogowego F2 z zaprogramowaną wartością napięcia z zakresu  $0 \div 10$  V DC, odpowiadającego wymaganej prędkości liniowej modułu liniowego, parametry ruchu modułu liniowego wyświetlane są na ekranie panela operatorskiego umieszczonego na pulpicie, po zwolnieniu przycisku przesuw jest kontynuowany aż do miejsca, w którym pojawi się sygnał od najbliższego czujnika położenia ( $y0$  lub  $y1$  lub  $y2$  lub  $y3$ ), przesuw zostaje zatrzymany również w chwili pojawienia się sygnału przekroczenia dopuszczalnej strefy pracy modułu liniowego  $yd$  lub  $yg$ ,
- **PRZESUW W GÓRĘ** (monostabilny, zielony) - naciśnięcie przycisku powoduje ustawienie sygnału kierunku obrotów silnika modułu linowego w lewo  $KO2 = 0$ , włączenie napędu silnika  $M2 = 1$ , a następnie włączenie wyjścia analogowego F2 z zaprogramowaną wartością napięcia z zakresu  $0 \div 10$  V DC, odpowiadającego wymaganej prędkości liniowej modułu liniowego, parametry ruchu modułu liniowego wyświetlane są na ekranie panela operatorskiego umieszczonego na pulpicie, po zwolnieniu przycisku przesuw jest kontynuowany aż do miejsca, w którym pojawi się sygnał od najbliższego czujnika położenia ( $y0$  lub  $y1$  lub  $y2$  lub  $y3$ ), przesuw zostaje zatrzymany również w chwili pojawienia się sygnału przekroczenia strefy pracy modułu liniowego  $yd$  lub  $yg$ ,
- **PRZESUW STOP** (monostabilny, czerwony) - naciśnięcie przycisku powoduje wyłączenie wyjścia analogowego  $F2 = 0$  (napięcie równe 0 V DC) i zatrzymanie silnika modułu liniowego  $M2 = 0$ , przesuw suportu manipulatora zostaje zatrzymany.

Wynik sprawdzenia pozytywny.

#### 4.2. Sprawdzenie zakresu parametrów ruchu manipulatora

W trybie ręcznego sterowania zaprogramowano graniczne wartości parametrów ruchu manipulatora.

Dla obrotów wrzeciona parametry graniczne wynosiły: 5 obr/min i 720 obr/min.

Moduł liniowy posiada graniczne prędkości ruchu suportu: 5 mm/min i 170 mm/min.

Panel operacyjny umożliwiał zaprogramowanie granicznych wartości zarówno prędkości obrotowej jak i prędkości liniowej. Przy próbie zaprogramowania wartości parametru wykraczającej

poza założone granice na wyświetlaczu panela operacyjnego ukazywał się komunikat informujący obsługę o przekroczeniu dopuszczalnych wartości parametrów ruchu manipulatora i układ oczekiwał na wprowadzenie korekty.

Wynik sprawdzenia pozytywny.

### 4.3. Sprawdzenie działania blokad i zabezpieczeń układowych

Sprawdzenie działania blokad i zabezpieczeń układowych przeprowadzono, celowo wprowadzając sygnały zakłócające pracę układu sterowania manipulatora.

Sprawdzono zachowanie się manipulatora w następujących sytuacjach awaryjnych:

- zadziałanie przycisku STOP (awaryjny)
- zanik sygnałów z czujników ruchu silników elektrycznych M1 i M2, które sygnalizują poprawną pracę napędów obu modułów,
- przekroczenie strefy bezpiecznej pracy modułu liniowego, sygnalizowane sygnałami z łączników elektrycznych wyłączników krańcowych Yd i Yg,
- zanik i ponowne pojawienie się napięcia zasilania.

Prawidłowość działania układu awaryjnego zatrzymania sprawdzono, naciskając ryglowany przycisk STOP i obserwując reakcję układu sterowania na ten sygnał. Sprawdzenie to przeprowadzono w obu trybach pracy stanowiska tzn. w trybie pracy ręcznej oraz w trybie pracy w cyklu automatycznym.

