

# EMISJA POLOWA

## 1. Zagadnienia teoretyczne

Elektronowa teoria budowy metali, rodzaje emisji elektronów, emisja polowa, praca wyjścia i metody jej wyznaczania, mikroskop polowy – budowa i zasada działania, interpretacja obrazów emisyjnych (rzut stereograficzny)

## 2. Literatura

- a. J. Nikliborc, *Emisja polowa elektronów z metali*, Postępy fizyki, tom VIII, zeszyt 1 i 6, PWN, 23-42 i 673-688 (1957)
- b. T. Greczyło, P. Mazur, E. Dębowska, *Mikroskop polowy w zaawansowanej pracowni fizycznej*, Aparatura Badawcza i Dydaktyczna, tom X, nr 4, 2005
- c. T. Greczyło, P. Mazur, E. Dębowska, *Field emission microscope at advanced student's laboratory*, Eur. J. Phys. ... (2006)
- d. J. Chojnacki, *Krystalografia chemiczna i fizyczna*,
- e. Sz. Szцениowski, *Fizyka doświadczalna*, tom 5,
- f. L. Kalinowski, *Fizyka metali*,
- g. R. H. Good, E. W. Müller, *Field emission*, Handb. der Phys. 15, (1956),
- h. *Field Emission Microscope, Instruction Sheet*, Leybold Didactic GMBH, Hurth 2002

## 3. Cel ćwiczenia

Ćwiczenie umożliwia przeprowadzenie następujących zadań doświadczalnych:

- a. Rejestracja obrazów emisyjnych ostrza wolframowego czystego oraz naparowanego Ba.
- b. Wyznaczenie zmian pracy wyjścia z ostrza W wywołanych wpływem czasu i/lub naparowaniem na nie atomów Ba.

## 4. Zestaw doświadczalny

Zestaw doświadczalny (rys. 1 w załączniku) składa się z:

- zestawu komputerowego z systemem operacyjnym oraz oprogramowaniem do przechwytywania obrazów wideo FAST Capture i kartą video AVMaster Video v.2.5 FAST Multimedia (wewnątrz komputera);

- komercyjna lampy mikroskopu polowego Leybold Didactic GMBH w obudowie wraz ze sterowaniem oraz uchwytem na cyfrową kamerę wideo MINTRON MS-1131c;
- nanoamperomierza prądu stałego MERA TRONIK V623 ;
- zasilacza wysokiego napięcia POLON ZWN41;
- zasilacz UNITRA UNIMA 5351 służący do przegrzewania źródła baru podczas naparowywania;
- zasilacz VOLTCRAFT DIGI35 służący do przegrzewania – oczyszczania ostrza wolframowego lampy mikroskopowej.

## 5. Część doświadczalna

Przed przystąpieniem do wykonywania ćwiczenia należy zapoznać się ze skróconym opisem zestawu pomiarowego oraz z oprogramowaniem *FAST Capture*. Poniżej zapisano możliwe do przeprowadzenia pomiary – prowadzący decyduje, który ze scenariuszy doświadczania wykonuje student.

### *a. Rejestracja obrazu emisyjnego czystego ostrza wolframowego, wyznaczanie pracy wyjścia z czystego ostrza oraz wyznaczanie zmian pracy wyjścia z czasem.*

- zarejestrować obrazu ostrza wolframowego przed procedurą przegrzewania dla prądu emisji 100nA;
- przegrzać ostrze wolframowe przepuszczając przez pętlę, do której jest przymocowane prąd o natężeniu 1,6A przez 10 s;
- natychmiast po przegrzaniu przyłożyć napięcie wywołujące prąd emisyjny  $I=100$  nA;
- następnie zmniejszać napięcie w 8 krokach, kolejno o  $\Delta U=20V$  i notować wartości prądu emisyjnego  $I$ ; wyniki umożliwią wykreślenie zależności  $I=f(U)$ ; seria pomiarowa powinna trwać około 30s;
- pomiary powtórzyć 3 krotnie w odstępach 2 minutowych;
- wyznaczyć wartości pracy wyjścia dla kolejnych serii pomiarów.

**b. Rejestracja obrazu emisyjnego ostrza pokrytego Ba, wyznaczenie pracy wyjścia z ostrza pokrytego oraz wyznaczenie zmian pracy wyjścia z czasem.**

- zarejestrować obrazu ostrza wolframowego przed procedurą przegrzewania dla prądu emisji 100nA;
- natychmiast po przegrzaniu przyłożyć napięcie wywołujące prąd emisyjny  $I=100$  nA;
- następnie zmniejszać napięcie w 8 krokach, kolejno o  $\Delta U=20V$  i notować wartości prądu emisyjnego  $I$ ; wyniki umożliwią wykreślenie zależności  $I=f(U)$ ; seria pomiarowa powinna trwać około 30s;
- natychmiast po zakończeniu pomiarów naporować na ostrze atomy Ba ze źródła zwiększając jego temperaturę w skutek przepływu prądu  $I_{Ba}=8A$  w czasie 20s;
- natychmiast po przegrzaniu przyłożyć napięcie wywołujące prąd emisyjny  $I=100$  nA;
- następnie zmniejszać napięcie w 8 krokach, kolejno o  $\Delta U=20V$  i notować wartości prądu emisyjnego  $I$ ; wyniki umożliwią wykreślenie zależności  $I=f(U)$ ; seria pomiarowa powinna trwać około 30s;
- pomiary powtórzyć 3 krotnie w odstępach 2 minutowych;
- wyznaczyć wartości pracy wyjścia dla kolejnych serii pomiarów.

