

短間隙火花放電に於ける波長 10 mm 前後の

電波の検出について

庄 野 久 夫

On the Detection of 10 mm Region Microwaves Generated by Narrow Gap Electric Sparks

Hisao SHONO

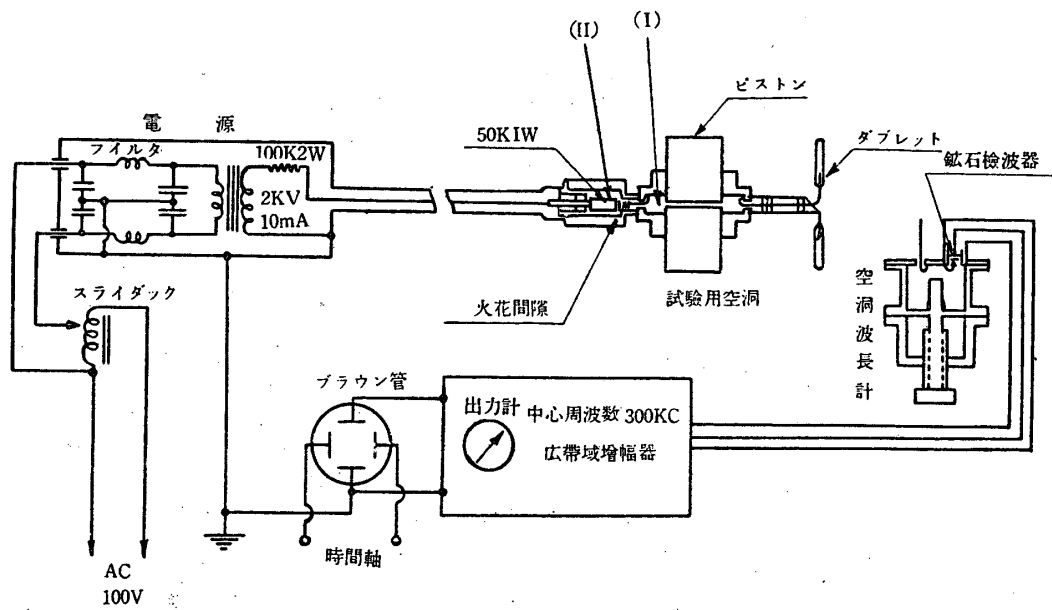
ABSTRACT: In the course of experiments using microwaves generated by electric sparks for the study of cavity resonator in 15 cm wave length range, we observed the generation of waves of much shorter wave length in the region of 1~3 cm. We excited the sparks with DC, AC and pulses, but the most essential point for the generation of wave length of 1~3 cm is the gap length between electrodes whose optimum values are 0.07~0.10 mm. Aluminum, tungsten, silver and german silver were used for the electrode material, but tungsten was most favourable. (Received November 20, 1951)

1. 緒 言

従来、波長 7 cm より長くて広い範囲の電波の発生にはアルミニウム円板と中央に穴をあけた適当な厚さのマイカ板をはさみ、これを数枚重ねて高抵抗を通じて高電圧を供給する方法が簡便で容易であることが見出されていたので、⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾この方法に従いクライストロンに使う空洞共振器⁽⁴⁾を波長 15 mm 附近の波で実験を行った。この際空洞共振器の同調ピストンの位置に無関係に波長 10 mm 前後の振動が検出されることがわかつたので、電極材料、電極間隙、印加電圧などを変えていくつかの実験を行った。その結果、波長 17 mm 程度以下の波は間隙がほぼ 0.07 mm 以下の時に強く発生することがたしかめられた。しかしこのような短間隙では長時間同じ状態を持続することが困難であつたので、この間隙を周期的に変化する方式、すなわち振動接点を用いることにより、比較的安全にしかも長時間発振が続けられることを見出した。

