



Title	セレン被覆ニッケル触媒の表面状態に関する研究 (第1報) : ニッケル触媒のセレン被覆による仕事函数の変化, 及びセレン被覆(NiSe被覆)ニッケル触媒の水素とアンモニアの吸着による仕事函数の変化に就いて
Author(s)	東, 克彦; AZUMA, Katsuhiko; 小林, 秋男 他
Description	原報 Original Papers
Citation	觸媒, 10, 1-10
Issue Date	1954-03
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/22451
Type	departmental bulletin paper
File Information	10_P1-10.pdf



セレン被覆ニッケル触媒の表面

状態に関する研究 (第1報)

ニッケル触媒のセレン被覆による仕事函数の変化、
及びセレン被覆 ($NiSe$ 被覆) ニッケル触媒の水素と
アンモニアの吸着による仕事函数の変化に就いて

東 克彦, 小林秋男

Research on the Surface State of Selenium
Coated Nickel Catalyst. Part I.

On the Changes of the Work Function of Ni
Catalyst by Coating $NiSe$, and of $NiSe$ Coated Ni
Catalyst by Adsorbing H_2 and NH_3 .

Katsuhiko AZUMA and Akio KOBAYASHI

Abstract

1. The increases of the work function of an evaporated Ni film by adsorbing H_2 and by coating $NiSe$ were 0.1 eV and 0.7 eV respectively, by means of a retarding potential method. Then it was found that the work function of $NiSe$ coated Ni catalyst was very nearly the same value as that of Pt .

2. The decreases of the work function of a $NiSe$ coated Ni film by adsorbing H_2 and in addition to that by adsorbing NH_3 were 0.1 eV in the former case and in the latter, at 42°C, 0.2 eV and at 16°C, 0.1 eV respectively.

緒 言

堀内¹⁾は水素電極反応で触媒体の仕事函数の大小により触媒表面に吸着する水素の中間体は電離水素分子 H_2^+ (a) であつたり、水素原子 H (a) であつたりすることを推論した。此の推論及びBosworth²⁾の実験結果から得られた類推とに基き、例えば管、松田等³⁾はカルボニル基の水素添加反応、アセチレンの接触還元反応、蟻酸の接触分解反応で、 Ni 触媒では H (a) を、 Pt

1) 堀内：触媒，第一輯 P.67

2) Bosworth, R. C. L. : Trans. Farad. Soc., 35, 397 (1929)

3) 管，他：触媒，第一輯 P.5, 18, 28及99;第三輯 P.6, 14

松田：触媒，第一輯 P.1

触媒、或は陰性元素を被覆して仕事函数を大きくした *Ni* 触媒では $H_2^+(a)$ を中間体とする機構で実験事実を説明した。又 *Ni* 触媒による軽水素と重アンモニアとの交換反応で、堀内、鈴木⁴⁾は中間体 $H(a)$ の存在を証明し、金子、榎本⁵⁾は *Se* 被覆 *Ni* 触媒による重アンモニアと軽水素との交換反応速度の温度変化の研究に於て、*Pt* 触媒による場合には或る温度で中間体が $H_2^+(a)$ から $H(a)$ に入替るとして説明出来る不連続現象に類似した実験結果を得た。そこで陰性元素として *Se* を選び、*Se* を被覆することによりどれ丈仕事函数が増加するかを、そして又 *Se* 被覆 (*Ni Se* 被覆) *Ni* に水素及びアンモニアを吸着させた時の仕事函数の変化を、定量的に実測するのが此の研究の目的である。

仕事函数の変化は熱電子流を測定して、接触電位差法に依つて求めた。

以下実験装置、実験操作、実験の解析と結果及び考察の順序で報告する。

§ I 實 験 装 置

(1) 測定 bulb (第1図)

