

Messung der Absorptionsoszillatorenstärken von OI-Linien im Vakuum-UV-Spektralbereich

G. BOLDT und F. LABUHN

Max-Planck-Institut für Extraterrestrische Physik, Garching

(Z. Naturforschg. **22 a**, 1613–1615 [1967]; eingegangen am 29. Juni 1967)

The absorption oscillator strengths of the OI-lines at 1152, 1218, 1302, 1305, and 1306 Å are measured in emission. The light source for this purpose is a wall-stabilized cascade arc burning in an argon plasma into which a small quantity of oxygen is introduced. Normal-intensities are produced by the same source. The evaluation of particle-densities is carried out without assuming constancy of mixture ratio and knowledge of any transition probability.

Methoden

Die Bestimmung der OI-Absorptionsoszillatorenstärken erfolgt nach einem in früheren Arbeiten ^{1, 2} ausführlich beschriebenen Verfahren durch spektroskopische Emissionsmessungen. Als Lichtquelle dient ein in definierten Argon-Sauerstoff-Gemischen brennender Kaskadenlichtbogen.

Da die OI-Linien im Vakuum-UV-Bereich auch bei sehr geringen OI-Teilchendichten nicht mehr aus optisch dünner Schicht emittiert werden, wird zur Bestimmung der Oszillatorenstärken der als „Wachstumskurve“ bekannte Zusammenhang zwischen Äquivalentbreite, Teilchendichte und Oszillatorenstärke herangezogen. Die auszuführenden Messungen bestehen demnach im wesentlichen aus absoluten Intensitäts- und Teilchendichtemessungen.

Die für die absoluten Intensitätsmessungen erforderlichen Normalintensitäten werden mit Hilfe derselben Lichtquelle in Form von Schwarzstrahlung erzeugt, so daß der Vergleich der OI-Linienintensitäten mit der Normalstrahlung direkt zu den Äquivalentbreiten dieser Linien führt.

Da die Konstanz des Argon-Sauerstoff-Mischungsverhältnisses wegen der in Lichtbogenplasmen möglichen Entmischungseffekte nicht vorausgesetzt werden kann, wird die Bestimmung der OI-Teilchendichte nach einem Verfahren vorgenommen, bei dem auf diese Voraussetzung verzichtet werden kann, und bei dem außerdem die Kenntnis irgendwelcher Übergangswahrscheinlichkeiten nicht erforderlich ist.

Ähnlich wie bei der früher durchgeführten Messung von NI-Oszillatorenstärken ergibt sich auch im vorliegenden Fall die Notwendigkeit, zunächst ein weitgehend sauerstofffreies Argonplasma zu erzeugen,

damit die zur Festlegung der Wachstumskurven notwendigen kleinen Sauerstoffmengen definiert zu gesetzt werden können. Dazu wird die schon früher zur Verringerung der im Lichtbogenplasma vorhandenen Stickstoffverunreinigungen angewendete Betriebstechnik benutzt, die das Eindringen von atmosphärischem Sauerstoff bzw. Wasserdampf in die Lichtbogenanlage weitgehend verhindert. Außerdem wird das Bogengas einem Nachreinigungsprozeß unterworfen, bei dem der im Argon vorhandene Sauerstoff an glühenden Titanschwamm gebunden wird, während zur Beseitigung von Feuchtigkeitsspuren Molekularsiebe verwendet werden.

An Stelle der früher benutzten Graphitkathode wird eine Wolframkathode verwendet, die den ununterbrochenen Betrieb des Lichtbogens über mehrere Stunden gestattet, wodurch auf die früher notwendige Argon-Schutzatmosphäre vor der Anode verzichtet werden kann.