2. 測定装置

第 1 図に装置の大要を示す。この図に於いて火花間隙は厚さ 0.35 mm の軟質アルミニウムの直径 9 mm 円板と、中央に直径 2 mm の穴のあいた厚さ 0.05 mm 程度のマイカをはさみ、これを 5~6 枚かさねてガラス円筒に入れ、空洞 (I) に接する小部屋 (II) に置き、小さいループで (I) に結合した。検波器はこれまで林、阿部氏等が用いたもので、⁽²⁾⁽³⁾波長 7~40 cm 程度に用いる空洞波長計であつて、鉍石検波器は空洞の壁につくりつけになつている。この出力を 6C6-6D6 等を用いた抵抗結合の広帯域増幅器で増幅した。これは中心周波数が約 300 Kc で、中心にくらべて利得が -3db になる点は 120 Kc と 580 Kc であつた。これは、火花放電には数 100 Kc の成分が多いという山本氏等⁽⁵⁾の実験に基づいて製作したものである。利得は約 70db で、この出力を整流しマイクロアンメーターで読み、あるいは出力の一部を検波後ビデオ増幅を行い、ブラウン管で波形を観測した。空洞で分離された波は同じく空洞に結合した小さいループで同軸部にみちびかれ、ダブレットを通じて輻射された。この



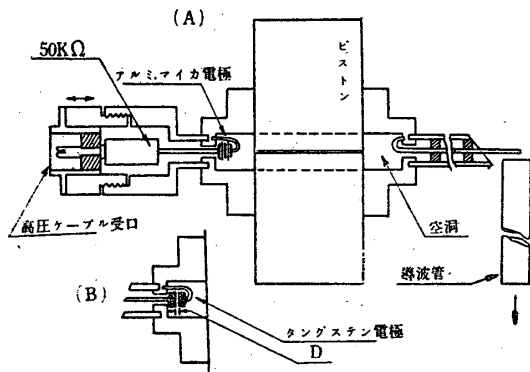
第 1 図

場合の波長分布は 8.1~43cm 程度である。しかし両側のピントンの間隙をなくして、すなわちドーナツ型にした状態でも、波長 4~5 cm 以下の短い波がこの空洞を通過して同軸部を経て出るのが検出されるのである。輻射用のダブレットを改めて、第 2 図の如く直線のアンテナとし、こ

後この方法によつたが、結合用のループの面積は間隙側が約 0.5 cm²、出口が 0.25 cm² 程度であつた。

3. 実験 (I)

3cm 以下の短い波を得る目的から第 2 図 A のように火花間隙に用いるアルミ板とマイカの枚数を減じ 1~2 組のものを用いて実験した。その上ケーブルコネクタと小部屋との結合部のネジを利用して回転することによつて、空洞との結合用ループの一端と、抵抗の先端につけた金属棒との間隔を変えることにより、火花間隙に加わる圧力を変化してみた。圧力を加減すると必然的に火花間隙の長さが変化するらしく、発振の状態が大きく変化した。このとき圧力の少い点では比較的安定な放電が行われた。このときには 17 mm 以上の波が強くてそれ以下の波長は検出されないことが多く、圧力を加えて行くと、或点から非常に不揃いな、しかも間隔の大きい発振が起り、波長 12mm 以下の波も S/N が 10 以上のこともあつた。適当なフィルターがなかつたために、任意の円形金属パイプを利用し、この遮断周波数以上を同時に検出するという方法を用いたので波長分布は測定出来なかつたが、このような方法で測定した一例を第一表に示す。この中の A, B, C, D はこの順序に圧力を適当にかけて行つた場合の変化である。この時の増幅器の雑音出力は約 10 μA



第 2 図

の近くに円形の金属パイプを導波管として、検波器の同じ直線アンテナにみちびいた。なお、検出用空洞波長計のピストンはぬき去つた状態が比較的感度が高かつたので殆んどこの点で測定したが、5cm 以下の短い波は、発振器空洞のピストンは勿論、検波器のピストンのどんな位置でも共振する点は見出せなかつたので、両者の空洞は専ら嚴重にシールドされた結合用の空洞として使用したにすぎない。

