



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	電波の遮蔽
Author(s)	浅見, 義弘; 松浦, 貞夫
Citation	Memoirs of the Faculty of Engineering, Hokkaido University, 8(1), 1-10
Issue Date	1948-02-20
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/37746
Type	departmental bulletin paper
File Information	8(1)_1-10.pdf



電 波 の 遮 蔽

教 授 淺 見 義 弘
助 手 松 浦 貞 夫

(昭和 22 年 1 月 15 日)

Studies on the Electromagnetic Screening

Yoshihiro Asami and Sadao Matsuura

Abstract.

This is the experimental studies on electromagnetic screening for damped and undamped ultra-short waves.

At first the screening effects of closed metalboxes and metal wire meshes for undamped ultra-short waves were investigated.

Then the leakage of the electromagnetic field from the insulated lead wires, small holes and narrow gaps or slits on the surface of the metal box, their dimensions having been compared with the wave length of the electric waves, were investigated.

At last the same problems as above were studied for damped waves generated by oscillatory circuits using spark gaps.

目 次

I 緒 言	1
II 概 説	2
III 細隙の共振現象	3
IV 絶縁線に依る電波の漏洩	5
V 遮蔽装置の共振現象	7
VI 結 論	8

I. 緒 言

低周波乃至ラヂオ周波電磁界に對する遮蔽は比較的簡單であり、既に發表せられたものも相當多く見受けられるが、⁽¹⁾超短波乃至極超短波に對しては遮蔽箱が電波の波長と同程度或はそれ以上の大きさに達する爲、理論上にも取扱い難く實驗結果の發表せられたものも極めて少い。又發電機の刷子、内燃機關の着火栓其の他電氣火花を發生する回路から發射される減衰電波が、超短波の通信に甚しい妨害を與えることは古くから知られた事實であり、遮蔽によるその防止方法に關して既に發表せられたものも見受けられるが、未だ完全に妨害を消去したという事を聞かない。⁽²⁾

斯くの如く超短波の遮蔽は極めて困難なものとされてゐるが、著者等は種々の角度から此の問題に關する研究を進めてきた所、果して遮蔽箱が電波の波長と同程度に達すると、二三の特異現象が現れる事を知つたので、その一部は既に發表したが、⁽³⁾茲に其の後に於ける實驗結果をも取纏めて報告する次第である。

II. 概 説

火花間隙を有する電気回路より発生する減衰電波が、無線通信、特に超短波の通信に對し甚しい妨害を與える事は周知であり、之に關しては既に幾多の論文が發表されてゐる。⁽²⁾ 此の妨害電波は、各種電気回路に於ける火花放電に依り減衰電気振動が発生し、外部に輻射するものであつて、その波長は極超短波から短波範圍以上に迄及んでゐるのである。之等の妨害作用の輕減或は除去手段の一つとして、電源をも含め電気回路全部を銅板或はその他の金屬板で遮蔽することが考えられるが、實際問題としては、之でも尙超短波範圍に於いて相當の漏洩があり、嚴密な遮蔽は不可能であつた。

そこで、吾々は最初に火花間隙を含む單純な電気回路より発生する妨害電波を遮蔽することから、更に進んで、一般的な遮蔽裝置に對する超短波の漏洩並に侵入現象を明らかにする爲、種々の實驗を行つたのである。

本實驗用に使用した遮蔽箱は、厚さ 0.2mm の銅板で蔽はれ、120cm × 85cm × 75cm の大きさを有して居り、前面は兩開の扉になつてゐる。

先づ此の遮蔽箱の中に連續波發振裝置又は火花間隙を入れ、外部の漏洩電界を調べた結果、次の様なことがわかつた。

- (1) 波長 0.2 乃至 80 m の連續波發振器を電源電池共全部前記銅箱内に納め、完全に密閉すると、漏洩は殆んど零となつた。
- (2) 銅、眞鍮又は鐵製の金網 (1 cm² 當りの目數 1~400 箇) は極超短波に對して相當有効な遮蔽効果を示した。

$$D = 20 \log_{10} \frac{E_0}{E_1} \text{ db} \quad \begin{array}{l} \text{但し } E_0; \text{ 遮蔽前の電界強度} \\ E_1; \text{ 遮蔽後の電界強度} \end{array}$$

