

平成 21 年 3 月 31 日現在

研究種目：若手研究（B）
 研究期間：2007～2008
 課題番号：19760216
 研究課題名（和文）
 電子部品用多層キャリアテープにおける帯電防止対策の最適化
 研究課題名（英文） Optimization of antistatic countermeasure on multilayer carrier tape for electronic parts
 研究代表者
 村上 義信（Murakami Yoshinobu）
 豊橋技術科学大学・工学部・講師
 研究者番号：10342495

研究成果の概要：

本研究では低密度ポリエチレン(LDPE)と帯電防止剤を混練したエチレン酢酸ビニル共重合体(EVA)複合層を用いて空間電荷を測定した。また、帯電防止剤濃度を变化させた試料の体積導電率を測定し、その導電率差から EVA/LDPE 界面付近に蓄積する電荷量を数値計算した。その結果、電圧履歴が異なるにも関わらず、界面付近および LDPE 中の空間電荷はほぼ同様な分布を示した。これは電圧印加による影響よりも、体積導電率の増加をもたらす帯電防止剤の拡散による影響が大きいものと考えられた。また、EVA 側にのみ帯電防止剤が配合された状態で LDPE と接合された場合を仮定し、試料内の導電率分布に基づく蓄積電荷量を数値計算した。その結果、界面付近における電荷の挙動は空間電荷測定の結果と定性的に一致した。さらに、それらを比較することにより、およその拡散係数を算出することができるものと考えられた。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,100,000	0	2,100,000
2008年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,900,000	240,000	3,140,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・電子・電気材料工学

キーワード：複合絶縁体，帯電防止剤，内部帯電測定，拡散評価モデルの構築

1. 研究開始当初の背景

電子部品などのパッケージフィルムは多重構造となっており、使用目的によっては帯電が障害となるため、エチレン酢酸ビニル共重合体(EVA)などの融着層に帯電防止剤を配合する。内部混練型帯電防止剤の場合、成形後にベース樹脂に混練された帯電防止剤が内部から表面にブリードアウトすることにより帯電防止効果が発現する。一方、融着層と構造層の接着を確保するために中間層として帯電防止処理を施

さない低密度ポリエチレン(LDPE)のような材料を使用する。この場合、中間層/融着層からなる複合層が存在することになり、融着層の添加剤が濃度拡散によって中間層へも移行し、帯電防止効果が損なわれる恐れがある。したがって、最適濃度設計のためには中間層への添加剤の拡散過程を正確に把握する必要があるが、このような高分子絶縁体内部への帯電防止剤の拡散を正確に測定する方法がなく、赤外吸収や重量変化などから拡散方程式を満たす拡

散係数を推定するなど大雑把な手法によることが多い。

2. 研究の目的

中間層と帯電防止剤を混練した融着層の複合層または構造層を含めた複合層を用いて空間電荷などを測定し、帯電防止剤拡散過程の可視化および帯電防止剤拡散過程と空間電荷との関連性を評価する。

3. 研究の方法

(1) 試料

それぞれ厚さ約 0.10 mm の帯電防止剤を混練した EVA および LDPE を用意した。また、帯電防止剤を混練していない EVA および LDPE (以下、単に EVA または LDPE と記す) も用意した。空間電荷測定においては LDPE と帯電防止剤を 1 wt% 混練した EVA を熱融着した EVA(ASA1)/LDPE 複合層を試料として用いた。また、比較のため LDPE と EVA を熱融着した EVA/LDPE 複合層も用意した。

(2) 空間電荷測定による帯電防止剤拡散過程の観測

図 1 に空間電荷測定に用いた印加電圧を示す。同図の時間 0 は熱融着開始時間であり、●の時間(融着 9, 39, 69, 99 および 129 分後)における空間電荷分布をパルス静電応力 (PEA)法を用いて測定した。実験は 21 で行った。

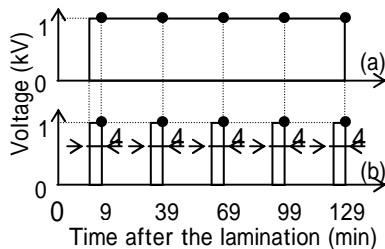


図 1 空間電荷測定の印加電圧

(3) 導電率の帯電防止剤拡散濃度による変化

導電率の帯電防止剤濃度による変化を把握するため、帯電防止剤濃度が異なる EVA または LDPE 単体試料の伝導電流を測定した。図 5 に伝導電流の測定回路を示す。帯電防止剤濃度が異なる EVA と LDPE の試料に直流電圧 4 kV を印加し、印加 10 分後の伝導電流を測定した。導電率は伝導電流を印加電界および主電極面積で割ることにより求めた。実験は 20 で行った。

(4) EVA(ASA)/LDPE 試料の界面付近における蓄積電荷量の数値計算

本実験のように帯電防止剤が配合された試料に配合されていない試料を接触させた

場合など、その添加剤濃度が不均一であるときはその添加剤が高濃度側から低濃度側へ濃度拡散により移行する。その拡散過程は以下の一次元拡散方程式を解くことにより数値計算できる。