次に火花間隙は第 2 図のように空洞の中においた方が、短い波に対して能率がよかつたので、以

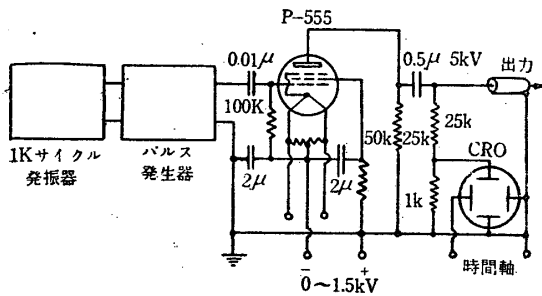
第 1 表

導波管直徑 mm	導波管長 mm	遮断波長 mm	出 力 μA			
			A	B	C	D
16.5	120	28.15	35	440	160-230	150-200
11	175	18.76	30	160	60-140	50-70
10	173	17.06	10	130	60-110	20-30
8	178	13.65	0	0	10-20	20-25
7	70	11.95	0	0	0	15-20

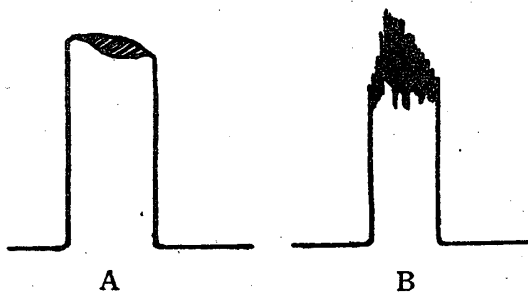
であつた。以上のことから間隙の大きさによつて発振条件が変り、特に短間隙の場合に 17 mm 以下の波が含まれることが明らかになつた。

4. 実験 (II)

出来得る限り短い波を出すために間隙をせばめると、新しく磨いた面でも 1 分間以上良好な状態に保つことは困難であつた。又この時間内でも出力の変動がかなりはげしかつたので、安全化する目的で短時間宛くり返して正確な形の電圧を印加する方がよいのではないかと考え、第 3 図のようなパルス発生器で、幅が 10-500 μs 程度の矩形波インパルスを繰り返し周波数 1000 サイクルで用いたが、第 3 図のように接いだ CRO に



第 3 図



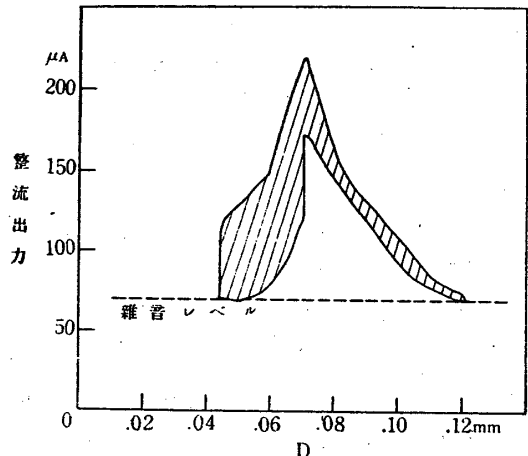
第 4 図

は第 4 図 A のような、又検波器出力の CRO には B のような波形があらわれた。パルスの幅を 10 μs 以下にすると発振が停止してしまつた。次に

アルミニウムの間隙をやめて、ループの一端に白金板を、移動し得る電極に直徑 4mm のタングステン電極を用いて試みたが、2.3 cm 程度の波迄しか発振出来なかつた。この時白金が (-) 側の方が比較的安定であつた。第 2 図 B のように兩極共にタングステンの場合には 2-3 分間の短間隙発振にたえることが出来た。以上の何れの場合にも印加電圧をインパルスにしたために電極の消耗、短絡などは直流或いは 50 サイクル正弦波の場合より少かつたが、特に発振出力が安定であるということは見られなかつた。又この実験中炭酸ガス、石炭ガス等を還流させて運転を試みたが、特に改善された傾向はみとめられなかつた。

