

Hochauflösende Schichtanalytik mit hochenergetischen schweren Ionen

Im Fachbereich Physik
der Freien Universität Berlin
eingereichte Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde

von
Abel Blažević

23. Oktober 1998

1. Gutachter: Prof. Dr. W. von Oertzen

2. Gutachter: Prof. Dr. W. Brewer

Tag der Promotion: 9. 12. 1998

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Elastische Rückstoßteilchen-Analyse ERDA	2
1.2	ERDA am Q3D	4
1.3	Energieverlust von Ionen in Materie	6
2	Schichtanalytik mit schweren Ionen	9
2.1	Verschiedene Meßmethoden	10
2.2	Energieverlust schwerer Ionen in Materie	12
2.2.1	Der nukleare Energieverlust S_n	14
2.2.2	Der elektronische Energieverlust S_e	17
2.2.3	Grenzen der Anwendbarkeit	19
3	Experimenteller Aufbau	21
3.1	Der Beschleuniger	21
3.2	Die Streukammer	23
3.2.1	Die Kammer	23
3.2.2	Manipulator und Proben transfer	25
3.2.3	Strahlstrommessung	25
3.3	Der Q3D-Magnetspektrograph	26
3.4	Der Fokalebenendetektor	28
3.5	Der Stöchiometriezähler	33
4	ERDA-Messungen am Q3D	37
4.1	Meßbedingungen	37
4.2	Erzeugung der Energiespektren für jedes Isotop	40
4.3	Das Tiefenprofil einer Probe	41
4.4	Diskussion der Tiefenauflösung	44
4.4.1	Beitrag des Strahls	45
4.4.2	Beitrag der Probe	46
4.4.3	Beitrag durch die Geometrie	49
4.4.4	Beitrag des Detektorsystems	51
4.4.5	Die Tiefenauflösung	52
4.4.6	Optimierung der Tiefenauflösung	52

4.5	Grenzen der Isotopentrennung	55
5	Energieverlust im Nichtgleichgewicht	57
5.1	Eine neue Meßmethode	58
5.2	Das Experiment: Ne in C	61
5.2.1	Durchführung des Experiments	63
5.3	Theoretische Analyse der Ladungsverteilung	67
5.3.1	Die Ratengleichung	67
5.3.2	Die Wirkungsquerschnitte	68
5.3.3	Das Programm ETACHA	74
5.3.4	Analyse der gemessenen Ladungsverteilungen	75
5.4	Analyse der Energieverluste	82
5.4.1	$\Delta E(q_i = q_f)$	82
5.4.2	$\Delta E(q_i, q_f)$	94
5.5	Energiestreuung durch Umladungsprozesse	97
5.6	Ausblick	99
6	Zusammenfassung	101
7	Anhang	103
	Literaturverzeichnis	109

Lebenslauf

Personalien

Name Abel Blažević
Anschrift Prinz-Friedrich-Leopold-Str. 3
14129 Berlin
Geburtsdatum 9. 9. 1965
Geburtsort Banja Luka (Jug.)
Staatsangehörigkeit deutsch
Familienstand ledig

Schulbildung

1972 – 1974 Rade Končar Grundschule, Banja Luka
1974 – 1977 Kuppelnau-Grundschule, Ravensburg
1977 – 1986 Welfengymnasium, Ravensburg
Juni 1986 Abitur

Wehrdienst

9/86 – 9/87 Koprivnica (Jug.)

Studium

1987 – 1994 Physik an der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen
9/93 – 9/94 Diplomarbeit:
"Vermessung und Auswertung der Streu-
systeme $^{16}\text{O} + ^{16}\text{O}$ und $^{16}\text{O} + ^{40}\text{Ca}$ bei
 $E_{\text{Lab}} = 704 \text{ MeV}$ "

Tätigkeiten

10/92 – 9/94 Studentische Hilfskraft an der
Eberhard-Karls-Universität zu Tübingen
seit 11/94 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am
Hahn-Meitner- Institut in Berlin

Berlin, den 23. Oktober 1998

Danksagung

Solch eine experimentelle Arbeit ist ohne die Unterstützung anderer nicht machbar. Aus diesem Grunde möchte ich mich bei allen, die mittelbar oder unmittelbar zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben, herzlich bedanken.

Inbesondere danke ich Herrn Prof. W. von Oertzen für die freundliche Aufnahme in seine Arbeitsgruppe und die vielen fruchtbaren Diskussionen, die die Arbeit stets ein Stück weiter brachten, sowie für die fürsorgliche Unterstützung bei administrativen Angelegenheiten.

Herrn Dr. H. G. Bohlen danke ich herzlich für die unermüdliche und intensive Betreuung, sowie sein persönliches Engagement, das viel zum Gelingen der Arbeit beigetragen hat. Die unendlich vielen Diskussionen über technische und physikalische Probleme waren stets konstruktiv und äußerst hilfreich. Zuletzt ein großes Danke für die Hilfe bei der Verfassung und Korrektur der Arbeit.

Den Mitarbeitern in der Arbeitsgruppe, Dr. Martin Wilpert, Dr. Thomas Wilpert, Dr. Thomas Stolla, Christian Schulz und Severin Thummerer sei herzlichst gedankt für die Unterstützung beim Aufbau und Durchführung der Experimente sowie bei der Lösung der zahlreichen EDV-Probleme. Besonders hilfreich waren die vielen kleinen Diskussionen während der Teepausen.

Einen herzlichen Dank gebührt den Kollegen der Technik, insbesondere aus der Bereichswerkstatt. Ohne ihre stets freundliche Hilfe in Rat und Tat wäre diese Arbeit nicht zu diesem Abschluß gekommen.

Danke schön an die Herren Peter Szimkokowiak, Peter Völz, Björn Pietzak und Dieter Nagengast für die vielen Mühen bei der Probenherstellung, sowie Dr. Markus Weber und Dr. Michael Giersig für die Hilfestellung bei der Analyse der Proben.

Zuletzt danke an all meine Freunde, die ich hier kennen und lieben gelernt habe und die mir den Aufenthalt in Berlin so wertvoll und schön gestaltet haben, daß mir der Abschied sicherlich schwer fallen wird. Merci.