直径0.15mm、長さ10.6cmのタングステン線コイルをemitter (熱電子放出極)とし、約5000Åの厚さの*Ni* 蒸着膜を collector (集電子極) とする半径3cmの球状二極管が測定用 bulb であり、パイロ硝子で作つた。bulb の底には面積 $9.32 \times 10^{-3} \text{ cm}^2$ の小孔のある厚さ0.05mmの薄白金板を境にして *Se* 封入管が着いて居り、bulb とは可碎栓で隔てゝある。*Ni* 蒸着膜はタングステンコイル内に収められた直径0.25mm、長さ4cmの純*Ni*線を導線によつてステムより取り出し十分にガス抜きをした後に6~7Aの電流で直接加熱して真空中、室温でbulb内壁に蒸着し、予めbulb 胴部に二か所小白金板を硝子に融着させてその上に Aquadag を塗つておくことにより、蒸着膜—Aquadag—白金板—タングステン封じ込み線—外部導出導線の順序で測定回路に連結される。全く同じ材料で、同じ操作によつて作つた*Ni* 蒸着膜に就いてX線廻析図形の解析結果より此の蒸着膜面は無方位配列の微結晶粒子の集合体であることを知つた。

(2) 排 気 装 置

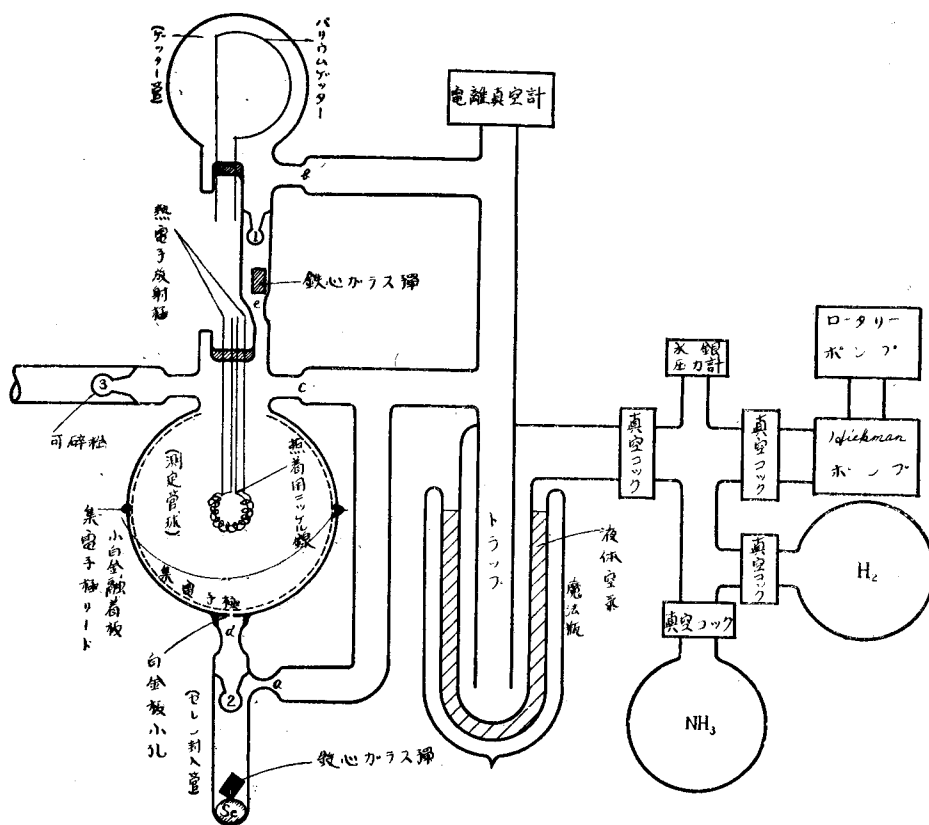
bulb, 封入管, getter 管及び電離真空計は液体空気トラップ、真空コックを経て Hickman 油拡散ポンプ、ロータリーポンプにつながつて居り、排気装置にはその他水素容器、アンモニア容器及マンノメーターがついている。第1図で真空コックより左側は予めガスバーナーであぶり、又金属部分は直接電流加熱により、充分排気した。*Ni* の蒸着操作及び此の実験の各測定は必ず最高到達真空度 $2 \times 10^{-7} \text{ mmHg}$ に排気した後に、此の真空度を保つて居る状態で行つた。(*今後「充分排気する」と記述する内容は、最高到達真空度で少くとも三十分以上排気

