

目次

オ1章

緒言

オ2章

- i モデル
- ii 近似

オ3章

基礎理論

オ4章

- i 立ち上がりの級数による取り扱い
- ii 下がるの級数による取り扱い

オ5章

厳密解

- i 矩形分布の場合
- ii SCLC分布の場合

オ6章

厳密解、及び数値解による熱刺激電流の計算

オ7章

TSCソフトウェアによる物理定数の決定

- i 一般論
- ii Initial rise 法
- iii Tail 法
- iv 数値的及び実験的な各方法の検討

オ8章

TSCソフトウェアによる電荷分布の決定法

- i 電荷分布の決定法

ii 実験結果への応用

iii TSCの反転現象

第9章

結 言

謝 辞

付 録

第1章 緒言

電力ケーブルや機器絶縁材料の開発やその絶縁破壊の解明, エレクトレットや電子写真材料など電気材料の開発という工学的目的はもとより, その物性論的興味によって, 高抵抗物質の電荷トラップの固定や電荷状態や電導機構の研究がさかんに行なわれている。

高抵抗物質の研究における有力な手段として, 熱刺激電流(TSC), 熱刺激表面電位(TSSP), 熱発光(TL)などの方法がしばしば用いられている。これらの方法は, 物質内部の電荷の不平衡状態がしだいに, 平衡状態へと緩和して行く過程に基礎をおいている。従って, 測定に先立って何らかの方法によって電荷の不平衡状態を形成しておく必要がある。この方法によって, 様々な実験が可能となる。この方法として(a)電圧印加によって過剰電荷を注入する。(b)コロナ帯電によって電荷を与える。(c)電圧印加によって本来内部にあった電荷を移動する。(d)光やX線を照射して電荷のトラップにおける分布を変化させる。このような方法を, 電荷が活性化されるような温度で適用し不平衡状態を形成し, その状態を保って冷却し, しだいに温度を上昇する時に起こる現象を観測する。(b)や(d)では, 必ずしも電荷が活性化されるような温度である必要はない。(a), (b)では試料全体として過剰な電荷をもつものに対し, (c), (d)では試料全体としては電荷を持たない。本論文では(a), (b)の場合について考える。

この問題に関して, R.A. Creswell et al¹⁾, H.J. Wintle²⁾, J. van Turnhout³⁾などの理論的解析があり, 実験への応用も試られている。これらの解析では, 結果が電荷分布に大きく依存する事を指摘しながらも, 数学的簡単さのため, 非常に限られた分布にのみ注意している。さらに, 一般的な分布を考慮した場合には, 解析的な取り扱いほもとより, 数値的方法もかなりの困難を伴うのが普通である。本論文の目的は, 1)通常 問題は偏微分方程式によって定式化されるが, それと同等な一連の常微分方程式を与える事, 2)いくつかの分布については解析的な解を示し, さらに一般的性質についても考察する事, 3)実験への様々な応用について可能性を調べる事 である。

- 1) R.A. Creswell and M.M. Perlman J. Appl. Phys. 41, 2365 (1970)
- 2) H.J. Wintle J. Appl. Phys. , 42 , 4724 (1971)
- 3) J. van Turnhout "Thermally stimulated discharge of polymer electrets" Elsevier Scientific Pub. Co 1975

オ2章では、対象とするモデル、およびそれに伴う近似について述べる。オ3章では、目的の一つである偏微分方程式から常微分方程式への移行について述べる。この操作によって、解析的、数値的 取り扱いが非常に容易になる。オ4章では、常微分方程式を応用して、熱刺激電流の立ち上がり、下がり部分を級数展開により取り扱う。このような、取扱いは常微分方程式の特長の一つである。オ5章では、2種の電荷分布に関して厳密解を与える。一つは、すでに Wintle 氏により解がされていたものだが、他の一つは全く新しいものであり、空間電荷制限電流によって電荷を注入した時に得られるものである。オ6章では、オ5章に与えた解、及び数値解析により、いくつかの分布について熱刺激電流を計算し、比較検討する。オ7章では、初動度の活性化エネルギーなどの物理定数を熱刺激電流により求める方法を示す。通常よく用いられる Initial rise法について述べ、さらに TSCの下がり部分の解析手段として Tail法を提案し、数値的に検討を加える。J. van Turnhout の提案した charge ratio plotについても言及する。また実験への応用も行なう。オ8章では TSCを用いた注入電荷の分布の決定法について述べ、ポリエチレンの電圧印加注入に応用する。さらに電流の反転現象についても考察する。