

## ĆW. 12. TECHNOLOGIA I WŁAŚCIWOŚCI POLIMEROWYCH REZYSTORÓW GRUBOWARSTWOWYCH

**CEL ĆWICZENIA**

1. Zapoznanie się z technologią polimerowych warstw grubych na przykładzie elementów rezystywnych
2. Określenie wpływu rodzaju i zawartości fazy podstawowej (sadzy) i/lub temperatury utwardzania polimerowych warstw rezystywnych na ich podstawowe właściwości elektryczne (rezystancja powierzchniowa i jej rozrzut, charakterystyki temperaturowe, gorący temperaturowy współczynnik rezystancji) oraz na odporność tych elementów na podwyższone narażenia środowiskowe (szoki wysokotemperaturowe, narażenia wilgotnościowe + proces regeneracji termicznej)

### PRZEBIEG ĆWICZENIA

Grupa otrzymuje 6 próbek testowych rezystorami polimerowymi. W pierwszym etapie należy zrealizować Punkt 1, wykonując pomiary dla wszystkich otrzymanych podłoży. Punkty od 2 do 4 powinny w miarę możliwości być realizowane równolegle (po 2 próbki różniące się oznaczeniem partii dla danego rodzaju testu).

### 1. POMIAR ROZRZUTU TECHNOLOGICZNEGO DLA RÓŻNYCH PARTII REZYSTORÓW POLIMEROWYCH

Należy wyznaczyć wartość średnią rezystancji partii elementów, odchylenie standardowe oraz współczynnik zmienności (Tabela 11.1).

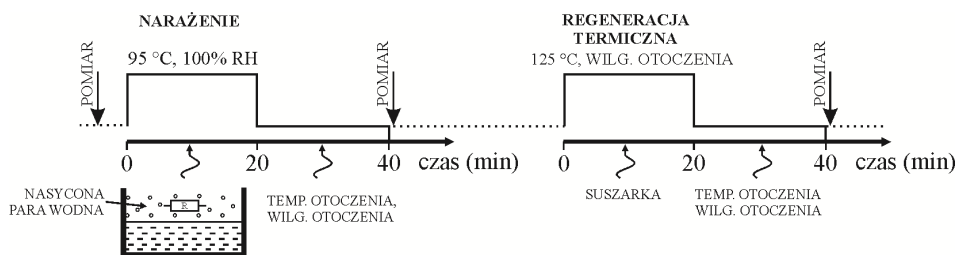
### 2. POMIAR CHARAKTERYSTYK TEMPERATUROWYCH $R=f(T)$ REZYSTORÓW POLIMEROWYCH

Pomiary należy przeprowadzić z wykorzystaniem stolika grzejnego z programowalną nastawą temperatury. Pomiary i analizę przeprowadzić dla dwóch rezystorów z dwóch próbek z różnej partii w zakresie temperatury  $25 \div 115 \text{ }^\circ\text{C}$  ze skokiem  $10 \text{ }^\circ\text{C}$ .

W oparciu o wyniki pomiarów należy określić (porównać) GTWR oraz  $\Delta R/R_{25^\circ\text{C}} = f(T)$  dla poszczególnych partii rezystorów polimerowych (Tabela 11.2). Wykreślić zależność  $\Delta R/R_{25^\circ\text{C}} = f(T)$ .

### 3. POMIAR ODPORNOŚCI WARSTW POLIMEROWYCH NA NARAŻENIA WILGOTNOŚCIOWE

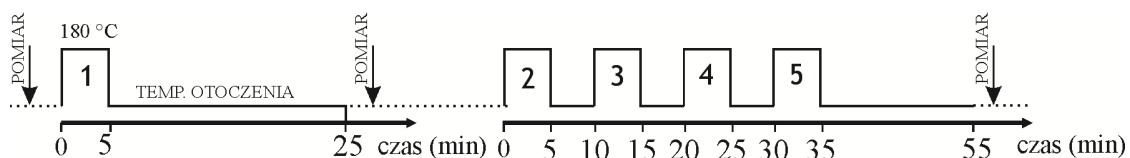
Eksperyment należy wykonać dla dwóch próbek z różnej partii. W Tabeli 11.3 należy zapisać wartości rezystancji przed narażeniem ( $R_0$ ). Następnie umieścić próbki w naczyniu nad powierzchnią wrzącej wody (nasycona para wodna), a następnie poddać próbki regeneracji w suszarce w temperaturze  $125 \text{ }^\circ\text{C}$ . Czas poszczególnych etapów oraz pomiary zgodnie z Rys. 1.



