タングステンに吸着したセシウムの 電界脱離現象の研究

黒 田 司*・世 古 剛**

(昭和43年1月5日受理)

Field Desorption of Cesium Adsorbed on Tungsten

Tsukasa KURODA

(Institute of Scientific and Industrial Research, Osaka University, Yamada-kami Suita, Osaka)

Tsuyoshi SEKO

(Department of Electronics, Nagoya Institute of Technology, Gokiso, Showa-ku, Nagoya)

(Received Jan. 5, 1968)

1. 序 言

タングステン(W)表面へのセシウム(Cs)の吸着に関する研究は、1933年に J. B. Taylor と I. Langmuir¹⁾が、フィラメント・フラッシュ(昇温脱離)法によって行なったが、1964年に L. W. Swanson²⁾は、電界電子顕微鏡(F.E.M)法でこの問題を取り上げて研究を行ない、その結果を報告した。1966年、菅田と黒田³⁾は、フィルド・ディゾープション(電界脱離)の実験中に、W表面上に吸着したCsに及ぼす電界の効果について、新しい現象を見いだした。その現象は、被覆度が小さいとき(0.5以下)正の電界***を印加すると、Wチップ上のCsは、アベックスからシャンクの方へ表面移動を起し、負の電界****を印加すると、逆にシャンクからア

ベックスの方へ移動する。この効果(現象)は、電界の強さ、またはCsの吸着濃度(σ_{Cs})が多くなるにつれて顕著になる。他方、被覆度が大きいとき(0.5~0.7以上)Cs原子は、第一層の上を移動するだろう。そして、その方向は、電界が正のときシャンクからアベックスの方へ、電界が負のときはアベックスからシャンクの方へ動く。印加電界と第一層のCs双極子との相互作用は、実効的に表面移動のための活性化エネルギーを減じる。表面移動は、印加電界の正接成分による電界効果と推論される。

われわれは、F.E.Mを用いてWおよびRe表面へ吸着したCsに及ぼす電界の効果进行研究し、その結果について報告する⁴⁾。

F. E. M : Field Emission Microscope, C. S : Source of Cesium, I. P : Vac-Ion Pump, I. G : Ion Gauge, A. T : Ag Tube.

Fig. 1 a) Vac-Ion pump and silver tube for oxygen-source.

b) Schematic diagram of field-emission tube for observation of cesium deposited on tungsten or rhenium.

* 大阪大学産業科学研究所電子科学部(大阪府吹田市山田上)

** 名古屋工業大学(名古屋市昭和区御器所町)

*** 正の電界: チップが負の電位となるような電界(以後正電界と呼称する場合もある)

**** 負の電界: チップが正の電位となるような電界(以後逆電界と呼称する場合もある)

2. 実験装置

実験は、主に Fig. 1 に示すような F.E.M 系で行なったが、定量的な実験は、黒田と中村⁹⁾ による W, Re 表面上への Cs と酸素の複合吸着に関する研究に示された実験方法で行ない、W と Re を同時に比較検討した。

3. 実験結果と検討

Fig. 3 は W 表面上に吸着した Cs の表面移動 および脱離への逆電界の寄与を示したものである。図中、実線の Ts[1] は、基質温度 290°K、Ts[2] は 79°K で直流電界を印加したもので、破線 Ts[1] は、基質温度 290°K でパルス電界を印加して実験を行なった結果である。チップの温度が 290°K の場合、直流電界を印加すると、Cs の被覆度 (θ_{Cs}) が大きい領域では、印加された逆電界の効果によりチップのアペックスからシャンクに向けて吸着 Cs は表面移動を起す。

(θ_{Cs}) が小さい領域では、チップのシャンクからキャップに向けて表面移動を起すが、特に吸着 Cs の濃度が [$\sigma_{Cs} \sim 0.3 \times 10^{14}$ atoms/cm², $\theta_{Cs} \sim 0.05$] になると、急激に電界脱離が起る⁴⁾。またチップの温度を 79°K まで下げた場合、W 表面上の吸着 Cs の表面移動への自由度は、吸着 Cs の熱振動が小さくなるために減少し、吸着 Cs の分極効果も 290°K の場合より増加して、表面移動* に先立って電界脱離が起るものと考えられる。この電界脱離に必要な電界強度は、290°K におけるより高い電界強度を必要とする。

チップ近傍での電界強度の正接成分を考察するため

* 電界のタンジェンシカル成分による移動

Fig. 2 Schematic Pulse-form.

Fig. 3 Necessary field strength for migration and desorption vs. degree of coverage of cesium.

(*) is the minimum field by which cesium migrate for the shank toward the apex.

(**) is the minimum field by which cesium migrate from the apex toward the shank.

Fig. 4 Field-emission patterns of cesium on tungsten.

