U.D.C. 621.3.032.216

酸化物陰極のスパーク発生機構について

On the Mechanism of Sparking in the Oxide Coated Cathode

鴫 原 文 七*

内 容 梗 概

酸化物陰極のスパーク現象を究明するために,筆者はさきにスパーク時のガス放出特性を調べて報告(いしたが,今回はさらに陰極の材質,表面状態などの影響を測定し,スパーク発生機構についての考察を行つた。

その結果によると、スパーク発生の原因としては、特殊な陰極の場合は中間層抵抗が問題となるが、 一般の整流管などにおいてはむしろ酸化物自体の抵抗層が主体となつている。さらに放出電子速度分布 をしらべることにより、その抵抗層は主として酸化物被覆表面層にあらわれ、そこに発生するジュール 熱によつて熱的破壊の契機がつくられることが判明した。

なおまたパルス電流によるスパークと整流管始動時のスパークとの関係を比較検討し,その発生機構について考察を行つた。

〔I〕緒 言

酸化物陰極を持つ真空管,特に電流負荷の大きい整流 管などにおいて,陰極から電流を取出すとき陰極と陽極 の間にはげしいアーク放電が生起してチカチカと光るの が外からも見える場合がある。これを酸化物陰極のスパ ーク現象と呼んでいるが,この現象はマグネトロン陰極 のように瞬時的に大電流を取出す陰極においてもしばし



ば問題となつている。

かかるスパーク現象を解明するために,筆者はさきに スパーク時に放出されるガスについて検討を行い⁽¹⁾,陰 極活性度がスパーク現象に対し非常に大きな影響をもつ ことを報告したが,今回はさらに別の観点から陰極の材 質,表面状態などのスパークに対する影響を検討し,あ わせてスパーク発生機構について行つた考察の結果を報 告する。

〔II〕 スパーク測定法

通常の酸化物陰極におけるスパークの発生は,ある限 界値以上の過大電流を数 ms 程度取出すことにより容易 に行わせることができる。このために普通は供試管の陽 極に数 ms の矩形パルス電圧を印加してスパークを発生 させる試験法がとられているが,本実験では時定数 ms なる蓄電器の放電を用いてスパークの発生を行つた。こ の方法によつてもスパーク発生の難易は相対的に十分判 別することができる。

蓄電器を放電させた場合,供試二極管の電圧電流特性 をブラウン管オッシロに画かせると,スパークの起きな いときは第1図(a)のごとき曲線を示すのに対し,スパ ークの発生したときは第1図(b)に示すように初めのう ちは(a)と同様の曲線にしたがつて電圧電流ともに下 つてくるがある点に至り電流が飛躍的に増加するのが認

* 日立製作所中央研究所



第1図 スパーク時の電圧電流特性 Fig. 1. Voltage-Current Characteristics at the Instant of Sparking

められる。これはスパークを起すことにより陰陽極間に アーク放電が起り外部回路でほとんどきまる大電流が流 れることを示している。

このようにして発生したスパークの難易程度を検出する方法として本実験ではつぎの二方法を試みた。

(1) ピーク電流を測定する法

スパークを起したときは上述のように瞬時的に大電流 が流れるゆえそのピーク電流の最大値を測定することに よりスパークの発生を検出することができる。測定回路 は第2図に示したように供試管を流れた電流で生じた無



---- 71 -----

1296昭和31年10月

日 立 評

論

第 38 巻 第 10 号



スパーク時のピーク電流測定回路 第2図 Fig. 2. Measuring Circuit for Peak Current at the Instant of Sparking



性 流 特 Peak Current Characteristics Fig. 3.