Rys. 1. Przebieg testu odporności na narażenia wilgotnościowe

### 4. POMIAR ODPORNOŚCI WARSTW POLIMEROWYCH NA SZOKI TERMICZNE

Eksperyment należy przeprowadzić dla dwóch próbek z różnej partii. W Tabeli 11.4 należy zapisać wartości rezystancji przed narażeniem ( $R_0$ ). Następnie poddać próbki narażeniom zgodnie z Rys. 2.



Rys. 2. Przebieg testu odporności na szoki termiczne

### 5. LITERATURA:

1. A. Dzedzic, i.in., Technika grubowarstwowa i jej zastosowania, Wrocław 1998
2. L. Golonka, Zastosowanie ceramiki LTCC w mikroelektronice, Wrocław 2001

Tabela 11.1. REZYSTANCJA POLIMEROWYCH REZYSTORÓW GRUBOWARSTWOWYCH

|                   |         |         |                   |         |         |
|-------------------|---------|---------|-------------------|---------|---------|
| Oznaczenie próbki |         |         | Oznaczenie próbki |         |         |
| 1                 |         |         | 1                 |         |         |
| 2                 |         |         | 2                 |         |         |
| 3                 |         |         | 3                 |         |         |
| 4                 |         |         | 4                 |         |         |
| 5                 |         |         | 5                 |         |         |
| 6                 |         |         | 6                 |         |         |
| 7                 |         |         | 7                 |         |         |
| 8                 |         |         | 8                 |         |         |
| $\bar{R} =$       | $S_R =$ | $V_R =$ | $\bar{R} =$       | $S_R =$ | $V_R =$ |
| Oznaczenie próbki |         |         | Oznaczenie próbki |         |         |
| 1                 |         |         | 1                 |         |         |
| 2                 |         |         | 2                 |         |         |
| 3                 |         |         | 3                 |         |         |
| 4                 |         |         | 4                 |         |         |
| 5                 |         |         | 5                 |         |         |
| 6                 |         |         | 6                 |         |         |
| 7                 |         |         | 7                 |         |         |
| 8                 |         |         | 8                 |         |         |
| $\bar{R} =$       | $S_R =$ | $V_R =$ | $\bar{R} =$       | $S_R =$ | $V_R =$ |
| Oznaczenie próbki |         |         | Oznaczenie próbki |         |         |
| 1                 |         |         | 1                 |         |         |
| 2                 |         |         | 2                 |         |         |
| 3                 |         |         | 3                 |         |         |
| 4                 |         |         | 4                 |         |         |
| 5                 |         |         | 5                 |         |         |
| 6                 |         |         | 6                 |         |         |
| 7                 |         |         | 7                 |         |         |
| 8                 |         |         | 8                 |         |         |
| $\bar{R} =$       | $S_R =$ | $V_R =$ | $\bar{R} =$       | $S_R =$ | $V_R =$ |

Wyznaczyć rezystancję średnią  $\bar{R}$ , odchylenie średnie kwadratowe  $S_R = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2}{n(n-1)}}$  (gdzie  $n$  – liczba mierzonych struktur,  $R_i$  – wartość rezystancji dla  $i$ -tego rezystora) oraz współczynnik zmienności  $V_R = \frac{S_R}{\bar{R}}$

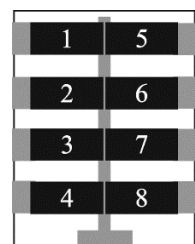


Tabela 11.2. ZALEŻNOŚĆ REZYSTANCJI POLIMEROWYCH REZYSTORÓW GRUBOWARSTWOWYCH OD TEMPERATURY

| Oznaczenie warstwy: |              |  |                           |              |  |
|---------------------|--------------|--|---------------------------|--------------|--|
|                     | Nr rezystora |  |                           | Nr rezystora |  |
| T (°C)              | R (T)        |  | $\Delta R/R_{25^\circ C}$ | R (T)        |  |
|                     |              |  |                           |              |  |
| 25                  |              |  |                           |              |  |
| 35                  |              |  |                           |              |  |
| 45                  |              |  |                           |              |  |
| 55                  |              |  |                           |              |  |
| 65                  |              |  |                           |              |  |
| 75                  |              |  |                           |              |  |
| 85                  |              |  |                           |              |  |
| 95                  |              |  |                           |              |  |
| 105                 |              |  |                           |              |  |
| 115                 |              |  |                           |              |  |
|                     | GTWR         |  |                           | GTWR         |  |

