

M. P. 蓄電器用真空蒸着膜およびその自癒性

Vacuum Evaporated Film for M. P. Capacitor and its Self-Healing Characteristics

山 辺 知 定* 庄 司 俊 昭**
Tomosada Yamanobe Tosiaki Syōji

内 容 梗 概

M. P. 蓄電器用金属化紙の電極膜は、真空蒸着によって誘電体薄膜につけられているが、それには十分な自癒性をもたせなければならない。ここでは蒸着における問題点と、その蒸着膜自体の自癒性をあわせ検討した結果を述べる。

1. 緒 言

M. P. 蓄電器の金属化紙、すなわちコンデンサ薄紙の片面に金属の薄膜をつけたものはすべて真空蒸着によって作られており、M. P. 蓄電器はこの金属化紙を2枚重ねて巻いてその素子としている。それに対して普通の紙蓄電器では2枚の電極間をそれぞれ2枚以上のコンデンサ薄紙を重ねたもので絶縁しているの少なくともコンデンサ薄紙4枚と電極金属膜2枚の計6枚以上のものを巻いて素子としている。これは紙の中には導電性微粒子または耐圧の低い弱点が含まれているので、このように2枚以上の紙を重ねて用いて、はじめて十分な誘電特性が期待されるのである。M. P. 蓄電器に用いられる紙にもこの種弱点は含まれているが、M. P. 蓄電器では以下に述べる蒸着膜の自癒性によってこの問題が解決され、なお紙蓄のパンクに類することが生じて、自動的に回復するという特長をもっている。すなわち、M. P. 蓄電器の最大の特長は、その電極膜の自癒性によってもたらされるものであり、高い自癒特性をもつ金属化紙を作ること、いい換えると高い自癒性をもつ蒸着膜を作ることが第一に必要となる。

本報告はこのM. P. 蓄電器に関した一連の研究のうち誘電材料への亜鉛の真空蒸着と、その蒸着膜の自癒性について行なった研究の概要である。

2. 誘電体表面への亜鉛の蒸着

真空中で金属を適当な温度にまで加熱すると、それぞれその金属に特有の蒸気圧によって蒸発し、温度の低いところに付着してまず薄い金属の膜となる。これを真空蒸着という。M. P. 蓄電器の金属化紙の蒸着金属として亜鉛を用いたのは、蒸気圧が比較的に大きいので、低い温度での蒸着が可能であること、化学的にも安定であること、価格も手ごろであることなどのためである。

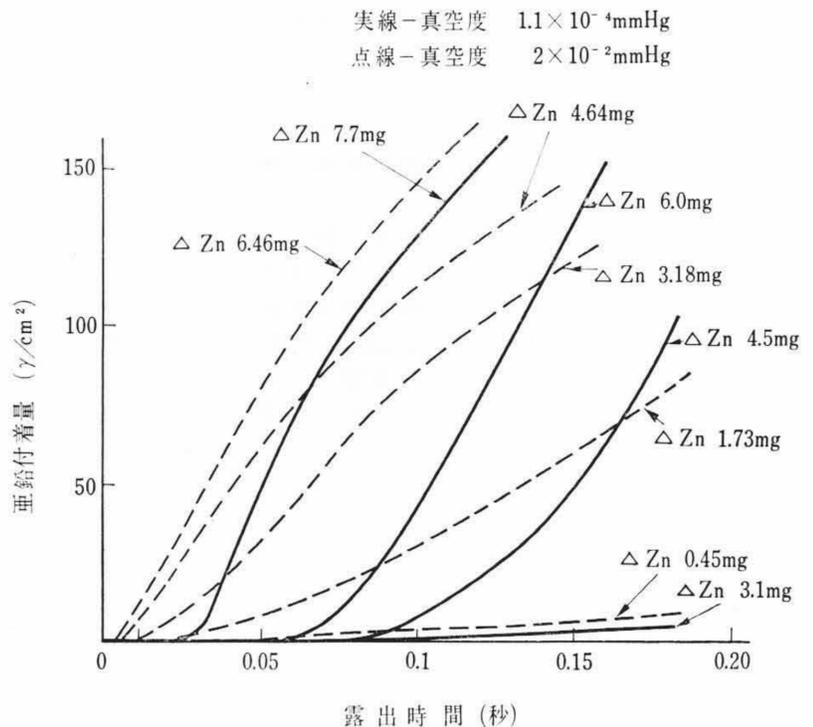
真空容器中でコンデンサ薄紙を一方から他方に移行させながら、その途中で、これに亜鉛の蒸気をあてれば長さ1,000 mにも及ぶ金属化紙が連続的に作られるが、それには幾多の問題がある。すなわち、亜鉛などの金属の真空蒸着については、かなり基礎的な研究もなされている。それによると誘電体表面に到達した亜鉛の気体分子はまずその表面を短時間動き回り、ついでそこから再蒸発し去ってゆく。ただしそれまでに誘電体表面に結晶の核となるものがある、そこに近づいたものは、その核にとり入れられ結晶となって落付く。また動き回っているうちに二つの原子が十分に近づき合ったときには、それは一つの組となってそれ自体が結晶の核となり、あとから来る原子をそこにとり入れてゆくことされている⁽¹⁾。

結晶の核の発生速度とその核が生長する速度とは、それぞれ別の因子に支配されるので、蒸着条件によっては大きな粒子が数少なく

並んだ膜もできれば、その逆の膜もできる一方、露出時間（被蒸着面が蒸気にあたる時間をいう）と蒸着量との関係も複雑なものとなる。しかし在来の研究には定量的にその蒸着の進行状況を明らかにしたものはなく、わずかにR. S. Sennet氏ら⁽²⁾が電子顕微鏡を用いて蒸着と観察を交互に繰返して行なって蒸着粒子の生長を求めているが、この方法によってもなお以下に述べるように短時間内の変化をきわめることはむずかしい。それに対し、実際の金属化紙の製造においては蒸着は数分の1秒の間に完了するので、この間の進行を明らかにするには少なくとも1/100秒単位での変化を求めなければならない、次のような実験方法を採用した。

2.1 実験方法

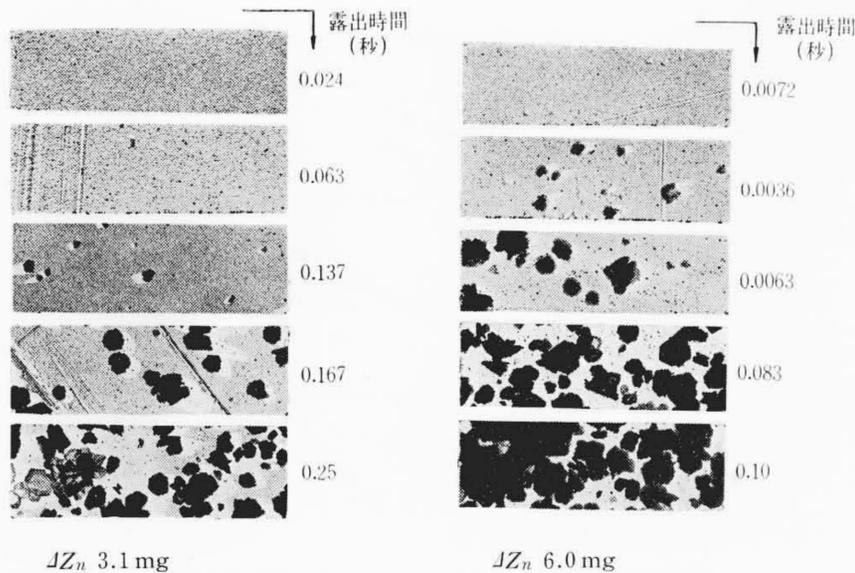
その概要は、 $10^{-2} \sim 10^{-4}$ mmHgの間で圧力可変の真空タンク中で、被蒸着誘電膜を最高7 m/sの速度で一方より他方へ巻返しながら、その途中で60 mmの長さで亜鉛の蒸気をこれにあてる。言い換えるとできた蒸着膜の露出時間の最も短いものは0.009秒となる。もちろんあらかじめ、この60 mm間にわたる亜鉛の蒸気密度の分布その他は詳しく求めておく。一方、補助ローラを用い移行している誘電膜には一定時間間隔でマークを入れる。このようにして一定真空度および蒸気密度の下で、誘電膜の移行速度を零より7 m/sまで連続して変化させた蒸着膜を作り、できた蒸着膜について各種の観測を行なえば、その蒸着条件の下での蒸着の進行をつかむことができる。実験に用いた誘電膜はコンデンサ薄紙の表面にポリスチロールを塗布した面、またはマイラフィルムである。以下得られた結果を簡単に示す。