W obu trybach pracy stanowiska, po naciśnięciu przycisku „STOP” następowało natychmiastowe zatrzymanie pracy układu i wyzerowanie wszystkich sygnałów wyjściowych stanowiska. Oba silniki napędowe M1 i M2 zatrzymywały się. Stan awaryjnego zatrzymania stanowiska sygnalizowała mrugająca czerwona lampka podświetlenia przycisku KASOWANIE STOPU oraz włączony brzęczek i lampa zewnętrznego sygnalizatora awarii. Na wyświetlaczu panela operatorskiego pojawiał się komunikat informujący o przyczynie awaryjnego zatrzymania pracy stanowiska: „A01: PRZYCISK AWARYJNY”. W tym stanie układ oczekiwał na ingerencję obsługi. Naciśnięcie przez obsługę przycisku KASOWANIE STOPU powodowało wyłączenie sygnału akustycznego brzęczka oraz przejście lampek przycisku KASOWANIE STOPU i sygnalizatora awarii do świecenia ciągłego (bez mrugania). Po ponownym naciśnięciu przycisku KASOWANIE STOPU świecenie tych lampek zanikało i kasowany był komunikat o przyczynie zatrzymania pracy stanowiska. Ponowne włączenie stanowiska do pracy wymagało, poza skasowaniem sygnalizacji awaryjnego zatrzymania, odryglowania przycisku STOP.

W przypadku zasygnalizowaniu zatrzymania ruchu któregośkolwiek z silników napędowych (M1 lub M2) przez zanik sygnału z czujnika ruchu m1 lub m2, zarówno w cyklu pracy ręcznej jak i w cyklu pracy automatycznej, układ sterowania zatrzymywał pracę stanowiska w trybie zatrzymania awaryjnego, jak to opisano powyżej dla przypadku zatrzymania pracy przyciskiem STOP. Na wyświetlaczu panela operatorskiego pojawiał się odpowiednio komunikat informujący o przyczynie awaryjnego zatrzymania pracy stanowiska: „A02: ZABLOKOWANY RUCH OBROTOWY” lub „A05: ZABLOKOWANY RUCH LINIOWY”.

Po pojawieniu się sygnału z wyłącznika krańcowego Yd lub Yg układ sterowania zatrzymywał pracę stanowiska w trybie zatrzymania awaryjnego, jak to opisano powyżej dla



przypadku zatrzymania pracy przyciskiem STOP. Na wyświetlaczu panela operatorskiego pojawiał się odpowiednio komunikat informujący o przyczynie awaryjnego zatrzymania pracy stanowiska: „A03: MAKS. POŁOŻENIE GÓRNE” lub „A04: MAKS. POŁOŻENIE DOLNE”. Podczas prób stwierdzono, że treść komunikatów została przyporządkowana odwrotnie do wymaganej. Po wprowadzeniu poprawki w oprogramowaniu treść wyświetlanych komunikatów odpowiadała wymaganiom tzn. po zatrzymaniu pracy stanowiska wyłącznikiem Yd wyświetlana była treść: „MAKS. POŁOŻENIE DOLNE”, zaś po zatrzymaniu pracy stanowiska wyłącznikiem Yg wyświetlana była treść: „MAKS. POŁOŻENIE GÓRNE”.

W przypadku zaniku napięcia układ zatrzymywał pracę stanowiska w trybie zatrzymania awaryjnego, jak to opisano powyżej dla przypadku zatrzymania pracy przyciskiem STOP. Ponowne załączenie układu po pojawieniu się napięcia nie następowało samoczynnie lecz możliwe było dopiero po naciśnięciu przez obsługę przycisku „KASOWANIE STOPU” i odryglowaniu przycisku „STOP”.

Wyniki sprawdzeń pozytywne.