の定義による遮蔽減衰量は 25~35 db であつた。

- (3) 遮蔽箱面上の圓形、矩形の小穴からの漏洩は比較的少い。第一圖は遮蔽箱内に波長 90 cm の發振裝置を入れ、その一面に圓形の穴を切取つて行つた場合、穴の直徑に對する外部漏洩電界強度の變化を示すものである。即ち直徑 15 cm 程度から漏洩が始り、約 30 cm (圓周が一波長) に近づく頃から急激に増加した。但し増加する途中、圓周が一波長に一致する點に於ては、圖の點線に示す如く電界強度の降下する事が多かつた。之は空隙の周圍が共振した爲の吸收現象と思われる。
- (4) 電源引込用の絶緣導線が遮蔽箱内外に通じていれば、多量の電波が漏洩した。
- (5) 遮蔽銅板の継目、或は扉の締合せ等が不完全で極めて細長い隙間が出来ると、著しく電波が漏洩する場合が多かつた。
- (6) 着火裝置全部を遮蔽箱内に入れ、完全に密閉すると、漏洩は殆ど無くなるが、遮蔽箱より高壓遮蔽線を経て遮蔽着火栓箱内で着火させた場合には、完全に密閉しても、或る程度の漏洩

が認められた。

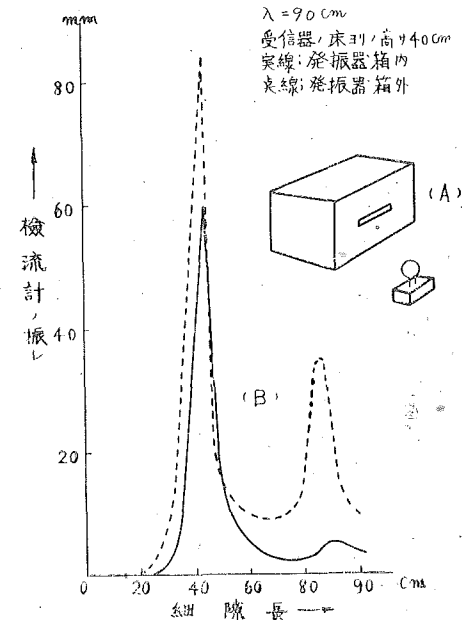
之等の基礎実験から、特に(4),(5),(6),各項の問題に就て詳細な実験を行つた結果、次章以下に於て述べる如く、遮蔽装置の大きさが被遮蔽電波の波長と比較出来る程度以上になれば、種々の共振現象の存在する事が明らかとなつたのである。即ち細隙はその長さが $\lambda/2$ の整数倍に一致した時、絶縁導線の場合は、箱内及び箱外にある部分の長さが $\lambda/4$ の奇数倍に一致した時に著しく電波が漏洩した。又密閉された遮蔽装置に於ても、その装置に共振した波長の電波が特に多く漏洩するが、その量は前二者に比して相當少かつた。