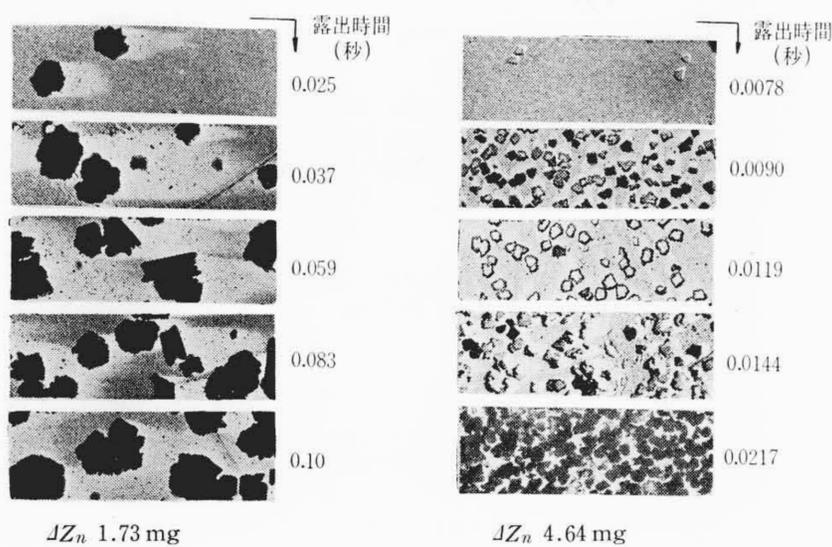
第1図 亜鉛の真空蒸着における露出時間と付着量との関係(蒸発速度の影響)

* 日立製作所日立研究所 工博

** 日立製作所日立研究所



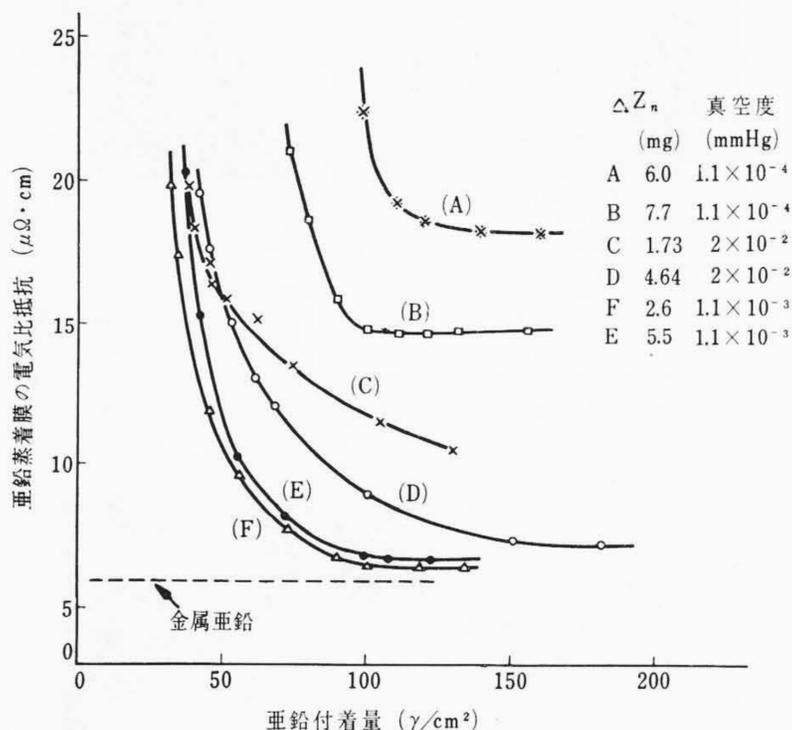
(A) 高真空 (1.1×10^{-4} mmHg)



(B) 低真空 (2×10^{-2} mmHg)

(真空度, 亜鉛蒸気密度および露出時間の影響)

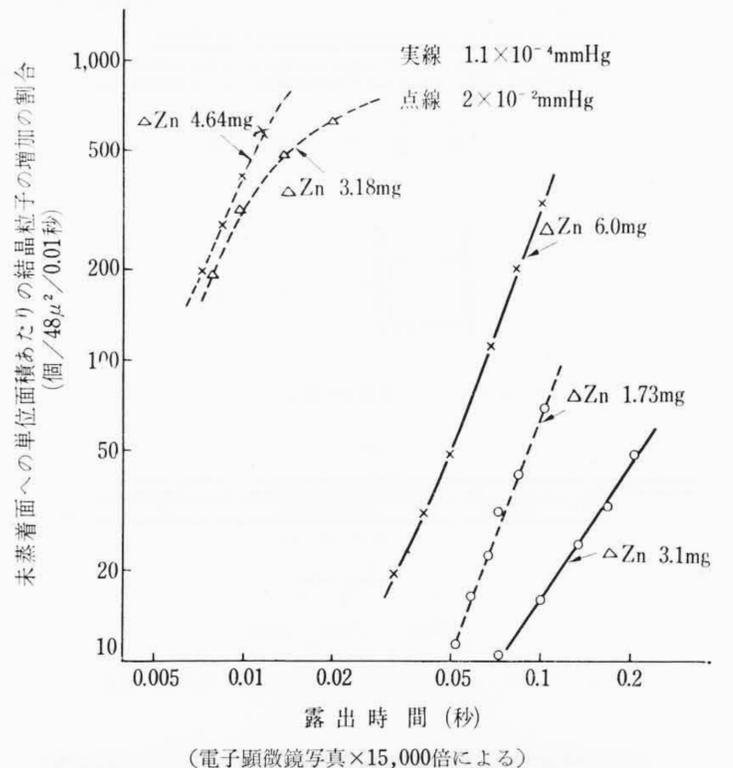
第2図 各種蒸着条件における亜鉛結晶の発達過程の電子顕微鏡写真 ($\times 7,500$)



第3図 蒸着亜鉛膜の電気比抵抗におよぼす蒸着条件真空度および蒸気密度の影響

2.2 実験結果

付着速度の代表的なものとして真空度を2様に変え、蒸気密度もまた種々変化させたときの結果を第1図に示した。真空がよいときには非常に長い誘導期がみられる。蒸気密度を下げると、その時間はますます長くなり、極端に蒸気密度を下げればもはや膜としてつかなくなる。図中 ΔZ_n と示したのは、単位時間、単位面積あたりに



第4図 単位面積あたりの未蒸着面に単位時間に発生する結晶粒子数と露出経過時との関係

被蒸着面に到達している亜鉛の蒸気の量を mg で測った数値である。この値と図の曲線とを対比すると、そこに到達した亜鉛蒸気の35~60%が定着しているにすぎなく、蒸気密度を下げると、 ΔZ_n 3.1 mg では付着量が1%以下にさえなっていることがわかる。それほど亜鉛はつきにくいものである。亜鉛付着量はデチゾンを用いて化学分析によって定量⁽³⁾した。