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D \left(\frac{\partial^2 c}{\partial x^2} \right) \quad \dots (1)$$

ここで、 c は帯電防止剤濃度、 t は時間、 D は拡散係数および x は位置である。この式を解くことにより、EVA(ASA)/LDPE 試料の界面付近における蓄積電荷量の数値計算を行った。

4. 研究成果

(1) 空間電荷測定による帯電防止剤拡散過程の観測

図 2 に電圧を連続的に印加した場合、同図 (b) に電圧を間欠的に印加した場合の EVA(ASA1)/LDPE 試料の界面付近における空間電荷分布の時間変化を示す。両図とも、界面付近の負極性電荷が時間と共に減少し、LDPE 側へ移動している。このように電圧印加履歴が異なるにも関わらず、空間電荷分布は同様な時間変化を示した。このような負極性電荷のピーク位置の挙動は、複合層間の音速の差によってもたらされている可能性があるが、帯電防止剤混練による試料の音速差はほとんどないことを確認している。したがって、この界面付近の負極性電荷の LDPE への移動は電圧印加による影響よりも、導電率

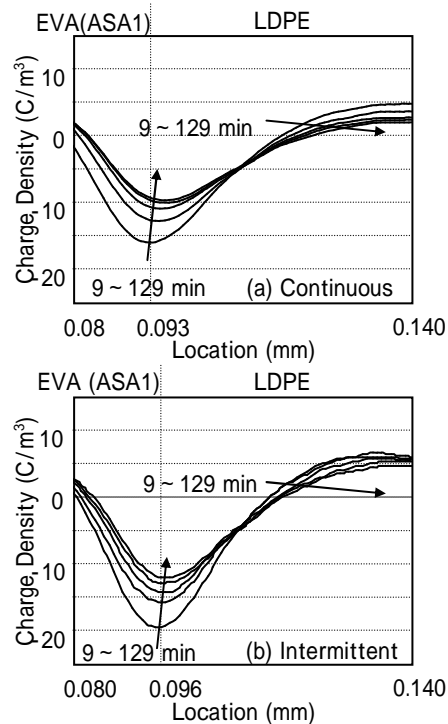


図 2 EVA(ASA)/LDPE 試料の空間電荷分布の時間変化

の増加をもたらす帯電防止剤の拡散による影響の方が大きいと考えられる。

(2) 導電率の帯電防止剤拡散濃度による変化
帯電防止剤濃度と導電率の関係を図3に示す。両試料とも、帯電防止剤濃度の増加に伴って導電率が指数関数的に増加し、EVA(ASA1)/LDPE 試料の導電率差は約100倍となった。

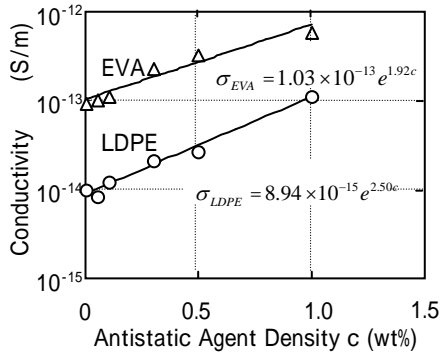


図3 導電率の帯電防止剤濃度変化

(3) EVA(ASA)/LDPE 試料の界面付近における蓄積電荷量の数値計算と実験結果との比較
これらの試料のように複合試料内に導電率差がある場合、いわゆる界面分極に従って界面に電荷が蓄積する。両試料間の導電率差が誘電率差よりも遥かに大きい場合、この界面電荷量 Q は以下の式により表される。

$$Q = \epsilon_0 \epsilon_r I \left(\frac{1}{\sigma_1} - \frac{1}{\sigma_2} \right) \dots (2)$$

ここで、 ϵ_0 は真空の誘電率、 ϵ_r は比誘電率、 I は電流および σ は導電率である。一例として $D=5.0 \times 10^{-15} \text{ m}^2/\text{s}$ 、 $dt=0.50 \text{ s}$ および $dx=100 \text{ nm}$ とした場合における帯電防止剤の拡散過程の計算結果を図4に示す。同図から、界面付近に形成された電荷が時間の経過とともに減少し、LDPE側へ移行していることが分か

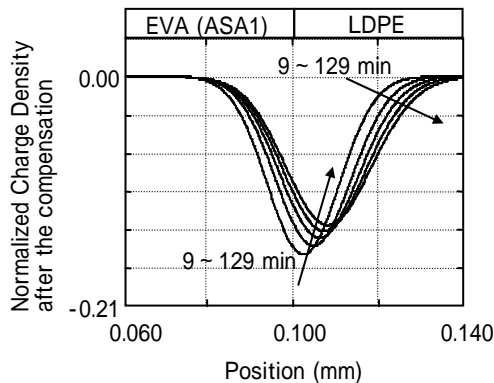


図4 EVA(ASA)/LDPE 試料における各分布の計算結果

る。この界面付近の電荷の挙動は、図2示した空間電荷の測定結果と定性的に一致する。このように、高分子複合絶縁体中の帯電防止剤の拡散過程は空間電荷を測定することにより評価できることが分かる。

