

プリント配線板用絶縁材料の劣化試験中における内部電荷挙動の観測

福永 香*, 岡本 健次**, 前野 恭*

Space Charge Behaviour in Insulation Layers of Printed Circuit Boards during Ageing Tests

Kaori FUKUNAGA*, Kenji OKAMOTO** and Takashi MAENO*

*情報通信研究機構 (〒184-8795 東京都小金井市貫井北町4-2-1)

**富士電機アドバンステクノロジー (〒191-8502 東京都日野市富士町1番地)

*National Institute of Information and Communications Technology (4-2-1 Nukuikitamachi, Koganei-shi, Tokyo 184-8795)

**Fuji Electric Advanced Technology Co. Ltd. (1 Fujimachi, Hino-shi, Tokyo 191-8502)

Abstract

The internal charge behaviour of insulation layers of printed circuit boards is discussed. Internal charges due to ion impurities can move under adc electric field, and the internal electric field is determined by the charges. The charge behaviour is strongly influenced by temperature and humidity. We have newly developed an *in-situ* space charge measurement system that can measure the space charge profiles in an environmental chamber at 85°C and 85%. Larger levels of internal charge were observed at higher humidity, and the electric fields near the electrodes were increased. The *in-situ* space charge measurement system should contribute to the study of ageing phenomena of insulation layers of PCBs.

Key Words: Ageing Test, Internal Space Charge, In Situ Measurement

1. はじめに

携帯通信端末など電気電子機器の小型軽量化に伴い、使用されるプリント配線板の実装密度は年々高くなっている。従来よりプリント配線板に用いられる絶縁材料の評価には楕形電極による表面やスルーホール間の加速劣化試験などが行われてきたが、現在開発が進められている受動部品内蔵基板¹⁾などでは絶縁層内部、すなわちバルクとしての絶縁特性を評価する必要がある。また、パワーエレクトロニクス分野では絶縁層に加わる電界が高電圧機器と同等のレベルまで上昇し、試験電界は15kV/mm程度で行われるなど絶縁設計の重要性は高くなっている。

固体絶縁層内部の電荷挙動の観測は、約20年前より研究開発が進められ、複写機や高電圧機器用絶縁材料の評価に国内外で用いられている²⁾。著者らはパルス静電応力法³⁾を用いて金属ベースプリント配線板のマイグレーションの非破壊観測などを行ってきた⁴⁾。今回はアラミド不織布エポキシ樹脂や金属ベースプリント配線板の空間電荷分布に及ぼす温度湿度の影響を検討した。さらに一般的なマイグレーション試験の環境条件である40°C, 90% RHや85°C, 85% RHにおいて空間電荷分布を観測できる装置を開発し、劣化試験中の内部電荷挙動を観測したので報告する。

2. 空間電荷分布観測装置

Fig. 1にパルス静電応力法³⁾の原理を示す。誘電体内部あ

るいは表面に電荷が存在する系に幅の狭いパルス電圧（例えば5ns, 50~400V）を加えると、そのパルス電界により電荷量に比例した力、内部ではクーロン力、表面ではマクスウェル応力が働き、圧力波が発生、試料内部を伝搬する。この圧力波を圧電素子で検出する。出力信号の大きさが電荷量に比例し、伝搬遅れ時間と試料の音速から電荷の位置を求められ、誘電体内部の電荷分布が定量的に観測できる。

Fig. 2に試料を2つの電極で挟む一般的な測定システム構成を示す。圧電センサには5~10 μ mのポリ弗化ビニリデン、もしくはニオブ酸リチウムを用いている。印加するパルス電界はパルス幅5ns、電圧は、試料の厚さ100 μ mに対して