第2図は以上の実験に相当した蒸着膜の電子顕微鏡写真である。露出時間を変えて作った一連の試料によってその進行を直接見ることができる。真空度あるいは蒸気密度を変えることによって様相が大きく変わっている。

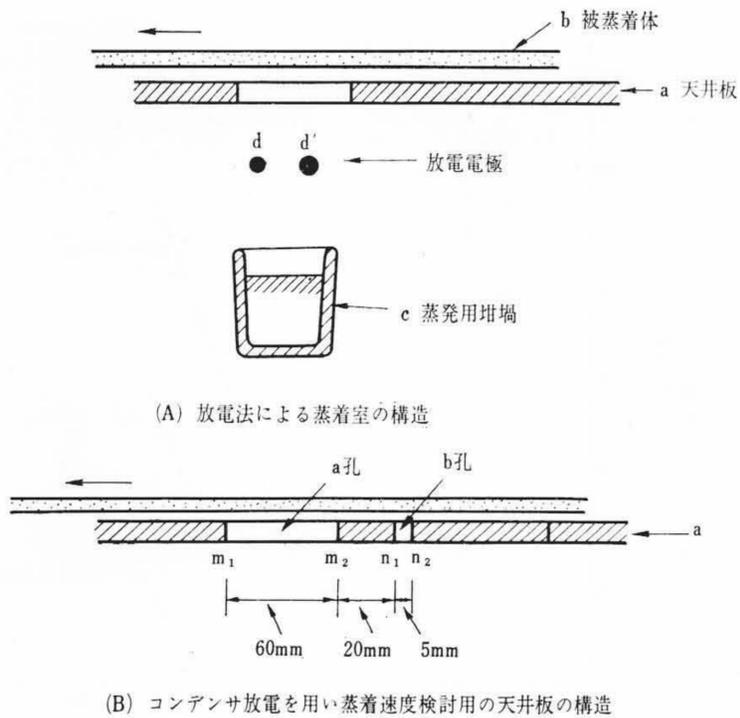
この電子顕微鏡観察の結果と化学的に求めた蒸着量測定の結果と、なおその膜の電気抵抗測定の結果とをあわせ検討したものの数例を第3図に示した。膜の形成の速度が蒸着条件によって大きく変わることを示している。

2.3 結晶核発生速度

同一の蒸着条件で露出時間のみを漸次増加して作った一連の蒸着亜鉛膜について露出時間(t)において、なお結晶によって被覆されないで残されている誘電体表面の面積と、その時間より $t + \Delta t$ の時間の間に増加した結晶の粒子の数を知れば、時間(t)における誘電体表面への結晶核の発生速度が求められる。この値は時間(t)と無関係のものと予想したが実測の結果では、この誘電体表面への結晶核の発生速度は露出時間とともに増加している。第4図にこれをまとめて示した。このように、結晶核の発生速度がほぼ露出時間の2~2.5乗に比例して増大する機構を完全に説明することはこの段階ではなお不可能であるが、誘電体表面に吸着していたガス分子が、亜鉛蒸気の衝撃またはその再蒸発ともなって脱着され、ここに洗浄された面ができると、そこに到達した金属蒸気はよりよくそのところにとり込まれやすくなるのではないかと考えられる。これらの反応にはまだ不明の点もあるが、このような現象が新しく見いだされたのは、今回採用した研究方法が、この種蒸着の基礎的研究にもきわめて効果的であることを一面意味するともいえよう。

3. 真空放電を併用する真空蒸着⁽⁴⁾

亜鉛の真空蒸着において結晶核の発生速度が小さいことが、この蒸着における多くの問題の起点となるので、工業的に金属化紙を作るときには二つのつぼを用い、まず銀のきわめて薄い蒸着を行な



(C) Zn 蒸気中に直流放電を行なった場合のグローの発生

第5図 放電法を用いた真空蒸着における蒸着室の構造

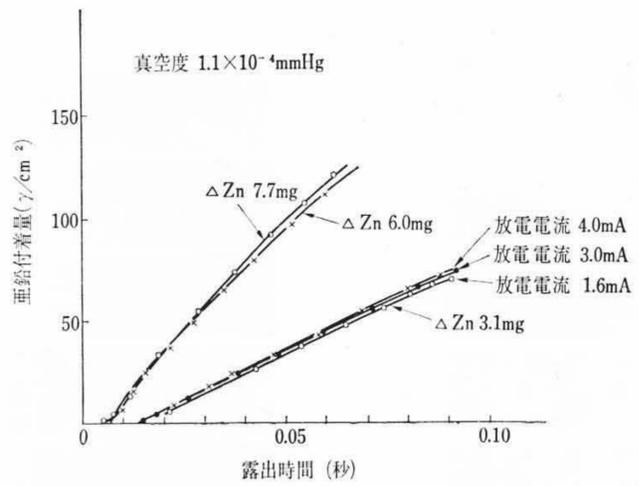
い、そのうえに亜鉛の蒸着を施す方法が広く行なわれてきた。銀は亜鉛と異なって再蒸発を行わず、しかもそれが亜鉛の結晶の核となり好都合なのである。今回その銀核法に対して放電を併用する蒸着法を完成した。

3.1 実験方法

その方法は第5図に示すとおりである。図の(A)で①は天井板でそのうえを②なる誘電膜が矢印の方向に進む、③は亜鉛蒸発用つぼ、亜鉛の蒸気は天井板の穴の部で誘電膜に衝突する。これまでは在来の蒸着法である。これになお d, d' なる放電電極をつけ加え、それが亜鉛蒸気流にあるようにしておき、ここにたとえば、ネオントランスの2次側電圧を印加すると、亜鉛蒸気流は美しい緑色に発光し、その中を被蒸着体が行くことになる。放電を行なわせると被蒸着面に到達する亜鉛粒子は電荷を帯びるため、この電荷によって粒子はその表面よりの再蒸発をおさえられて結晶の核となり、ために蒸着はきわめて容易に進行する。実際にはこの方法で、たとえば5 m/s というような速さで蒸着を行なうと放電の50 c/sによる濃淡が膜にできるので適当な放電用電源を用いる必要がある。

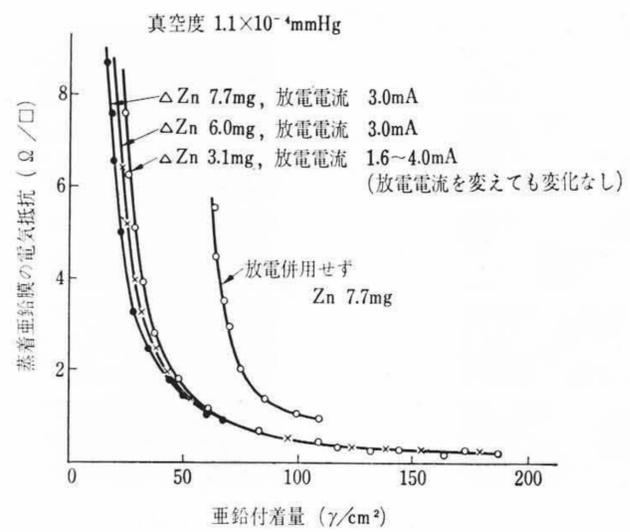
3.2 実験結果

第6図以下にその結果を示す。第6図は露出時間と亜鉛付着量との関係で蒸気密度の大きいものほど蒸着速度は大きい、ともにほぼ時間に比例して蒸着が進行している。第7図は亜鉛付着量と蒸着膜の電気抵抗との関係が蒸着時の蒸気密度あるいは放電の強さに無関係であって、またきわめて薄い膜でもなお良好な導電性をもっていることを示している。一方放電が極端に弱くても十分な効果を示しているのはその機構からもうなずける。第8図は電子顕微鏡によって観察した結果である。高い蒸気密度と低い蒸気密度とで、それぞれ露出時間を変えて蒸着を行ない、その蒸着の進行をみたもので