誘導抵抗の電圧により整流管(V2)を通して蓄電器(C2) を充電し、その値を(V₃)のグリッド電流で検出する方 法である。この場合グリッド電流の恢復時間を長くする ために,真空管 (V2) (V3) の陽極絶縁抵抗は極力大きい ものを用いる必要がある。

かゝる方法で供試管に印加した陽極電圧とそのときに 流れるピーク電流との関係を測定すると、スパークを起 さないときは第3図(a)のごとく 3/2 乗則にしたがつた 曲線上にくるはずであるが、スパークが発生した場合の ピーク電流は曲線(a)より大きな値をとり外部回路でき まるスパーク曲線(b)に近ずくことになる。それゆえこ のピーク電流を測定することによりスパーク発生の有無 程度を検出することができる。

(2) スパーク開始電圧を測定する法

測定回路は第4図のごときもので,供試二極管の電圧 電流特性をブラウン管上に画かせ,そのときの印加電圧 をサイラトロンのグリッド電圧で制御しうるようにして ある。すなわち初めサイラトロンのグリッドバイアスを 浅くしておき,その後しだいにこのバイアスを深くして ゆくと,ある点でスパークが発生する。この場合のグリ ッド電圧から陽極印加電圧を求め、これがスパーク開始 電圧として測定される。

スパーク発生に関係する諸条件 [III]

整流管のスパークと一口にいつても, その発生過程に



第5図スパーク時の電流特 件 Fig. 5. Anode Current Characteristics at the Instant of Sparking

よつていろいろの型が見うけられる。すなわち整流管に 第5図(a)のような正弦波電圧を印加すると(b)のよ うな半波の電流が流れるが、スパークを起したときの電 流波形には(c)のように陰極から電子放射が行われな い逆位相のときに電流ピークのあらわれるものと, (d) のように陰極から電子放射が行われているときに発生す るものがある。

(c)の場合はあきらかに陽極からの電子放射によつて スパークが発生するものと考えられ陽極内面上の蒸着物 が重要な原因となつているものであろう。しかし我々が 整流管 6X4 でしらべた結果によると、スパークの発生 は大部分(d)の状態であらわれ、この場合はスパーク 発生の原因が主として陰極自体に存在することを物語つ ている。それゆえ本報告では主として陰極の状態がスパ ークにおよぼす影響について考察する。なお管内真空度 の影響は大体10⁻⁵ mm Hg 以上であればほとんど問題と



酸化物陰極のスパーク発生機構について

第1表スパーク試験結果 Table 1. Results of Sparking Tests 塗 布 状 態 着 電 吹 着 9 5 Spark No Spark 7 3

ならないことが報告されているので⁽²⁾本報告の考察から は除外してある。

(1) 酸化物塗布状態の影響

陰極表面の粗さがスパークに関係するであろうことは 従来からも多くの実験によつてしらべられ,表面の平滑 な電着塗布の方が吹着塗布の場合よりスパークしにくい ことが報告されている⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾。筆者も一応この問題をた しかめるべき実験を行つた。

試験法は第2図の方法で行い一定陽極電圧を印加した 場合のスパークの有無を比較したが、結果は第1表のご とく予期に反して電着陰極の方がスパーク数が多くでて いる。しかしこの結果から電着陰極の方がスパークしや すいという結論をだすことは早計である。いまこの試験 結果を各陰極の活性度(低温における飽和電流を一つの 目安とする)とピーク電流の関係に書直すと第6図のご とくなる。この図において曲線 OA を超えたピーク電 流は第3図で説明したようにスパークの発生した状態に 対応するもので, 電着吹着両陰極に共通して, スパーク の発生は陰極活性度と一義的な関連性をもつていること がわかる。電着吹着両陰極におけるスパーク発生数の差 異は、たゞたまたまこの実験における前者の活性度が後 者のものより低かつたということに帰着するようであ る。しかしなお仔細にこの曲線をしらべると, 電着陰極 は吹着陰極にくらべて左側の曲線の立上り(スパーク発 生部)がより左側に移つていることがわかり,同じ活性 度においては電着陰極は吹着陰極よりスパークしにくい 傾向にあることが認められる。もつとも吹着陰極でも十 分被覆層密度を大にすれば電着陰極と差異のない場合も あり,酸化物陰極の密度がスパーク現象に関係すること がわかる。しかしそれと同時に陰極活性度もスパーク発 生の重要な因子となつていることを見のがすことはでき ない。



第6図 陰 極 活 性 度 と ピ ー ク 電 流 Fig. 6. Relation between Activity of Cathode and Peak Current