計算時間間隔 $dt=0.50 \text{ s}$ 、計算位置間隔 $dx=100 \text{ nm}$ および拡散係数 D をパラメータとした場合における電荷密度分布のピーク位置の時間変化を実験結果と共に図5に示す。縦軸は電荷密度分布のピーク位置の変化を示しており、熱融着9分後のピーク位置を0としている。同図より、拡散係数が $2.5 \times 10^{-15} \text{ m}^2/\text{s}$ 程度であれば、空間電荷の結果と数値計算の結果が比較的良好に一致する。したがって、空間電荷の時間変化を測定することにより、およその拡散係数を算出することができるものと考えられる。

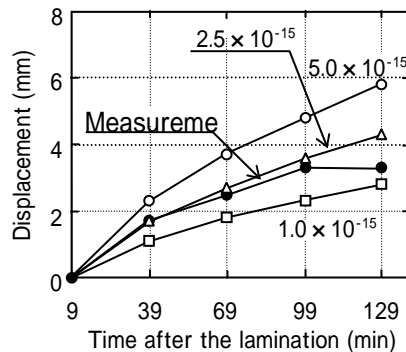


図5 界面電荷におけるピーク位置の偏差の時間変化

以上のように、空間電荷の過渡変化が帯電防止剤の拡散過程を反映していることが明らかとなった。帯電防止剤濃度と体積導電率の関係が予め分かっており、かつ一意であれば、空間電荷の時間変化を測定することにより帯電防止剤の拡散過程を評価することが可能であると考える。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 2件)

村上義信, 岡田秀司, 穂積直裕, 長尾雅行, 谷厚, 江副實: 「EVA/LDPE ラミネート試料の片面に添加された帯電防止剤の空間電荷測定による拡散評価」, 電気学会論文誌 A, Vol.127, No.4, pp.219-224(2007)

T. Kobayashi, T. Takai, Y. Murakami, M. Nagao, M. Satou and Y. Itou: "Temporal Change of Accumulated Charge and Diffusion of Drug in Tape for Percutaneous Absorption", Proceedings of 2008 International Symposium on Electrical Insulating Materials CD-ROM, No.MVP1-4-2,

pp.143-146(2008)

〔学会発表〕(計 7件)

高井大, 村上義信, 穂積直裕, 長尾雅行:
「製剤を添加した経皮吸収型テープ中の空間電荷観測」, 平成 19 年電気学会基礎・材料・共通部門大会 CD-ROM, No.X-10(2007)

村上義信, 高井大, 長尾雅行, 穂積直裕, 江副實:
「EVA/LDPE ラミネート試料中における帯電防止剤の拡散の評価と抑制法」, 電気学会研究会資料 誘電・絶縁材料研究会 DEI-07-73~82, No.DEI-07-81, pp.49-54(2007)

小林孝徳, 高井大, 村上義信, 穂積直裕, 江副實, 長尾雅行:
「経皮吸収型テープ中に存在する薬物の空間電荷測定による挙動観測」, 平成 19 年度 電気関係学会東海支部連合大会 講演論文集 CD-ROM, No.0-044(2007)

小林孝徳, 高井大, 村上義信, 穂積直裕, 江副實, 長尾雅行:
「経皮吸収型テープに添加された薬物の濃度拡散が蓄積電荷量に及ぼす影響」, 平成 20 年電気学会全国大会 講演論文集[2], No.2-038, p.44(2008)

高井大, 小林孝徳, 村上義信, 穂積直裕, 江副實, 長尾雅行:
「空間電荷測定による経皮吸収型テープ中の薬物挙動の観測」, 平成 20 年電気学会全国大会 講演論文集[2], No.2-054, p.63(2008)

小林孝徳, 村上義信, 長尾雅行, 佐藤雅代, 伊藤嘉章:
「印加電圧の大きさが経皮吸収型テープ中の薬物挙動に与える影響」, 平成 20 年度 電気関係学会東海支部連合大会 講演論文集 CD-ROM, No.0-293(2008)

小林孝徳, 鳥本慎也, 村上義信, 長尾雅行, 佐藤雅代, 伊藤嘉章:
「印加電圧の大きさが空間電荷測定による薬物挙動観測に与える影響」, 平成 21 年電気学会全国大会 講演論文集[2], No.2-071, p.82(2009)

〔図書〕(計 1件)

榎本正樹, 西畑直光, 畠慎也, 川崎達也, 村上義信, 藪田尚士, 牧信行, 松田政, 榎武志, 吉武正義, 長澤義信, 酒井雅生, 鷺坂功一, 佐々木喜達, 橋本創, 望月敦史, 千種康男, 倉本憲幸, 大久保隆, 平井俊晴, 山田昌文, 古内哲哉, 越部茂, 加納義久, 倉地育夫, 轟大地, 三浦勇雄, 宮沢和之:
「帯電防止材料の設計と使用法」, サイエンス&テクノロジー株式会社, 八幡印刷, 2008

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

取得状況(計 0件)

〔その他〕

<http://www.dei.eee.tut.ac.jp>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

村上 義信 (Murakami Yoshinobu)

豊橋技術科学大学・工学部・講師

研究者番号: 10342495

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者