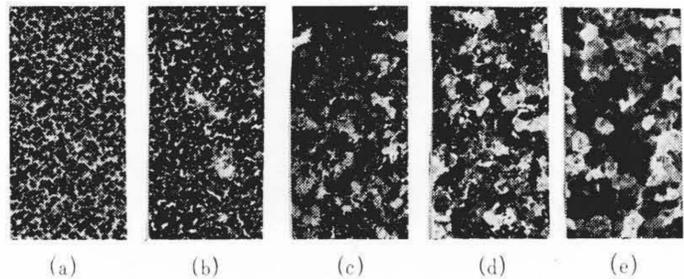


第6図 放電を併用した蒸着における露出時間と亜鉛付着量との関係

(放電電流を変化させた ΔZn 3.1mg 以外放電電流 3.0mA)

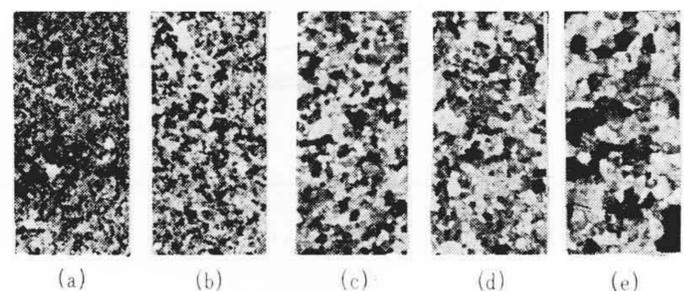


第7図 放電を併用した蒸着における亜鉛付着量と蒸着亜鉛膜の電気抵抗との関係



	a	b	c	d	e
10×100 mm 間の蒸着亜鉛膜の抵抗(Ω)	255	73.4	42	29.6	19.8
紙の移行速度 (m/s)	7.02	4.62	3.36	2.70	2.04
亜鉛の付着量 (γ/cm²)	20	32	38	49	59
露出時間 (秒)	0.0085	0.0129	0.0178	0.0222	0.0294

ΔZn 6.0 mg



	a	b	c	d	e
10×100 mm 間の蒸着亜鉛膜の抵抗(Ω)	91.8	63.6	38.2	24.6	17.4
紙の移行速度 (m/s)	3.00	2.52	2.10	1.50	1.20
亜鉛の付着量 (γ/cm²)	25	28	39	54	70
露出時間 (秒)	0.02	0.0238	0.0285	0.04	0.05

ΔZn 2.9 mg

(真空度 1.1×10⁻⁴ mmHg 放電電流 3.0mA)

第8図 真空放電を行なったときの亜鉛膜の結晶の発達する状態 (×7,500)

ある。これらの結果は放電を行わずに蒸着した第1図より第4図までの結果あるいは電子顕微鏡写真とそれぞれ対比してみると放電の効果が明らかとなる。

放電を併用するとき一方の電極を被蒸着体の裏側に位置させれば粒子は電氣的に吸引されて被蒸着体のほうに加速されるため蒸着の効率が上昇すると思えやすいが、このようにすると、いたずらに誘電体自体に大きな電圧がかかり蒸気中の放電が行なわれにくくなり、放電の効果も見られなくなる。たとえば、厚み 12 μ 程度のコンデンサ薄紙を用いると放電電圧を 15 kV にしても紙の耐圧の低い点で絶縁破壊が行なわれるのみで、安定した放電電流が流れず、蒸着それ自体には効果を示さず、しかも裏面の電極に紙が吸着されてしわができ、また吸着のため移行できなくなって紙が切断することもある。それに対し今回の考案のように、被蒸着面の前方に両電極をおくときには、被蒸着体の厚み、材質などに関係なく 4~5 kV 程度で安定な放電が行なわれる（これらはネオントランスを用い、その一次側の入力電圧を加減して求めた結果である）。

3.3 コンデンサ放電を併用した真空蒸着

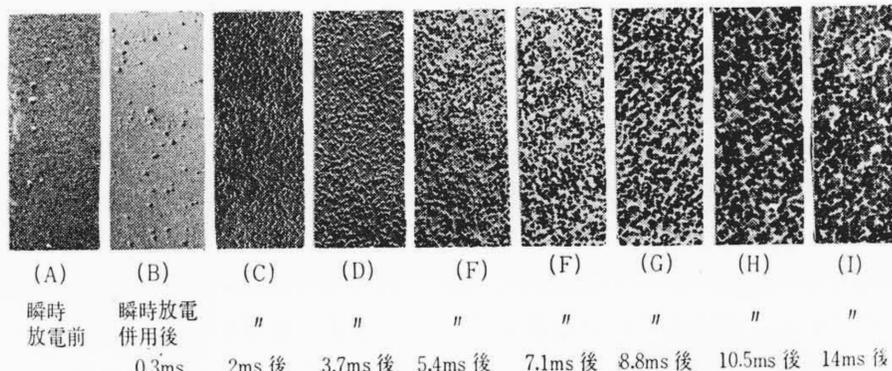
以上の方式では結晶の核の発生も、その生長もともに放電の持続下で行なわれている。これを分離して考察するために亜鉛蒸気流中で瞬間的放電を行ない、ついでこれを断って蒸着を試みた。その放電の電源としてはコンデンサの放電を用いた。

実験は第5図(B)によっている。この方の天井板には補助の穴がもうけてあるがこの穴はできた蒸着膜について、その各部の位置の決定に使用するものである。今少し詳しく説明すると、亜鉛蒸気流中で、誘電膜を一定速度で走らせておき、任意のときこれに瞬間的の放電を行なわせると天井板の穴の m_1 に近いところのものは放電を受けてすぐ天井板の裏にかくれるが m_2 の近くのもの、かくれるまでに長い時間蒸気中を走るの、 m_1 - m_2 の間には連続した時間的变化を示す蒸着膜が作られる。このとき補助の穴にあたったところにも同じく濃い補助の蒸着膜ができるので、できたのこぎりの歯状の蒸着膜の任意の点について、この補助の穴の n_1 点にできる明確な線からの距離を求め、その部が放電を受けてから引き続き蒸気中を走った時間を決定した。オシロ観察によると、放電電流は最高 350 A、それが急激に減衰するものであった。できた蒸着膜の電子顕微鏡写真を第9図に、一方別に亜鉛付着量を定量した結果などとあわせたものを第10図に示す。これらによると放電後約 3×10^{-4} 秒で、すでに放電の効果によって生じた結晶粒子がみえ始め、その数は 2×10^{-3} 秒で最大となっている。粒子の生長は露出時間にほぼ比例しているため粒子の統合が行なわれ、やがて粒子数は減少をはじめ。亜鉛によって被覆された面積の割合も放電後直線的に増加し、 5×10^{-3} 秒ですでに全面積の 75% に達している。なお巨大な蒸着粒子がみえるものがあるが、これは m_1 点に近い試料、逆にいえば放電を受けてからすぐ天井板の裏にはいったもの、いい換えると放電を受けるまでに相当長い時間通常の蒸着を受けた結果のものである（放電の効果を受けなかったものにみられる粒子と同一のもの）。

