

Zmiany temperaturowe współczynnika przewodnictwa ciepła niobianu sodu

WSTĘP

Ważnymi dziedzinami zastosowań zjawiska termoelektrycznego są termoelektryczne generatory prądu i elementy chłodnicze. Teoria sprawności ogniw termoelektrycznych została przedstawiona w literaturze [1-3]. Oceniając przydatność materiału na budowę ogniwa termoelektrycznego należy wyznaczyć wartość efektywności termoelektrycznej "Z" określonej wzorem:

$$Z = \frac{\alpha^2 \bar{\sigma}}{\lambda} \quad (1)$$

gdzie: α - współczynnik Seebecka

$\bar{\sigma}$ - właściwe przewodnictwo elektryczne

λ - współczynnik właściwego przewodnictwa cieplnego.

Aby obliczyć parametr "Z" dla danego materiału ferroelektrycznego, należy zmierzyć współczynnik Seebecka, przewodnictwo elektryczne i współczynnik przewodnictwa cieplnego. Wartości α i $\bar{\sigma}$ badanej próbki, zmierzone przez autorów tej pracy, zostały przedstawione w literaturze [4-5].

Celem niniejszej pracy jest wykonanie układu do pomiaru współczynnika przewodnictwa ciepła oraz pomiar tego współczynnika w polikrystalicznym niobianie sodu w zakresie temperatur od 100-660°C. Aby zrealizować to zadanie autorzy zaprojektowali i wykonali odpowiedni układ.

*Instytut Fizyki WSP Kraków ul. Podchorążych 2

1. Układ pomiarowy

Istotną częścią urządzenia jest termostat do regulacji temperatury. Konstrukcję termostatu przedstawia rys. 1. Termostat wykonano ze szkła kwarcowego. Szlif kopuły zamkniętej termostat chłodzony jest wodą (9). Żądaną temperaturę zapewnia spirala grzejna (7) z osłoną wykonaną z azbestu. Do wytworzenia energii cieplnej częściowo przewodzonej przez płytkę służy grzałka (6) umieszczona w walcu górnym (3). Zadaniem walca dolnego (1) jest odbiór ciepła od próbki. Do pomiaru temperatury służą termopary (4). Walec górny dociskany jest za pomocą sprężyny (13) poprzez rurkę kwarcową. Przewody grzałki i termopary izolowano za pomocą kapilek kwarcowych. Przejścia próżniowe grzałki i termopary wykonano w kopule szlifu (11). Schemat blokowy całości aparatury przedstawia rys. 2. Aby uzyskać obniżenie ciśnienia powietrza w termostacie, należy włączyć układ pompujący (rys. 2,1). Badane próbki umieszczono między dwoma niklowymi walcami. W większym z walców umieszczono grzejnik. Na powierzchniach walców wykonano otwory, w których umieszczono termopary do pomiaru temperatur T_1 i T_2 . Po pewnym czasie od chwili włączenia grzejnika ustali się równowaga termodynamiczna, w której całkowita energia wytworzona przez grzejnik jest przekazywana do otoczenia o temperaturze T_0 przez zewnętrzne powierzchnie wynoszące S_1 , S_p i S_2 . Po chłanianie tej energii przez otoczenie następuje zgodnie ze wzorem Newtona:

$$\phi_i = a (T_i - T_0) S_i \quad (2)$$

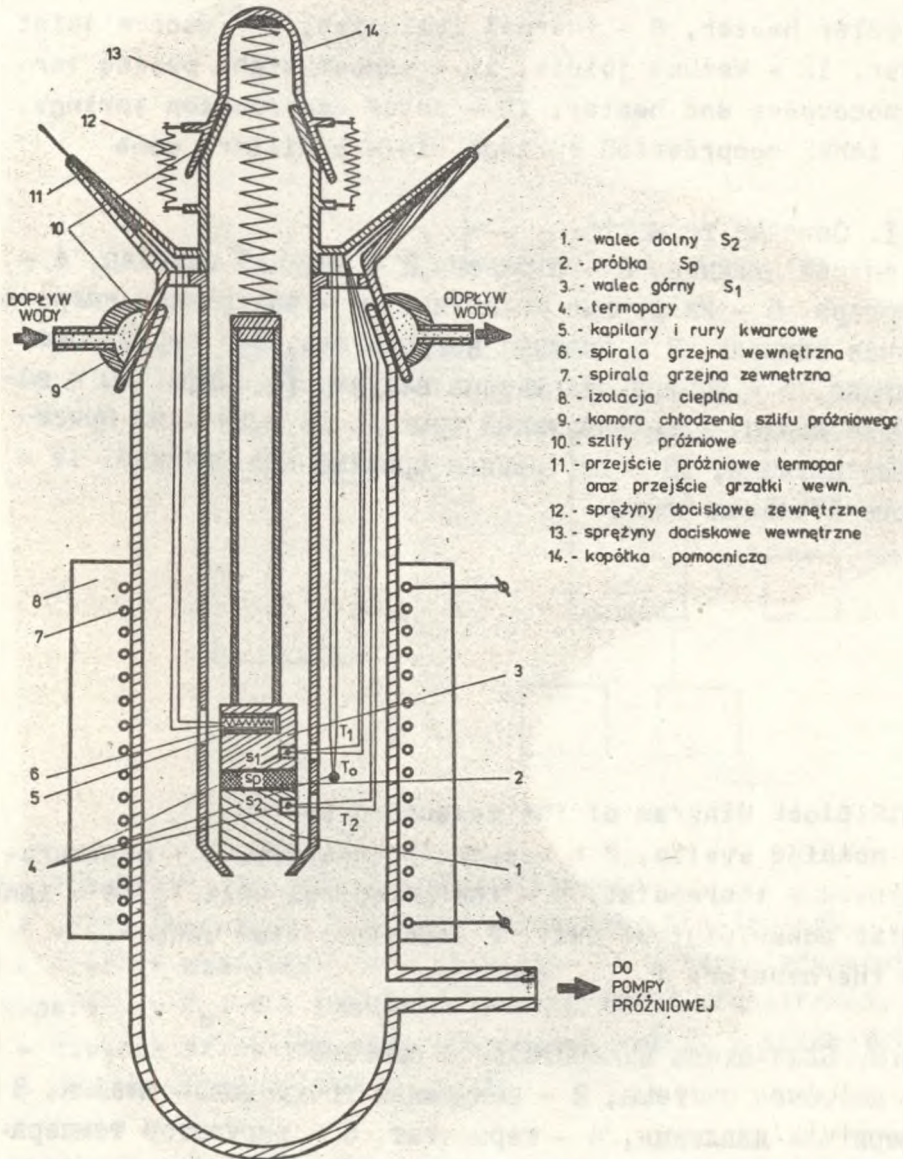
gdzie $i = 1, 2, 3, \dots$

Całkowita energia dostarczona przez grzejnik w jednostce czasu musi być równa energii przechodzącej w jednostce czasu przez zamkniętą powierzchnię otaczającą grzejnik, czyli

$$P = \sum_i \phi_i = a S_1 (T_1 - T_0) + a S_p \left(\frac{T_1 + T_2}{2} - T_0 \right) + a S_2 (T_2 - T_0) \quad (3)$$

PRZEKRÓJ TERMOSTATU

DO POMIARU PRZEWODNICTWA CIEPLNEGO
W PRÓZNI



1. - walec dolny S_2
2. - próbka S_p
3. - walec górny S_1
4. - termopary
5. - kapilary i rury kwarcowe
6. - spirala grzejna wewnętrzna
7. - spirala grzejna zewnętrzna
8. - izolacja cieplna
9. - komora chłodzenia szlifu próżniowego
10. - szlify próżniowe
11. - przejście próżniowe termopar
oraz przejście grzałki wewn.
12. - sprężyny dociskowe zewnętrzne
13. - sprężyny dociskowe wewnętrzne
14. - kopółka pomocnicza

Rys. 1.

Fig.1. Section of the thermostat

1 - lower cylinder, 2 - sample, 3 - upper cylinder,
4 - thermocouples, 5 - quartz tubes, 6 - inner heater,
7 - outer heater, 8 - thermal isolation, 9 - vacuum joint
cooler, 10 - vacuum joints, 11 - vacuum-tight passes for
thermocouples and heater, 12 - outer compression springs,
13 - inner compression springs, 14 - auxiliary dome

Рис.1. Сечение термостата

I - нижний цилиндр, 2 - образец, 3 - верхний цилиндр, 4 -
термопара, 5 - кварцевые капилляры, 6 - внутренняя нагрева-
тельная спираль, 7 - внешний нагреватель, 8 - термическая
изоляция, 9 - камера охлаждения вакуумного шлифа, 10 - ва-
куумные шлифы, 11 - вакуумный проход, 12 - внешние прижи-
мающие пружины, 13 - внутренняя прижимающая пружина, 14 -
вспомогательная чашка.