4) 堀内、鈴木：触媒 第四輯 P.1

5) 金子、榎本：触媒 第六輯 P.8, 36・第七輯 P.98

6) 松井：触媒、本輯

第 1 圖



することである。

尙 Ba-getter は測定開始前に getter 管に飛ばしておき、測定 bulb とは可碎栓 1 を隔てゝつないでおく。

(3) 試 料

Se は Kahlbaum の分析用粉末 Se を予め真空蒸溜を三回行つた後、Se 封入管に収めてある。Ni 蒸着面に Se を被覆する場合には可碎栓 2 を破つてから Se 封入管を bulb との接着部分迄流動パラフィン恒温槽に浸し、白金板中央の小孔から Se 蒸気を噴散させる。恒温槽の温度、及びこれに Se 封入管を浸しておく時間は、Landort-Bernstein の表で得られた蒸気圧—温度曲線と、被覆しようとする Se 分子層^{3), 4)} (六原子で一分子を作るものとする) の厚さから決めた。Se 封入管の温度を 470°K に保てば Se は $1.2 \times 10^{-3} \text{ mm Hg}$ の蒸気圧を持つから、小孔から噴散した Se 分子が余弦法則に従つて蒸着膜に一樣の厚さで被覆すると仮定して、二十乃至九十分で六乃至六十分子層の Se を被覆した。Se 噴散中 bulb の温度は室温に保つ様にした。

水素は電解水素を Pd 盲管で汲し、予め白金黒で触媒毒を除去しておいたものを使用した。

アンモニアは工業用ポンベより苛性カリ及び曹達ライムのトラップを通して容器に蒸溜し込んだものを使用した。

(4) 測定回路

佐野式初期電流測定回路を組立て、⁷⁾ emitter を等電位に保ち、電圧降下及び磁場の影響を避ける為に、その加熱電流を断続する。そして此の電流が直列抵抗を流れて生ずる電圧を collector に負に加えて emitter の熱電子放射を抑え、電流が遮断した時にのみ所要の正及び負の印加電圧が collector と emitter 間に加わる様にして、電流—電圧特性曲線を測定した。測定目的にかなう矩形波電流が得られることを予め陰極線オシログラフで確めた。

此の測定では emitter の加熱電流は 1.300 (±0.002) Amp であり、その温度は光学温度計の読みを Jones の表で補正して 1650±10°K に保つた。⁸⁾

§ II 実験操作

(1) 充分排気した後細管 *a* 及 *b* (第一図参照) を封じ切り、getter を飛ばしておく。続いて *Ni* を蒸着し、emitter を二十乃至三十秒間、2500°K で「flashing」^{*}を行い、排気し乍ら、25V から電圧を -3V 迄減少しつゝ (行きの測定) 放射電流を測定し、次に -3V から電圧を増加しつゝ (帰りの測定) 25V 迄放射電流を測定する。0V 以後の行きの測定値を含めて、帰りの測定値から印加電圧 *V* に対する放射電流の対数 $\log I$ の曲線を求めて此の回の測定を終る。(此の測定では emitter を 2500°K で二十乃至三十秒間加熱することを「flashing」と呼び、emitter 及び他の金属部分を約 2200°K 以下の温度で所要時間熱処理することを「ガス抜き」と呼んで、前者と区別する。尚各測定直前には必ず「flashing」を行つたが、爾後この記述は省略する。)

(2) 真空コックを閉じて十時間放置後、コックを開き 5×10^{-6} mm Hg に劣化した真空度を数分間の排気に依つて最高到達真空度に回復させ、然る後排気し乍ら測定。

(3) 水素を液体空気トラップを通して bulb 内に 4.2cm Hg 導入し、三時間 *Ni* 蒸着面と接触させた後、三十分間充分排気してコックを閉じ、十時間放置。最高真空度に保たれていることを確かめてからコックを開き、bulb を数分間 100~120°C に加熱し、emitter のガス抜き後充分排気し乍ら測定。

(4) bulb を 300°C に加熱し乍ら最高到達真空度迄排気し、コックを閉じて二十時間放置。最高到達真空度に保たれていることを確かめてからコックを開き排気、測定。

(5) 細管 *c* を封じ切つて bulb 及び getter 管を気排装置からとり外し、可碎栓 1 を破壊して getter 管と連絡させる。bulb を数分間 300°C に加熱した後、測定。

7) 佐野 : 電気通信学会雑誌 昭16.4月

8) Jones, H.A : Phys. Rev. 28, 202 (1926)

9) Germer, L.H. : Phys. Rev. 25, 795 (1925)

(6) 可碎栓 2 を破壊して bulb と Se 封入管とを連絡させた後, 7 分子層の Se を Ni 面に被覆する。bulb を十分間 200~250°C に加熱して, 測定。