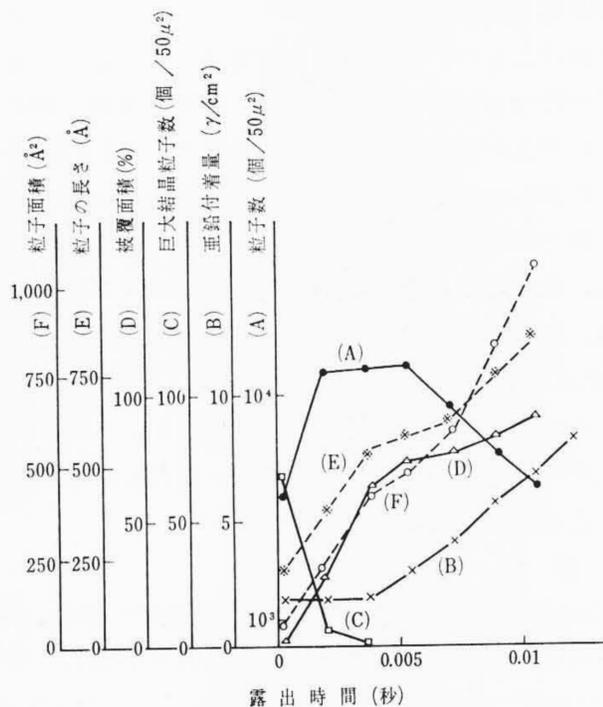
4. 蒸着亜鉛膜の自癒性

M. P. 蓄電器の絶縁抵抗および耐圧は、電極となる蒸着金属膜に十分な自癒性がある、はじめて満足な値を示すものであることは前にも述べたが、どのような蒸着膜がすぐれているか、また外部条件がこの特性にどのような影響をもつものであるかを検討した結果を次に示す。

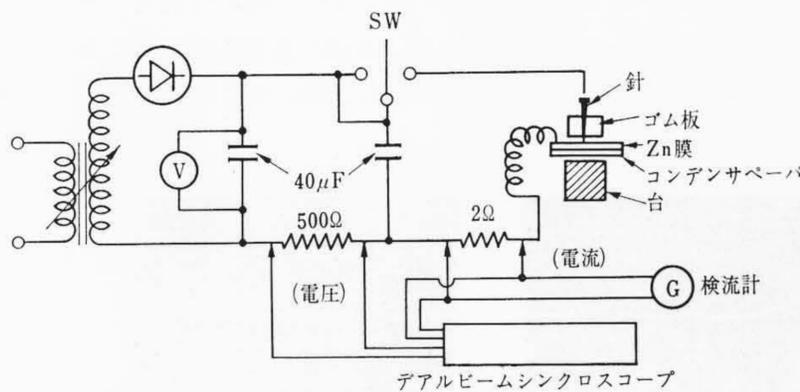
この蒸着膜の自癒性を明らかにするには、それをもって実際の



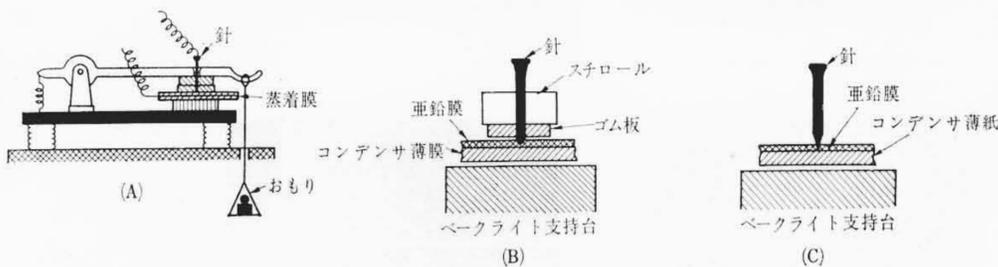
第9図 コンデンサ瞬時放電を併用した真空蒸着における亜鉛の結晶核の発生と発達の過程の電子顕微鏡写真 (×7,500)



第10図 コンデンサによる瞬時放電を併用した亜鉛蒸着膜における亜鉛結晶粒子数、亜鉛付着量、粒子の大きさ、亜鉛の被覆面積および巨大結晶粒子数の放電終了後の露出時間の経過に伴う変化



(イ) 自癒性測定回路



(ロ) 試料取付方法

- (A) 被覆形探針法試料取付法
- (B) 同上、試料取付部詳細
- (C) 開放形探針法試料取付法

第11図 探針法による蒸着亜鉛膜の放電の自癒性測定における測定回路と試料取付方法

M. P. 蓄電器を組み立てこれに電圧を印加してその自癒性を図ることによるのも一つの方法であるが、この方法によると用いたコンデンサ薄紙の特性、含浸剤の性質、コンデンサ素子の形状、および構

造，電圧印加の条件などが皆結果に影響するので，蒸着膜自体の自癒性を純粹に求めるには不都合のことが多い。

4.1 実験方法

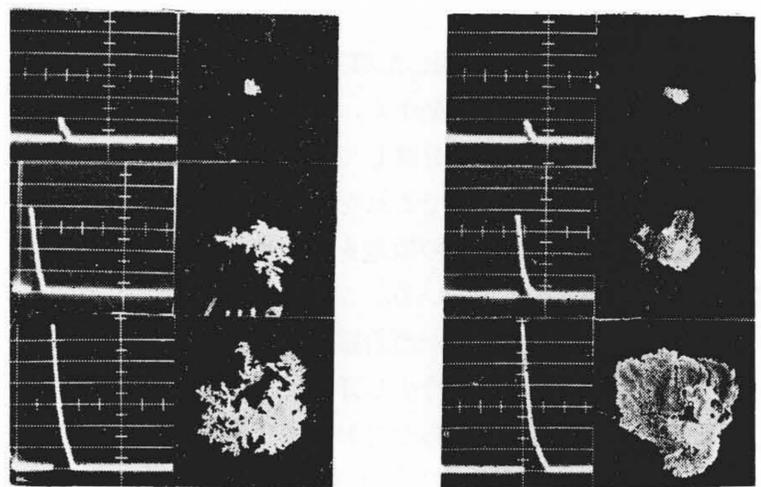
蒸着亜鉛膜の自癒性については第11図に示す探針法によってそれを測定し，各種条件を求めた。図において蒸着亜鉛膜に接して立てた針と金属膜との間に電圧をかけ電流を流すと，針の先端部の亜鉛膜はこの電流によって瞬間的に飛散し去って，回路が断たれ放電を終了する。自癒性の良好な蒸着膜ほど，急速に放電が終了し，その間に流れた電気量も小さい。これらの値と，そのとき飛散した亜鉛量とを測り，自癒性を定量的に表わしたのである。測定は蒸着膜の種類を変えたものと，放電の条件を変えたものについて行なっている。後者はまた①放電部を空气中に開放したもの，②放電部に空気を吹き付けたもの，③放電部を誘電材料で圧迫したもの，④放電を減圧下で行なったもの，⑤放電部に各種添加剤を加えたものに分けて，それぞれの場合の自癒性を吟味した。以下概要を示す。図についての詳しい説明は省略するが，要点はコンデンサに充電した電気量を針と亜鉛膜との間で放電させ，その時の変化を求めているのである。なおこのとき， C_1 ， C_2 なる二つのコンデンサを使用しているのは，はじめ二つのコンデンサを同一電圧に充電しておき，次いで C_2 を亜鉛膜と針との間で放電させると C_2 は瞬間的にわずかに電圧降下するが，この降下の値を C_1 との差として正確に求め，放電のエネルギー計算に用いたものである。ただし，今回はこの点についての記述を省略している。