| Oznaczenie warstwy: |              |  |                           |              |  |
|---------------------|--------------|--|---------------------------|--------------|--|
|                     | Nr rezystora |  |                           | Nr rezystora |  |
| T (°C)              | R (T)        |  | $\Delta R/R_{25^\circ C}$ | R (T)        |  |
|                     |              |  |                           |              |  |
| 25                  |              |  |                           |              |  |
| 35                  |              |  |                           |              |  |
| 45                  |              |  |                           |              |  |
| 55                  |              |  |                           |              |  |
| 65                  |              |  |                           |              |  |
| 75                  |              |  |                           |              |  |
| 85                  |              |  |                           |              |  |
| 95                  |              |  |                           |              |  |
| 105                 |              |  |                           |              |  |
| 115                 |              |  |                           |              |  |
|                     | GTWR         |  |                           | GTWR         |  |

Tabela 11.3. NARAŻENIA WILGOTNOŚCIOWE POLIMEROWYCH REZYSTORÓW GRUBOWARSTWOWYCH

| Warstwa             | $R_0$ | Narażenie |                | Suszenie |                |
|---------------------|-------|-----------|----------------|----------|----------------|
| Nr. rezystora       |       | R         | $\Delta R/R_0$ | R        | $\Delta R/R_0$ |
| 1                   |       |           |                |          |                |
| 2                   |       |           |                |          |                |
| 3                   |       |           |                |          |                |
| 4                   |       |           |                |          |                |
| 5                   |       |           |                |          |                |
| 6                   |       |           |                |          |                |
| 7                   |       |           |                |          |                |
| 8                   |       |           |                |          |                |
| Wartości<br>średnie |       |           |                |          |                |

| Warstwa             | $R_0$ | Narażenie |                | Suszenie |                |
|---------------------|-------|-----------|----------------|----------|----------------|
| Nr. rezystora       |       | R         | $\Delta R/R_0$ | R        | $\Delta R/R_0$ |
| 1                   |       |           |                |          |                |
| 2                   |       |           |                |          |                |
| 3                   |       |           |                |          |                |
| 4                   |       |           |                |          |                |
| 5                   |       |           |                |          |                |
| 6                   |       |           |                |          |                |
| 7                   |       |           |                |          |                |
| 8                   |       |           |                |          |                |
| Wartości<br>średnie |       |           |                |          |                |

Wyznaczyć średnie zmiany rezystancji  $(\Delta R/R_0)_{sr}$  po narażeniu wilgotnościowym ( $\approx 100\%$  wilgotności względnej,  $\approx 95^\circ\text{C}$ , 20 min.) i po procesie suszenia ( $125^\circ\text{C}$ , 20 min.)

Tabela 11.4. SZOKI WYSOKOTEMPERATUROWE POLIMEROWYCH REZYSTORÓW GRUBOWARSTWOWYCH

| Warstwa             | $R_0$ | 1 szok (25 °C→180 °C→25 °C) |                | 5 szoków (25 °C→180 °C→25 °C) |                |
|---------------------|-------|-----------------------------|----------------|-------------------------------|----------------|
| Nr. rezystora       |       | R                           | $\Delta R/R_0$ | R                             | $\Delta R/R_0$ |
| 1                   |       |                             |                |                               |                |
| 2                   |       |                             |                |                               |                |
| 3                   |       |                             |                |                               |                |
| 4                   |       |                             |                |                               |                |
| 5                   |       |                             |                |                               |                |
| 6                   |       |                             |                |                               |                |
| 7                   |       |                             |                |                               |                |
| 8                   |       |                             |                |                               |                |
| Wartości<br>średnie |       |                             |                |                               |                |

| Warstwa             | $R_0$ | 1 szok (25 °C→180 °C→25 °C) |                | 5 szoków (25 °C→180 °C→25 °C) |                |
|---------------------|-------|-----------------------------|----------------|-------------------------------|----------------|
| Nr. rezystora       |       | R                           | $\Delta R/R_0$ | R                             | $\Delta R/R_0$ |
| 1                   |       |                             |                |                               |                |
| 2                   |       |                             |                |                               |                |
| 3                   |       |                             |                |                               |                |
| 4                   |       |                             |                |                               |                |
| 5                   |       |                             |                |                               |                |
| 6                   |       |                             |                |                               |                |
| 7                   |       |                             |                |                               |                |
| 8                   |       |                             |                |                               |                |
| Wartości<br>średnie |       |                             |                |                               |                |

Wyznaczyć średnie zmiany rezystancji  $(\Delta R/R_0)_{sr}$  po jednym oraz po pięciu szokach termicznych.