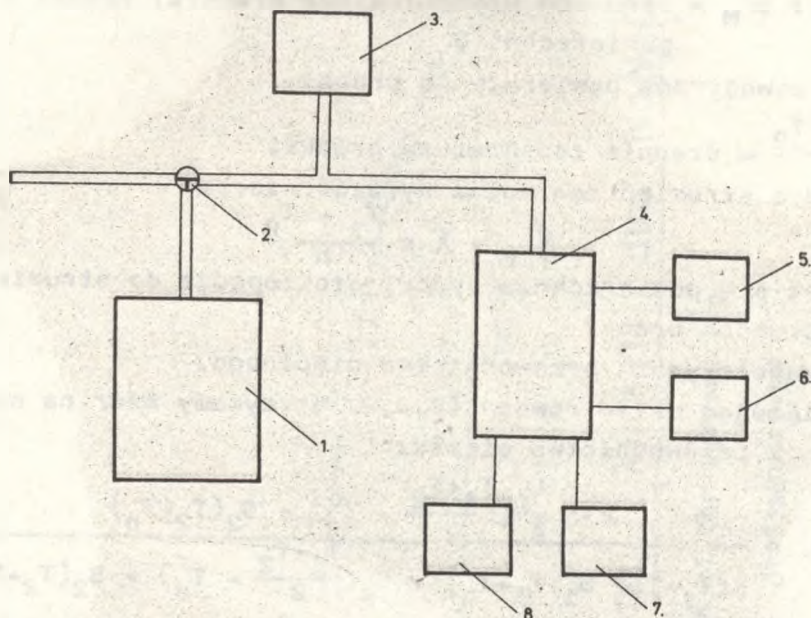
Fig.2. Block diagram of the measuring system

1 - pumping system, 2 - vacuum three-valve, 3 - pressure-
meter, 4 - thermostat, 5 - thermocontrol unit T_0 , 6 - inner
heater power control unit, 7 - cooling flow sensor,
8 - thermometers T_0 , T_1 and T_2

Рис.2. Блок-схема измерительной системы

I - насосная система, 2 - вакуумный трехходовой клапан, 3 -
измеритель давления, 4 - термостат, 5 - регулятор темпера-
туры T_0 , 6 - регулятор мощности внутреннего подогревателя,
7 - автоматический датчик течения охлаждающей воды, 8 - из-
мерители температур T_0 , T_1 , T_2

SCHEMAT BLOKOWY UKŁADU POMIAROWEGO



Rys.2. Schemat blokowy układu pomiarowego

- 1 - układ pompujący, 2 - zawór próżniowy trójdrożny,
- 3 - miernik ciśnienia, 4 - termostat, 5 - termolegurator temperatury T_0 ,
- 6 - regulator mocy grzałki wewnętrznej,
- 7 - czujnik przepływu wody chłodzącej szlify z automatyką,
- 8 - mierniki temperatur T_0, T_1, T_2

Strumień ciepły płynący przez powierzchnię przekroju próbki M jest równy sumie strumienia:

a) wypływającego przez połowę zewnętrznej powierzchni próbki $\frac{S_p}{2}$ oraz

b) wypływającego przez powierzchnię zewnętrzną walca S_2 .

Zależność tę można zapisać wzorem:

$$\phi_M = a \frac{S_p}{2} \left(\frac{T_1 + T_2}{2} - T_0 \right) + a S_2 (T_2 - T_0) \quad (4)$$

gdzie: ϕ_M - strumień płynący przez przekrój próbki o polu powierzchni S

S_p - zewnętrzna powierzchnia próbki

$\frac{T_1 + T_2}{2}$ - średnia temperatura próbki.

Ponadto strumień ten można wyrazić wzorem:

$$\phi_M = \lambda s \frac{T_1 - T_2}{h} \quad (5)$$

gdzie: s - powierzchnia próbki prostopadła do strumienia

h - grubość próbki

λ - współczynnik przewodnictwa cieplnego.

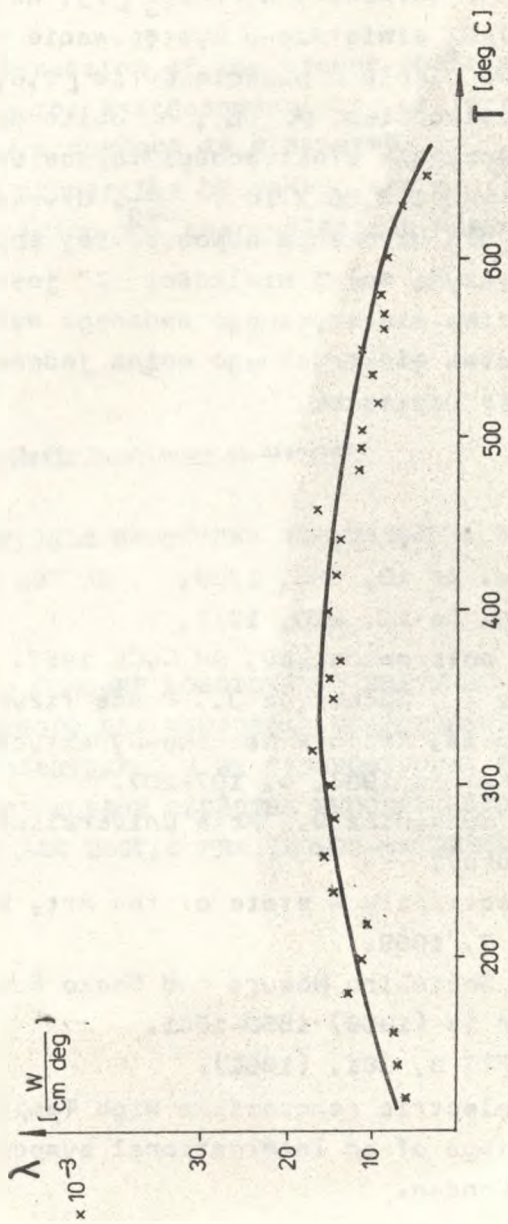
Rozwiązując układ równań (3,4,5) otrzymamy wzór na współczynnik przewodnictwa ciepła:

$$\lambda = \frac{P \cdot h \frac{S_p}{2} \left(\frac{T_1 + T_2}{2} - T_0 \right) + S_2 (T_2 - T_0)}{s (T_1 - T_2) S_1 (T_1 - T_0) + S_p \left(\frac{T_1 + T_2}{2} - T_0 \right) + S_2 (T_2 - T_0)} \quad (6)$$

Zmieniając wartość T_0 od 100 do 660°C, dokonano pomiaru dla LaNbO_3 . Temperaturową zależność λ przedstawiono na wykresie (rys. 3).

DYSKUSJA

Na budowę generatorów termoelektrycznych poszukuje się materiałów o małej przewodności cieplnej oraz małej zależności tej przewodności od temperatury. Badany niobian sodu posiada przewodność cieplną o wartości rzędu przewodności innych materiałów stosowanych na generatory termoelektryczne [6]. Wyznaczona przewodność cieplna w obszarze antyferro-



Wykres zależności $\lambda = \lambda(T)$ dla NaNbO_3

Fig.3. λ as a function of the temperature

Рис.3. Зависимость λ от температуры

elektrycznym nieznacznie rośnie ze wzrostem temperatury, natomiast w paraelektrycznym maleje ze wzrostem temperatury. W badanym materiale nie obserwuje się wyraźnych anomalii na krzywej przewodnictwa cieplnego w okolicy punktu Curie. Podobny przebieg zjawiska obserwowano w PbZrO_3 [7], natomiast w próbkach BaTiO_3 i PbTiO_3 stwierdzono występowanie wyraźnych zmian przewodnictwa ciepła w punkcie Curie [7,8]. Dysponując wyznaczonymi wielkościami α , ζ , λ obliczono dla temperatury 660°C współczynnik efektywności termoelektrycznej "Z". Jego wartość wynosi $2,56 \times 10^{-11} \frac{1}{\text{deg}}$. Uzyskana wartość jest zbyt mała dla uzyskania odpowiedniej sprawności generatora [9]. Przyczyną małej wielkości "Z" jest zbyt mała wartość przewodnictwa elektrycznego badanego materiału. Wartość tego przewodnictwa elektrycznego można jednak zwiększyć przez wprowadzenie domieszek.

Wpłynęło do Redakcji 30 września 1985r.

Literatura

- [1] Altenkirch E., Phys. Zs 10, 560, 1909.
- [2] Altenkirch E., Phys. Zs 12, 920, 1911.
- [3] Joffe A.F., Fizika półprzewodnikov, AH CCCP 1957.
- [4] Kuś Cz., Kwiecińska T., Suchanicz J., Prace fizyczne IV pod redakcją Cz. Kusia, Rocznik Naukowo-Dydaktyczny WSP w Krakowie nr 91, Kraków 1984, s. 197-207.
- [5] Kuś Cz., Śmiga W., Suchanicz J., Acta Universitatis Wratislaviensis (w druku).
- [6] Celent of Thermoelectricity - state of the Art, Electronic Industries 18, 7, 1959.
- [7] By Ikushi Yoshida, Shoichiro Nomura and Shozo Sawada, J. Phys. Soc. Japan 13 (1958) 1550-1551.
- [8] Kodzesprow F.F., FTT 3, 381, (1961).
- [9] Kelly C.M., Thermoelectric generations High Temperature, Technology Proceedings of an International symposium 1959 Ny - Toronto-London.

Cz. Kuś, W. Śmiga

The temperature changes of the thermal conductivity coefficient of sodium niobate.

ABSTRACT

Construction of the vacuum thermostat intended for measuring the heat conductivity of ferroelectrics and its temperature changes is presented.

The properties of NaNbO_3 are studied in order to apply it in building the thermoelectric element.

Ч. Кузь, В. Съмига

Температурные изменения коэффициента теплопроводности ниобата натрия

РЕЗЮМЕ

В статье описана конструкция вакуумного термостата, предназначенного для измерения коэффициентов теплопроводности сегнетоэлектриков и их температурных изменений. Авторами были исследованы свойства ниобата натрия с целью его использования для построения термоэлектрического элемента.