III. 細隙の共振現象

(1) 細隙共振特性

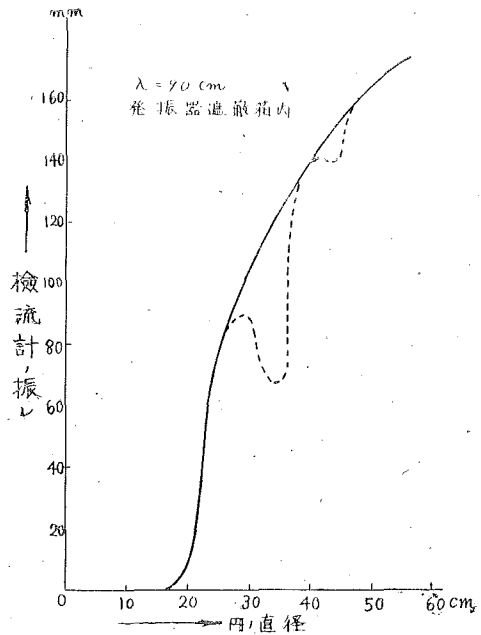
先づ前記遮蔽箱内に、波長約 90 cm の發振器を

電源電池共全部納め、第二圖の如く箱の一面に幅 1~2 mm の極く狭い細隙を切取つて行き、箱外



第 二 圖

細 隙 共 振 特 性

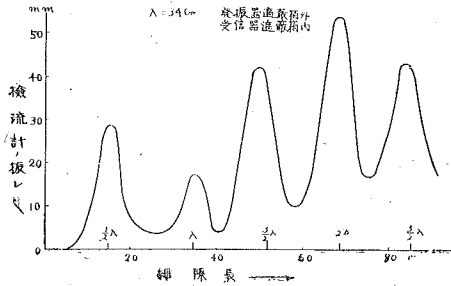


第 一 圖

一定の位置にループアンテナ、鑛石検波器及び検流計より成る受信器を置いて、箱外に漏洩する電界の強さを測定した。その結果は第二圖實線に示す様に細隙の長さが或る程度迄は殆ど漏洩が無く、或る点から漏洩が始り、急激に増加して約 45 cm (半波長) に於て最大値を示し、その後は細隙を長くすると却つて減少、更に 90 cm (一波長) 附近に第二の小さな山が現れた。

次に發振装置を箱外に置き、受信器を箱内に入れた場合にも、圖の点線の如く約半波長及び一波長に於て、侵入電波の極大値が存在したのである。尙一波長細隙に於て、箱外に漏洩する場合には、箱内に侵入する場合に比し著しく山が低く、時には殆ど認められない様な事もあつた。又一般に半波長細隙よりも一波長細隙の方が漏洩が少かつた。更に一波長以上の細隙に於ける現象を確める爲に、波長 34 cm

の發振器を箱外に置き、受信器を箱内に入れて、前記同様の細隙長對受信強度特性を測定した結果、第三圖に示す様に、略半波長の整數倍毎に極大値が見られたのである。



第三圖
細隙共振特性

(2) 細隙を短絡した場合

先づ波長約 90 cm の發振裝置を遮蔽箱内に、又受信器は箱外に置き、箱面に長さ約 100 cm の細隙を水平方向に作ると、第二圖の曲線によつても判る様に、検流計の振れは非常に少い。そこで、短絡片を以て左端から短絡しつゝ移動してゆくと、45 cm 及び 55 cm の二點に於て振れは極大値を示した。之は短絡片と細隙の左端又は右端との間に半波長細隙が出来た爲、漏洩が増加したのである。

一般に數箇の短絡片を以て細隙を短絡區分する時、その中の一つの細隙が 25 cm 以上にすれば漏洩が始り、半波長となれば特に著しかつた。

(3) 半波長細隙の特性

細隙より漏洩する電波の特性を知る爲に、波長 90 cm の發振器を銅遮蔽箱内に納め、その一面の略中央に床と垂直に幅約 1 mm の半波長細隙を作り、箱外に於ける漏洩電界分布を調べてみた。

受信器としては、直径 15 cm の一捲ループアンテナに鍍石檢波器をつけ、長さ約 4 m の二芯入遮蔽線を通じて検流計に接續し、このループアンテナ面を次の三種の方向に置いた場合の、箱外各點に於ける電界強度を測定したのである。

- (i) アンテナ面と細隙が直角をなす場合。
- (ii) アンテナ面と細隙を有する箱面とが平行な場合。
- (iii) アンテナ面と細隙を含み箱面に直角な面とが平行な場合。

その結果、半波長細隙より電波が漏洩する場合には、細隙とループアンテナ面とが直角をなす時、最も電界が強かつた。

尙、箱内發振器自身の發する電波の偏波方向を知る爲に、銅箱をとり除いた場合の電界をも調べたが、一般に細隙の場合とは異り、細隙より漏洩する電波の偏波方向は、細隙に直角な方向に電界を有する所の細隙獨特のものであり、發振源に關しない事が明らかとなつたのである。

(4) 細隙の幅の影響

遮蔽箱内に波長 90 cm の發振器を入れ、その一面に縦を 45 cm (半波長) に保ち、横幅を零から 15 cm 迄變化する事が出来る裝置を作り、箱外一定の位置に受信器を置いて、細隙の開きに對する受信檢波電流を測定した。その結果は第四圖に示すように、細隙の幅を僅か 1 mm 位開くと急激に漏洩が増加し、その後は一般に細隙の開きに従つて漏洩も緩かに増加したのである。尙、受信ループアンテナ面の向きによつては、細隙の開きが 1~2 mm を過ぎると、却つて漏洩の減少する事も