(7) bulb 内に更に Se 蒸気を導入し, 約 60 分子層の被覆膜をつけてから十分間 200 に 250°C 加熱後, 測定。

(8) 細管 *d* を封じ切つて Se 封入管をとり去り, 三十分間 200~250°C に加熱後, 測定。

(9) 細管 *e* を封じ切つて getter 管をとり去り, bulb を排気装置につなぎ, 充分排気してから可碎栓を破壊して, bulb の真空度が最高到達真空度より悪くなつて居なかつたことを確かめそのまゝ排気を続け乍ら測定。

(10) 水素を bulb 内に 2.6cm Hg 導入し, 十分間 100~120°C に加熱後三時間そのまゝにしておき, コックを開いて排気して最高到達真空度に達した後, コックを閉じて十時間放置。測定(3)と同一操作を行つてから測定。

(11) 液体空気をトラップから取り外し, アンモニアを bulb 中に 1.5cm Hg 導入し, 二時間放置後, bulb をトランス油恒温槽に浸し, bulb 外壁温度を 42°C に保つて排気し乍ら手早く emitter のガス抜きを行つて, 後, トラップを液体空気に浸してコックを閉じ, 最高到達真空度を保ちながら測定。

(12) コックを閉じたまゝ bulb 外壁温度を 16°C に下げて測定。

(*測定(1)より(10)迄は恒温槽を使わず, 従つて測定中の bulb 外壁温度は 55~60°C であつた。)

§ III 実験の解説及び結果

十二回の測定で得られた各 $\log I-V$ 曲線に就いて, 誤差範囲で印加電圧 $V = 25 \text{ Volts}$ に於ける接線 (仮に飽和電流接線と呼ぶ) は平行であり, 放射電流 $I = 10^{-7} \text{ Amp}$ に於ける接線 (初期電流直線と呼ぶ) も又夫々平行であつた。第 2 図に, 測定 (5) 及び (8) に就いて $\log I-V$ 曲線を, 測定 (3), (5), (8) 及び (12) に就いては飽和電流接線と初期電流直線を示す。

空間電荷の影響を全く考慮しないならば, $\log I^n (V(n))$ (測定番号 n) によつて記号づける) を交点とする飽和電流接線と初期電流直線とにより作られる折線が, 実測の $\log I-V$ 特性曲線に対応するものとして次の解析を行い, 測定結果を整理した。

即ち初期電流直線の方程式を

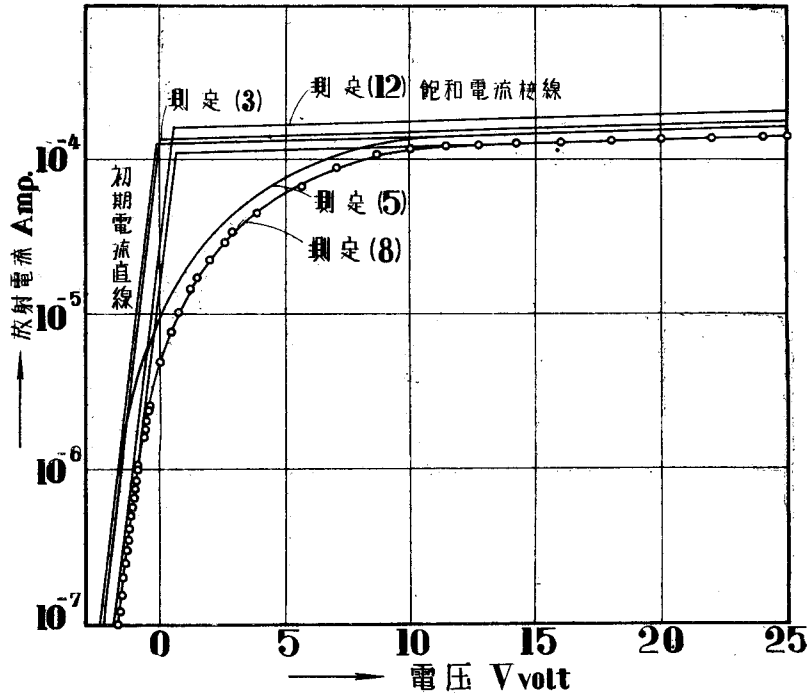
$$\log I_i = \left\{ \log r + \log I^n (V(n)) \right\} + \frac{\epsilon \beta}{kT} \cdot \log e \cdot (V + V_{c.F.D.}) \dots \dots \dots (1) \quad (\text{註 } 1)$$

