

Dr hab. Andrzej Pelc, prof. UMCS  
Zakład Spektrometrii Mas, Instytut Fizyki  
Uniwersytet M. Curie-Skłodowskiej  
Pl. M. Curie-Skłodowskiej 1  
20-031 Lublin

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Iaroslava Kovaliuka pt.  
“Implementacja algorytmu dekorelacji natężenia wiązki jonizującej i energii elektronów w  
spektrometrze mas do izotopowej analizy gazów szlachetnych”.

Spektrometria mas to bardzo użyteczna technika analityczna. W tej metodzie badawczej mierzy się stosunek masy do ładunku jonów powstałych z analizowanej substancji. Technika ta umożliwia identyfikację związków chemicznych oraz ich struktury, a także ustalenie składu pierwiastkowego i izotopowego badanej substancji. Jest to metoda mająca nieocenione zastosowania w wielu dziedzinach naszego życia, np. w medycynie, farmakologii, przemyśle, geologii, kryminalistyce itd. Jest też metodą, która ciągle się rozwija, chociażby pod względem stosowania wydajniejszych źródeł jonów i bardziej dokładanych analizatorów mas, czy też czulszych detektorów jonów.

Jedną z domen, w której spektrometria mas jest ciągle bazową techniką badawczą jest analiza składu izotopów w badanej próbce. Różnica w masie poszczególnych izotopów tego samego pierwiastka przyczynia się to do tego, że w procesach tworzenia czy przeobrażania minerałów (również wody) na Ziemi może zajść tzw. wyróżnienie izotopowe, czyli wzbogacenie lub zubożenie danego minerału w dany izotop. Skład izotopowy próbki będzie więc zawierał informacje o procesach, jakim podlegała próbka, a także o warunkach, jakie panowały podczas tych przemian. Chyba nie trzeba wyjaśniać, jak ważne są to dane z punktu widzenia geologii czy hydrologii. Dane izotopowe pomagają w odnalezieniu złóż surowców mineralnych, to z tych badań dowiadujemy się o zmianach klimatycznych w historii Ziemi. Zastosowań badań izotopowych jest znacznie, znacznie więcej. Podobnie rzecz się ma z izotopami gazów szlachetnych, którymi zajmuje się Pan mag. inż. I. Kovaliuk. Analiza składu izotopowego gazów szlachetnych np. w wodach dostarcza informacji na temat temperatury i genezy powstania danego rezerwuaru wodnego. Na podstawie tych badań możemy stwierdzić jakie zamiany klimatyczne zachodziły na Ziemi. Skład izotopowy argonu jest także wykorzystywaniu w datowaniu np. w metodzie potasowo-argonowej. Oprócz zastosowań czysto naukowych badania zawartości izotopów gazów szlachetnych w wodzie ma także

praktyczne zastosowanie – np. w wykrywaniu złóż geotermalnych, które można by zastosować jako źródła energii odnawialnej. Na świecie rośnie zainteresowanie zastępowaniem nieodnawialnych źródeł energii źródłami alternatywnymi, także w Polsce prowadzone są tego typu działania.

W rozprawie doktorskiej główny nacisk został położony na poprawę parametrów pracy źródła jonów spektrometru mas. W źródle jonów jony są tworzone i formowane w wiązkę przy użyciu „optyki jonowej”. Jest to niesłychanie istotne zagadnienie z punktu widzenia dokładności i powtarzalności pomiarów.

