

T. GALIŃSKI, A. PRUDŁO, J. ŚWIĄTEK

Instytut Fizyki Wyższej Szkoły Pedagogicznej w Częstochowie

Komputerowe sterowanie i akwizycja pomiarów TSC i charakterystyk stałoprądowych

Przedstawiony tutaj artykuł poświęcony jest sposobowi rozwiązania komputerowego sterowania i akwizycji danych pomiarowych w pomiarach TSC oraz badaniach charakterystyk stałoprądowych w niskich temperaturach.

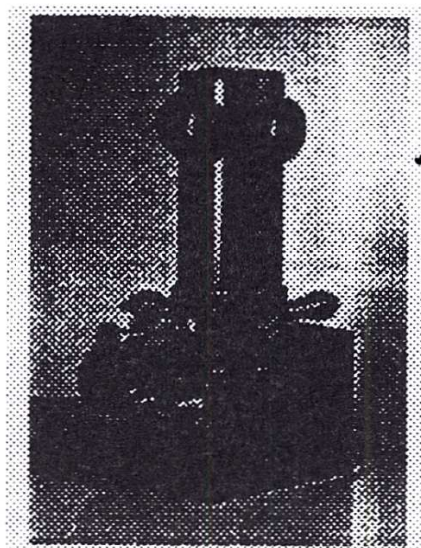
Organiczne związki półprzewodnikowe wykazują szereg interesujących właściwości fizycznych niespotykanych w substancjach nieorganicznych. Duża gęstość stanów zlokalizowanych w tych materiałach decyduje o mechanizmie transportu i rodzaju przewodnictwa, natomiast ich rozkład energetyczny bezpośrednio wpływa na kształt charakterystyki prądowo-napięciowej.

Jedną z głównych metod analizy struktury pułapkowej przewodników organicznych jest metoda termicznie stymulowanych prądów (TSC). Opracowano ją w zasadzie dla półprzewodników klasycznych o szerokich pasmach przewodnictwa. Metoda TSC pozwala nam określić głębokość energetyczną pułapki, a w niektórych przypadkach również czynnik częstości ucieczki nośnika, czas życia nośnika ładunku w pułapce oraz przekrój czynny na wychwyty nośnika.

Metoda termicznie stymulowanych prądów polega na wzbudzeniu próbki w niskiej temperaturze, a następnie podwyższeniu temperatury z określoną prędkością rejestrując zależność natężenia płynącego prądu od temperatury przy stałym napięciu. Analiza otrzymanych tą metodą widm jest często bardzo bardzo skomplikowana i różnorodna. Jej celem jest powiązanie danych doświadczalnych z poszukiwanymi parametrami pułapek.

W skład zestawu do prowadzenia badań TSC oraz charakterystyk stałoprądowych wchodzi

- | | |
|-------------------------|-------------------------|
| — kriostat helowy | — układ próżniowy |
| — chłodziarka helowa | — regulator temperatury |
| — zasilacz stałoprądowy | — multiplexer |
| — woltomierz | — elektrometry |
| — komputer | |



Rys. 1. Widok ogólny kriostatu.

Poniżej zamieszczono krótkie opisy poszczególnych urządzeń oraz informacje najistotniejsze dla przeprowadzania eksperymentu.

Kriostat Cryophysics Challenger

Kriostat ten posiada końcówkę przystosowaną do współpracy z chłodziarkami helowymi o zamkniętym cyklu. Pozwala to na długotrwałe pomiary, średni czas między napełnieniami układu helem to ok. 8000 godzin pracy. Kriostat ten wraz ze sprężarką helową firmy IWATANI Model CW 301 umożliwia uzyskanie temperatur z zakresu 12 K do 325 K. Czas uzyskania temperatury 12 K przy temperaturze początkowej ok. 293 K wynosi 45 minut.

Ciśnienie robocze w zbiorniku helu wynosić powinno 21 – 22 kgf/cm². Sprężarka ta chłodzona jest wodą. Prędkość przepływu wody w sprężarce powinna być większa niż 2 l/min.

Układ próżniowy

W kriostacie dla uzyskania niskiej temperatury ciśnienie nie powinno być wyższe niż 10196³ Pa. Dla zapewnienia odpowiedniej próżni kriostat został połączony ze stanowiskiem próżniowym produkcji Zakładów Techniki Próżniowej Unitra-Unima wyposażonym w pompę rotacyjną, olejową pompę dyfuzyjną, zawory, układ odczytu ciśnienia i sterowania. Uzyskuje się tam próżnię rzędu 10196⁵ Pa i lepszą.