で表わし, 飽和電流接線との交点では

$$\log I_i = \log I^n (V(n)) \text{ であることから(1)式を整理すれば}$$

* 第 2 図に示される様に放射電流の飽和は極めて良くない。従つて $V=25 \text{ Volts}$ 附近で飽和電流直線を厳密に求めることは出来ない。

第 2 圖



$$-(V(n) + V_{C.P.D.}) = \frac{kT}{\epsilon\beta} \cdot \frac{1}{\log e} \log \gamma \dots\dots\dots (2)$$

となる。茲で $\frac{\epsilon\beta}{kT} \cdot \log e$ は此の直線の勾配であり、 $V_{C.P.D.}$ は emitter に対向する collector の接触電位差である。 $(V + V_{C.P.D.})$ が 0 より小さいか、等しい時に(1)式は物理的意味を持つ。 γ は系統的誤差に基く量で正の符号を持ち、此の実験では各測定で一定と考えてよい。そこで m 番目の測定に就いても

$$-(V(m) + V'_{C.P.D.}) = \frac{kT}{\epsilon\beta} \cdot \frac{1}{\log e} \log \gamma \dots\dots\dots (3)$$

を導けば(2)及び(3)より

$$-(V_{C.P.D.} - V'_{C.P.D.}) = V(n) - V(m) \dots\dots\dots (4)$$

であり、 $e\varphi_e$ 、 $e\varphi_c$ を夫々 emitter, collector の仕事函数とするならば、接触電位差の定義より

$$V_{C.P.D.} = \varphi_e - \varphi_c, \quad V'_{C.P.D.} = \varphi'_e - \varphi'_c \text{ であるから, (4)式は}$$

$$\varphi_c - \varphi'_c = (V(n) - V(m)) + (\varphi_e - \varphi'_e) \dots\dots\dots (5)$$

の形に整理される。右辺第一項は各測定 of 折点の坐標を読みとればよいから、第二項が分れば collector 間の接触電位差は求まることになる。

飽和電流接線を

$$\log I_s = (\log A + \log T^2 - \frac{\epsilon\varphi_e}{kT} \cdot \log e) + aV \dots\dots\dots (6)$$

の式で表わし、 a は此の直線の勾配である。右辺で emitter の絶対温度 T 及び勾配 a は一定であるが、Dushman 常数 A と φ_e は各測定に就いて、emitter の表面状態が変れば変化する量である。今測定 (n) と (m) で

$\varphi_e = \varphi_e'$ で $A \neq A'$ であるときには(5)式より

$$\varphi_e - \varphi_e' = V(n) - V(m) \dots\dots\dots (7)$$

であり、

2. $A = A'$ なら $\varphi_e \neq \varphi_e'$ であり、そのときには(5)式右辺第二項は、(6)式により、一定電圧に於ける二測定 of $\log I_s$ の比に常数項を掛けることにより求められる。

そこで測定(2)の「裸の」Ni collector 面と、その測定 of emitter の仕事函数を基準にして、解析結果を整理して全測定に於ける I_s (25V), (C.P.D.)_{ref. Ni} ^{$\varphi_e = \text{Const.}$} 及び (C.P.D.)_{ref. Ni} ^{$A = \text{Const.}$} を第1表に掲げる

第 1 表

測定番号	$I(25V)$ $\times 10^{-4} \text{Amp.}$	(C.P.D.) _{ref. Ni(*)} ^{$\varphi_e = \text{Const.}$} Volts	(C.P.D.) _{ref. Ni} ^{$A = \text{Const.}$} Volts	備 考
(1)	1.44	- 0.08	- 0.08	Ni (Ni 蒸着直後排気し乍ら測定)
(2)	1.44	0	0	Ni (10時間放置後排気し乍ら測定)
(3)	1.79	- 0.15	- 0.12	Ni + H ₂ (H ₂ を吸着させた後排気し乍ら測定)
(4)	1.79	- 0.12	- 0.09	Ni (脱着後排気し乍ら測定)
(5)	1.63	- 0.02	~ 0	Ni (ゲッター作用下で測定)
(6)	1.63	- 0.61	- 0.59	Ni + Se (Se _n 分子を7分子層被覆後測定)
(7)	1.44	- 0.81	- 0.81	Ni + Se (約60分子層被覆後測定)
(8)	1.44	- 0.70	- 0.70	Ni + Se (充分加熱後測定)
(9)	1.29	- 0.71	- 0.73	Ni + Se (排気し乍ら測定)
(10)	2.00	- 0.62	- 0.57	Ni + Se + H ₂ (H ₂ を吸着させた後排気し乍ら測定)
(11)	1.81	- 0.54	- 0.51	Ni + Se + H ₂ + NH ₃ (更にNH ₃ を吸着させ、42°Cで測定)
(12)	2.09	- 0.64	- 0.59	Ni + Se + H ₂ + NH ₃ (16°Cで測定)