W celu realizacji tego zadania przeprowadzono szereg rozważań teoretycznych i modelowych oraz wykonano eksperymenty pomiarowe. W swoich badaniach Doktorant stosował specjalistyczne oprogramowanie jak MatLab czy LabView. Na szczególne uznanie zasługuje fakt, że mgr inż. I. Kovaliuk oprócz prac czysto teoretycznych i modelowych potrafi również rozbudowywać istniejącą aparaturę naukową oraz prowadzić za jej pomocą eksperymenty. W trakcie prac Doktorant rozbudował układ próżniowy oraz układ dozowania próbek gazowych spektrometru mas. Dodatkowo odbył on staż naukowy w Instytucie Badań Jądrowych Węgierskiej Akademii Nauk, który jest jednym z wiodących ośrodków zajmujących się analizą gazów szlachetnych w wodach. Te fakty świadczą o tym, że Autor rozprawy posiada wszechstronną wiedzę zarówno w zakresie przedmiotu pracy, jak i stosowanych metodach badawczych.

Przedstawiona do oceny rozprawa obejmuje 79 stron. Praca składa się z 8 głównych rozdziałów, w których umieszczone są: wprowadzenie wraz z opisem głównych zastosowań analizy izotopowej gazów szlachetnych, ogólny opis spektrometru mas, opis metod badawczych - obliczeniowych i eksperymentalnych oraz wyniki badań wraz z ich dyskusją i wnioskami. Dodatkowo w pracy umieszczono również abstrakty w języku angielskim i polskim, wykaz użytych skrótów oraz odnośników literaturowych. Rozprawa zawiera również 10 tabel i 57 rysunków, wykresów i schematów, które dodatkowo ilustrują temat pracy.

Bibliografia składa się z 78 pozycji źródłowych bezpośrednio związanych z problemami rozważanymi w pracy. Ponad połowa publikacji ukazała się na początku XXI wieku. To pokazuje, że temat pracy jest wciąż nie do końca poznany i interesujący. W spisie brakuje jednak szczegółowych informacji o osiągnięciach doktoranta w tej materii (spis publikacji, udział w konferencjach).

Pierwsze trzy rozdziały to zwięzły wstęp wprowadzający w istotę podjętego w pracy problemu jak również opis techniki pomiarowej - spektrometrii mas. Znajdują się tu też główne zadania badawcze jakie postawił przed sobą Doktorant. W rozdziale drugim opisane zostały

ogólne zastosowania izotopów gazów szlachetnych np. w datowaniu czy poznaniu genezy wód. W tej części rozprawy opisane również zostały wstępne wyniki badań składu izotopowego dla dwu wód z Nałęczowa oraz wody z obszaru Podhala. Rozdział trzeci zawiera ogólny budowy spektrometru mas ze zwięzłymi opisami stosowanych w tej technice źródeł jonów, analizatorów mas i detektorów jonów. Jestem pod dużym wrażeniem opanowania w stosunkowo w krótkim czasie przez obcokrajowca - Pana mgr inż. I. Kovaliuka języka polskiego. Chciałbym jednak w tym miejscu zwrócić uwagę na kilka szczegółów, które prawdopodobnie wynikają z błędnego tłumaczenia pewnych specjalistycznych fraz bezpośrednio z języka angielskiego lub stosowania nazw potocznych. Dla przykładu użycie skrótów myślowych: kształt napięcia i natężenia (na str. 9) czy strącanie gazów (str. 18). W spektrometrii mas w powszechnej terminologii zamiast ilorazu  $M/z$  używa się nazwy stosunek  $M/z$ . Enigmatyczny jest też zwrot, w którym doktorant pisze „zależność energii elektronów od natężenia prądu jonizującego”. Zapewne chodzi tu o zależność od potencjałów na poszczególnych elektrodach źródła jonów, w szczególności napięcia zasilającego katodę. Zmiana potencjałów przyłożonych do źródła może powodować zarówno zmianę energii elektronów w wiązce jak i jej natężenia. Na stronie 12 podana jest szybkość tworzenia  ${}^4\text{He}$  z uranu, przy czym jednostką jest  $\text{cm}^3$  na 1g uranu. Tak zdefiniowana szybkość jest niejednoznaczna (brakuje np. ciśnienia gazu). Na str. 21 Autor pisze o silnym polu podając jego wartość na  $108 \text{ V/cm}$  – to chyba nie jest aż tak silne pole, które mogło by powodować desorpcje jonów?