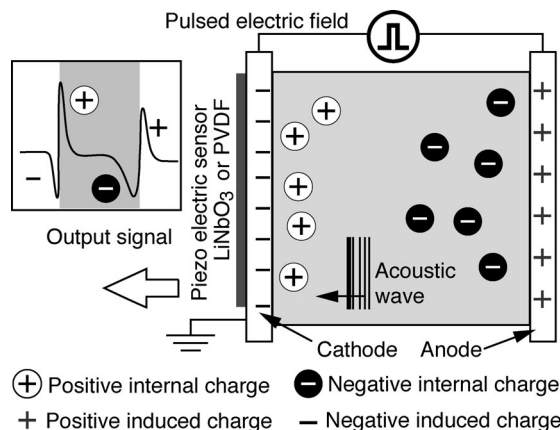


Fig. 1 Theory of the PEA method

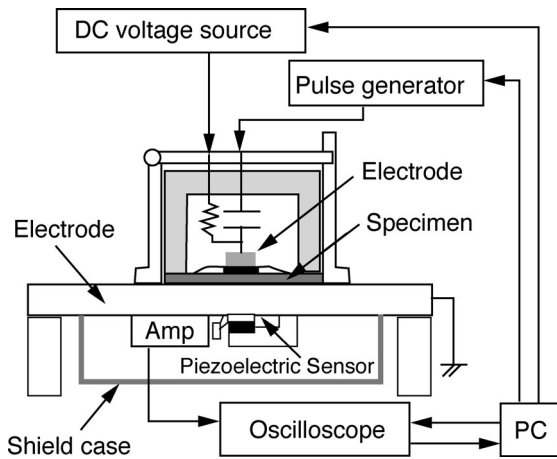


Fig. 2 Classical PEA setup

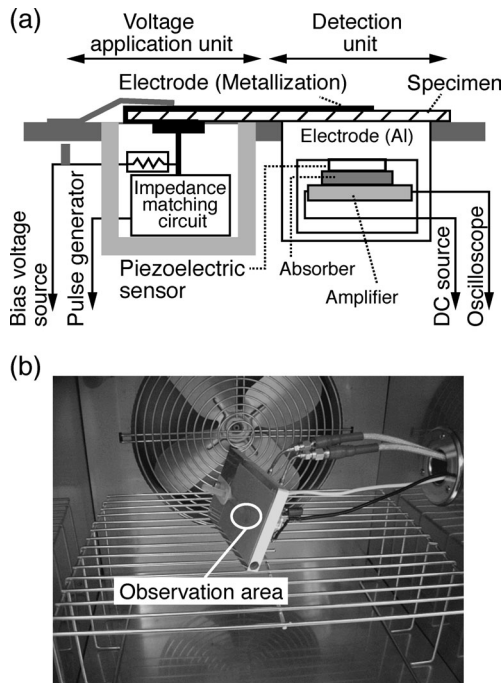


Fig. 3 Open type PEA setup (a) Schematic diagram, (b) photograph of unit in the chamber

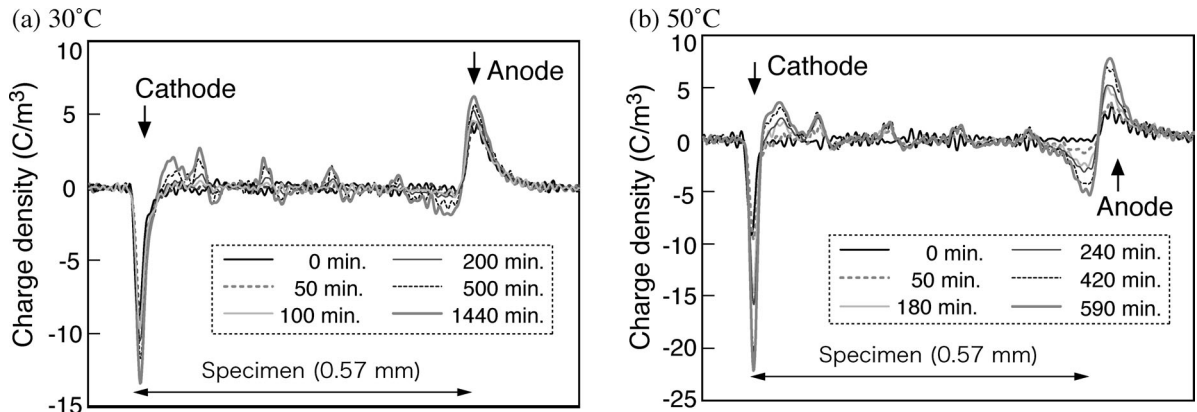


Fig. 4 Influence of temperature on space charge formation (a) 30°C, (b) 50°C

100V程度としている。温度制御は可能である。

Fig. 3に今回開発した試料表面を大気中に暴露でき、市販の恒温恒湿槽内部に設置できる小型の電極ユニットを示す。パルス電界は、試料表面に形成した蒸着(箔)電極を用いて印加する。この電極ユニットは宇宙用材料の電子線による電荷蓄積のモニタリング用として開発し⁵⁾、フランスCentre National d'Etudes Spatialesの電子線照射装置内部に設置されているものと同一構造である。