Messungen

Die Absolutmessung der OI-Linienintensitäten erfolgt in analoger Weise wie die Messung der CI- und NI-Intensitäten, wobei als Intensitätseinheit die durch die KIRCHHOFF-PLANCK-Funktion gegebene Maximalintensität optisch dicker Linien verwendet wird. Da die wahren Linienbreiten der OI-Linien bei $\lambda = 1152 \text{ Å}$ und $\lambda = 1218 \text{ Å}$ schmaler als das Apparatprofil sind und diese Linien deshalb zur Herstellung von Normalintensitäten ungeeignet sind, werden die bereits früher als geeignet befundenen NI-Multipletts bei

$$\lambda = 1135, 1169, 1200, 1243 \text{ und } 1320 \text{ Å}$$

¹ G. BOLDT, Z. Naturforschg. **18 a**, 1107 [1963].

² F. LABUHN, Z. Naturforschg. **20 a**, 998 [1965].



Dieses Werk wurde im Jahr 2013 vom Verlag Zeitschrift für Naturforschung in Zusammenarbeit mit der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e.V. digitalisiert und unter folgender Lizenz veröffentlicht: Creative Commons Namensnennung-Keine Bearbeitung 3.0 Deutschland Lizenz.

Zum 01.01.2015 ist eine Anpassung der Lizenzbedingungen (Entfall der Creative Commons Lizenzbedingung „Keine Bearbeitung“) beabsichtigt, um eine Nachnutzung auch im Rahmen zukünftiger wissenschaftlicher Nutzungsformen zu ermöglichen.

This work has been digitalized and published in 2013 by Verlag Zeitschrift für Naturforschung in cooperation with the Max Planck Society for the Advancement of Science under a Creative Commons Attribution-NoDerivs 3.0 Germany License.

On 01.01.2015 it is planned to change the License Conditions (the removal of the Creative Commons License condition "no derivative works"). This is to allow reuse in the area of future scientific usage.

zur Erzeugung der Normalintensitäten benutzt. Die Schwärzungsstufen sowie die ihnen zugeordneten Intensitätsstufen für die zu messenden OI-Linien werden durch Interpolation erhalten, da sich für die von den Normalintensitäten verursachten Schwärzungen in Abhängigkeit von der Wellenlänge ein glatter Verlauf ergibt.

Zur Bestimmung der OI-Teilchendichte wird die ebenfalls schon früher zur Bestimmung der CI- und NI-Teilchendichte angewendete Methode herangezogen, bei der neben einer absoluten Halbwertsbreitemessung nur relative Intensitäts- und Halbwertsbreitemessungen ausgeführt werden müssen. Das Ergebnis der Teilchendichtebestimmung in der näheren Umgebung der Bogenachse ist in Abb. 1 in Form des Quotienten $n_{OI} + n_{OII}/Z$ als Funktion des Sauerstoffzusatzes Z zum Argonplasma dargestellt.

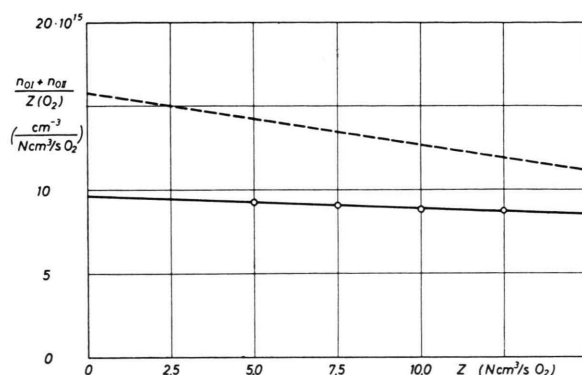


Abb. 1. Sauerstoffteilchendichte pro O_2 -Zusatzseinheit in der Bogenachse $n_{OI} + n_{OII}/Z (O_2)$ in Abhängigkeit vom O_2 -Zusatz. --- Unter Annahme der Konstanz der Mischungsverhältnisse berechnet. — Aus den Meßwerten ermittelt.

Außerdem ist dort angegeben, welchen Verlauf dieser Quotient haben würde, wenn das Mischungsverhältnis in der Bogenachse gleich dem von außen eingestellten Mischungsverhältnis-Mittelwert wäre. Das

lokale Argon-Sauerstoff-Mischungsverhältnis in der Umgebung der Bogenachse erreicht demnach nur etwa 60 – 70% des Mischungsverhältnis-Mittelwertes.