#### 4.4. Sprawdzenie programowania przebiegu cyklu i parametrów pracy

Sprawdzenie przeprowadzono, programując za pomocą panela operatorskiego zarówno parametry pracy dla trybu ręcznego sterowania jak i trybu pracy w cyklu automatycznym. Przeprowadzono również próby programowania przebiegu cyklu pracy stanowiska w trybie automatycznym. Zwracano uwagę na pojawiające się podczas programowania komunikaty i sprawdzano efekt programowania, uruchamiając stanowisko.

Przebieg programowania jak i pojawiające się na na ekranie panela operatorskiego komunikaty w trakcie programowania i podczas pracy stanowiska były zgodne z opisem podanym w „Instrukcji programowania przebiegu cyklu i parametrów pracy stanowiska do epitaksji z fazy ciekłej warstw YAG”. Realizowany podczas próby pracy przebieg cyklu pracy stanowiska do epitaksji był zgodny z zaprogramowanym.

Wynik sprawdzenia pozytywny.

#### 4.5. Sprawdzenie działania manipulatora w trybie pracy automatycznej

Poprawność działania manipulatora w trybie pracy automatycznej sprawdzono, uruchamiając trzykrotnie automatyczny cykl pracy manipulatora. Przedtem jednak sprawdzono działanie przycisków i przełączników ręcznych umieszczonych na pulpicie sterowniczym, związanych z automatycznym trybem pracy:

- START CYKLU (monostabilny, zielony) - naciśnięcie przycisku powodowało wyzwolenie cyklu automatycznego przy spełnieniu warunków wyjściowych i ustawieniu przełącznika STEROWANIE AUTOMATYCZNE - RĘCZNE w położenie „AUTOMAT.”,
- STOP CYKLU (monostabilny, czerwony) - naciśnięcie przycisku powodowało zatrzymanie realizacji programu na aktualnie wykonywanym kroku i wyłączenie obu silników M1 i M2, dokończenie realizacji programu możliwe było po naciśnięciu przycisku START CYKLU,
- STEROWANIE AUTOMATYCZNE - RĘCZNE (przełącznik 2 poł.) - w położeniu „AUTOMAT.” możliwa była realizacja cyklu automatycznego, w położeniu „RĘCZNE” uaktywniały się przyciski ręcznego sterowania, umożliwiając ręczne sterowanie ruchami manipulatora. Przewrót przełącznika podczas realizacji automatycznego trybu pracy powodowało przerwanie wykonywania cyklu pracy i powrót układu do trybu sterowania ręcznego.

Manipulator w trybie pracy automatycznej działał poprawnie, realizując poszczególne kroki programu zgodnie z zaprogramowanym przebiegiem cyklu. Przebieg zaprogramowanego cyklu pracy manipulatora przedstawia rys. 4.

Wyniki sprawdzeń pozytywne.

#### 4.6. Sprawdzenie drogi hamowania manipulatora

Drogę hamowania manipulatora sprawdzano, dokonując pomiaru za pomocą liniału zamocowanego na module liniowym manipulatora, przesunięcia suportu modułu liniowego od chwili podania przyciskiem PRZESUW STOP sygnału wyłączającego przesuw do dołu suportu manipulatora do momentu całkowitego zatrzymania się suportu. Drogę hamowania określano dla minimalnej i maksymalnej prędkości ruchu liniowego suportu.