3. 空間電荷分布形成に及ぼす温度の影響

民生品用のアラミド/エポキシ樹脂(厚さ0.57mm, 5層)を試料とし、Fig. 2の汎用PEA装置を用いて、30°C, 50°Cにおける直流電界(5kV/mm)下の空間電荷分布の経時変化を観測した。Fig. 4(a), (b)に示すように、電圧印加直後には両電極上の誘導電荷しか現れないが、時間とともに内部のイオン性不純物が電界により移動し、プリプレグ5層で製作された構造に依存した内部空間電荷分布が形成される⁶⁾。30°C, および50°Cでの分布は同様であるが、電荷量、特に電極表面近傍に蓄積する電荷量は50°Cの方が若干大きい。また顕著な電荷分布の形成までに要する時間は30°Cでは約500時間、50°Cでは約180時間であった。この結果から温度が高い方が、内部のイオン性不純物は移動しやすくなるということが明らかになった。

4. 空間電荷分布形成の湿度の影響

工業用の金属ベースプリント配線板(アルミナ/エポキシ系絶縁層, 厚さ0.2mm)に、85°C, 30% RHおよび85°C, 85% RHで直流電界15kV/mmを8時間印加した後に、室内(25°C, 48% RH)において直流電界15kV/mmでの空間電荷分布を観測した。Fig. 5(a), (b)に85°C, 30% RHで課電後の空間電荷および電界分布を示す。電極上の誘導電荷とともに、電極付近に同極性の電荷が見られることから電荷注入が起きていると推定される。そのため電界は電極付近で緩和されるものの、ほぼ15kV/mmで一定である。室温において課電後10分では顕著な変化は見られなかった。Fig.

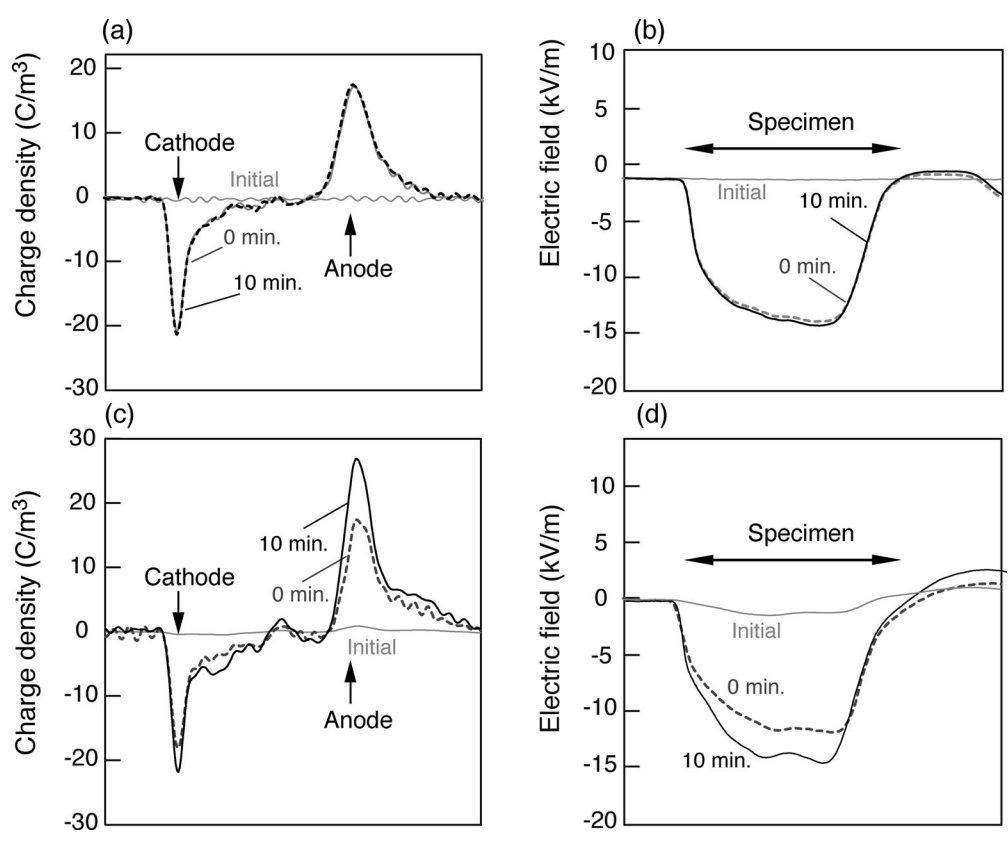


Fig. 5 Space charge profile of the metal base under 15 kV/mm at 85°C (a), (b) humidity: 30 %, (c), (d) humidity: 85%