4.2 実験結果

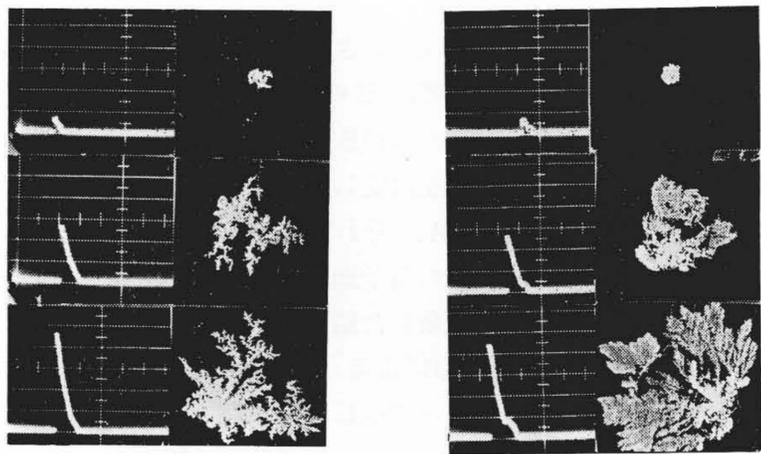
第12図には放電部を開放して行なった結果の一例を，第13図には放電部から5mmの点より2mmφのノズルを通して4気圧の空気を45度の角度で吹き付けた結果の一例をそれぞれ示した。前者では電流が600μsも継続しているのに後者では，それが100μs程度に短くなり放電の図形も風下に流されている。またいずれの写真においても，針を正極としたものと負極としたものとは放電の図形が違っているが，これらは誘電体表面の沿面放電に関して Lichtenberg⁽⁵⁾ 図形あるいは Dust figure⁽⁶⁾ 法によって検討されているものとまったく同一のものとなっている。今回の蒸着膜の放電における溶断もまず針の先端部の蒸着膜が気化し，ついでこの金属蒸気

中の放電が漸次四方の蒸着膜を浸食し拡大するという方式をとっていると考えられる。

蒸着膜の厚みの影響はというと厚さが増すと放電の電気量も増す。ただし，このことは次に示す誘電材料で放電部を圧迫した結果でも同一傾向となるので詳しい記述は省略する。第14図以下に誘電材料で放電部を圧迫したときの結果を示した。第14図と第15図は弾動検流計を用いて測った結果で，前者は同一蒸着膜について放電部を誘電材料で圧迫する強さを変えた場合，後者は同一圧迫力で蒸着膜厚を変えた場合である。圧迫圧力が増すと放電電気量が減少し，膜厚が増すと放電電気量が増す。この2点は M.P. 蓄電器用蒸着膜の自癒性を考えるときの一つの基礎となるもので，そのために薄く均一な蒸着膜を作るのに苦心するのでもある。第16図以下にオシロ観察の結果の数例を示した。第16図は比較的厚い膜に，第17図は薄い膜に同じ電圧500Vを印加した結果である。薄い膜のほ



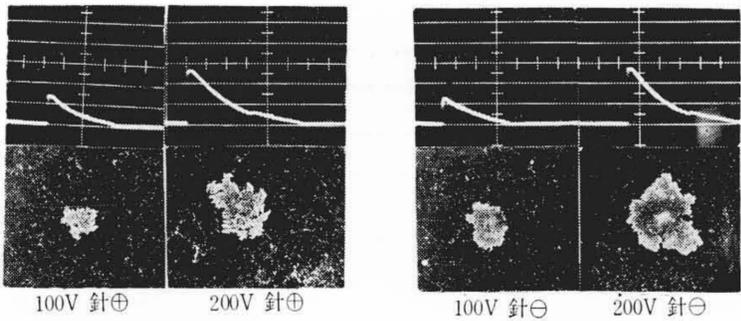
(A) 蒸着膜厚 105 g/cm²



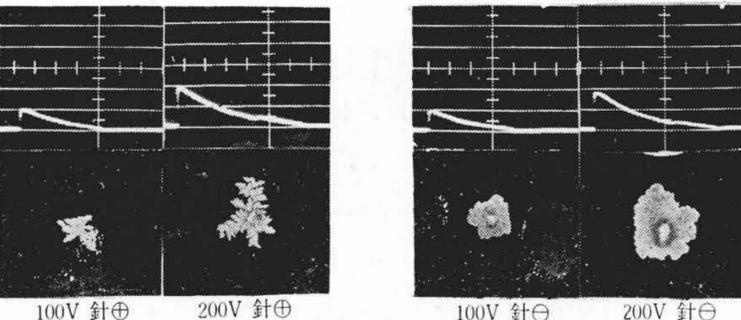
(B) 蒸着膜厚 50 g/cm²

オシロ写真 X軸 100 μs
Y軸 20 A 放電図形 ×1
(写真3枚1組，上から印加電圧 100, 300, 500V)

第13図 空気吹付形探針法による蒸着亜鉛膜の自癒性測定時の放電電流のオシログラムならびに蒸着亜鉛膜上の放電図形



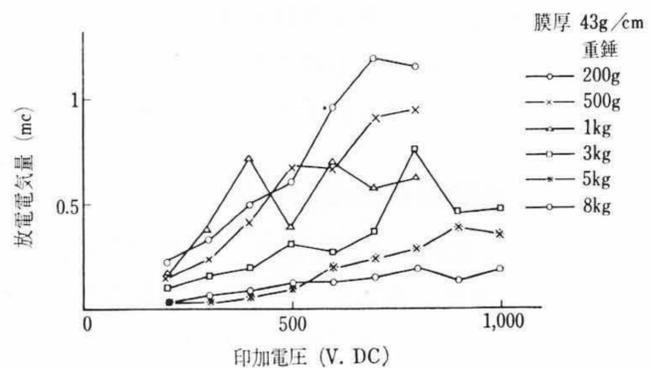
(A) 蒸着亜鉛膜厚 50g/cm²



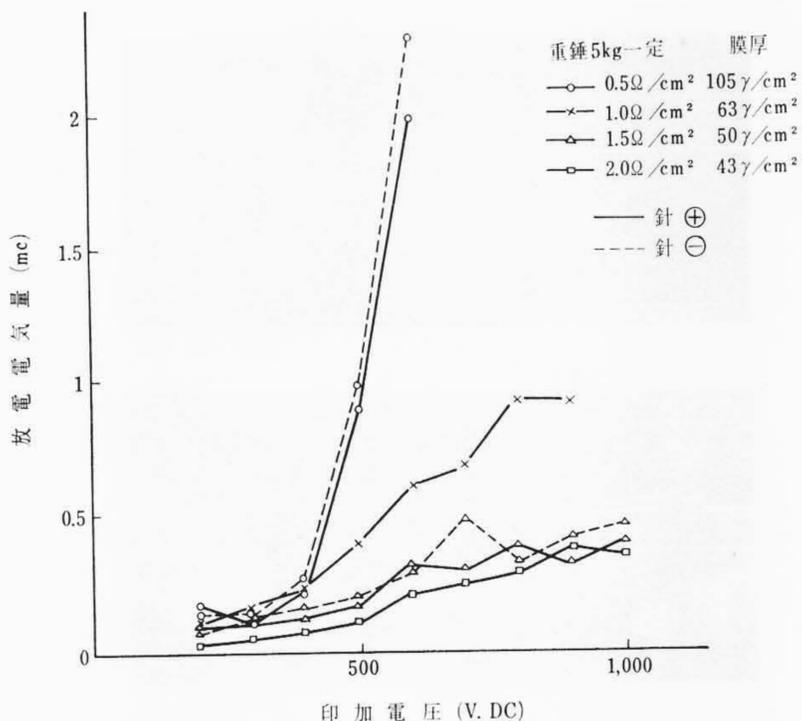
(A) 蒸着亜鉛膜厚 105g/cm²

オシロ写真 X軸 100 μs
Y軸 20 A 1目盛 放電図形 ×1

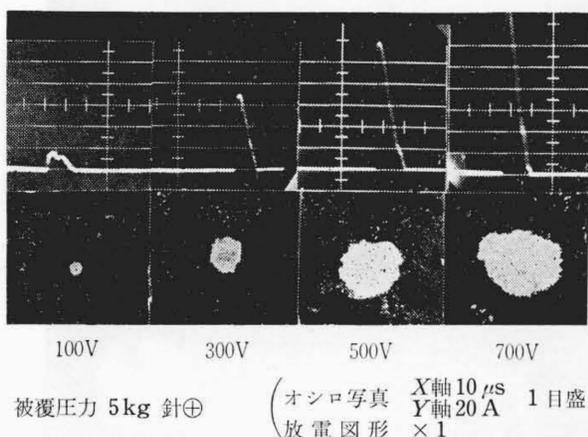
第12図 開放形探針法による蒸着亜鉛膜の自癒性測定時の放電電流のオシログラムならびに蒸着亜鉛膜上の放電図形