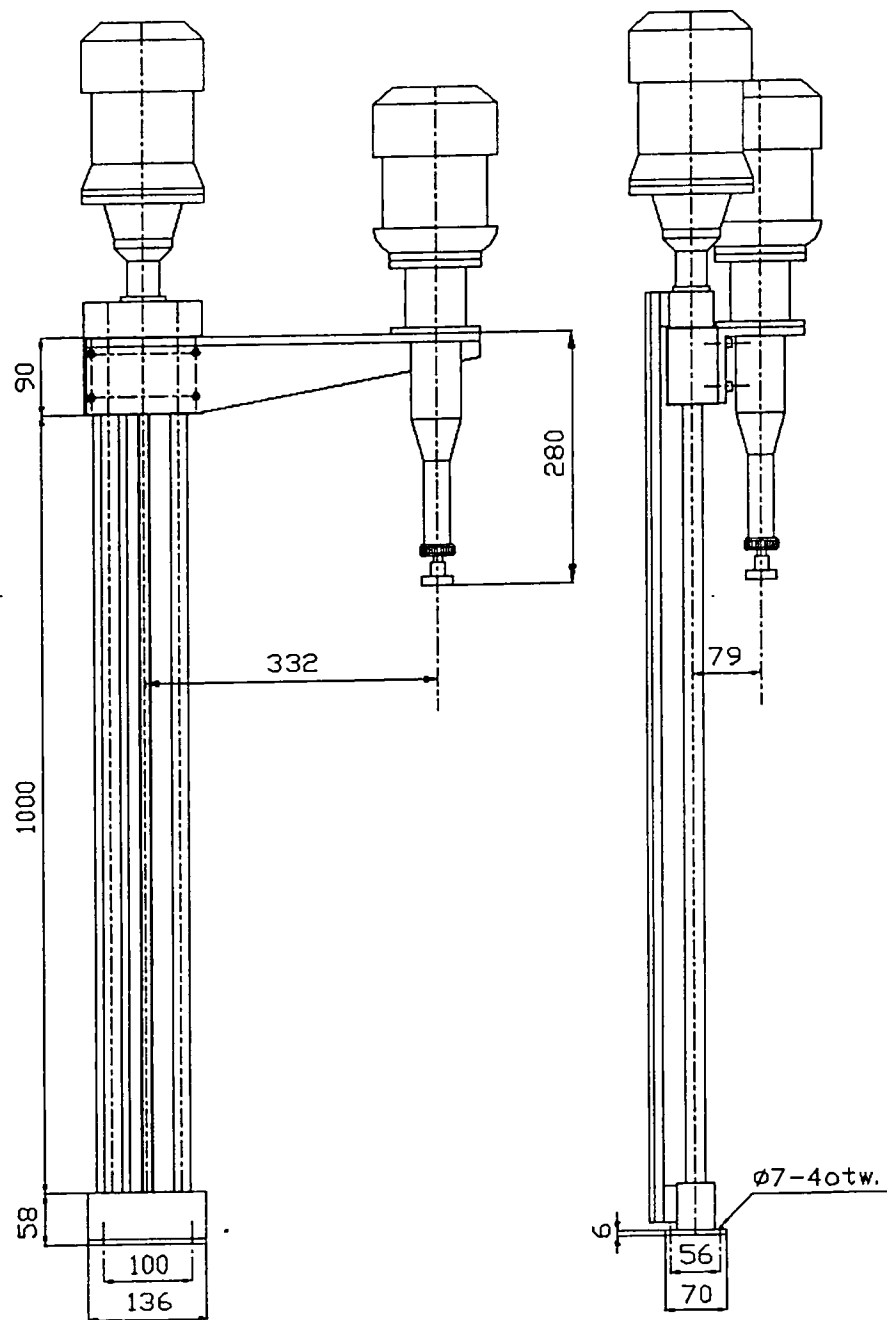
Droga hamowania wynosiła przy prędkości ruchu suportu 5mm/min - poniżej 0,5mm, zaś przy prędkości ruchu 170 mm/min - 1,5 mm.

Wynik próby pozytywny.