(2) 初回現象

陰極温度が比較的低い場合のスパーク試験において, 一度スパークを起した球に,その後繰越して同一陽極電 圧あるいはさらに苛酷な高電圧を印加しても最早スパー クを起さなくなる現象にしばしば遭遇する。かゝる球の ヒータ電流を一時切つて陰極を室温に5分位放置し,そ の後ふたたび同じ条件でスパーク試験を行うと,前と同



様に最初の一回だけスパークを起し二回目以後はスパー クを起さない。さらにこの現象は陰極温度が定格値より 低い場合に多く認められ陰極温度が高くなると消失する 傾向にある。その実験結果の一例を第7図に示した。か ゝる初回現象は, 陰極が室温に放置される間に酸化物表 面が不活性化され, その不活性化された陰極面が初回の スパークにより活性化されると, 二回目以後はスパーク を起しにくくなるものと考えられる。

通常の整流管でヒータ電圧, 陽極電圧を同時に印加し

1298	昭和31年10月	E	立	評	論	第 38 巻 第 10 号
			· ·		HUN	名 60 名 名 10 月

第	2	表	谷	種	基	体	金	属	成	分	表
Ta	ble	2.	Ele	eme	nts	ad	ded	to	Va	ario	ous
I	Bas	e M	letal	S							

試 彩	ł =	ツケル	中の添	加成分
Pure	純 Ni		5.4	
Mg	Mg :	0.1%		
Si	Si :	0.1%		
W-Si	W :	4%	Si :	0.1%
Al-Mg	A1 :	0.1%	Mg:	0.05%
Mg-Si	Mg :	0.03%	Si :	0.03%

た場合, 陰極温度が上昇する過程においてスパークを起 しやすいが, この場合は初回現象がスパーク発生を助長 する一原因となりうるものである。(なおかゝる陰陽極 電圧を同時印加した場合にスパークしやすくなるほかの 原因については [VI] 章で考察する)。

(3) 陰極基体金属の影響

酸化物陰極スパークの一原因として陰極基体金属と酸 化物被覆層の中間に形成されるいわゆる中間層抵抗によ る電位降下が従来から問題にされている⁽⁵⁾⁽⁶⁾⁽⁷⁾。Eisenstein⁽⁸⁾は基体金属中の微量 Si と BaO の反応によつて 生成される Ba₂ SiO₄ が高抵抗となりスパークの原因と なることを報告している。 まず寿命初期におけるスパーク開始電圧を測定する と、第8図のごとく基体金属材料の違いによる差異はほ とんど認められない。しかるにこの測定結果を陰極活性 度の函数として書直してみると第9図のごとき曲線がえ られる。この結果からあきらかに、寿命初期におけるス パークは中間層抵抗よりもむしろ陰極活性度に一義的な 関係をもつているということができる。〔この図で陰極 活性度は陰極温度を低下させた場合($I_f = 0.5 A$)のエミ ッションを一つの尺度として表現している。なお活性度 として $I_f = 0.6 A$ 時のエミッションをとると第10図(自 丸)のように活性度の低い部分が拡大されて見やすい曲 線になる〕。



このような中間層抵抗のスパークに対する影響をしら べるために各種基体金属材料を用いてスパーク発生の難 易を比較測定した。基体金属(ニッケルスリーブ)とし ては第2表のごとき数種の試料を用い,スパーク発生の 難易は第4図の回路で測定した。





第9図 陰極活性度とスパーク開始電圧(寿命初期) Fig. 9. Relation between Activity of Cathode and Starting Voltage of Sparking (at the Beginning of Life-Test)



第10図 陰極活性度とスパーク開始電圧 (寿命経 過中の変化)

Fig. 10. Relation between Activity of Cathode and Starting Voltage of Sparking (Variation in Life)

