



Laboratorium Zespolów i Układów Optoelektronicznych

ĆWICZENIE 1

WYZNACZANIE CHARAKTERYSTYK OPTOREZYSTANCYJNYCH PRZETWORNIKÓW PSD

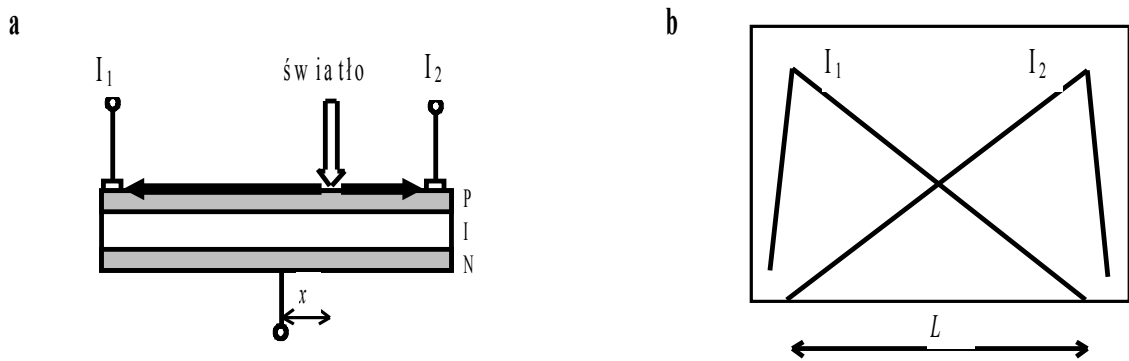
1. WPROWADZENIE

Przetworniki optorezystancyjne typu PSD o budowie jedno- i dwuwymiarowej, umożliwiają lokalizację oświetlającej je plamki świetlnej na podstawie odpowiednich analogowych sygnałów prądowych [1]. Mogą być zatem wykorzystane do budowy czujników przemieszczeń liniowych (wzdłuż jednej osi lub względem układu współrzędnych prostokątnych) oraz przemieszczeń kątowych. Przetworniki takie mogą mieć małe wymiary, stosunkowo prostą budowę, a ich tory pomiarowe umożliwiają łatwą komputerową akwizycję sygnałów. Charakteryzują się m.in. wysoką rozdzielczością pozycjonowania, krótkim czasem odpowiedzi, małym wpływem wielkości plamki świetlnej na dokładność pozycjonowania, wysoką niezawodnością i prostym układem przetwarzania sygnałów. Znajdują zastosowanie w bezdotykowych czujnikach położenia, zdalnych systemach kontroli, monitorowaniu przesunięć i wibracji, w systemach automatycznego pomiaru odległości, ogniskowania wiązki laserowej i innych [2].

Przetworniki PSD są elementami półprzewodnikowymi zbudowanymi na bazie krzemu, mają strukturę składającą się z monolitycznych diod typu PIN z rezystancyjnymi warstwami. Są wykonywane jako jedno- i dwuwymiarowe. Struktura jednowymiarowego czujnika jest przedstawiona schematycznie na rys. 1a. Padająca wiązka światła powoduje powstanie foto-prądów I_1 i I_2 , których wartości liniowo zależą od odległości plamki od odpowiednich elektrod (rys. 1b). Położenie x padającej wiązki światła jest wyznaczone z zależności [2]:

$$x = \frac{L}{2} \cdot \frac{I_1 - I_2}{I_1 + I_2}$$

gdzie I_1 , I_2 są wartościami odpowiednich prądów, zaś L jest długością czynną struktury przetwornika. Położenie x plamki światła jest zatem wyznaczone z analogowych pomiarów różnicy i sumy prądów przetwornika i w środkowym położeniu długości czynnej ma wartość zero (bo $I_1 = I_2$ - rys. 1b).



Rys. 1. Schematyczna struktura przetwornika PSD (a) oraz względne przebiegi prądów wyjściowych (b) w odniesieniu do długości czynnej L [2]

Podobne zależności występują w przetwornikach dwuwymiarowych (2D), w których niezależnie są wyznaczone współrzędne położenia plamki światła wzdłuż osi x i y .

$$x = \frac{L_x}{2} \cdot \frac{I_{x1} - I_{x2}}{I_{x1} + I_{x2}} \quad y = \frac{L_y}{2} \cdot \frac{I_{y1} - I_{y2}}{I_{y1} + I_{y2}}$$

Producenci przetworników [1] podają w katalogach wartości błędu położenia punktu świetlnego oraz niekiedy rozdzielczości dla szczegółowych sytuacji (zdefiniowane obszary pracy z lepszą liniowością, zalecane cechy oświetlacza itp.). Podawany jest najczęściej błąd maksymalny przypisany całej serii wykonanych czujników. Błąd ten jest więc stosunkowo duży. Jednak podczas badań wstępnych przydatności przetworników PSD do pomiarów przemieszczeń [3, 4, 5] stwierdzono, że w poszczególnych egzemplarzach błędy detekcji położenia mogą być mniejsze, ponadto zauważono dobrą powtarzalność charakterystyk. Zatem w przypadkach, gdy ze względu na potrzebę uzyskania pomiaru o możliwie dużej dokładności, zachodzi potrzeba wydzielenia błędów systematycznych poszczególnych przetworników, niezbędne jest wyznaczenie ich pełnych charakterystyk.