あつた。

(5) 特殊形状を有する細隙の共振

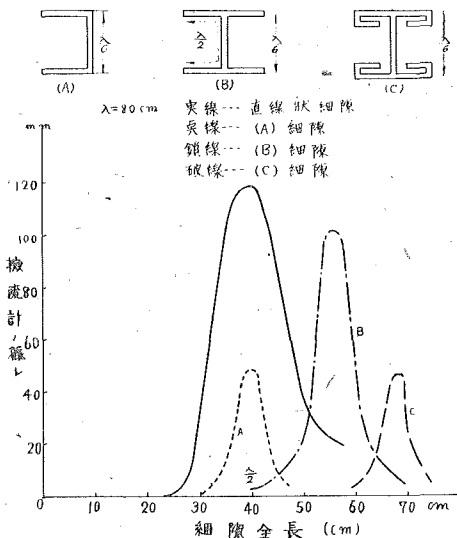
前項迄に述べた細隙は、總て直線状のものであるが、之を或る形に曲げると、一般に $\lambda/2$ と異つた細隙長に於て共振した。

第五圖は、一例として縦の長さが $\lambda/6$ の“コ”及び“エ”字形細隙共振特性を示す。即ち“コ”字形細隙の共振點は全長が $\lambda/2$ であつたが、“エ”字形の場合は 0.67λ となつた。但しこの場合には同圖(B)の點線で示す部分の長さが略 $\lambda/2$ となつてゐる。

尙このような細隙から漏洩する電波は、水平、垂直兩方向の電界成分を有して居り、同圖(C)のように、細隙の水平部分を折返すと、水平成分のみとなつたが、共振長は更に長い方へ移動した。

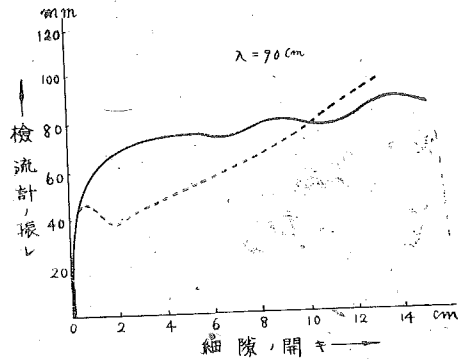
(6) 細隙の輻射特性

以上述べたように、細隙の長さが被遮蔽電波の半波長又はその整数倍に一致する時は、その漏洩



第五圖

し得ることが明かとなつたわけである。



第四圖

細隙ノ開キニ對スル電界強度曲線

は特に著しいが、條件によつては遮蔽箱が全く遮蔽の役目を果さない程多量に漏洩する場合もあつた。そこで細隙を有する金属面を一種の輻射系として利用し得ることが暗示せられた。特にレツヘル線の兩端を半波長細隙の中央部の兩端へ直接接續して饋電すると、輻射量は一般に著しく増加した。そしてその利得は、ダブルツトアンテナと比較して同程度又はそれ以上に及ぶことが實驗により明かとなつた。且つその指向性は、ダブルツトアンテナと類似して居り、數個の共振細隙を同一金属面上に適當に並べて適當な位相の電源で之を饋電すれば、著しく尖鋭な指向性を得ることが出來た。

要するに細隙を有する金属面は、從來のアンテナと同様に、優秀な輻射系として、特殊な目的に利用

IV 絶縁導線に依る電波の漏洩

遮蔽箱を用ひ電波を遮蔽する場合、電源用或はその他の目的の爲に、箱と絶縁された導線が遮蔽

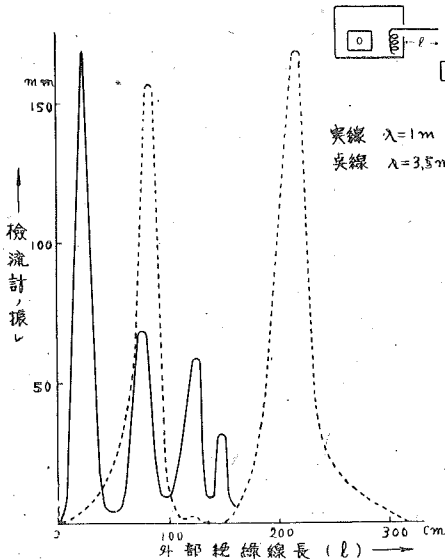
箱の内外を通じている事が多い。

此のような時に、絶縁導體によつてどの程度の電波が漏洩又は侵入するか、或はその長さ及び波長に對して漏洩又は侵入電界強度が如何に變化するかといふさうな問題に就いて、二、三の實驗を試みたのである。