Kolejne 4 rozdziały to oryginalny wkład Autora pracy dyplomowej do dziedziny nauki, którą autor się zajmuje. Opisano tu krok po kroku wszystkie działania podjęte przez autora w celu weryfikacji postawionych wcześniej tez. Autor koncentruje się na:

1. analizie dotychczas stosowanej metody harmonicznej jonizacji gazów,
2. analizie działania nowej metody jonizacji opartej na algorytmie dekorelacji natężania wiązki jonizującej i energii elektronów,
3. opisie zastosowanego układu elektronicznego oraz użytego w badaniach spektrometru mas.

W tej części pracy opisano bardzo dokładnie wszystkie wykonane prace badawcze. Znajduje się tu także szczegółowy opis układu zasilania termoemisyjnego źródła elektronów z wyjaśnioną zasadą działania układu, jego testami i dyskusją teoretyczną. Ta część pracy uważam za wyjątkowo cenną. Opisane układy elektroniczne mogą stanowić podstawę do budowy zasilaczy źródeł jonów ze stabilizacją prądu emisji elektronów. Mimo, że ten fragment rozprawy jest napisany bardzo starannie, to niemniej jednak mam kilka uwag i pytań dotyczących tej części pracy. Co oznacza symbol  $\text{C}({}^{40}\text{Ar})$  opisany na stronie 67 jako względne

natężenie prądu parcjalego danego izotopu (tzn. względem czego?). Na stronie 69 pojawia się wartość współczynnika korygującego (1,06) - co oznacza ten współczynnik i skąd wynika jego wartość? Na wykresie nr 8 zmierzony przekrój czynny na jonizację He ma maksymalną wartość dla energii elektronów około 120 eV, tymczasem w pracy na stronie 69 wymieniona jest wartość 100 eV, z czego wynikają te różnice? Szkoda również że wyniki pomiarów dla jonizacji prądem stałym i harmonicznym (tabela 7 i 8) zostały wykonane dla różnych ciśnień dozowanego gazu, co utrudnia jednoznacznie je porównać.

Na końcu rozprawy zawarta jest też szczegółowa i dokładna analiza niepewności pomiarów. Wszystkie opisane w rozprawie wyniki są bardzo cenne i w większości przypadków nie są one łatwe do przewidzenia bez zastosowania skomplikowanych metod badawczych.

Podsumowując, rozprawa prezentuje dobry poziom treści, a zastosowana metodologia w pełni odpowiada przedmiotowi i celowi pracy. Autor potrafi analizować uzyskane przez siebie wyniki, a dyskusja odnosi się także do innych wyników z literatury. Uzyskane wyniki są ważne i oryginalne i mogą być stosowane w praktyce. Wszelkie niedociągnięcia zauważone w pracy, a zawarte w recenzji mają raczej niewielkie znaczenie i nie mają większego wpływu na jakość pracy.

Moim zdaniem recenzowana praca zatytułowana "Implementacja algorytmu dekorelacji natężenia wiązki jonizującej i energii elektronów w spektrometrze mas do izotopowej analizy gazów szlachetnych " autorstwa mgr inż. Iaroslava Kovaliuka spełnia wszystkie wymagania dotyczące rozpraw doktorskich opisanych w Ustawie o stopniach i tytułach naukowych w dziedzinie nauki i sztuki z 14 marca 2003 r., wraz z kolejnymi zmianami. Biorąc powyższe pod uwagę, składam wniosek do Rady Wydziału Elektrotechniki i Informatyki, Politechniki Lubelskiej o przyjęcie rozprawy złożonej przez mgr inż. Iaroslava Kovaliuka i dopuszczenie go do dalszych etapów przewodu doktorskiego związanego z nadaniem stopnia naukowego – doktora w dyscyplinie - elektrotechnika.