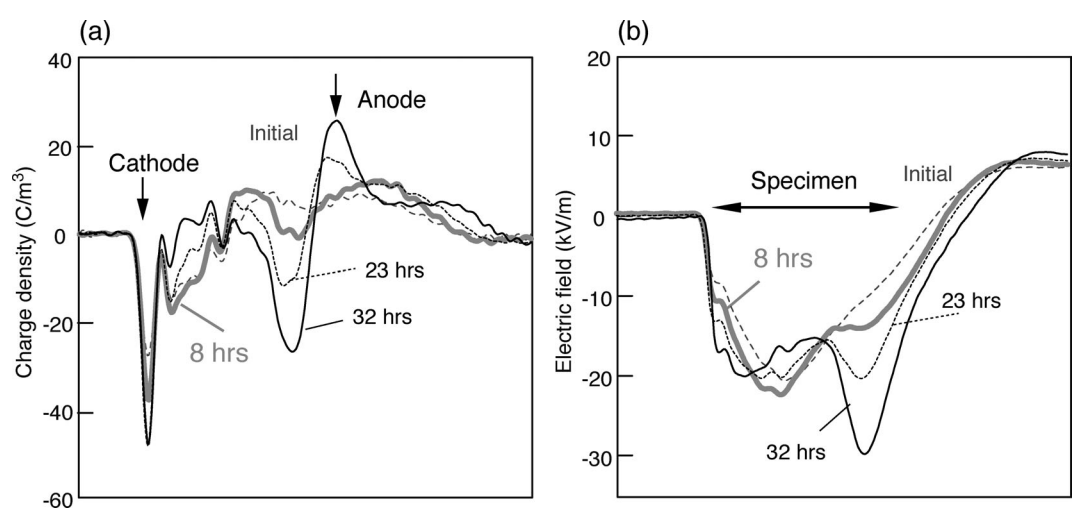


Fig. 6 Space charge and electric field profiles of a metal base specimen under 15 kV/mm at 85°C, 85% RH (a) Charge profile, (b) electric field

5(c), (d)に85°C, 85% RHで課電後の空間電荷および電界分布を示す。課電開始直後は85°C, 30% RHでの結果と同じ分布となるが10分後に内部電荷の量が増加し、2層の電荷分布が現れた。従って85°C, 85% RHにおいて直流電界(15kV/mm)8時間印加中に、内部でキャリアが生成されたものと思われる。

5. 劣化試験中の空間電荷分布の観測

工業用の金属ベースプリント配線板 (アルミナ/エポキ

シ系絶縁層, 厚さ0.2mm) に85°C, 85% RHで直流電界を印加しながら, 空間電荷分布の観測を行った。印加電界は最初24時間は10kV/mm一定, 連続して15kV/mmへ昇圧し, 32時間一定とした。10kV/mmで24時間印加中には両電極からの電荷注入が若干見られた。Fig. 6(a), (b)に15kV/mmでの空間電荷および内部電界分布の経時変化を示す。負極近傍に正電荷が, 正極近傍に負電荷が蓄積し, 時間とともに増加することがわかる。そのため, 内部電界分布は, 電極近傍で強調される。したがって85°C, 85% RH

で直流電界を印加した場合には、15 kV/mm で移動できるキャリアが生成され内部電界分布を偏歪させることが明らかになった。

6. おわりに

プリント配線板用絶縁材料の直流電界による劣化試験中の空間電荷分布形成に及ぼす温度、湿度の影響を検討し、85°C, 85% RHでの空間電荷分布観測装置を開発した。今後、内部で生成されたキャリア源の化学分析等を進め、劣化のメカニズムを検討するとともに、加速劣化試験の等価性の評価等を進める予定である。

(2005.11.17-受理)

文 献

- 1) “特集：高速・高周波化動向と材料”，エレクトロニクス実装学会誌，Vol. **6**, No. 4, pp. 288–305, 2003
- 2) G. M. Sessler: “Charge distribution and transport in polymers”, IEEE Trans. DEI, Vol. **4**, No. 5, pp. 614–628, 1997
- 3) T. Maeno et al.: “Measurement of Spatial Charge Distribution in Thick Dielectrics Using the Pulsed Electroacoustic Method”, IEEE Trans. EI, Vol. **23**, No. 3, pp. 433–439, 1988
- 4) K. Okamoto et al.: “Observation of copper ionic migration in insulation layer by pulsed electroacoustic method”, IEEE Trans. CPMT, Vol. **25**, No. 2, pp. 239–243, 2002
- 5) K. Fukunaga et al.: “*In-situ* space charge measurement system for space environment monitoring”, High Performance Polymers, Vol. **16**, pp. 267–275, 2004
- 6) 福永 香，他：“プリント配線板用絶縁材料の空間電荷挙動と内部電界分布の観測”，エレクトロニクス実装学会誌，Vol. **7**, No. 7, pp. 635–638, 2004