---- 74 -----



酸化物陰極のスパーク発生機構について

つぎに上記各種試料を寿命試験にかけ、寿命後期にお けるスパーク開始電圧を測定して第10図(黒丸)に寿命 初期の測定値と重ねて示した。この結果によると、ある 種の例外をのぞきほかの大部分の試料は寿命の経過にし たがつて活性度が低下し、それにつれて第10図の曲線上 を左側に移動していることがわかる。すなわち寿命後期 においても中間層抵抗による影響よりはむしろ酸化物自 体の活性度の低下によつてスパーク特性が劣化してゆく ものと思われる。

しかし Si を含有せるスリーブの場合は少し様相がこ となり,寿命後期の測定値は上述の曲線の上に乗らずか なり下廻つたスパーク電圧を示している。これは陰極活 性度以外の因子がスパーク発生に関係していることを物 語つており,それは中間層抵抗によるものではないかと 思われる。

〔IV〕 活性度とスパーク

前章の諸結果によると、スパーク発生の原因と考えら れる諸因子のうち、もつとも顕著に認められるのは陰極 活性度であるということができ、この傾向は既報⁽¹⁾のガ ス放出測定においてもあきらかに認められている。この ように陰極活性度すなわち酸化物抵抗がスパーク発生に 主要な役割をもつているということは、電流を取出した ときに陰極内に生ずるジュール熱による熱的破壊現象が もつとも可能性のある原因であることを示唆している。 このような考え方の妥当性を検討するために、陰極活性 度とスパーク開始電圧の関係式を導いて**第9**図の実験結 果と照合して見よう。



第11図 陰極活性度とスパーク開始電圧(計算値) Fig. 11. Relation between Activity of Cathode and Starting Voltage of Sparking (Calculated Value)

 $M.P._{Ni}=1,725$ °K) というような非常な高温を必要とす るものでなく、既報⁽¹⁾のガス放出測定において述べたよ うに、ある程度の温度 (1,500°K 以上) になると、一酸 化炭素の放出が顕著になり (同時に B_a 蒸気もでるであ ろう)、それらのガスによつてアーク放電が誘起され、 加速度的に熱的破壊に進んでゆくと考えるのが妥当であ ろう。

1299

陰極内ジュール熱による熱的破壊という仮定にもとず いた酸化物被覆層のスパーク開始電流(*I*_B)は近似的に 次式で表現できる⁽²⁾。こゝで電流パルスの幅あるいは時 定数は一定の場合を考える。

 α : constant R: 被覆層抵抗 一方供試二極管におけるスパーク開始電圧を V_B と し, 二極管の内部抵抗を γ とすれば近似的に,

 $I_B = V_B / (\gamma + R) \dots (2)$

 $\therefore \quad V_B = \alpha \left(\gamma + R \right) / \sqrt{R} \quad \dots \quad (3)$

(3)式より陰極活性度 (1/R) とスパーク開始電圧 ($\gamma+R/\sqrt{R}$)の関係を図示すると、第11図のごとくな り第9図の実験結果とよく一致した傾向をもつている。 それゆえ酸化物陰極のスパーク現象は、陰極から電流を 取出すとき、被覆層抵抗内に発生するジュール熱によつ て温度が上昇し、 T_m というある温度でスパークに移る という機構が考えられる。この場合 T_m というスパーク 開始温度は必ずしも陰極の融点 ($M.P.Bao=2,196^{\circ}$ K,

〔V〕 酸化物被覆層内の電圧降下

上述の諸実験および考察により,酸化物陰極スパーク 発生の原因が陰極被覆層内の発熱にあることがほぼあき らかになつたが,はたしてこのジュール熱発生の源が酸 化物層内のどの部分にあるかという問題が残されてい る。すなわち基体金属と酸化物の接触抵抗,中間層抵 抗,酸化物自体の抵抗,あるいはまた酸化物表面層の抵 抗など種々の抵抗のうち,どの抵抗がもつとも大きな要 因となつているかをしらべるために酸化物陰極からでて くる電子のエネルギー分布を測定して,酸化物被覆層内 の電位分布の推定を行つた。

(1) 測定法

測定管は第12図に示したように整流管 6X4 陰極を用 いて組立てた。陽極には 1 mm o のピンホールをあけて 電子流をコレクターに導入し、コレクター電圧に対する コレクター電流の変化を測定して電子のエネルギー分布 をしらべた。