(*) 対向極がNiであることを示す。

(註1) emitter 表面に対して collector 表面が負の電位 (U) にある印加電圧 V の領域で $e|U|$ より大きい運動の energy を持つ熱電子の電子流は

$$I_i = I_s \exp \frac{e}{kT} \cdot \beta (-|U|) \text{ で表わされる。}$$

但し I_s は $|U| = 0$ なる時の飽和電流であり、本文(1)式では $\gamma \cdot I^{(0)}(V(m))$ と記した。V.C.P.D. の定義より U は $V + V_{C.P.D.}$ に等しく、従つて $V + V_{C.P.D.} \leq 0$ でこの式は成立することになる。 β は常数で理想平行平板電極では1であり、この実験では 0.48 であつた。

(註2) 飽和電流は一般に

$$I_s = AT^2 \exp \left(-\frac{e\varphi_e}{kT} \right) \cdot \exp \left(aE^{\frac{1}{2}} \right) \text{ で表わされる。}$$

触 媒

但し α は Schottky line の勾配であり、 E は emitter のまよりの電場である。emitter が有効半径 0.7cm の球面極として、両極間の接触電位差は無視して、上式の Boltzman Factor の第二項を概算すると、 α は理論値の約14倍となる。しかしこれから求められる仕事函数の減少量は、実際の各測定に於ける emitter の仕事函数の測定誤差 $\pm 0.015eV$ と略同程度か、それ以下である。そこで此の解析では $V=25Volts$ の接線は誤差範囲で印加電圧の一次函数として表わされるとして(1)式を飽和電流接線の式とした。

尚 $I_i = 10^{-7} A$ 程度では、どの測定でも光電子流は認められなかつた。

§ IV 考 察

a) $10^{-7}mm Hg$ 程度の最高到達真空度で一連の測定操作を行い、其の過程で完全に「綺麗な」 Ni 面とか、水素丈が表面に吸着している状態とかをとり上げることは出来ない。そこで(1)、(2)、(4)及び(5)の四測定で、どの測定に於ける collector 面を「裸の」 Ni 面として、接触電位差測定 of 基準面に撰ぶかが問題になる。

予め充分ガス抜きを行つた Ni 線の真空蒸着により作つた Ni 面も、此の実験操作では或る程度の水素の吸着は可能であるし(測定(1))、排気時間が長くなれば、 $10^{-7}mmHg$ の真空度では collector 面は当然水素以外の gas で汚されるであろう(測定(2))。又、液体空気トラップの存在下でも、水素の出し入れ操作に伴う汚れと、吸蔵された水素の表面への拡散とにより、表面電位は変化する(測定(4))。bulb 硝子壁やステム線等からの脱 gas を定常的にゲッターが吸収して、真空度が一桁位良くなつても、今迄以上に collector 面が綺麗になつたとは考えられない(測定(5))。しかし以上四測定で、水素の吸着丈に注目して、測定(2)或は測定(5)に於ける collector 面を「裸の」 Ni 面に撰ぶならば、第1表から、 Ni に水素が吸着するとその仕事函数は略 $0.1eV$ 丈増加し、 Ni 面では水素は負の荷電を持つて吸着することが結論される。