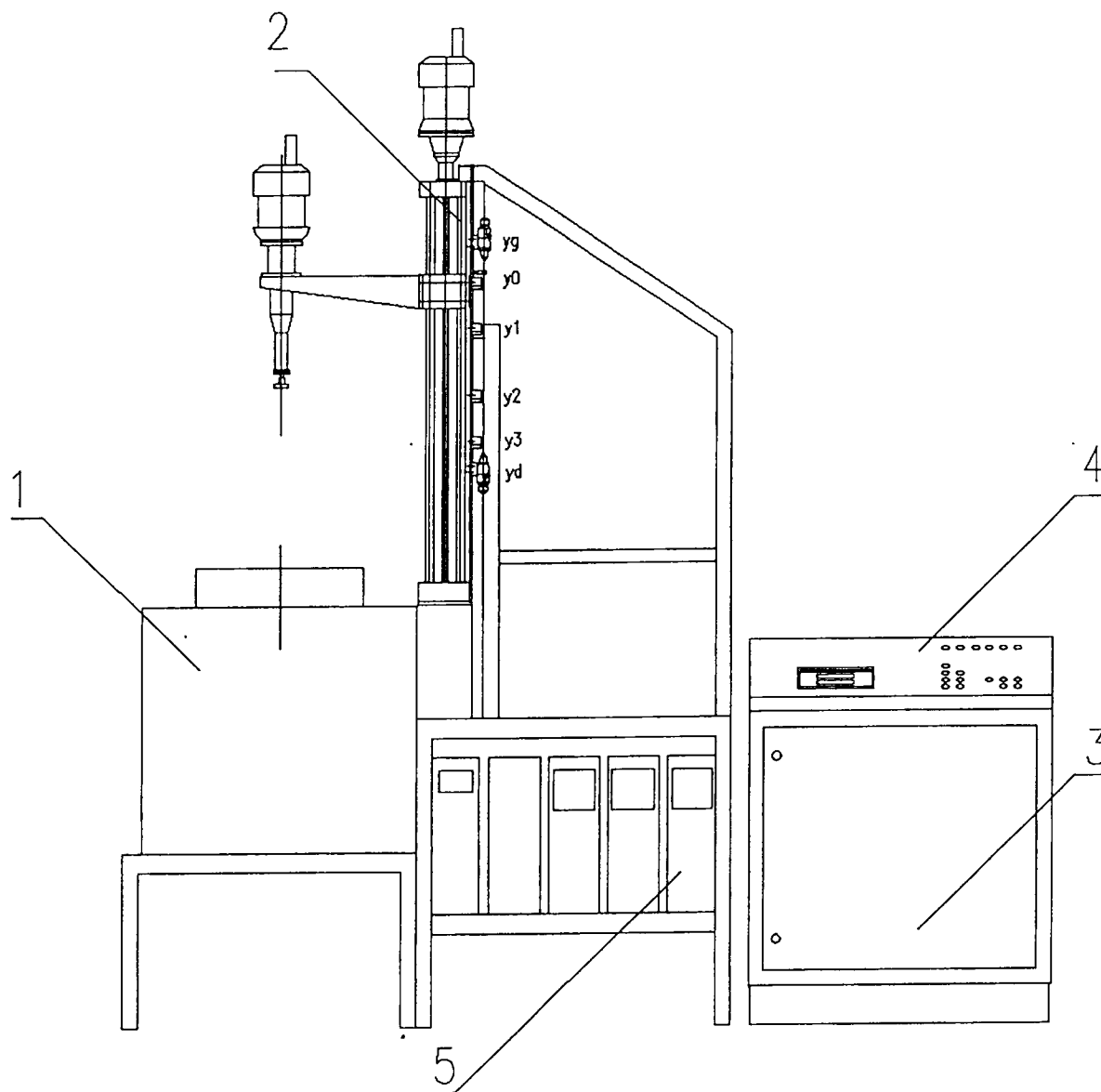
## 5. Wnioski

Badania wykazały zgodność osiągniętych parametrów ruchu manipoulatora z zakładanymi w założeniach. Układ sterowania i spełnia wymagania zawarte w założeniach zarówno pod względem funkcjonalnym jak i programowania parametrów ruchu oraz przebiegu cyklu pracy.