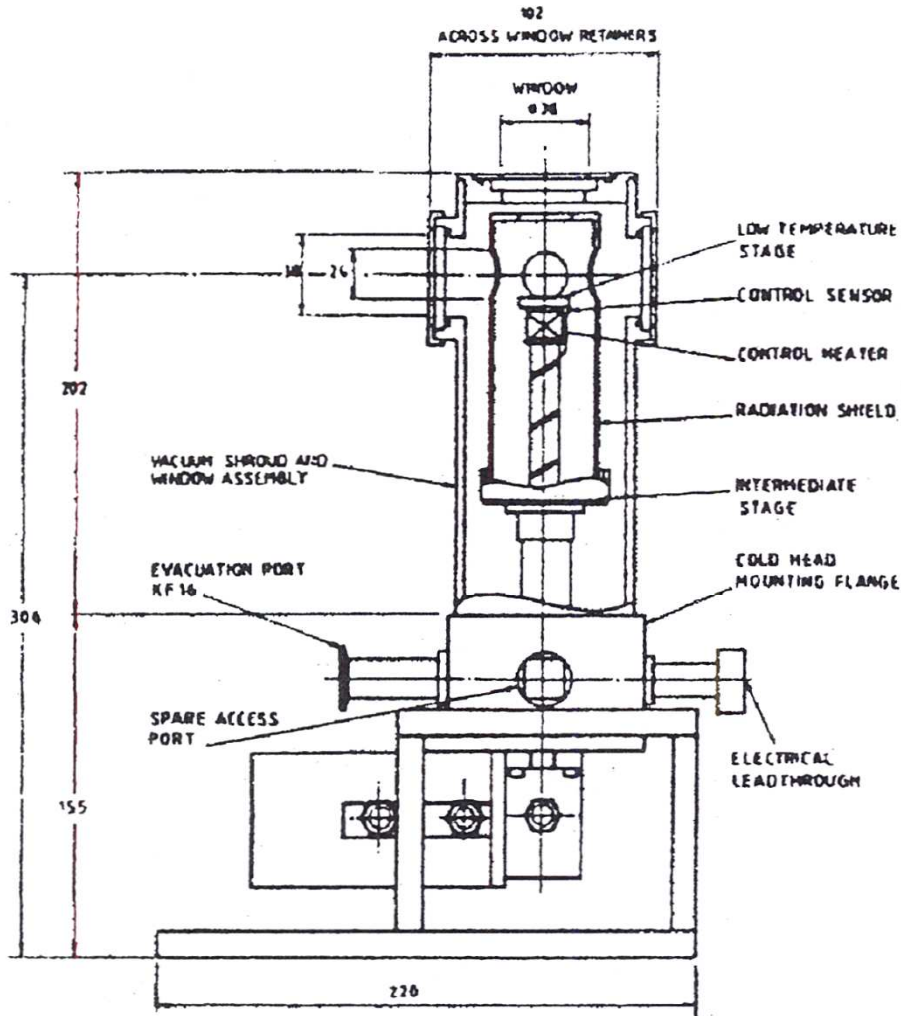
Próbkę w przedstawionym wyżej układzie pomiarowym montuje się na stoliku grzejno-chłodzącym. Dla lepszego kontaktu próbka-stolik stosuje się termoprzewodzącą pastę.

Chłodziarka helowa Iwatami

Jest to chłodziarka o zamkniętym cyklu helowym. Jej działania opiera się na klasycznym cyklu Gifforda-McMakon'a.

Regulator temperatury Lake Shore model 330

Do regulacji temperatury używa się regulatora temperatury firmy LAKE SHORE Model 330. Przyrząd ten wyposażony jest w interfejs magistrali IEEE 488, który pozwala na zdalne wykonanie m.in. następujących operacji:



Rys. 2. Przekrój kriostatu

- odczyt temperatury,
- ustawienie temperatury,
- określenie parametrów kontroli temperatury,
- wybór opcji automatycznego doboru parametrów kontroli temperatury.

Regulator ten daje stabilizację temperatury ok. 0,1 K lub lepszej w zakresie temperatur od 25 K do 325 K, przy niższych temperaturach stabilizacja temperaturowa jest równa ok. 0,3 K. Wymaganą temperaturę można zadawać z dokładnością 0,01 K. Daje to możliwość dowolnego ustawienia temperatury oraz kontrolę prędkości grzania w danym zakresie i z dowolną prędkością grzania.