- Clean tungsten image (flashing at 2300°K)
- A pile of cesium atoms-when cesium came to the tungsten tip from the direction perpendicular to (001). [see. (*)→].
- Change of field-emission pattern of cesium on tungsten of (b) after 10 sec.

に, W. P. Dyke ら⁸⁾の近似法を用いて見積った結果, 実験に用いている約 10^4 Vの印加電圧では, チップ近傍での電界強度の正接成分は, 10^4 (V/cm)程度と考えられる⁹⁾¹¹⁾¹²⁾.

Fig. 3の破線は, Fig. 2に示すような波形のパルス電界(パルス巾: 5μ sec)を用いて実験を行なった結果である. この現象は, 電界の変化が早いので, 表面移動に対して実効的な寄与がなく, 直ちに脱離に移行すると推論される.

チップに直角方向からCsを蒸着して, 正電界を印加したパターンを観察すると, 蒸着量が $[\theta_{Cs} = 0.5 \sim 0.7]$ 近傍で, チップのシャンク部にCsの堆積が現われる. この現象は, Reの方がWより蒸着時間が短かくして現われる. また, 堆積したCsは¹⁰⁾, 正電界を印加すると, チップのキャップ部に向かって表面移動を起すが, 基質は, Reの場合の方がWより移動しにくいことが観察される. これは, 吸着Cs双極子の反撥相互作用が顕著であるためと推論される. このような現象は, WおよびRe表面が酸素で汚染されている方が起り易い.

Csを吸着させたチップが電界中にないときの表面移動は, 濃度の大きい方から小さい方へたとえばFig. 4に示すようにシャンクに蒸着Csの堆積がある場合は常にアベックス方向へ濃度勾配の効果により移動する現象であるが, ここではCsが吸着したチップを電界中において吸着Csの挙動を観察した結果を考察して報告した.

吸着Csの被覆度が小さいときには印加電界として, 直流逆電界にパルス電界を重畳してパターンの変化を中心に観察すると, 吸着Csはチップのシャンク方向から(001)領域を経てアベックス方向へ表面移動を起して(011)近傍の電界強度の高いところで脱離することが観察される. Fig. 4(b)のパターンでは, Csが側面に堆積している部分は電界優位のために明るく見えるが, 暗く見える部分にもCsは吸着している. 何故ならば, (c)のパターンの(011)にCsの吸着が観察される.

4. 結 論

- (1) Wへ吸着されたCsが電界脱離を起すための電界

強度は, Wの温度が低いほど高く, またCsの被覆度が大きいほど高くなる

- (2) tip近傍での電界強度の正接成分は, 実験に用いている約 10^4 (V)の印加電圧では約 10^4 (V/cm)と概算された.

- (3) W-tipへ吸着した第一層Csは, tipが負の電位となるような電界(F. E. M)を印加すると, W-tip上のCsはtip-Apexからtip-Shankの方向へ動き, tipが正の電位となるような電界(F. I. M)を印加すると逆にtip-Shankからtip-Apexの方向へ動く.

- (4) W-tipへ吸着した第二層Csは第一層Csの上を移動するが, その方向はtipが負の電位となるような電界(F. E. M)のときtip-Shankからtip-Apexの方向へ動き, tipが正の電位となるような電界(F. I. M)を印加すると逆にtip-Apexからtip-Shankの方向へ動く.

謝 辞 本研究は, 大阪大学産業科学研究所で行なった. 御教示を賜った産業科学研究所の中村勝吾教授と, 有益な助言を賜った大阪大学工学部長菅田栄治教授および, 名古屋工業大学の屋代雄三教授, 石川太郎教授に心から感謝申し上げます.

〔文 献〕

- (1) J. B. Taylor and I. Langmuir : Phys. Rev., 44, (1933), 423.
- (2) L. W. Swanson et al : Surface Sci., 2 (1964)177.
- (3) 菅田, 黒田 : 第13回応用物理学関係連合講演会予稿集 3 (1966), 17. 及び未発表
- (4) 世古, 黒田, 八木 : 第8回真空に関する連合講演会予稿集 (1967) 105.
- (5) 黒田, 中村 : 真空 10 No.8 (1967) 289.
- (6) 菅田, 黒田, 野村 : 第14回応用物理学関係連合講演会予稿集 2 (1967) 176.
- (7) R. Gomer : J. Chem. Phys. 31, (1959), 341.
- (8) W. P. Dyke et al : J. Appl. Phys. 24, (1953), 570.
- (9) A. M. Russell : J. Appl. Phys. 33, (1962), 970.
- (10) L. W. Swanson et al : Phys. Rev., 151, (1966), 327.
- (11) V. M. Garilyuk and A. G. Naumovets : Soviet Physics-solid state. 5, (1964), 2043.
- (12) 世古剛 : 名古屋工業大学大学院修士論文 (昭和43年3月)