

Z52 - ŹRÓDŁO JONÓW

II Pracownia Fizyczna

Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Jagielloński

Źródła jonów to uniwersalne urządzenia szeroko stosowane w badaniach prowadzonych w fizyce atomowej, fizyce ciała stałego i fizyce jądrowej. Celem ćwiczenia jest poznanie zasad pracy źródeł jonów na przykładzie źródła typu EBIS (Electron Beam Ion Source). Poznawane są przy tym mechanizmy wytwarzania jonów, co stanowi uniwersalny punkt wyjścia do opisu i systematyki procesów zachodzących podczas oddziaływania atomów z jonami, elektronami i fotonami. Badanie właściwości wiązek jonów wytworzonych w źródle EBIS, poruszających się w polach elektrycznych i magnetycznych (filtr Wiena), to dodatkowa okazja do praktycznego poznania zasad spektrometrii masowej. Ponadto, zestaw eksperymentalny wyposażony jest w detektor, który rejestruje promieniowanie rentgenowskie towarzyszące produkcji jonów wewnątrz źródła i ilustrujące, zachodzące w tym czasie, procesy atomowe, takie jak jonizacja, radiacyjna rekombinacja, czy rekombinacja dwu-elektronowa. Realizacja ćwiczenia jest również pretekstem do poznania techniki wytwarzania i diagnostyki próżni w komorach eksperymentalnych.

Zagadnienia do przestudiowania

1. Budowa atomu - podstawowe wiadomości [1].
2. Pojęcie próżni – gęstość materii, ciśnienie, jednostki, technika wytwarzania i diagnostyki próżni [2].
3. Mechanika ruchu cząstek naładowanych elektrycznie w polach elektrycznych i magnetycznych, funkcjonowanie filtru Wiena [3], (strony: 19-30).
4. Jonizacja atomów w zderzeniach z fotonami, elektronami i protonami [5].
5. Budowa źródeł jonów, ze szczególnym uwzględnieniem źródła typu EBIS [3], (strony: 31-47), [4], (strony: 1-8).
6. Procesy atomowe zachodzące w źródle typu EBIS [4], (strony: 9-14).

Zadania obliczeniowe

1. Model atomu wodoru, zaproponowany przez Nielsa Bohra, jest przydatny do szacowania liczbowych wartości parametrów atomu używanych w fizyce zderzeń. Korzystając z tego modelu pokaż, że $E_n \approx (13,6\text{eV}) \cdot Z^2/n^2$, $r_n \approx (5,29 \cdot 10^{-11}\text{m}) \cdot n^2/Z$, $v_n \approx \alpha \cdot c \cdot Z/n$, gdzie E_n, r_n, v_n to odpowiednio energia wiązania, promień orbity oraz prędkość elektronu na orbicie opisanej główną liczbą kwantową n , w atomie o liczbie atomowej Z . Tzw. stała struktury subtelnej jest oznaczona symbolem α ($\alpha \approx 1/137$).
2. W źródle EBIS, elektrony w mono-energetycznej wiązce mają energię 7keV . Oblicz energię fotonów emitowanych ze źródła w procesie tzw. radiacyjnej rekombinacji (RR), jeśli wychwyty elektronów nastąpi na zjonizowaną w źródle powłokę K atomu Ar. Jak zmieni się energia tego fotonu, jeśli energia elektronów wzrośnie dwukrotnie.

3. Jaką część swojej energii kinetycznej przekaże proton w elastycznym zderzeniu czołowym ze spoczywającym elektronem?

Aparatura i materiały

Niezbędne materiały są zawarte w odnośnikach [3, 6].

Program ćwiczenia

Na stanowisku pomiarowym uruchamiane jest źródło typu EBIS (EBIT3 firmy DREEBIT)[3, 6] i dozując odpowiednio gazy wytwarzane są kolejno jony He, Ne lub Ar. Poprzez zmianę parametrów pracy źródła [3] optymalizowany jest proces jonizacji (kontrola prądu ekstrahowanych jonów). Ponieważ źródło tego typu jest zaprojektowane do wytwarzania jonów wielokrotnych, wyznaczany jest udział tych jonów w wiązce pierwotnej. Źródła typu EBIS umożliwiają produkcję jonów całkowicie odartych z elektronów. Z kolei, wiązka jonów o energii (5 – 15) keV ogniskowana jest przy pomocy układu soczewek elektrostatycznych, a następnie jest składowe (różne stany ładunkowe) separowane są w filtrze Wiena (analiza m/q) [3]. Kalibracja widma m/q jest wykonywana przy pomocy programu analizującego. Dokonywany jest przegląd widma, identyfikacja składowych odpowiadających różnym stanom ładunkowym jonizowanego gazu oraz występujących w źródle jonów tlenu, azotu, składników wody i dwutlenku węgla oraz innych jonów gazów reszkowych, występujących w powietrzu. Ponadto, zestaw eksperymentalny wyposażony jest w detektor typu XFlash 5030 firmy Bruker ([7, 8, 9]), który rejestruje promieniowanie rentgenowskie (0.5 keV – 20 keV) towarzyszące produkcji jonów i ilustrujące, zachodzące w tym czasie, procesy atomowe takie jak jonizacja, radiacyjna rekombinacja, czy rekombinacja dwu-elektronowa. Detektor obsługiwany jest przez system TERX ([10]).



Rysunek 1: Stanowisko pomiarowe

Opracowanie wyników

Sposób opracowania wyników uzgadniany jest po wykonaniu pomiarów (w zależności od zrealizowanego programu testów i badań).

Pozycje [3, 4, 5, 7, 8, 9, 10] dostępne są na stronie internetowej Pracowni po zalogowaniu.

Zasady BHP

Zasady bezpieczeństwa podano w wymienionych poniżej odnośnikach: [3] (strony: 7-9), [10] (strony: 2-5).

Literatura

- [1] A.K.Wróblewski, J.A.Zakrzewski, *Wstęp do fizyki*, PWN, Warszawa 1984.
- [2] J. Groszkowski, *Technika wysokiej próżni*, WNT, Warszawa 1978.
- [3] *Instrukcja obsługi źródła jonów*, strony 19-30.
- [4] G.Zschornack, M.Schmidt and A.Thorn, *Electron Beam Ion Sources*.
- [5] L.Vályi, *Atom and Ion Sources*.
- [6] <http://www.dreebit-ibt.com/product/dresden-bit.html>
- [7] *Detektor prom. X*
- [8] Detektor-rysunek
- [9] Wydajność detektora
- [10] M. Keller, *TERX detection system*