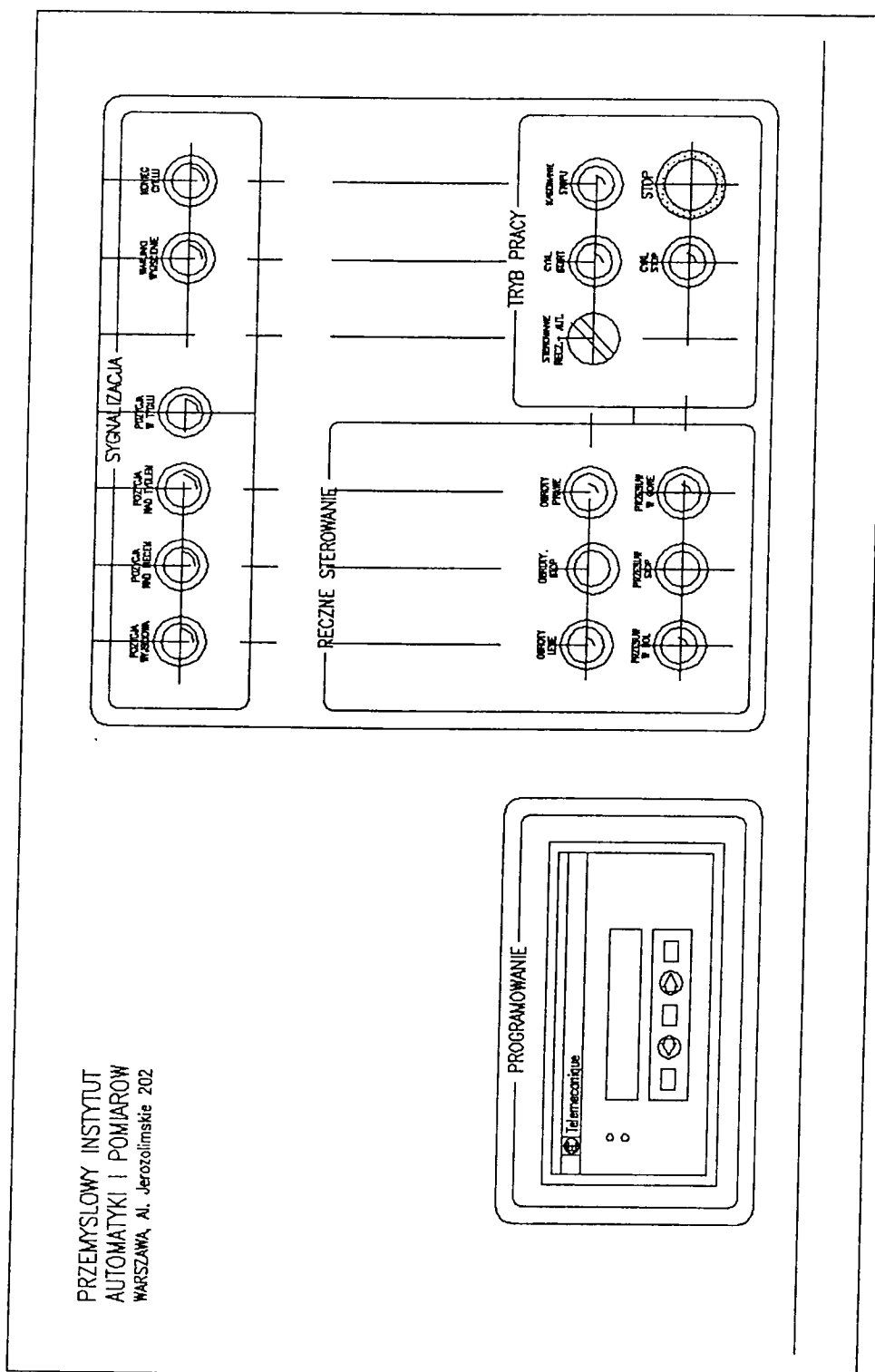
Manipulator może być przekazany do prób technologicznych na stanowisku epitaksji z fazy ciekłej warstw YAG.



Rys. 1. Widok ogólny manipulatora.