**c. Rejestracja obrazu emisyjnego ostrza pokrytego Ba, wyznaczenie pracy wyjścia z ostrza pokrytego oraz wyznaczenie zmian pracy wyjścia wywołanych kolejnymi naporowaniami.**

- zarejestrować obrazu ostrza wolframowego przed procedurą przegrzewania dla prądu emisji 100nA;
- natychmiast po przegrzaniu przyłożyć napięcie wywołujące prąd emisyjny  $I=100$  nA;
- następnie zmniejszać napięcie w 8 krokach, kolejno o  $\Delta U=20V$  i notować wartości prądu emisyjnego  $I$ ; wyniki umożliwią wykreślenie zależności  $I=f(U)$ ; seria pomiarowa powinna trwać około 30s;
- naporowanie na ostrze atomów Ba ze źródła zwiększając jego temperaturę w skutek przepływu prądu  $I_{Ba}=8A$  w czasie 20s;
- natychmiast po przegrzaniu przyłożyć napięcie wywołujące prąd emisyjny  $I=100$  nA;
- następnie zmniejszać napięcie w 8 krokach, kolejno o  $\Delta U=20V$  i notować wartości prądu emisyjnego  $I$ ; wyniki umożliwią wykreślenie zależności  $I=f(U)$ ; seria pomiarowa powinna trwać około 30s;
- powtórnie naporować ostrze atomami Ba i powtórzyć pomiar.

*d. Rejestracja obrazu emisyjnego czystego ostrza wolframowego i ostrza naparowanego Ba oraz rejestracja zmian wartości prądu emisyjnego z ostrza czystego i naparowanego z czasem.*

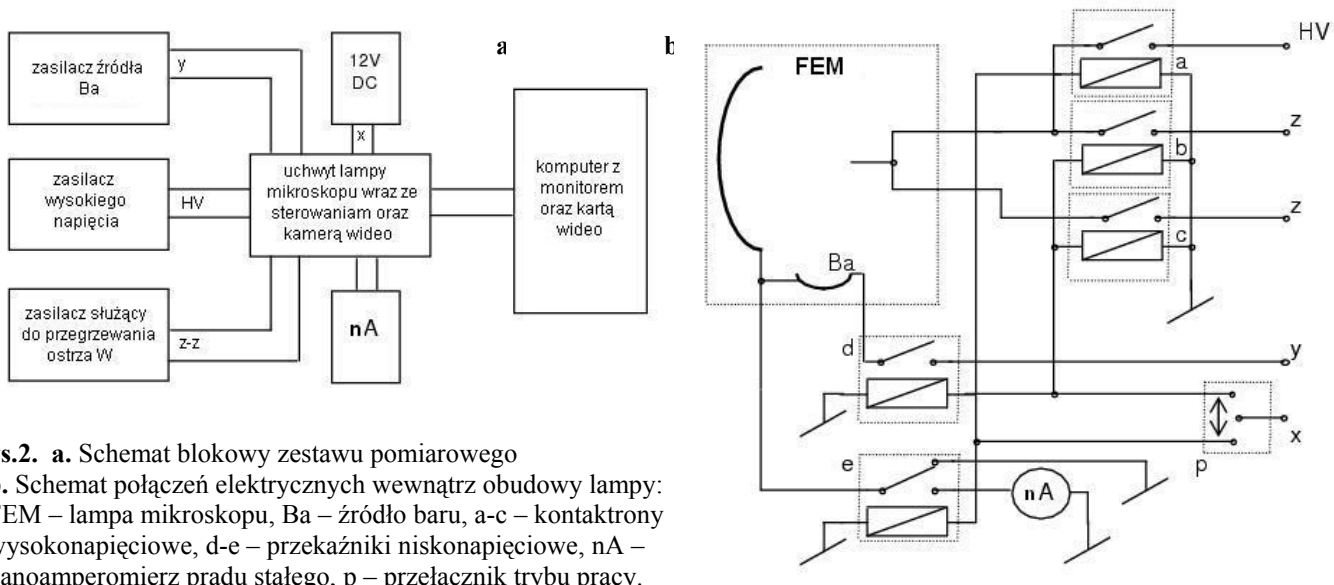
- zarejestrować obrazu ostrza wolframowego przed procedurą przegrzewania dla prądu emisji 100nA;
- przegrzać ostrze wolframowe przepuszczając przez pętlę, do której jest przymocowane prąd o natężeniu 1,6A przez 10 s;
- natychmiast po przegrzaniu przyłożyć napięcie wywołujące prąd emisyjny  $I=100$  nA i dokonać pomiaru zmian prądu emisji z czasem, aż do momentu, w którym prąd emisji osiągnie wartość zadanej przez prowadzącego zajęcia;
- analogiczne pomiary powtórzyć dla ostrza naparowanego Ba.