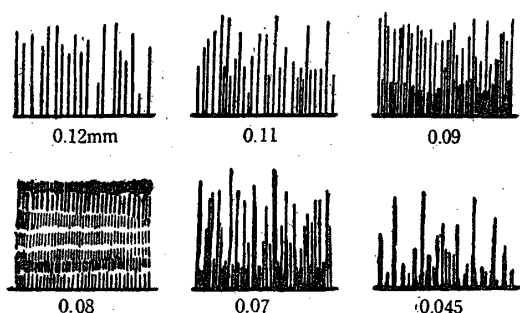
5. 実験 (III)

次に第 2 図 B の間隙 D を変化させ、又 3cm 以下の短い波はすべて通過する導波管を用いて出力の状況をしらべた。先づ空洞を (-) 側とし直流の 1000V を抵抗 50 k Ω を通じて加え、D を 0.13mm から 0.045mm 迄変化した時の出力の変化を示せば第 5 図のようになり、0.07mm 以下で急に変動が大きくなつてゐる。この時 CRO に



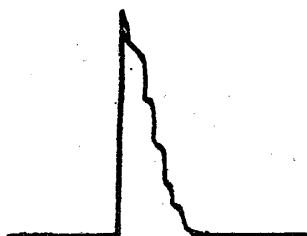
第 5 図

現われた出力波形のスケッチが第6図である。この時の出力は殆どパルス形をして居り、CROと同時にスピーカーで聞くと、0.12mmの間隙で始めて発振を起し、数 μ sのパルスがバラバラ聞え、次第に間隙が狭くなるに従つて繰返し周波数が高くなり、0.09mmでは約10kc程度の音がきかれ、時にバラバラと不安定になるが、その尖頭出力値は揃つてくる。次で0.08mmでは愈々線



第6図

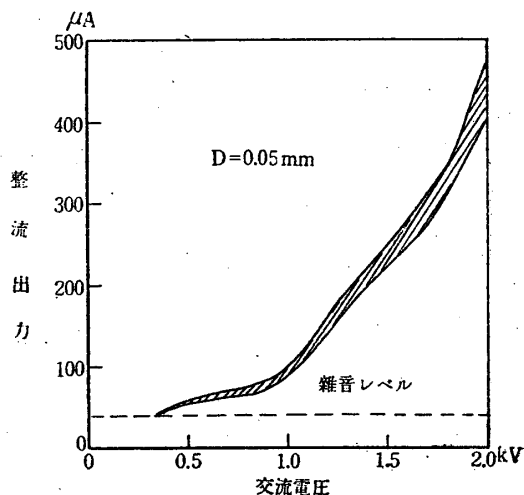
返しが速くなり、12kc附近となる。出力の不安定さは殆どみられず、この時CROの縦軸には数本の縞が観測される。この場合の各々のパルスは第7図のような幅10 μ sに近く、しかも階段状鋸歯状波形を呈しているようにみられる。0.07mmになると急に不安定さは増し、一本宛のパルスの幅は数十 μ sとなり、間隔も大きく、ゴーツと云う音がきかれる。幾分階段状放電の徴候がみられ、0.05mmをすぎると単純な数十 μ sのパルスが $\frac{1}{2}$ 秒内外の間隔を置いて間けつ的にバラバラと発振をし、2-3分にして発振は停止してしまう。



第7図

このように僅かの間隔の変化が大きく出力の傾向に変化を来し、特に間隔が短くなるに従つて、間隔の状況変化が著しく目だつために、それぞれの値の間隙に保ち乍ら放電を持続し得る時間は短縮されてしまう。以上のような実験は交流50サイクルを供給しても試みたが、殆ど同じ傾向で、幾分発振持続可能時間は延長された。これは1サイクル中発振の停止する時間が相当あり、電極には交互に正負の電圧がかかるために良好になるの