遮蔽箱としては前記銅箱を用ひ、その中に發振裝置を納め、箱の一面に直徑約 1 cm の穴をあけ、此の穴を通じて絶縁線を出入させた。此の場合、絶縁線端は他のものとは全然接續せられていなかった。又發振波長は 0.9~70 m に至る範圍とし、絶縁線の長さは 2~10 m の範圍で、その長さで波長との比が 1/7~10 倍程度に及ぶ處で實驗を行つたのである。

(1) 絶縁線を箱内より引出していつた場合

先づ波長 1 m の發振裝置を箱内に入れ、同調回路、鑛石檢波器及び檢流計よりなる受信器を箱外



第 六 圖

絶縁線ヲ内部ヨリ引出シタ場合

に置き、長さ約 10 m の絶縁線を箱内より順次引出し、その先端と一定の位置を保つように受信器をも移動しながら受信してゆくと、第六圖實線に示すように遮蔽箱外部に露出する導線の長さと共に漏洩も増加し、約 25 cm 即ち $\lambda/4$ 附近に於て最初の極大値を示し、それ以上では却つて減少、その後 $\frac{3}{4}\lambda$ $\frac{5}{4}\lambda$ と半波長毎に第二、第三……の山が現れた。同圖點線は波長 3.5 m に於ける同様な曲線である。

次に絶縁線の長さに比し波長が長い場合には、箱外に引出される絶縁線と共に最初は漏洩も増加し、その後僅かの起伏があつたが、前のような共振特性は見られず、従つてその漏洩度も比較的小さかつた。

(2) 絶縁線を箱内に引入れた場合

波長 95 cm の發振裝置を遮蔽箱内に入れ、長さ約 10 m の絶縁線を箱の外部より内部へ引入れ、内部の絶縁線長に對する箱外漏洩電界強度を測定した場合にも、絶縁線を外部に引出した場合と大體同様な共振特性が現れた。

(3) 3 波長の長さの絶縁線を用いた場合

波長 95 cm とし、絶縁線は長さ $3 \times 95 = 285$ cm のものを用ひ、(1) の場合と同様に絶縁線を箱内から引出していつた場合の實驗結果を第七圖に示した。これは箱の内外に於ける共振が同時に行われた場合であるが、若しも絶縁線の長さが正確に波長の倍数でない時は、中點附近に於ては、箱外及び箱内双方にある絶縁線の同調に依り、複雑に漏洩特性が變化した。

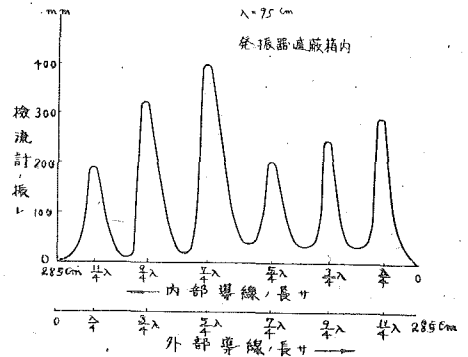
(4) 芯線導體と遮蔽箱とを接觸させた場合

絶縁線の芯線導體と遮蔽箱とを接觸させると、漏洩量は著しく減少したが、矢張り共振特性を認めることが出来た。但し此の場合には、特に内部長共振による山が大きく現れ、之に比して外部長の共振による山は甚しく小であり、時には殆んど認められぬことさへあつた。

(5) 絶縁線を通じて電波を侵入せしめた場合

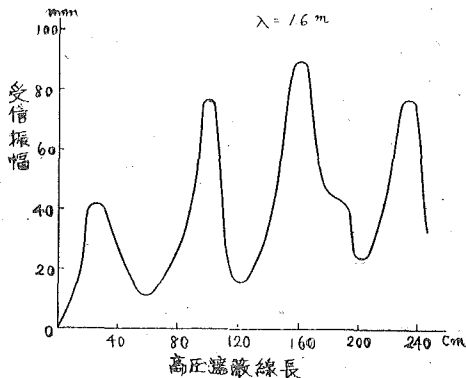
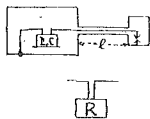
次に波長 90 cm の發振器を箱外に置き、受信器を箱内に入れ、電波を侵入させた場合について實驗を行つた。即ち長さ 4.5 m の絶縁線を箱の外部から順次箱の内部に侵入させ、その先端近く受信器を置いて調べた結果、この場合も箱内から箱外に漏洩する場合と同様な共振特性の存在することが明らかとなつた。

