

帯電防止膜の抵抗評価用電極の開発 －抵抗膜評価に関する研究－

宮川隆二*・石松賢治**

* 電子部

Development of Surface Resistivity Measuring System for Thin Film

Ryuji MIYAGAWA* and Kenji ISHIMATSU*

帯電防止膜の表面抵抗率測定を目的とした3電極方式の電極及び測定システムを開発した。電極にフィルム型構造を採用し、 $50\mu\text{m}$ 以下の電極間隔を実現しているため、厚さが数 $10\mu\text{m}$ の膜まで評価可能である。抵抗値の上限は、 $10^9\Omega/\square$ であり、単純な構造であるとともに、利便性が良いため、現場での製品評価に大幅な改善が期待される。

1. はじめに

ここ数年、静電気対策部材の電氣的評価に関する相談が増加している。これは、本県の主要な工業製品である半導体集積回路及び液晶ディスプレイの製造現場において、静電気がデバイスの破壊、ウェハやガラス基板の破損、パーティクル発生を引き起こし、歩留まりを低下させる要因となっており、近年の集積回路の微細化やガラス基板の大型化を背景に、問題が深刻化¹⁾しているためである。特に、地元の中小企業は、半導体や液晶ディスプレイ用の製造／検査／搬送装置及び部材を製造／加工しており、部材への静電気対策は、これらの企業によって行われる。

地元中小企業が行う静電気対策技術としては、セラミックやプラスチック等絶縁部材及び金属部材表面への半導体膜コーティング²⁾、平滑な金属部材表面の粗化¹⁾がある。前者は、静電気を緩やかに逃すことによる帯電防止、後者はその静電気そのものを抑制することを狙っている。これら帯電防止性能を客観的なデータとして開示することは、現在の顧客の要求に応えるのみならず、新規顧客を獲得、製品の改良、品質管理の観点からも重要である。そこで、地元中小企業における帯電防止膜の電氣的評価の問題点とその解決方法について検討を行った。

2. 抵抗評価用電極の要件

帯電防止膜の電氣的評価は、膜の表面に電荷を帯電させ表面電位の減衰時間を測定するトータル性能を評価する方法と、膜の体積固有抵抗、表面抵抗率といった基礎物理量を測定する方法がある。特に、表面抵抗は、表面の汚れ、欠陥、湿度、温度の影響を受けやすく、また経時的な変動も大きいといった不安定な側面³⁾を持つため、この値を正しく把握することが特に重要である。

一般に、帯電防止の効果があるとされる抵抗値でも、

$<10^{12}\Omega/\square$ ：帯電防止性あり

$<10^9\Omega/\square$ ：良好

と、高い抵抗値の部類に入る⁴⁾ため、高抵抗材料の評価基準である、米国材料試験協会規格 ASTM D 257-99、日本規格協会規格 JIS C 2151(電気用プラスチックフィルム試験方法)に基づいた測定が必要である。図1は、そのうち最も信頼性が高い3電極方式の概略を示す。主電極とリング電極間に定電圧を印加し、電流値から表面抵抗を算出する。漏洩電流による誤差は、膜の裏面に取りつけた円形電極のガードによって補償する。

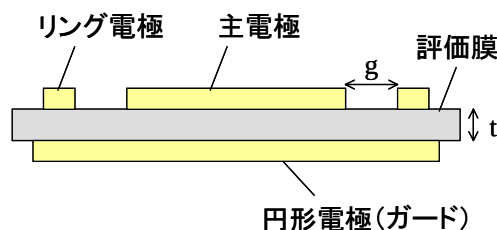


図1 3電極方式の概略

本方式の電極プローブは、複数の計測メーカから市販されているが、電極寸法D1は6～50mm、電極間隔gは1.5～10mmである。表面抵抗を測定する場合は、膜の厚さtに対し、 $g < 2t$ を満たす必要がある。しかし、実際の帯電防止膜の厚さは、数 $10\mu\text{m}$ であるため本条件を満たさない。また、電極は金属塊であるため、評価膜が硬く平面度が悪い場合は、評価膜と電極の面接触を得ることができない。そのため、導電性塗料などによりサンプル毎に自前で狭ギャップの電極を形成する必要があるが、電極形成自体が難しく、且つ、多大な時間と設備を要するため、現実には実施不可能である。