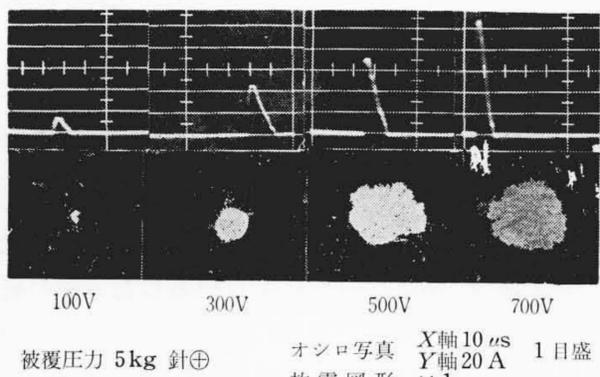
第14図 被覆形探針法による蒸着亜鉛膜の自癒性測定における印加電圧と放電電気量との関係
その1 被覆圧力の影響(弾動検流計法)



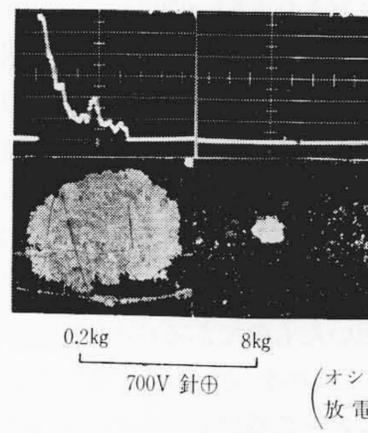
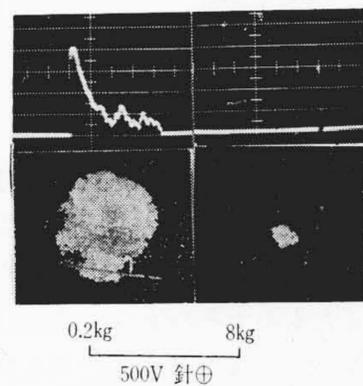
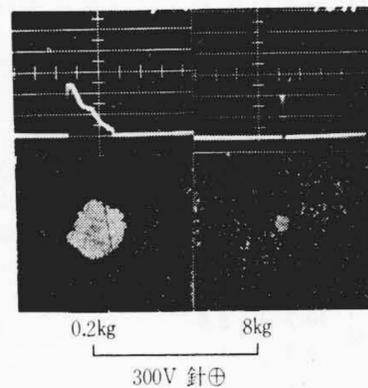
第15図 被覆形探針法による蒸着亜鉛膜の自癒性測定における印加電圧と放電電気量との関係
その2 蒸着亜鉛膜厚の影響(弾動検流計法)



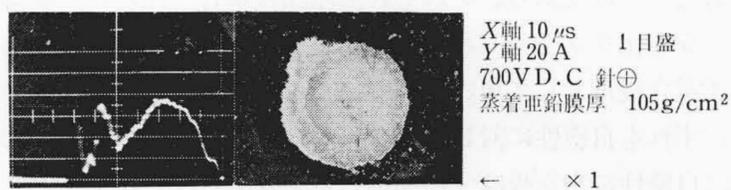
第16図 被覆形探針法による蒸着亜鉛膜の自癒性測定時の放電電流のオシログラムならびに蒸着亜鉛膜上の放電図形
その1 印加電圧の影響, 蒸着亜鉛膜厚 105γ/cm²



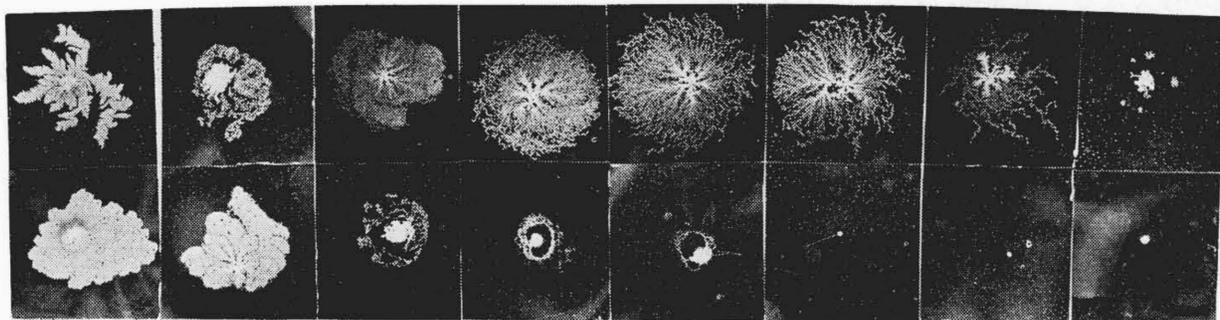
第17図 被覆形探針法による蒸着亜鉛膜の自癒性測定時の放電電流のオシログラムならびに蒸着亜鉛膜上の放電図形
その2 印加電圧の影響, 蒸着亜鉛膜厚 50γ/cm²



第18図 被覆形探針法による蒸着亜鉛膜の自癒性測定時の放電電流のオシログラムならびにその蒸着亜鉛膜上の放電図形
その3 被覆圧力の影響, 蒸着亜鉛膜厚 50γ/cm²



第19図 被覆形探針法による蒸着亜鉛膜の自癒性測定時の放電電流のオシログラムならびに蒸着亜鉛膜上の放電図形
その4 異常放電図形とそれに対応する放電電流のオシログラムの一例



(A) 1気圧760mmHg (B) 150mmHg (C) 80mmHg (D) 40mmHg (E) 20mmHg (F) 10mmHg (G) 1mmHg (H) 1.1×10⁻⁴mmHg
放電図形 ×1 上段針⊕, 下段針⊖

第20図 減圧形探針法による蒸着亜鉛膜の自癒性測定時の蒸着亜鉛膜上の放電図形
(印加電圧 300V 蒸着亜鉛膜厚 45γ/cm² マイラフィルム使用)

第1表 蒸着亜鉛膜の自癒性におよぼす添加剤の影響
(印加電圧 300 V 蒸着膜厚 50 γ/cm^2)

	1	2	3	
エチルアルコール	1.8	1.2	1.4	1 放電々気量の倍加度 2 消失亜鉛量の倍加度 3 消失亜鉛量に対する放電 電気量(mc/ γ)の倍加度 mc=ミリクーロン $\gamma=10^{-6}$ g
トリオール	1.6	1.2	1.3	
トランス油	1.5	0.9	1.6	
ニトロベンゼン	5.3	3.1	1.6	
トリクロールエチレン	10.0	5.5	1.6	
クロホルム	14.0	8.0	1.7	
四塩化炭素	26.9	10.7	2.5	
クロールベンゼン	10.0	0.3	25.5	
トリクロールベンゼン	46.0	2.7	16.8	
3塩化ジフェニール	146.0	4.8	21.1	
5塩化ジフェニール	158.0	2.9	53.8	
ジクロールナフタリン	11.5	7.9	1.4	
プロムベンゼン	3.1	0.5	5.7	