2. STANOWISKO DO BADAŃ PRZETWORNIKÓW PSD

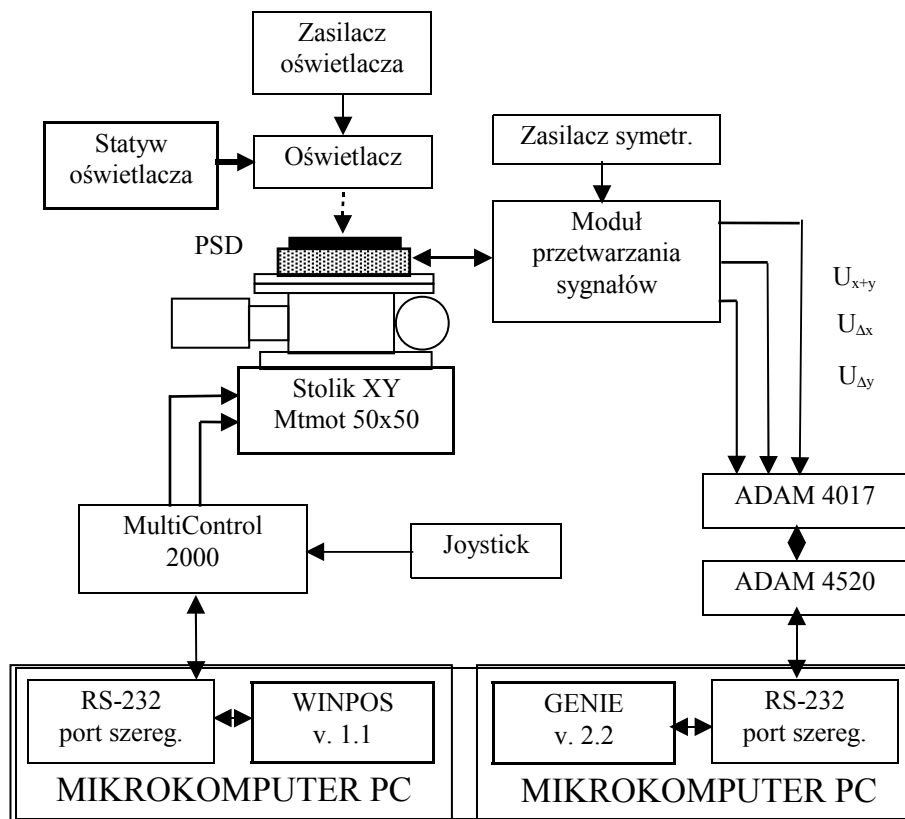
Stanowisko pomiarowe jest przeznaczone do badań przetworników optorezystancyjnych typu PSD jedno- i dwuwymiarowych albo innych przetworników optoelektronicznych, np. linijek i matryc CCD. Zakres przemieszczeń plamki świetlnej w tych przetwornikach zależy od ich wymiarów. Przyjęto, że zakres ten będzie zawarty w przedziale 0,8 - 40 mm [6].

Planowane badania dotyczą poznania wybranych właściwości metrologicznych przetworników PSD (w tym wyznaczenie charakterystyk dokładności pozycjonowania, ich powtarzalności, liniowości, pomiarów rozdzielczości oraz oszacowanie błędu pomiaru przemieszczeń), a także rozeznanie możliwości zastosowania elementów PSD do zbudowania czujników przemieszczeń liniowych i kątowych.

Do prowadzenia badań zbudowano stanowisko, wyposażone w następujące podstawowe zespoły:

- zadawania i pomiaru przemieszczenia liniowego,
- oświetlacze światłowodowe ze statywem,
- układ do zasilania i przetwarzania sygnałów z badanego przetwornika,
- system komputerowej akwizycji sygnałów i sterowania pomiarami.

Uproszczona struktura sygnałowa stanowiska jest pokazana na rys. 2.



Rys. 2. Schemat układu pomiarowego do badań przetworników PSD

Badany przetwornik PSD jest oświetlany skupioną wiązką z oświetlacza zamocowanego na statywie, umożliwiającym justowanie położenia i wielkości plamki świetlnej. Oświetlaczem jest tu dioda elektroluminescencyjna osadzona w połączeniu optycznym kabla światłowodowego. Światło kierowane jest na przetwornik przez układ optyczny usytuowany na końcu światłowodu. Istnieje możliwość zmiany wymiaru i natężenia plamki świetlnej. Stosowano też uproszczone oświetlacze w postaci diody z wklejonym krótkim światłowodem.