測定回路は第13図のごとく,100 µs,50~ のパルス電源を用いて,陽極電圧を印加している。この場合エミッションは空間電荷制限電流なるゆえ,陰極前面およびコレクター前面には空間電荷により第14図に示すようなポ

---- 75 ----

1300 昭和31年10月

年 10 月 日

立 評 論

第38卷第10号





第15図 コ レ ク タ ー 電 流 特 性 Fig. 15. Collector Current Characteristics

(a) 陰極内に電圧降下のない場合

第13図 エネルギー分布測定回路 Fig. 13. Measuring System for Energy Distribution of Emitted Electrons



第14図 測定管内ポテンシャル分布 Fig. 14. Potential Distribution for Electron in Tube

テンシャルの山ができ、このポテンシャルの山が電流値 により変化して測定の誤差となる可能性がある。しかし 電流値 (I_{zp})の変化によるポテンシャルの山 (V_m)の 変化を求めると次式のようになる⁽⁹⁾。

 $\Delta V_m = 2.3 kT ln \frac{I_{sp1}}{I_{sp2}}$ (4) それゆえ電流値が一桁変化しても ΔV_m はわずか 0.198



第16図 コレクター電流特性の形態 Fig. 16. Several Types of Collector Current Characteristics

eVで,第17図の測定結果に見られるような大きなエネ ルギー分布にくらべてほとんど無視しうるものと思われ る。

(2) 測定結果および考察

陽極電流密度が 1.4 A/cm², 2.8 A/cm² (パルス電流) のおのおのの場合について,種々の陰極温度におけるコ レクター電圧対コレクター電流の関係を測定した。測定 結果の一例を第15図に示す。このような測定において, もし陰極表面からでてくる電子が陰極内でエネルギーを



---- 76 -----



まり取出さない直流の状態で測定した結果は第15図(a) のようにほぼこの状態に近く,その折点が接触電位差を 示している。

しかしもし陰極内に電圧降下がある場合はこの第 16 図 (a)曲線から変位を生じ右側にずれてゆくことになる。 すなわち陰極内に中間層抵抗あるいは内部酸化物抵抗が あれば,その電圧降下だけ右側に平行移動して(c)の ような曲線になるはずである。一方もし酸化物表面で電 位降下が部分的にことなるところがあれば,その分布に したがつて曲線は(b)のように拡がりをもつてくるは ずである。

第15図の測定結果を見ると,比較的大きなパルス電流 を取出したときの曲線は第16図(b)の型を示しており 相当広いエネルギー分散をもつている。この分散をしら べるために曲線を微分して放出電子のエネルギー分布を 求めると,第17図のごとく数 V のひろがりを持つてい ることがわかる。そしてこの分散は陽極電流の増大およ び陰極温度の低下につれて増大してゆく傾向にある。さ らにまたかゝる放出電子は二つまたは三つのグループに わかれており,このうちもつともエネルギー損失の少い 電子群(左側)に対して,右側のエネルギー損失の大き な電子群は,より大きな分散を持つておりかつその全電 流値も前者よりかなり大きくなつている。

Fig. 17. Energy Distribution Electrons

失うことなく Maxwell 分布をもつて放出されるなら, コレクター電圧対コレクター電流の関係は第16図(a) のように折点をもつた直線になるはずである。電流をあ このような電子群のあらわれる原因として, Jansen, Loosjes など⁽¹⁰⁾は酸化物表面層にできる電位降下を考 えている。すなわち第18図のごとき酸化物表面で最表面 の酸化物粒子からでる電子と,表面の粒子間隙を通して 内部からでてくる電子を考える場合,もし表面層に顕著 な電位降下があれば内部からでてくる電子は最表面から でてくる電子より早くなり,二つの電子群があらわれる ことになる。(第三の電子群のあらわれる機構としては,



第18 図 酸化物陰極断面 Fig. 18. Cross-section through an Oxide Coating 表面における二次電 子を考える説明もあ るが,まだ不明の点 もあり今後の研究に またなければならな い)。