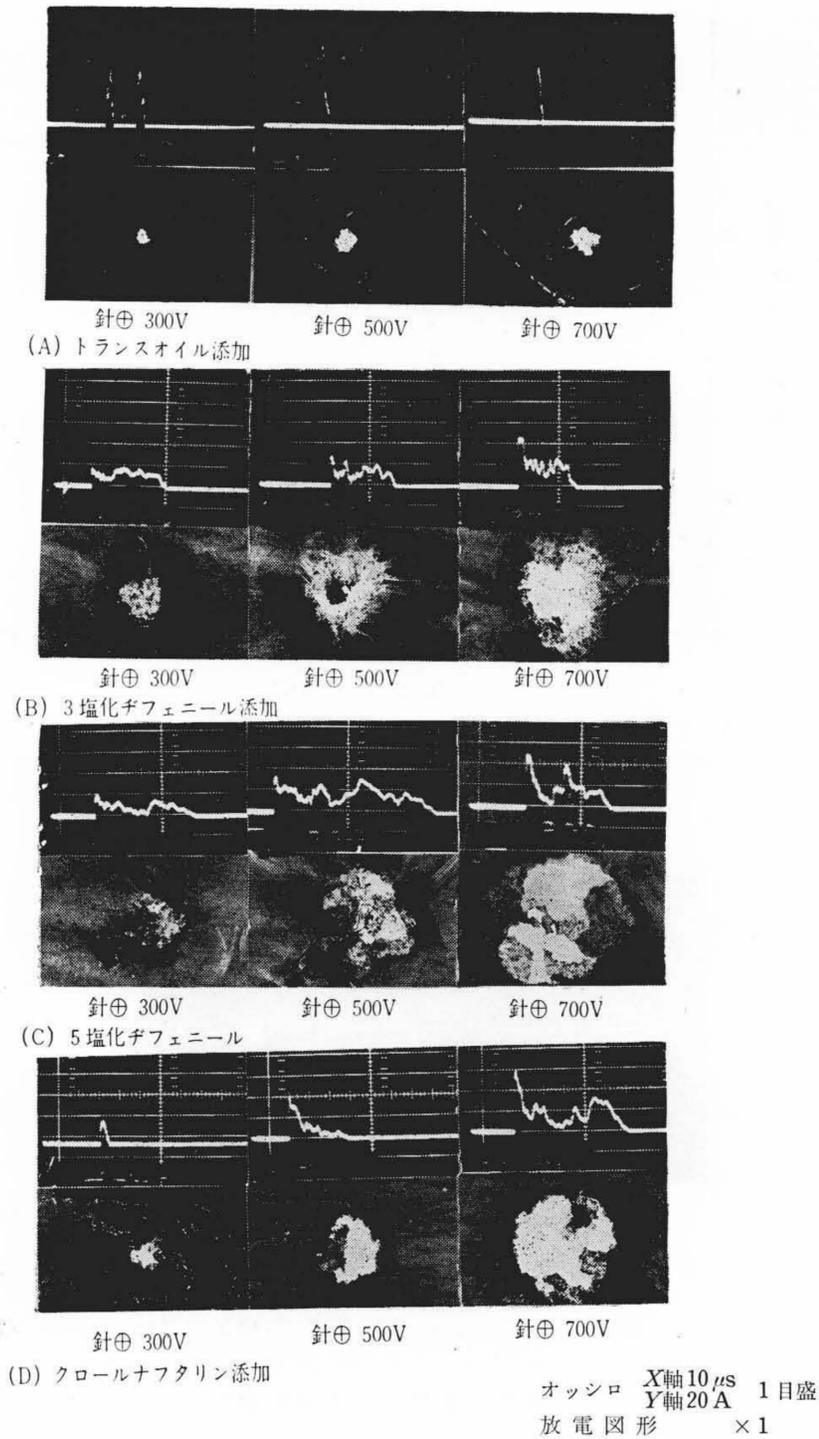
うが放電継続時間、電流がともに小さい。また第18図は同一厚みの蒸着膜を誘電材料で2様の圧力で圧迫しながら電圧を印加した結果であるが、その圧迫の主効果は放電電流の遮断にあることがわかる。700V印加で強くおさえたものでその値が2~3 μs 、弱くおさえたもので約40 μs 、そのため2つのものの亜鉛の飛散量もほぼこれと同じ比をなしている。なおこれと同一の膜に開放のまま電圧を印加した第12図中の結果が200V印加ですでに継続時間600 μs とのびていることも圧迫の効果の大きいことを示すものである。時によると、放電の電流が一度低下して、また上がることもある。これは圧迫の不均等によるものと考えられる。第19図はその一例である。

減圧の下で行なわせると興味ある図形が蒸着膜上に求められる。そのいくつかは第20図に示すとおりである。これは直径40cmのデンケータ中で採針法を用いたものである(開放形)。蒸着膜としては50 γ/cm^2 のマイラーベースの金属化紙を使用した。印加電圧は300Vで針を正極としたものと負極にしたものとの示してある。

採針法で蒸着膜の自癒性を求めるとき、あらかじめその部に各種添加剤を加えておくとその効果がみられる。すなわち、蒸着金属面上に添加剤を液体のものはそのまま、固体のものは適当な溶剤に溶かして塗布し、溶剤を除去してより、そのうえを誘電材で圧迫し、採針法で自癒性を測定した。第1表はその弾動検流計によって求めた結果の一部である。それぞれ無添加の場合と比較した数値を示した。5塩化ジフェニール、3塩化ジフェニールなど従来の蓄電器に高誘電含浸剤として用いられていたものも含めて、ハロゲン化合物はいずれも自癒性に対して好ましくないものばかりであった。第21図は自癒性に害を及ぼす添加剤と害を及ぼさない添加物とを用いて行なった放電のオシログラムおよび放電の跡の写真を示したものである。5塩化ジフェニールなどではきわめて長い時間電流が流れ続けている。これは放電によって添加物が分解してできたものによるものと考えられる。事実この種の含浸剤を用いてM.P.蓄電器を作ると、耐圧、絶縁抵抗ともに極度に悪くなる。

なお、この種添加物の影響を求めるときには、蒸着膜の厚みに注意する必要がある。膜が厚くなると添加物の効果が相対的に弱められる。

詳しい記述は省略するが、採針法で自癒性を測定するとき、その部を誘電材料で被覆することなく、全体を特定の中に入れて測定すると(たとえば四塩化炭素の蒸気中で)なんらかの効果が出るのではないかと予想したが、予期に反した。その原因は放電部には密度の高い亜鉛の蒸気ができ、添加気体はその機構より排除されるためと考える。



第21図 各種添加剤を併用した自癒性の放電孔と放電電流波形のオシログラム
(蒸着亜鉛膜厚 50 γ/cm^2)

5. 結 言

はじめに述べたように、本報告は断片的なものとなったきらいがあるが、それはM.P.蓄電器の製作を目標とした一連の研究のうち高性能の自癒性をもつ蒸着膜の製造に関して行なったものの抜萃であるからである。本研究全体としてはM.P.蓄電器の製作に成功し、その工業化を達成したが、その間終始ご指導を賜った東京工業大学斎藤幸男博士、武蔵工業大学鳥山四男博士ならびに日立製作所関係各位に厚く謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) J. Frankel: Zf. Physik, 26, 117 (1924)
- (2) R. S. Sennet, T. A. McLanchlen, G. D. Scott: Cand. J. Phys., 30, 370 (1952)
- (3) 山辺: 日立評論 34, 71 (昭 27)
- (4) 山辺: 日本特許第 193650 号 (昭 27), 第 214406 号 (昭 30)
- (5) たとえば電気学会: 放電ハンドブック 337 (昭 33, 電気学会)
- (6) 鳥山, 篠原: 電気絶縁論 (昭 10, 共立社) その他