Multiplekser IPACO

Jest to 12-to kanałowy multiplekser sygnału analogowego. Służy on w tym zestawie do przyłączania woltomierza albo do wyjścia napięciowego elektrometru albo równolegle do próbki. Jest on również wyposażony w interfejs magistrali IEEE 488 co daje możliwość zdalnego ustawiania wszystkich kanałów.

Multimetr Keithley model 175A

Jest to multimetr przeznaczony do pomiarów napięcia stałego w zakresie od 10 V do 1000 V. Posiada on system szybkiego automatycznego wyboru zakresu pomiarowego. Jak i pozostałe urządzenia wyposażony jest w interfejs magistrali IEEE 488, za pomocą którego można wykonywać następujące operacje:

- odczytywanie napięcia,
- wyzwalanie pomiaru.

Elektrometr Cary 401

Jest to elektrometr z wibrującym kondensatorem pozwalającym m.in. na pomiar prądów w zakresie od 1196196^{17} A do 3196196^8 A, oraz pomiar ładunku. Do elektrometru został dobudowany interfejs IEEE 488 wzbogacając urządzenie o możliwość zdalnego zmieniania zakresów pomiarowych oraz jego funkcji.

Elektrometr Advantest R8240

Jest to elektrometr cyfrowy 4 1/2 cyfry który daje możliwość pomiaru prądów w zakresie od 10 fA do 20 mA. Wyposażony jest on w szybki interfejs magistrali IEEE 488 dając możliwość 75 pomiarów na sekundę.

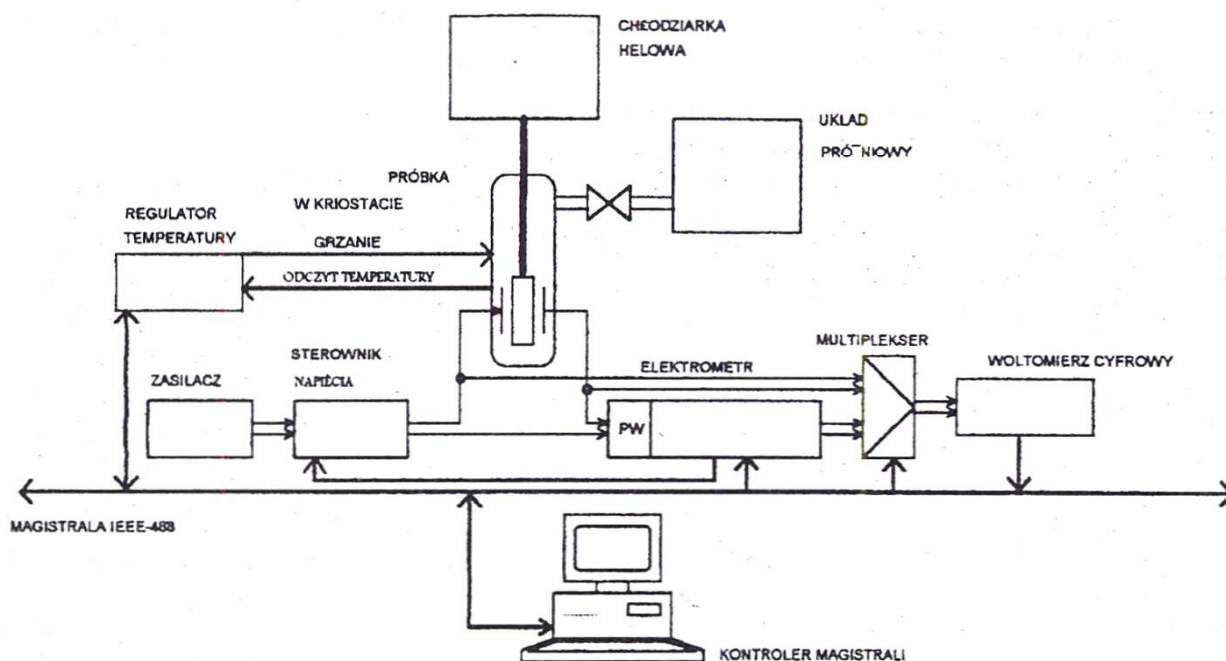
Komputer 386 SX

Komputer ten został wyposażony w kartę interfejsu magistrali IEEE 488 Pc Lab Card 848, dzięki której może on wykonywać funkcje kontrolera. W pamięci firmowej stałej umieszczonej na kontrolerze zapisane zostały podstawowe procedury obsługi wyjść i wejść interfejsu, oraz parametry pracy karty. Na karcie tej znajduje się również 16 cyfrowych wyjść.