このような考え方 にしたがえば,第17 図の測定結果におい て,第一の山と第二 の山のエネルギー差 は酸化物表面層内で 失われたエネルギー と考えられる。一方 原点から第一の山ま

---- 77 -----



の温 度 面 Fig. 19. Temperature Dependence of Resistance in a Surface Layer of Oxide Coating

でのエネルギー差は酸化物内部(中間層も含む)の電圧 降下をあらわすことになるが,この値は上述の表面層電 圧降下にくらべてはるかに小さなものである。それゆえ エミッションを取出したときにできる酸化物層内電圧降 下は主として表面層近傍に発生するものと結論すること ができ,スパーク発生の原因となるジュール熱は表面層 に集中するということができよう。

陰極では陽極電流 7 A/cm² 程度でスパークを発生して いる。

[VI]パルス電流によるスパークと整

流管始動時のスパークとの関係

上述の測定結果はすべてパルス的に大電流を流してス パークを発生させているが、実際の整流管において問題 となつているスパークはこれといささかちがつた発生過 程をもつている。すなわち通常の整流管においては、陰 極ヒーター電圧および陽極電圧を同時に印加したとき, 陰極温度が室温からしだいに上昇してゆく過程において 発生するものである。この場合は陰極温度がまだ十分に 上らない途中で飽和電流が取出されるため、前者のパル ス的に空間電荷制限電流に近い電流を取出す場合と一寸 ことなつた状態を経過するわけである。この両者のスパ ーク現象の関係を比較するためにスパーク発生機構につ いて考えてみる。

前章までに考察したように、スパークの発生が酸化物 表面層内ジュール熱に起因するという考え方にしたがえ ば, わ 場

参考のために第17図から平均表面層抵抗を求め、その 温度特性をしらべると、第19図のごとくほぼ直線的関係 になり、活性化エネルギーとして 0.35~0.4 eV の値がえ られる。これは酸化物抵抗の活性化エネルギーとして妥 当な値であろう。なお陽極電流が増大するにつれて抵抗 値も増加する傾向は表面抵抗層が depletion layer⁽¹¹⁾に よるものと考えれば説明されうるものである。

このように平均表面層抵抗は陽極電流の増加とともに 増大するが, さらにその分散も陽極電流とともに増大し てゆく傾向をもつている。いま陰極温度 1,100°K, 陽極 電流 2.8 A/cm² 時の分散の最大点を見ると、約5 Ω/cm² の抵抗値になる(第17図参照)。一方表面抵抗層の厚さ を 10 µ とすれば、1 ms 中にこの表面層内に発生する ジュール熱は約 5×10^{-2} joule/cm² になる。この熱量は 表面酸化物層の温度を約70°C上昇させうるものである。 (BaO の比熱 7.5×10⁻¹ joule/℃)。それゆえ陽極電流が さらに二三倍に増加すれば, 表面層温度を数百度上昇さ せることは容易であり,ジュール熱によるスパーク発生 の可能性を十分認めることができよう。事実供試 6X4

ば,酸(上物表面	前層内における熱平衡の関係は次式であら
わされる	5. 20)場合エミッションが空間電荷制限電流の
場合と,	飽和電	『流の場合にわけて考える。
(i)	空間電	『荷制限電流の場合
	$vcd - \frac{\partial}{\partial}$	$\frac{T}{t} = I^2 R_0 exp(E/kT) - \varepsilon \lambda S_0(T^4 - T_0^4)$
		(5)
	v:	酸化物表面層の体積
	<i>c</i> :	酸化物の比熱
	d:	酸化物層の密度
	T:	温度
1	t:	時間
	I:	放射電流
	ε:	酸化物の熱輻射能
	λ:	Stefan-Boltzmann の常数
	S_0 :	有効表面積
$R_0 exp(E$	C/kT):	酸化物表面層の抵抗
	E:	抵抗の活性化エネルギー
	T_0 :	初期陰極温度
(ii)	飽和電	電流の場合電子放射と酸化物抵抗は
	近似的	りに逆比例関係にあると仮定して,
	I = K/	R (K: 常数) を (5) 式に代入すれば,
	$vcd \frac{\partial}{\partial}$	$\frac{T}{kt} = \frac{K^2}{R_0 exp(E/kT)} - \varepsilon \lambda S_0 (T^4 - {}_0^4)$