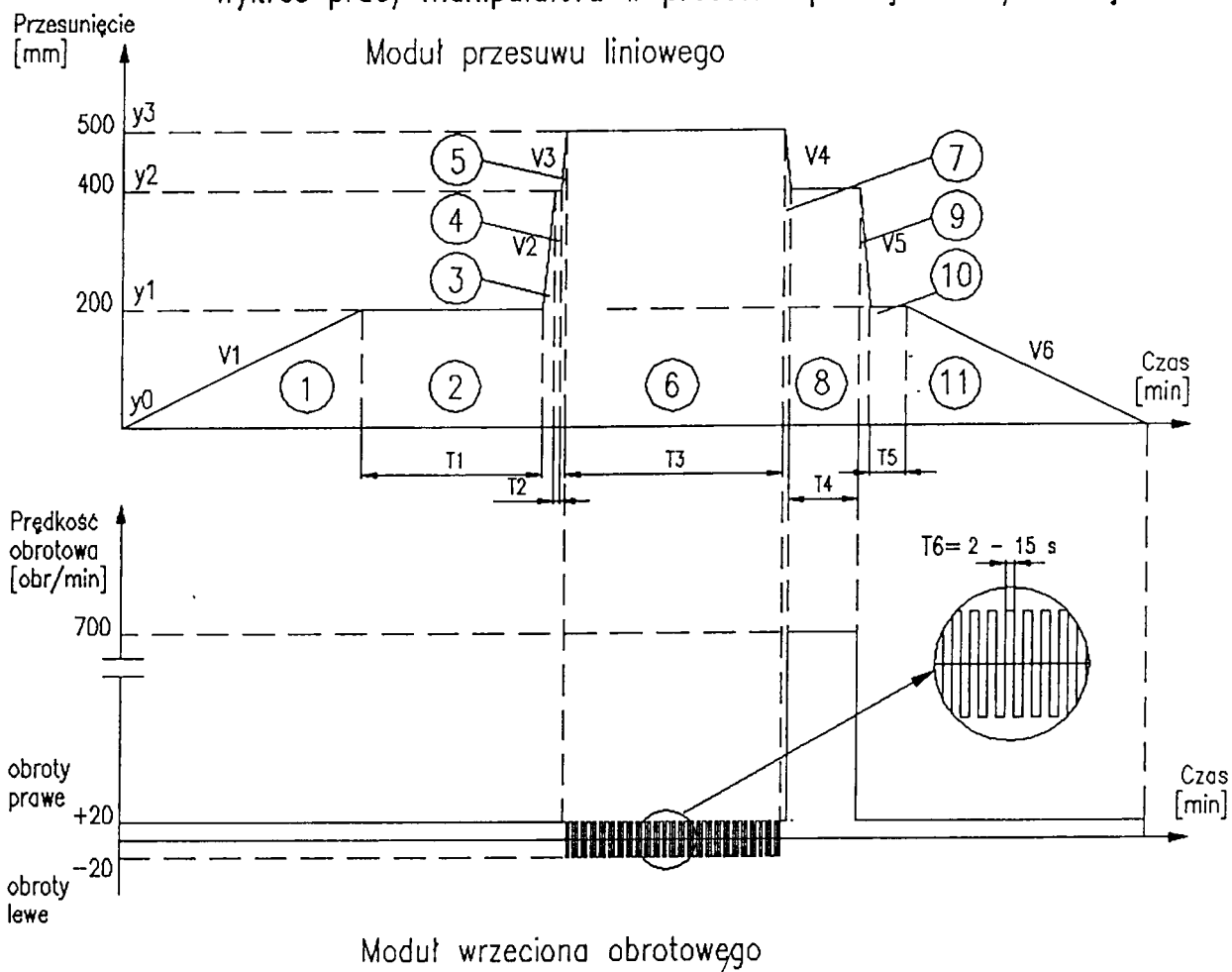
Rys. 2. Widok ogólny stanowiska do epitaksji z fazy ciekłej warstw YAG.



Rys. 3. Widok pulpitu sterowniczego.

141

Wykres pracy manipulatora w procesie epitaksji z fazy ciekłej



Rys. 4. Przykładowy przebieg automatycznego cyklu pracy manipulatora.