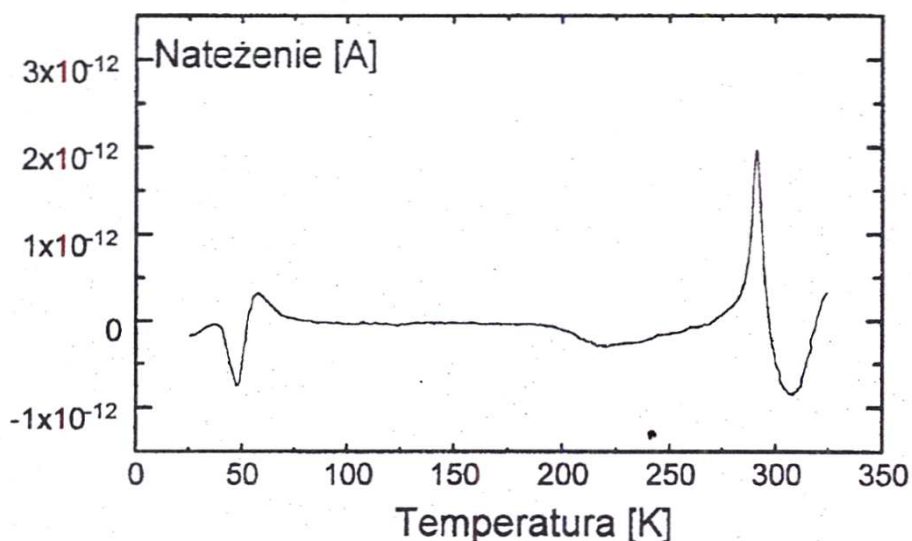
Zasada działania

Próbkę umieszcza się w kriostacie, który jest odpompowywany przez układ próżniowy. Chłodziarka w sposób ciągły odprowadza ciepło z próbki. Do kontrolera temperatury doprowadzony jest sygnał z diodowego czujnika temperatury. Kontroler na podstawie odczytów temperatury próbki i zadanych przez użytkownika lub program parametrów reguluje moc dostarczaną do grzałki kriostatu. Regulator napięcia steruje napięciem przykładanym do badanej próbki. Napięcie to jest pobierane z zasilacza. Szeregowo z próbką włączony jest przedwzmacniacz elektrometru. Odczyty z elektrometru w formie analogowego sygnału napięciowego są poprzez multiplexer podawane na