Ergebnisse

Die aus unseren Meßwerten berechneten Absorptionssoszillatorenstärken f_{mn} sowie die ihnen entsprechenden Emissionsübergangswahrscheinlichkeiten A_{nm} sind in Tab. 1 zusammengestellt. Aus der durchgeführten Fehlerabschätzung ergibt sich für die angegebenen Werte eine Unsicherheit von etwa 30 bis 40%, die sich im wesentlichen aus einer gewissen Unsicherheit bei der Festlegung der Wachstumskurven und dem systematischen Fehler der Teilchendichtebestimmung zusammensetzt.

Da sich beim Vergleich der von uns ermittelten Übergangswahrscheinlichkeiten mit den Ergebnissen der Lebensdauerermessungen von LAWRENCE und SAVAGE^{3, 4} im Falle des OI-Multipletts bei $\lambda = 1304 \text{ \AA}$ — wie aus Tab. 2 zu ersehen ist — ein erheblicher Unterschied zeigt, haben wir unsere Messungen einer kritischen Prüfung unterzogen: Die Messung der OI-Äquivalentbreiten erfolgt nach dem-

λ in \AA		Emissionsübergangswahrscheinlichkeiten A_{nm} in sec^{-1}	
		BOLDT, LABUHN	LAWRENCE, SAVAGE
1561	CI	$1,5 \cdot 10^8$	$1,25 \cdot 10^8$
1657	CI	4,1	3,2
1135	NI	2,3	1,39
1200	NI	5,4	4,0
1243	NI	4,6	4,1
1493	NI	5,5	3,9
1744	NI	2,0	1,4
1304	OI	21,1	4,17

Tab. 2. Experimentelle Übergangswahrscheinlichkeiten von CI-, NI- und OI-Multipletts.

$\lambda (\text{\AA})$	Unterer Term (n)	Oberer Term (m)	E_n/hc (cm^{-1})	E_m/hc (cm^{-1})	g_n	g_m	f_{mn}	A_{nm} (sec^{-1})
1152,2	$2p^4 \text{ } ^1D_2$	$3s' \text{ } ^1D_2^o$	15868	102662	5	5	0,33	$16,5 \cdot 10^8$
1217,6	$2p^4 \text{ } ^1S_0$	$3s' \text{ } ^1P_1^o$	33792	115918	1	3	0,29	4,3
1302,2	$2p^4 \text{ } ^3P_2$	$3s \text{ } ^3S_1^o$	0	76795	5	3	0,18	11,8
1304,9	$2p^4 \text{ } ^3P_1$	$3s \text{ } ^3S_1^o$	158,5	76795	3	3	0,18	7,0
1306,0	$2p^4 \text{ } ^3P_0$	$3s \text{ } ^3S_1^o$	226,5	76795	1	3	0,18	2,3

Tab. 1. Absorptionssoszillatorenstärken f_{mn} und Emissionsübergangswahrscheinlichkeiten A_{nm} von OI-Linien.

³ G. M. LAWRENCE u. B. D. SAVAGE, Phys. Rev. **141**, 67 [1966].

⁴ B. D. SAVAGE u. G. M. LAWRENCE, Astrophys. J. **146**, 940 [1966].

selben Verfahren, welches schon früher bei der Bestimmung von CI- und NI-Übergangswahrscheinlichkeiten im Vakuum-UV-Bereich mit Erfolg angewendet wurde, wie die befriedigende Übereinstimmung unserer CI- und NI-Übergangswahrscheinlichkeiten mit den Werten von LAWRENCE und SAVAGE zeigt. Wenn wir die Richtigkeit der CI- und NI-Äquivalentbreiten voraussetzen, so erscheint uns eine Korrektur der OI-Äquivalentbreiten in dem Ausmaß, wie sie notwendig wäre, um Übereinstimmung mit den Lebensdauermessungen auch im vorliegenden Falle zu erreichen, undiskutabel.