こ」で陰極温度上昇の傾向を見るに、一般的に第20図 のように $\partial (\partial T/\partial t) / \partial T > 0$ の場合は加速度的に温度が上 昇してゆき、一方 $\partial(\partial T/\partial t)/\partial T < 0$ の場合は一定の平衡



酸化物陰極のスパーク発生機構について



第20図 陰 極 温 度 の 時 間 的 変 化 Fig. 20. Variation of Cathode Temperature with Time

温度に漸近してゆく特性をもつている。

それゆえ $\partial(\partial T/\partial t)/\partial T$ の値をしらべてみると, 空間 電荷制限電流を取出すときは(7)式のようにつねに負 の値をとるゆえ,温度は無制限に上昇してゆくことはな く比較的ゆるやかに平衡温度まで上昇してゆくことがわ かる。

(i) 空間電荷制限電流の場合

 $\partial \left(\partial T / \partial t \right) / \partial T = - \left[I^2 E R_0 exp \left(E / kT \right) / kT^2 \right]$

 $-4\varepsilon\lambda S_0T^3] < 0$ (7)

(ii) 飽和電流の場合



ポットができ、その周囲がほとんど絶縁体に近い状態の 場合は, そのスポットの空間電荷制限電流は非常に増大 することが考えられる。すなわちそのスポットからの電 子放射はほぼ近似的に第21図のごとき球状陰極からの電 子放射に近い様相を呈するようになるゆえ次式のような 空間電荷制限電流がながれうる(12)。

- γc: 陰極半径
- Ya: 陽極午径

 $\partial \left(\partial T / \partial t \right) / \partial T = K^2 E / k T^2 R_0 exp(E/kT)$

しかるに一方飽和電流の場合は、(8)式から導かれるよ うに(9)式が満たされる場合は温度上昇は比較的緩慢 であるのに対し、(10)式が成立する場合は温度は急速に かつ無制限に上昇してゆくことになる。

 $R_0 exp(E/kT) > K^2 E/4k \varepsilon \lambda S_0 T^5 \qquad (9)$

 $R_0 exp(E/kT) < K^2 E/4k \varepsilon \lambda S_0 T^5 \qquad (10)$

それゆえ整流管において陰陽極電圧を同時印加して飽 和電流を取出すようなときには、(10)式の条件が成立す る陰極部分はほかの部分にくらべて比較的急速に温度が 上昇し, その結果陰極面上には局部的に温度の特に上昇 した部分が出現する可能性がある。

このような場合にその高温になったスポットからの電 子放射を考えてみよう。もし陰極面が一様にその温度に なつているならば、その部分からの電子放射は(11)式 であたえられるような一定の陽極電圧に対応した一定の 空間電荷制限電流以上は流れないはずである。

- *I*₁: 平面陰極空間電荷制限電流
- S: スポットの面積
- V: 陽極電圧

陰陽極間距離 d:

しかるに陰極面上で局部的に電子放射能力の大きなス

$\alpha: \gamma_c/\gamma_a$ の函数

いま中心 0 からの立体角を少な目に仮定して 0.5 ラジ アン (約28°) とすれば、スポットの径 10 µ (酸化物粒 子径の order), 陰陽極間距離 1 mm の場合, $I_2 \ge I_1$ の比は

$$I_2/I_1 = d^2/\gamma c^2 lpha = rac{2 imes 10^4}{\pi lpha^2}$$

こゝで α^2 として Langmuir⁽¹¹⁾の計算した $\alpha^2=3.65$ $(\gamma_c/\gamma_a=0.01)$ を用いれば、 $I_2/I_1 \approx 2 \times 10^3$ となる。すな わち局部的に加熱されたスポットの電子放射は通常の場 合にくらべて異状に大きな空間電荷制限電流を取りうる ようになる。一般に(6)式および(10)式の条件をみ たした飽和電流が取出される場合は,温度が上昇するに つれて(5)式の条件がみたされる空間電荷制限電流の 領域に移行して温度上昇は頭打になるはずであるが、一 度局部的な異常加熱が起ると空間電荷制限電流が増大 し,いつまでも(6)式および(10)式の条件がみたさ れるようになり,その結果スポット部の異常加熱は一層 助長されついにスパークを発生するに十分な温度まで上 昇してゆくことができる。