であるが、0.05mmの間隙で5-6分間以上連続使用することは困難であつた。なお0.05mmの間隙で700K Ω の抵抗を通じて400~2000Vの50サイクルの正弦波を加えた時の出力の変化を第8図に示す。この場合電圧上昇に伴い、一周期中の

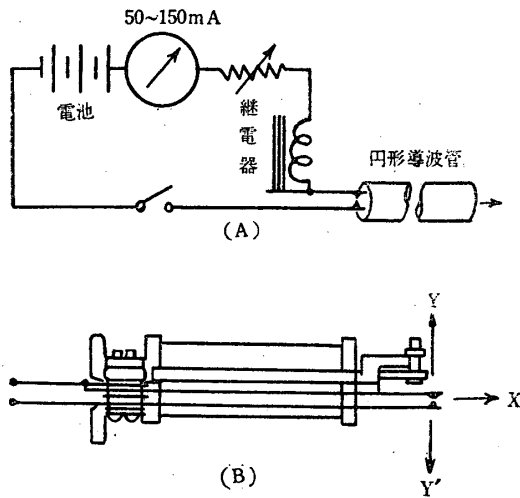


第8図

発振持続時間が長くなるとともに、尖頭出力も幾分増加している。この交流の場合には直流に比べて出力の変動は比較的少かつた。

6. 実験(IV)

以上のように短い波が出てしかも比較的安定な出力を得るための間隙は、電極の変化などの影響で長時間同じ状態に保つことが困難であることがわかつたので、自動的に間隙が周期的変化をする方法について考えてみた。即ち振動する接点から一周期に2回は最良の点を通る筈であると考え、とりあえず手許にある数種類の継電器の接点について調べてみた。それらの接点から出る波の分布を特に5cm以下についてみると、殆ど全部の接点から3cm程度の波迄は検出された。特に電話用継電器で、銀或いは洋銀の単接点でしかもアームの長いものからは、相当強く3cm以下が出ていることを見出した。そこでこれをブザーとして用いることにし、第9図Aのような配置で振動を行かせたところ、第9図Bに示す如く、x方向に特に強く輻射され、偏波面は接点の振動方向のy軸方向であつた。円形導波管による通過波には9mm程度の波が含まれていることが確認出来た。この方法では1~2時間の運転によ



第 9 図

つて状況の変化することは先づみられなかつた。

7. 結 言

15cm 附近の波を発生させる目的で製作した空洞及び検波器が幸に嚴重なシールドが施された状態であつたためと、検波器の構造が特に短い波に対してもその能力を失わなかつたために、比較的簡単に、この領域の波が電気火花の中に含まれていることが見出された。又従来この形式の発振器に専ら用いられて来たアルミニウム電極以外で

も良好に発振する電極材料が判明し、特にタングステンは消耗に耐える点からも好適であることがわかつた。なお 17mm 以下の短い波の発生には間隙長が 0.05 mm 程度という極めてせまい間隔でしかもせまい範囲しか用いられないことがわかつたが、固定間隙ではこの状態を長く保つことは困難であり、その点で継電器の如き振動する簡単な接点がある有利であることを見出した。なおこの実験の延長は引きついで行われたが、これについては次の報告に於て述べることにする。

本実験に際して直接御教示を仰いだ熊谷寛夫教授に深く感謝する。また実験上便宜を與えられた林巖雄、阿部英太郎兩氏並に助言を賜つた電気通信研究所宇野秀郎氏、名古屋大学荒川泰二氏に対し、心からなる御礼を申し上げる

文 献

- (1) 林巖雄・阿部英太郎：理工研報告 3(1949) 131.
- (2) " " : " " 253.
- (3) 籍田光一・林巖雄：応用物理 19 (1950) 143.
- (4) 熊谷寛夫・山田和郎・庄野久夫：理工研報告 4 (1950) 7
- (5) 山本賢三・長谷部堅陸：電気学会雑誌 69 (1949) 161, 363.

(1951 年 11 月 20 日受理)