Ferner haben wir zur Kontrolle unserer Teilchendichtebestimmung die Gesamtintensität der optisch dünnen OI-Linie bei $\lambda = 4368 \text{ \AA}$ absolut gemessen und daraus unter Benutzung der bis auf etwa 25% genau bekannten Übergangswahrscheinlichkeit dieser Linie⁵ die OI-Teilchendichte berechnet. Dieses etwas ungenauere Verfahren der Teilchendichtebestimmung liefert für die OI-Teilchendichte in der

Bogenachse einen Wert, der nur um den Faktor 1,5 von den ursprünglich ermittelten Werten abweicht, so daß auch von der Teilchendichtebestimmung her eine Erklärung der Diskrepanz zwischen den OI-Übergangswahrscheinlichkeiten offensichtlich nicht möglich ist.

Wir sehen uns deshalb außerstande, in unseren Messungen eine Ursache für die Abweichung unseres Ergebnisses von dem von LAWRENCE und SAVAGE zu finden.

Bezüglich weiterer Messungen und Rechnungen, bei denen auch schon im Falle der CI- und NI-Übergangswahrscheinlichkeiten Abweichungen von unseren Ergebnissen vorhanden sind, verweisen wir auf die kritische Zusammenstellung Atomarer Übergangswahrscheinlichkeiten von WIESE, SMITH und GLENNON⁵.

⁵ W. L. WIESE, M. W. SMITH u. B. M. GLENNON, Atomic Transition Probabilities Vol. I NSRDS-NBS 4 [1966].

Beugung langsamer Elektronen an Oktaederflächen von Magnetit

R. SZOSTAK* und K. MOLIÈRE

Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft, Berlin-Dahlem

(Z. Naturforschg. **22 a**, 1615—1620 [1967]; eingegangen am 21. Juni 1967)

A (111) face of a Fe_3O_4 crystal, after heating to 800°C and cooling down in the ultra-high vacuum of the LEED apparatus, gives a pattern in which the stronger reflection spots of the magnetite structure are surrounded by weak satellites, arranged in a narrow hexagonal network. These may be interpreted as due to multiple diffraction on the Fe_3O_4 -substrate and a very thin (111) layer of a different cubic structure extended epitaxially on the magnetite surface. The lattice constant of the layer would be approximately 53.5% of that of the substrate. — If oxygen ($100 \cdot 10^{-6} \text{ Torr} \cdot \text{sec}$) at room temperature is given into the apparatus the satellites disappear and only the magnetic spots are to be seen in the LEED pattern. — The two patterns may be reproduced alternately by heating and oxidizing in the described manner as often as one likes to repeat the cycle.

The surface layer produced by heating in the UHV may be tentatively attributed to a (111) film of a cubic structure similar to that of FeO , having an anomalous lattice parameter parallel to the surface, expanded by 4.5% in comparison with a (111) netplane of a bulk FeO crystal.

Die strukturellen Orientierungsbeziehungen (Epitaxien) zwischen dem α -Eisen und den auf seiner Oberfläche unter verschiedenen Bedingungen aufgewachsenen Oxidschichten sind Gegenstand zahlreicher Untersuchungen gewesen, die mit Hilfe der Beu-

gung von RÖNTGEN-Strahlen¹ oder schnellen Elektronen²⁻⁵ und mit elektronenmikroskopischen Methoden⁶ durchgeführt worden sind. Was die Würfel- und Oktaederflächen des α -Eisens und die durch Reaktion mit Sauerstoff auf dieser abgeschiedenen Oxide von ku-

* Adresse z.Zt.: Department of Engineering Physics, Cornell University.

¹ R. F. MEHL, E. L. McCANDLESS u. F. H. RHINES, *Nature* **137**, 702 [1936].

² H. R. NELSON, *J. Chem. Phys.* **6**, 606 [1938].

³ E. A. GULBRANSON, W. R. McMILLAN u. K. F. ANDREW, *J. Metals Trans. AIME* **6**, 1027 [1954].

⁴ O. HAASE, *Z. Naturforschg.* **11 a**, 46 [1956].

⁵ P. B. SEWELL u. M. COHEN, *J. Electrochem. Soc.* **111**, 508 [1964].

⁶ J. V. LAUKONIS u. R. V. COLEMAN, *J. Appl. Phys.* **30**, 1364 [1959].