

書籍の紹介



私の座右の書

The most influential books on me

富士電波工機株式会社 吉田 睦

Fuji Electric Industrial Co., Ltd. Mutsumi Yoshida

〒350-2201 埼玉県鶴ヶ島市富士見 6-2-22

e-mail: yoshida@fdc.co.jp

電磁波を何らかの形で利用しようと考えこれから活躍する方々に座右の書を伝えるという事を拝命しました。一般的に製品では IH ヒーター若しくは電子レンジが有名です。他にどんな利用がなされているか、殆どの方が良く判らないと思います。そこで私の紹介も兼ね、自身の手で設計から調整・納品まで実施した装置を思い出し書き連ねてみました。本稿を通じ電磁波は既に戦前から社会実装され、様々な応用事例が実施されている事を知って頂ければと思います。

1980 年代 加速器関連高周波電源 東北大学・東京大学・京都大学・大阪大学

半導体用各種プラズマ装置用電源

電子管 200kWmax 50kHz・13MHz・27MHz・100MHz・2.45GHz

半導体 2kWmax 100kHz・13MHz・27MHz・40MHz・400MHz

1990 年代 癌治療用高周波ハイパーサーミア装置 食道癌・大腸癌・他

脳外科用高周波電気メス、100MHz 40kW 炭酸ガスレーザー

200kW 13.56MHz 繊維及び木材用真空乾燥装置

2000 年代 120kW 2.45GHz 化学反応装置、450kW 13.56MHz セラミックス乾燥装置

600kW CZ 結晶引上装置、250kW FZ 結晶引上装置

200kW 浮揚溶解装置(坩堝を使用しない磁場閉じ込めによる金属浮揚)

2009年 半導体式マイクロ波電源

915MHz 300W 2.45GHz 500W、5.8GHz 130W、10GHz 50W

当然経験した事が無い場合は図々しくも社内外の先輩諸兄に教えを請うと同時に参考文献を読み漁る訳です。そこで多くの書籍と出会いました。幸いなことに昭和の時代はアナログ真っ盛り、大学の教本や無線通信・電話回線(マイクロ波多重無線)の文献・論文発表等

沢山有り事欠きませんでした。しかし当時の測定器は非常に高価でしたので測定器を自作する為、毎週末測定器のジャンクを秋葉原に買い漁りに行き同類の方々(大学の先生方・測定器メーカーの方・同業者の方)と顔馴染みとなり情報交換(ノウハウや文献)や物々交換をよくしました。自家用車の更新を我慢、マイクロ波帯のSG・スペアナ・ネットアナ類の機器を個人で購入、色々なアマチュア無線の機器を製作したのも懐かしい思い出です。

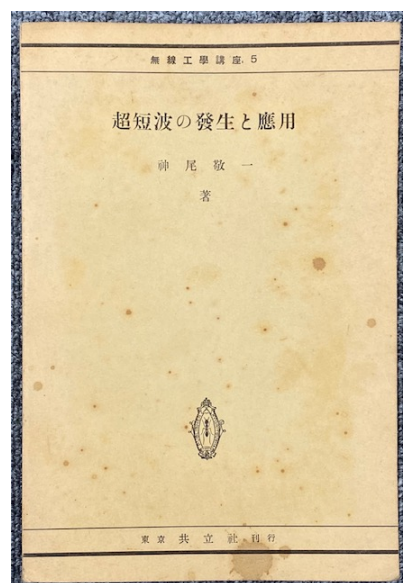
新しい事をやる為には先人の知恵も拝借する訳ですが、過去文献を色々と調査するうちに1940年代(1940年は昭和15年)にマイクロ波加熱が発見されたとしている書籍や発表が多い事に気がつきました。この頃は超短波や超高周波とも呼ばれていましたが、加熱用途を含め下記文献に応用事例が多数紹介されています。

書名 超短波の発生と応用 出版社 共立社書店

無線工学講座 第五卷

昭和9年2月19日発行(1934年)

著者 神尾 敬一 東京電気株式会社 技師・理学士



書籍の中では外部共振回路を用いた2極管や3極管の発振回路や岡部金次郎先生の発案された陽極分割式マグネトロンが紹介されています。また無線標識・方向探知機・面白いところでは飛行船を用いた空間電界強度の実測なども紹介されています。JEMEAに関係する皆さんが興味を引くのは第二章だと思います。令和の時代でも同様の研究がなされていると思いますが、これからご紹介するのは今から87年前、戦前の日本で発行された書籍の見出しです。

第二章 特殊応用

2.1 高周波電場内での温度上昇

- (1)溶液の温度上昇 波長と溶液濃度(NaCl KMno4)と温度上昇、比抵抗と温度上昇
- (2)各種物質の温度上昇 牛肉、牛乳の脂、牛の腎臓、牛の肋骨、牛の脳髄
パン、馬鈴薯、野菜、サンドイッチ
- (3)動物の温度上昇 殿様蛙、家兎 (※周波数・時間・温度による差異を測定)
- (4)温度上昇に関する理論的研究 試料の形状と電氣的等価回路とインピーダンス式

2.2 超短波の医療への応用 人体に電場を掛けた時の電流分布

電気メス・癌や腫瘍の治療・人体組織の波長による導電率

2.3 動物の飼養に関する研究 養蚕

2.4 植物の成長に関する研究 発芽・生育

- 2.5 害虫駆除に関する研究 米・小麦・胡桃・煙草
 2.6 鉄鋼業への応用 アンモニア中での窒化・クロムの浸透・除炭
 2.7 物理・化学・電気工業の研究への応用