以上の考察であきらかなように通常の整流管で陰陽極 電圧を同時に印加した場合は, 陰極温度上昇過程で飽和 電流が取出されるゆえ,局部加熱の現象,異常電子放射 の現象が重畳されて,より一層苛酷な状態にさらされス パーク発生の確率が増大されることがわかるであろう。

〔VII〕結 言

以上の諸実験および考察から,酸化物陰極スパーク現 象の原因となつている機構としてはつぎのごときものが 考えられる。

まずパルス電圧を印加する場合は, 陰極からエミッションを取出すと酸化物被覆層の表面層に局部的に大きな 電圧降下が生じ,そこに発生したジュール熱によつて温 度上昇が行われる。温度が 1,500°K 程度以上に上昇する と,酸化物被覆層中の微量の炭素と酸化物との間に下式 の反応が促進し CO および Ba の放出が行われ⁽¹⁾,これ によりアーク放電が生起して酸化物陰極は加速度的に熔 融破壊にまで発展してゆく。

 $BaO+C \longrightarrow Ba+CO$

さらに陰陽極電圧同時印加の場合は, 飽和電流が取出 されるゆえ, 局部加熱および異常電子放射の現象が重畳 されるために, 条件はより苛酷になりスパークはさらに 発生しやすくなる。

なお Si 含有量の多い基体金属を用いた特殊な陰極な どにおいては,寿命後期で中間層抵抗によるものと思わ れるスパーク発生が認められるけれども,一般の整流管 スパーク現象においては,酸化物表面層抵抗によるスパ ークが主体となつているものと考えるのが妥当であろ う。

終りに本研究を行うにあたり絶えず御指導御援助をい ただいた日立製作所茂原工場の幹部の方々,日立製作所 中央研究所浜田主任研究員,沢田主任研究員,南波主任 研究員はじめ関係各位に厚く謝意を表するしだいであ る。

参考文献

(1)鴫原,福島: 日立評論 38 No. 4 (1956) 有住, 高元: 電学誌 75 107 (1955) (2)中井: 物理学会分科会 APR (1953) (3)田村: 東芝レヴュー 1 17 (1946) (4)Coomes: J. APP. Phys. 17 647 (1946) (5)Wright: Proc. Roy. Soc. 190 394 (1947) (6)Eisenstein: Adrances in Electronics 1 (7)(1948)(8) Eisenstein: J. App. Phys. 20 776 (1949) (9) Pfetscher, Veith: Le Vide 9 181 (1954) Jansen, Loosjes: Philips Tech. Rev. 13 (10)No. 12 (1952) Nergaard: Le Vide 9 171 (1954) (11)Langmuir: Phys. Rev. 24 49 (1924) (12)



実用新案 第433961号

後藤恒夫

回転電機の制動装置





第1図

回転子を油圧制動器により制動停止する際,制動環と 制動沓との間の強大な摩擦抵抗により,両者は発熱し, 表面の酸化物および摩擦面の消耗によるダストが,回転 子線輪および固定子線輪に吹付けられ,これら線輪の絶 縁を害するおそれがある。

この考案は図面に示すように油圧制動器の上部に収塵 カバーをほどこし、このカバーにより制動環と制動沓と 第2図

の対向空間附近を、制動環の回転を妨げない程度におい て密閉し、かつこのカバーに真空ポンプの吸出管を連結 してなるもので、この構造によれば前記ダストを飛散し ないようにカバー内に捕捉し、これを吸出管により所定 の位置に吸出すことができるから、制動ダストの飛散に よる線輪の絶縁低下現象を一掃することができる。

(滑川)