b) Se 被膜の厚さは、単位時間に $1.51 \times 10^{19} \times \frac{P}{\sqrt{T}}$ 個 $P: Se$ 蒸気圧、 $T: Se$ の温度 $^{\circ}K$) の Se_6 分子が、bulb 底小孔から噴散するとして、 Ni の (110) 面に就いての³⁾ 管¹¹⁾ の計算値より、7分子層(測定(6))及び60分子層(測定(7))とした。先に著者等は Ni 蒸着膜に $0.5Se_6$ 分子層及び $1.8Se_6$ 分子層の Se 被覆膜をつけて、仕事函数の変化を測定したが、松井は其の Se 被覆 Ni 面の表面構造を X 線廻折図形、電子線廻折図形の解析及び電子顕微鏡観測により研究した結果、地金 Ni 面は数分子大の $NiSe$ 結晶で覆われて居り、地金 Ni の露出が認められないことを確めた。従つて今度の実験に於ても、 Ni 表面は、 Se_6 分子ではなく、 $NiSe$ 分子で覆われて居る筈である。 Ni 面の見掛けの面積で Se 分子の噴散量を割り付け、 $NiSe$ 結晶の格子常数から $NiSe$ 被覆層の厚さを概算すれば、測定(6)では約70層であり、測定(7)では約500層である。

10) Mignolet, J.C.P. : Discussion of the Farad. Soc., No. 8, P. 105 (1950)

小 川, 他 : 応用物理 22, 101, 昭27

11) 東, 小 林 : 昭28年度物理学会分科会報告

NiSe 被覆層の厚さを約7倍丈厚くすると、第一表より仕事函数が0.2eV増加することはP型半導体模型で¹³⁾ *NiSe* 膜を取り扱うならば、定性的に説明される。又充分熱処理した測定(8)(9)の結果が測定(7)よりも小さい仕事函数を与えることも、*NiSe* 中の過剰Seが地金Niと化合して、電子を捕捉する準位が減じた為と考えて実験結果を理解出来る。

結局Niは*NiSe*を被覆することにより仕事函数が0.7eV丈増加することが分つた。熱電子流測定によるNiの仕事函数としてWahlin¹³⁾が提出した4.61eVに上記0.7eVを加えれば、*NiSe*の仕事函数は5.3eVとなり、Whitney¹⁴⁾のPt仕事函数値5.32eVと略一致する。

c) *NiSe* 被覆Niに H_2 を吸着させると仕事函数は0.1eV減少する(測定(10))。尚その上に NH_3 を吸着させるならば、地金Niの温度が16°Cでは仕事函数は殆ど変化しないが(測定(12))、42°Cでは0.07eV程度更に減少した(測定(11))。着者等は振動容量法により、Au蒸着膜に対向するNi蒸着膜、*NiSe*及び*NiSe*に H_2 を10mmHg、 NH_3 を20mmHg吸着させた面の各表面電位を夫々測定したが、*NiSe*に H_2 及 NH_3 を吸着した面に就いては次の結果を得た。即ち

第2表

bulb温度°C	(C.P.D.) ref. Au
8 6	+ 0.53 V
1 7	+ 0.38 V
8 0	+ 0.50 V

此の結果は本実験と同一傾向を示して居る。しかし熱電子流測定法に依つて NH_3 等のgasをbulbに出し入れして、仕事函数変化を測定する場合に良い精度を期待することは出来ない。

Se (*NiSe*) 被覆Niに H_2 と NH_3 が吸着している時、温度変化や各gasの圧力変化による仕事函数の変化に就いては今後の研究に俟ち度い。

d) 第2図で、 $V=25V$ に於ける接線はDushman常数が一定であるならば、emitterの仕事函数の変化として0.07eVの幅に散らばつて居る。このemitterの仕事函数の変化は各collector面の仕事函数変化と一定の關聯性は持つて居ない。飽和電流接線の不一致はemitterの汚れとemitter極の幾何的構造の複雑さに基くemitterの仕事函数及Dushman常数両者の変化に依るものであろう。現在本実験丈から結論を出すことは出来ない。

結 論

Niの仕事函数は

H_2 が吸着すると 0.1eV増加し、
Se (*NiSe*)を被覆すると 0.7eV増加した。

12) 小林, 東 : 触媒, 本輯

13) Wahlin, H. B. : Phys. Rev. 61 509 (1942)

14) Whitney, L. V. : Phys. Rev. 50 1154 (1936)

触 媒

Se (NiSe) 被覆 Ni の仕事函数は

H_2 が吸着すると	0.1eV減少し,
H_2 及び NH_3 が吸着すると	
42°C では	0.2eV減少し,
16°C では	0.1eV減少した。

本研究に対し終始御鞭撻を賜つた堀内触研所長に深甚の感謝を捧げると共に、硝子細工に就いて熱心に協力された横山、田沢、中田、清野の諸氏に厚く謝意を表する。