(1)誘電率・分散率・吸収率・屈折率・誘電率の測定

(※色々な物質を実測されています)

(2)無電極放電に関する研究 ガス種別による分子帯スペクトル

水素放電の実験 電力・波長・導電率・電子速度

(3)炎の形に関する研究 高速度撮影16枚/秒 (※電磁波によるプラズマ放電)

(4)色の変化に関する実験

(5)種子の酵素的性質に関する超短波の作用

(6)高周波電気振動の化学変化に及ぼす影響

(7)電気工学への応用

更に昭和23年 電気学会・電気通信学会・照明学会による高周波及びマイクロ波のバイブルとして下記4冊が発行されています。

- 1.電波応用原論
- 2.高周波の応用
- 3.高周波誘電加熱とその応用
- 4.高周波表面焼き入れ

附表 絶縁材料特性表($\epsilon \tan \delta$)

第2-1表 絶縁材料特性表									
材料名	誘電率 ϵ	損失正接 $\tan \delta$	体積抵抗率 ρ_v ($\Omega \cdot \text{cm}$)	表面抵抗率 ρ_s (Ω)	耐電圧 E (kV/cm)	比重	備考	単位	備考
ガラス	2.5~3.5	—	—	—	10~15	2.5	—	—	—
石英	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
珪素	6.5~7.5	—	—	—	10~15	2.32~2.4	—	—	—
セラミックス	6.5~7.5	—	—	—	10~15	2.3	—	—	—
エポキシ樹脂	3.5~4.5	—	—	—	10~15	1.7	—	—	—
絶縁ガラス	4.5	—	—	—	10~15	2.35	—	—	—
アルミナセラミックス	5.5	—	—	—	10~15	3.8	—	—	—
石英ガラス	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維布	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維紙	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維板	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維管	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維布	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維紙	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維板	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維管	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維布	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維紙	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維板	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維管	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維布	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維紙	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維板	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維管	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維布	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維紙	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維板	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維管	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維布	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維紙	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維板	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維管	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維布	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維紙	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維板	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維管	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維布	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維紙	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維板	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維管	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維布	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維紙	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維板	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維管	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維布	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維紙	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維板	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維管	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維布	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維紙	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維板	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維管	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維布	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維紙	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維板	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維管	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維布	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維紙	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維板	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維管	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維布	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維紙	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維板	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維管	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維布	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維紙	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維板	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維管	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維布	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維紙	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維板	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維管	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維布	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維紙	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維板	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維管	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維布	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維紙	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維板	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維管	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維布	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維紙	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維板	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維管	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維布	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維紙	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維板	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維管	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維布	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維紙	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維板	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維管	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維布	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維紙	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維板	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維管	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維布	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維紙	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維板	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維管	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維布	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維紙	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維板	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維管	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維布	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維紙	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維板	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維管	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維布	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維紙	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維板	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維管	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維布	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維紙	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維板	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維管	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維布	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維紙	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維板	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維管	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維布	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維紙	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維板	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維管	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維布	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維紙	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維板	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維管	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維布	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維紙	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維板	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維管	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維布	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維紙	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維板	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維管	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維布	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維紙	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維板	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維管	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維布	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維紙	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維板	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維管	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維布	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維紙	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維板	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維管	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維布	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維紙	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維板	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維管	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維布	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維紙	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維板	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6	—	—	—
石英繊維管	3.8~4.5	—	—	—	10~15	2.6			

海外に目を向けると今から60年ほど遡ると1960～1970年代 The Journal of Microwave Power誌にマイクロ波を用いた各種技術が盛んに発表されていたので紹介します。

一部内容を抜粋します

ベニヤ乾燥、ゴム加硫、岩盤破壊

アスファルト加熱、印刷乾燥

マイクロ波水分計、食品加熱

空間電力伝送、化学反応装置

シングルモード加熱装置

マルチモード加熱装置



次に誘電体とは何かという概念を的確に示している本をご紹介します。総てを理解するのは私には少々難しいのですが、日頃から愛読書として手元に置いています。書籍中で特に詳しく説明がなされており、私の気になったキーワードを書き記します。これらはJEMEAでもテーマの一つとしてよく議論されています。しかし60年以上前に基本的な現象発表がなされていること、平成から令和の時代になり最新技術あるいは様々なアイデアや工夫の結果、事象の可視化や実験的証明が出来るようになったことがとても感慨深く感じます。

誘電体論	岡 小天	初版1954年岩波書店	復刻版1977年 近代工学社
誘電体論	フレイリッヒ	初版1959年吉岡書店	原典1957年OXFORD PRESS
固体誘電体	岡 小天・中田 修	初版1960年岩波書店	
誘電体現象論	電気学会	初版1973年オーム社	
誘電率の解釈	下沢 隆	初版1967年共立出版	

吸着イオン層による緩和現象

緩和時間分布の機構、Cole-Coleの円弧則

誘電体の電気伝導機構

誘電的緩和現象に対する一般的等価回路

誘電的緩和現象と機械的緩和現象

誘電率の測定、気体法と溶液法

計測機器及び測定用セルの作り方

双極子モーメントの温度変化

化学物質600種(双極子モーメント測定値)



これから本格的に勉強してみたいという方々の参考になれば幸甚の至りです。