## 6. Opracowanie niepewności pomiarowych

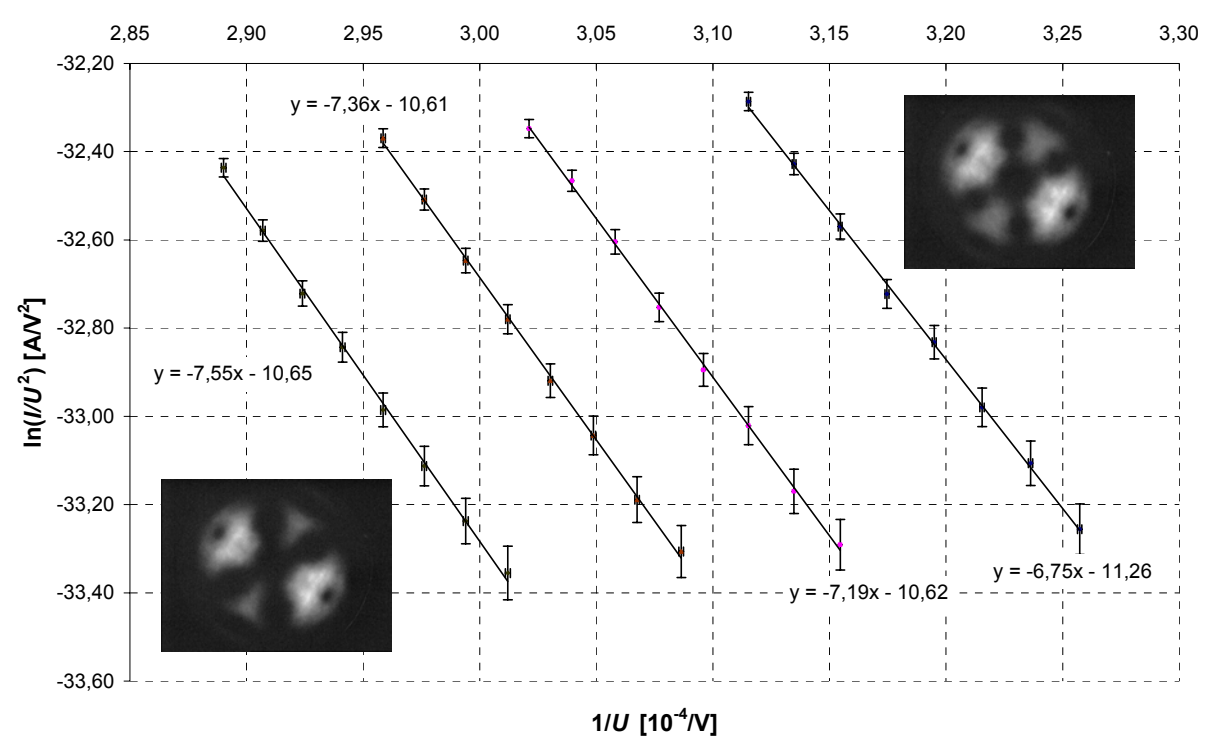
Podczas wykreślania zależności  $\ln \frac{I}{U^2} = f\left(\frac{1}{U}\right)$  na wykresach nanieść niepewności poszczególnych wielkości wynikające z uwzględnienia niepewności wzorcowania i niepewności eksperymentatora dla wartości napięcia i natężenia prądu oraz prawa przenoszenia niepewności pomiarowych. Następnie wykorzystać metodę regresji liniowej (metoda najmniejszych kwadratów) do wyznaczenia współczynnika nachylenia prostej najlepszego dopasowania dla wyników eksperymentalnych oraz jej niepewność standardową. Ostatecznie do wyznaczenia niepewności pracy wyjścia wykorzystać prawo przenoszenia niepewności pomiarowych.

## 7. Załącznik





**Rys.2. a.** Schemat blokowy zestawu pomiarowego  
**b.** Schemat połączeń elektrycznych wewnątrz obudowy lampy: FEM – lampa mikroskopu, Ba – źródło baru, a-c – kontaktry wysokiego napięcia, d-e – przełączniki niskonapięciowe, nA – nanoamperomierz prądu stałego, p – przełącznik trybu pracy.



**Rys. 3.** Przykładowe charakterystyki Fowler-Nordheim dla czystego ostrza wolframowego dla różnych czasów po jego przegrzaniu wraz z obrazami emisyjnymi.

sporządził Tomasz Greczyło