金属ベースプリント基板の絶縁劣化と空間電荷分布

正員 福永 香 正員 前野 恭 (通信総研)
正員 岡本 健次 正員 芳賀 弘二 (富士電機総研)

Space charge observation of a metal base printed wiring board during an ageing test

K. Fukunaga, Member, T. Maeno, Member (Communications Research Laboratory)

K. Okamoto, Member and K. Haga, Member (Fuji Electric Corporate Research and Development Ltd.)

キーワード：金属ベースプリント基板，銅イオンマイグレーション，空間電荷，パルス静電応力法

パワーエレクトロニクス分野の機器では，放熱効果の高い金属ベースプリント配線板（以下プリント基板と略記）が多く用いられている。近年，各種電子部品の小型化，高性能化が進み，プリント基板の絶縁層には1～3 kV/mmという比較的高い電界が加わるようになり，その絶縁信頼性が重要視されている⁽¹⁾。従来より配線間の短絡を引き起こす絶縁層表面での銅イオンマイグレーション劣化については精力的に検討されてきたが，最近では絶縁層の厚さ方向にも銅イオンマイグレーション（以下マイグレーションと略記）が発生し絶縁破壊の原因となることが明らかになり，その発生には樹脂内部の不純物イオンが関与していると考えられている^(2,3)。一方，空間電荷分布測定技術の向上により，厚さ150 μm 程度の薄い樹脂内部の不純物イオンの挙動が観測できるようになった^(4,5)。そこで，パルス静電応力法⁽⁵⁾を用いて，直流課電時におけるプリント基板絶縁層内部の空間電荷挙動を観測した。

金属ベースプリント基板試料は，図1に示すようにアルミニウム上の無機充填剤入りエポキシ樹脂に銅電極を蒸着したものである。全ての実験において銅電極側に正の高電圧（図中 anode），アルミベース側が接地（図中 cathode）となるように課電した。劣化させる前の試料に0.4, 0.8, 1.0, 1.25 kV を印加した場合の空間電荷分布を図2に示す。cathode に正，anode 側に負の電荷が蓄積し，1.0 kV 以上で正電荷が顕著に増加した。このように内部空間電荷挙動は印加電圧に依存するが，劣化試験は通常の規格試験電圧である1.25 kVで行った。

課電劣化試験に先立ち，85 $^{\circ}\text{C}$ ，70 %で18時間予備加湿を行った試料の空間電荷分布を図3(a)に示す。前述の初期状態での結果と比べて anode 側に蓄積する負電荷が顕著に増加した。この結果から，加湿処理により，絶縁層内部に直流電界下で移動できる負イオンが生成されることが明らかになった。試料に含まれるイオン性成分を85 $^{\circ}\text{C}$ の水中で抽出すると， SO_4^{2-} ， Cl^- ， NH_4^+ が検出されており⁽²⁾，これらが空間電荷分布を形成する原因となると思われる。

図1 金属ベースプリント基板試料
Fig. 1 A sample of a metal base printed wiring board.

図2 初期状態における空間電荷分布の印加電圧特性
Fig. 2 Space charge distribution in a sample before ageing versus applied voltage.

85 $^{\circ}\text{C}$ ・70 %・1.25 kVで20時間加速劣化後の直流課電中の空間電荷分布を図3(b)に示す。初期，および加湿処理後の場合の電荷分布と比べて anode 側（銅の蒸着電極側）から約40 μm まで正電荷が存在し，anode 近傍に導電性の高い領域が形成されたと推察される。この結果は同一組成の試料（anode側は銅箔電極）を同一条件で劣化試験後に試料を切断し観察した図3(c)で，anode側から厚さ方向に約40 μm のマイグレーションが発生していることと一致している⁽³⁾。50時間後には図3(d),(e)に示すように anode 近傍の導電性の高い領域がさらに絶縁層内部に拡がり，マイグレーションが進展していることがわかる。

図3 絶縁劣化の進行に伴う空間電荷分布の変化
Fig. 3 Space charge observation during an aging test.

以上の結果から、プリント基板絶縁層の内部空間電荷挙動の観測と化学的な分析、切断面の観察結果を比較検討することにより、絶縁層の厚さ方向に進展するマイグレーションの発生・進展のメカニズムの解明に有効であることが明らかになった。

(平成9年10月13日受付)

文 献

- (1) 津久井:「プリント回路板の絶縁信頼性評価の必要性和問題点」, 回路実装学会誌, Vol. 10, No. 2 (1995) pp. 71-73
- (2) 岡本, 前田, 芳賀:「金属ベースプリント配線板における銅イオンマイグレーションの検討」, 回路実装学会誌, Vol. 10, No. 2 (1995) pp. 108-112
- (3) 岡本, 前田, 芳賀:「金属ベースプリント配線板における銅イオンマイグレーションと誘電特性の関係」, 回路実装学会誌, Vol. 12, No. 6 (1997) pp. 418-424
- (4) 高田:「空間電荷計測技術の最前線」, 電学論A, Vol. 117-A, No. 6 (1997) pp. 545-551
- (5) T. Maeno and K. Fukunaga, "High-resolution PEA Charge Distribution Measurement System", IEEE Trans. Dielectrics and EI, Vol. 3, No. 6 (1996) pp. 754-757

福永 香

(正員) 1963年12月14日生。1989年東京電機大学大学院工学研究科修士課程修了。現在、郵政省通信総合研究所電磁環境研究室勤務。固体誘電体表面および内部の電荷挙動に関する研究に従事。工学博士。静電気学会、IEEE 会員。

前野 恭

(正員) 1957年8月28日生。1989年武蔵工業大学大学院工学研究科電気工学専攻修士課程修了。現在、郵政省通信総合研究所光計測研究室勤務。誘電体中の空間電荷、電界分布の計測およびレーザー応用研究に従事。工学博士。1990年電気学会論文賞1995年電気学会進歩賞受賞。

岡本健次

(正員) 1963年5月21日生。1982年高知県立高知工業高等学校電気科卒業。同年(株)富士電機総合研究所入社。1989年関東学院大学工学部電気工学科卒業。主として電子機器、電力機器の絶縁材料・絶縁技術の研究開発に従事。1991年電気学会論文発表賞受賞。回路実装学会会員。

芳賀弘二

(正員) 1952年10月18日生。1971年福島県立平工業高等学校電気科卒業。同年富士電機製造(株)中央研究所入社。現在(株)富士電機総合研究所主任研究員。主として絶縁材料の研究開発に従事。