以上の實驗結果から、遮蔽箱の内外に通ずる絶縁線が存在する時は、箱の内部及び外部にある絶縁線の長さに応じて電波の漏洩度が異なり、大體普通のアンテナと同様な共振性のあることが明らかとなつた。そして共振時に於ける遮蔽減衰量は 0~25 db, 又遮蔽箱と芯線導體とを接觸させた場合には 45 db, 程度であつた。従つて偶然にも電波に共振しているような絶縁線が遮蔽箱の内外に通じている場合には、その遮蔽箱は殆ど遮蔽の役目を果さないこともあるといつて差支ないのである。



第七圖

波長ノ長サヲ有スル絶縁線ノ場合



第八圖

V 遮蔽装置の共振現象

(1) 遮蔽装置共振特性

第八圖のように銅遮蔽箱内にインダクションコイル (I.C) を入れ、その出力を高圧遮蔽線により着火栓箱 (10cm×15cm×25cm) 内に導いて着火させ、遮蔽線から約 2m 離れた所に受信波長 1.6m のスーパーヘテロダイン式受信器を置き、その出力電圧振幅をブラウン管によつて測定した。

かくして箱間高圧遮蔽線長 (圖の l の部分) を變えてゆくと、それに伴つて受信電波振幅は第八圖の曲線のように變化した。即ち第一の山は $\lambda/4$ より小なる點に於て生じ、その後略々 $\lambda/2$ 毎に第二、第三の山が認められたのである。(但し λ は受信波長)

この場合、遮蔽箱の扉を密閉した時と全開した時の電界強度比は、最大百分の一程度であつた。若しインダクションコイルと着火栓とを二芯遮蔽ケーブルで結び、着火回路と遮蔽回路を絶縁すれば、漏洩は幾分減少した。

又、この現象は、着火装置を箱外、受信器を箱内に置き、減衰電波を遮蔽箱内に侵入させた場合にも同様であつた。

之等の實驗から、一般に遮蔽着火装置から、多くの高調波を含んだ複雑な減衰波が漏洩する場合には、遮蔽装置に共振する様な波長をもつた高調波が、特に多量に漏洩するものと考えられる。

(2) 遮蔽装置の形状の影響

一般に着火栓箱の大きさを變えると、箱間高壓遮蔽線長に對する漏洩電波振幅曲線は變化した。即ち着火栓箱の非常に小さな場合には、略々 $\lambda/4$ の點に於て第一の山が生じたが、箱が大きくなるにつれて、最初の山の位置は短い方へ移動したのである。

又、必ずしも着火栓箱を大きくしなくても、小さな着火栓箱に、金屬板をとりつけても、箱を大きくしたと同様な効果があつた。

或は、遮蔽された高壓磁石發電機と着火栓箱との間を遮蔽線で連絡した上に、更に短絡導線で結ぶと、その短絡線の長さに應じて漏洩は著しく變化した。

之等の特性は遮蔽装置の形状によつて、その共振波長が變化する結果によるものであらう。

遮蔽箱と高壓遮蔽線との間が大きな接觸抵抗を有する場合、或はその間が絶縁されて居り、その代りに之を他の短絡線で接續した場合にも、前と同様な共振特性が存在したが、その漏洩量は完全に接觸した場合に比し、著しく多かつた。

(3) 二 重 遮 蔽

遮蔽高壓磁石發電機、高壓遮蔽線及び着火栓箱よりなる遮蔽装置を、更に銅箱及び銅管で二重に遮蔽すると、殆ど漏洩電波を検知することが出来なかつた。又、遮蔽線或はその一部分に金屬板を被せて、回路の重要な部分だけを二重に遮蔽しても、相當の効果が有り、遮蔽減衰量を 20 db 程度増加させることが出来たのである。但しこの場合は、接觸を特に良好に保つ必要があつた。