Przetwornik PSD współpracuje ze specjalnym do tego celu zbudowanym wzmacniaczem (moduł przetwarzania sygnałów), z którego sygnały napięciowe są odczytywane na woltomierzach cyfrowych.

Badany przetwornik przemieszczany jest za pomocą dokładnego stolika x-y, wyposażonego w automatyczne napędy. Zastosowano zautomatyzowany stolik firmy Märzhäuser Wetzlar typu MTmot 50x50 z wbudowanymi napędami od silników skokowych i zintegrowanymi systemami pomiaru przemieszczeń. Rozdzielczość ruchu wynosi $0,025 \mu\text{m}$, a powtarzalność pozycjonowania $0,75 \mu\text{m}$ dla całego zakresu przemieszczenia (około 50 mm). Stolik jest sterowany układem kontrolera MultiControl 2000, a zadawanie przemieszczeń jest realizowane za pomocą odpowiedniego oprogramowania (program WINPOS) z komputera lub ręcznie (joystick).

Przedstawiona na rys. 2 konfiguracja stanowiska może służyć także do badań właściwości czujników do pomiarów przemieszczeń liniowych jedno- i dwukierunkowych, zbudowanych z użyciem przetworników PSD.

3. WYKONANIE ĆWICZENIA

Po zapoznaniu się ze skróconą instrukcją obsługi stolika krzyżowego uruchomić program WINPOS. Po przeskalowaniu stolika wybrać położenie początkowe zakresu ruchu pomiarowego na jednym krańcu przetwornika PSD. Zaprogramować możliwość pozycjonowania wzdłuż długości przetwornika (oś y) z określonym krokiem, np. co 0,05 lub 0,1 mm.

Sprawdzić połączenia elektryczne stanowiska (pod kontrolą prowadzącego), a następnie włączyć zasilacze.

Ustawić głowicę oświetlacza nad przetwornikiem, pośrodku aktywnej ścieżki (sprawdzając wartość maksymalnej amplitudy sygnału sumy napięć podczas przemieszczania stolika w poprzek struktury - wzdłuż osi y). Podczas detekcji sygnałów należy osłonić obszar przetwornika przed dostępem oświetlenia zewnętrznego.

W programie GENIE zbudować strategię (program) akwizycji sygnałów napięciowych (sumy i różnicy) z modułu przetwarzania sygnałów i zapisywania ich w pliku w postaci tabeli.

Zadając programowo kolejne położenia pomiarowe wzdłuż osi x zebrać w pliku wartości mierzonych sygnałów napięciowych.

Sporządzić wykresy (w funkcji przemieszczenia wzdłuż struktury przetwornika):

- różnicy ΔU i sumy ΣU napięć (na jednym wykresie),
- położenia plamki świetlnej - wyniki obliczonych pozycji – wg wzoru: $x = 0,5L \cdot \Delta U / \Sigma U$
- błędów detekcji plamki (w odniesieniu do położenia wzorcowych zadawanych pozycjonowaniem stolika),
- zmieniając stałą przetwarzania L zminimalizować błędy detekcji plamki świetlnej (osobny wykres).

Na podstawie przeprowadzonych badań i otrzymanych wykresów sformułować wnioski.

5. BIBLIOGRAFIA

1. K. Yamamoto, S. Yamaguchi, Y. Terada: "New Structure of Two-Dimensional Position Sensitive Semiconductor Detector and Application". IEEE Transactions on Nuclear Science, Vol. NS-32, No. 1, 1985.
2. Hamamatsu: PSDs and Signal Processing Circuits, Technical Data.
3. W. Oleksiuk, W. Czerwiec, J. Jedliński, Z. Rymuza: Detection of angular displacements of microrobot segments with application of two-dimensional sensors. Proc. 3rd FRANCE-JAPAN CONGRESS, 1st EUROPE-ASIA CONGRESS "MECATRONICS". Besançon France, Nov.1996.
4. W. Oleksiuk: PSD transducers applied for measuring linear and angular displacements. Proc. Inter. Conf. on Modelling and Simulation in Machinery Productions, Pochov, Slovakia, May 1997.
5. W. Oleksiuk, W. Czerwiec: Bezstykowe pomiary przemieszczeń stosowane w badaniach urządzeń precyzyjnych. XVIII Sympozjon PKM, Mat. Konf. cz. II, s. 329-334, Kielce - Ameliówka, 1997
6. W. Czerwiec: System pomiarowy do wyznaczania charakterystyk przetworników optorezystancyjnych. Prace Naukowe PW, Konferencje, Mechatronika'97, t. II, z. 14, 630-633, 1997