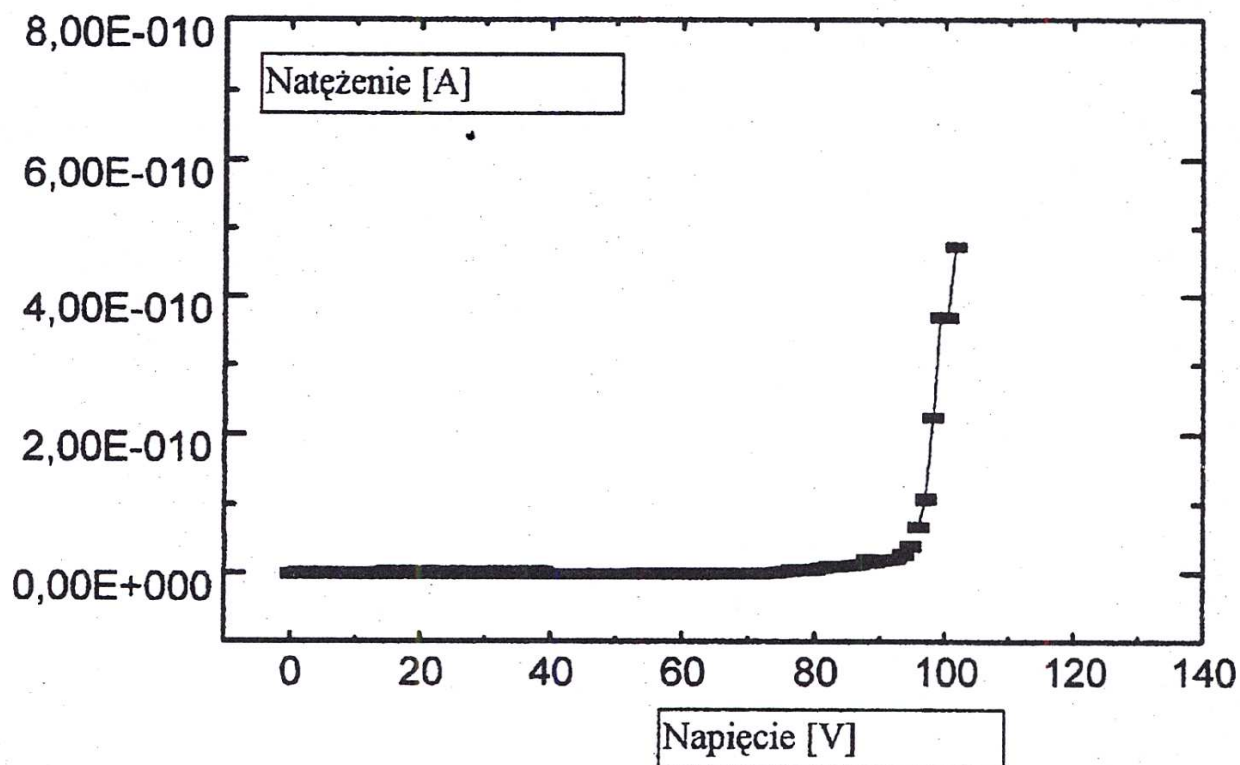
multimetr cyfrowy. Jego wskazania są odczytywane przez kontrolera magistrali IEEE – 488. Dzięki takiemu zestawieniu analogowe odczyty z wyjścia elektrometru mogą być przekazywane w formie cyfrowej do komputera. Do odczytu napięcia podawanego na próbkę służy ten sam multimetr, ale dzięki zmianie kanału multipleksera, podłączony równolegle do próbki. Narastanie napięcia może być inicjowane i zatrzymywane przez komputer, mimo iż regulator napięcia nie posiada odpowiedniego interfejsu. Zostało to osiągnięte przez wykorzystanie interfejsu elektrometru, z którego pojedyncza linia sygnałowa o znaczeniu: „załóż – wyłącz” jest doprowadzona do regulatora. Wszystkie urządzenia wyposażone w interfejsy IEEE – 488 są sterowane przez komputer z kartą PC – LAB, który pełni funkcję kontrolera magistrali.



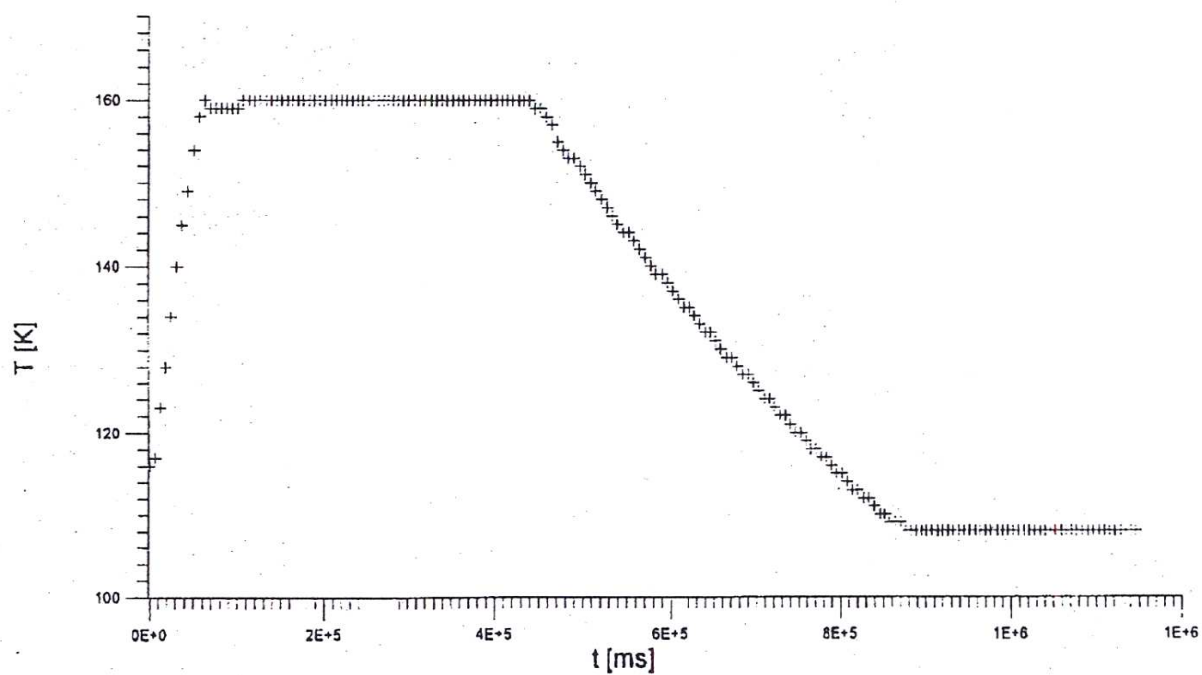
Rys. 3. Schemat układu pomiarowego stosowanego do eksperymentu TSC oraz do badania charakterystyk stałoprądowych.