以上の實驗から、遮蔽された着火装置に於ては、それに共振する波長の電波が特に多く漏洩すること、従つて遮蔽装置が定まれば、使用波長を適當に選定し、或は使用波長が定まれば、遮蔽装置の形状を非共振とすることによつて、相當の有効な遮蔽をなし得ることがわかつた。又二重遮蔽を施す場合には、内外の遮蔽装置の形をかへ、一方の共振する周波數に於ては、他方を非共振状態となるようにすれば、廣範圍の周波數に對して、極めて嚴密に遮蔽することが出来るのである。

VI 結 論

超短波の遮蔽に關し種々の實驗を重ねてきたが、それ等の結果を綜合すると、次の如くなる。

1. 單一の銅箱は空隙さへ無ければ、實用上優秀な遮蔽効果を示すものである。

(遮蔽減衰量 60~80 db 程度)

2. 銅、真鍮、鐵等で作られた細かい金網も、極超短波に對しては相當に良好な遮蔽効果を示している。(25~35 db 程度)
3. 遮蔽箱面にある圓形、矩形等の小空隙からは、漏洩が比較的少い。
4. 遮蔽箱面上の細隙からは、特にその長さが半波長の整数倍に一致した時、著しく漏洩する。(0~15 db 程度)。且つこの場合の漏洩電波の電界ベクトルは、細隙長の方向と直角である。
5. 遮蔽箱の内外を通ずる絶縁線がある時には、一般にその絶縁線の箱内及び箱外にある部分が、被遮蔽電波に共振した時、著しい漏洩を示した。(0~25 db 程度)
6. 密閉された遮蔽装置からは、その装置に共振する波長を有する電波が特に多くの漏洩を示すが、その最大漏洩量は、空隙を有する場合等の不完全遮蔽體に於ける最大漏洩量に比し著しく少なかった。(40 db 程度)
7. 二重遮蔽は極めて有効である。又必ずしも全部を二重にしなくても、例へば遮蔽線の適當な一部分だけ遮蔽しても相當効果があつた。

附記。本研究の一部は工學部に於いて又他の一部は應用電氣研究所に於いて行つたものである。

文 獻

- | | | | | |
|-----|--------------------------------|----------------|-----|----------------|
| (1) | 1. J, H, Morecroft & A, Turner | Proc, I, R, E, | 13, | 477 (1925) |
| | 2. G, Loos | H, F, T, E, A, | 36, | 13 (1930) |
| | 3. L, V, King | Phil, Mag, | 15, | 201 (1933) |
| | 4. S, A, Schelkunoff | B, S, T, J, | 13, | 532 (1934) |
| | 5. I, Hak | H, F, T, E, A, | 43, | 76 (1934) |
| | 6. C, W, Oatley | Phil, Mag, | 22, | 445 (1936) |
| | 7. L, Samuel | Proc, I, R, E, | 24, | 923 (1936) |
| | 8. W, Herzog | E, N, T, | 14, | 81 (1937) |
| | 9. H, Buchholz | E, N, T, | 14, | 408 (1934) |
| | 10. W, Lampe u. E, Ferroni | Phys, Zeits, | 38, | 637 (1937) |
| | 11. S, A, Schelkunoff | B, S, T, J, | 17, | 17 (1938) |
| | 12. H, Kaden u. F, Sommer | E, N, T, | 17, | 6 (1940) |
| | 13. F, Moeller | E, N, T, | 18, | 1 (1941) |
| | 14. H, Schäffer u. H, Viehmann | E, N, T, | 18, | 39 (1941) |
| (2) | 1. H, Diamond & F. G, Gardner | Proc, I, R, E, | 18, | 840 (1930) |
| | 2. W, Dorn | E, T, Z, | | 1610 (1930) |
| | 3. Leslie F, Curtis | Proc, I, R, E, | 20, | 674 (1932) |
| | 4. A, Neubauer | H, F, T, E, A, | 44, | 1169 (1934) |
| | 5. 星 合 正 治 | 電學誌 | | 500 (昭 10, 5) |
| | 6. 矢 幡 源 三 | 電氣評論 | | 653 (昭 11) |
| | 7. Gill A. J, | J, I, E, E, | | 345 (1938) |
| | 8. George, R, W, | Proc. I, R, E, | | 409 (1940) |
| (3) | 1. 淺見, 松浦, 横山 | 電學誌 | 62, | 762 (昭 17, 12) |
| | 2. 淺 見, 松 浦 | 聯合大會豫稿 | 22, | 195 (昭 18, 4) |