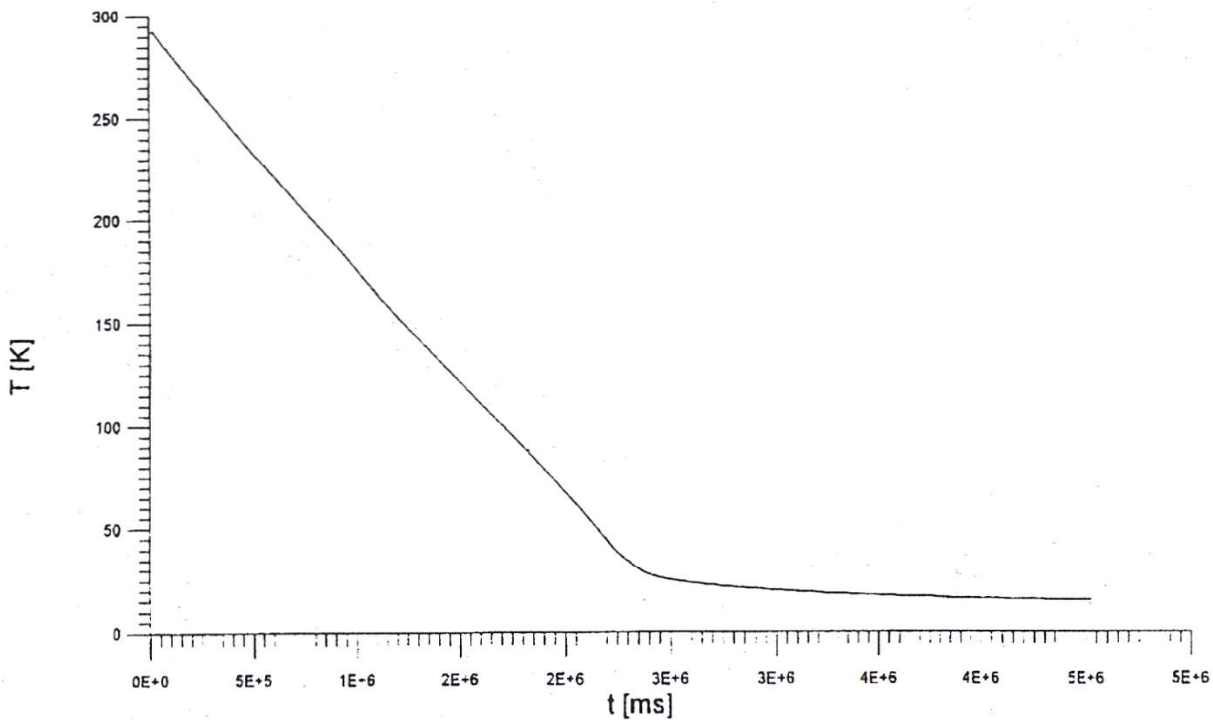
Rys. 4. Przykładowa krzywa TSC otrzymana w przedstawionej powyżej aparaturze.



Rys. 5. Przykładowa charakterystyka stałoprądowa.



Rys. 6. Próba sterowania temperaturą. Widoczny stosunkowo duży przerzut przy końcu narastania temperatury jest przykładem złego dobrania parametrów grzania.



Rys. 7. Próba szybkości chłodzenia kriostatu z próbką

T. GALIŃSKI, A. PRUDŁO, J. ŚWIĄTEK

Computer Control and Data Aquisition in TSC- and DC-type Electrical Characteristics Measurements

Summary

In article presented fully automated laboratory set designed for TSC- and DC-type electrical characteristics measurements. It is based on PC-class computer and IEEE – 488 bus. It's components are: dedicated software and devices made by various manufacturers, if necessary — with extra added IEEE – 488 interface or other possibilities of computer-based communication.