以上の問題点を踏まえて、地元企業が製造する帯電防止膜の表面抵抗評価用の電極は、以下の3点を満たす必要がある。

- 1) 3電極方式である
- 2) 電極間ギャップが $50\mu\text{m}$ 以下
- 3) 面接触が安定に得られる

3. 電極の試作と考察

前述の要件を満たす電極として様々な検討を実施した結果、今回、フィルム状の電極を考案した。図2は、試作したフィルム電極の断面構造を示す。薄膜状の中心電極とリング電極は、支持フィルムに貼り付いており、電極間ギャップ $20\mu\text{m}$ を保っている。支持フィルムには、厚さ $7.5\mu\text{m}$ のポリイミド箔を使用し、高い絶縁性と面接触を得る為の柔軟性を確保した。電極は、厚さ $0.1\mu\text{m}$ のNi膜を無電界めっきにて形成し、フォトリソグラフィと化学エッチングにより、電極形状に加工した。

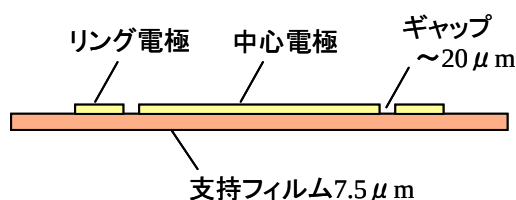


図2 フィルム電極部の断面図

薄いフィルム電極は、破れやすいだけでなく、静電気を帯びて取り扱いが難しいため、電極押さえ機構に取りつけて使用する。図3は、電極押さえ機構に取りつけて評価膜の表面抵抗を測定するときの様子を示す。押さえ機構内を真空にすることで、電極を、最大 $9.8\text{N}/\text{cm}^2$ で均一に押し付けることができる。押さえ機構内の隙間容積が 2cm^3 以下であるため、小型のダイアフラムポンプでも、数秒で排気が終了する。なお、母材が金属の場合が多々あるが、その場合、母材をガード電極として使用する。

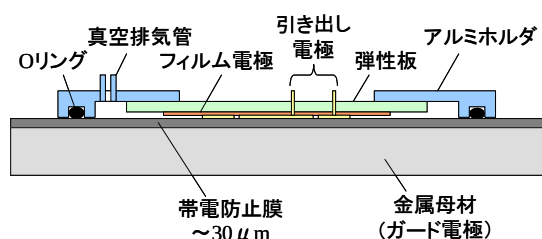


図3 表面抵抗測定時の概略

図4は、実際の測定における全体構成を示す。計測器には、絶縁抵抗計又はエレクトロメータを使用し、ポンプには、小型のダイアフラムポンプも使用可能である。真空排気と計測を連動させることで、全自動で信頼性の高い抵抗測定システムを構築することが可能である。

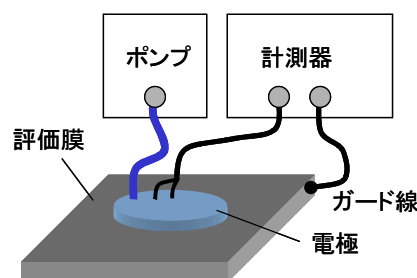


図4 測定時の全体構成

今回試作した電極を試用したところ、繰り返し使用により、Ni膜が剥がれるという問題があった。フィルムを使い捨てにして交換することは可能であるが、作製プロセス見直しによる、密着性の向上が必要である。電極間の表面抵抗値については、 $10^9\Omega/\square$ 程度と実用可能な値であった。しかし、帯電防止性ありとされる $10^{12}\Omega/\square$ には適用できない為、更なる高抵抗化が必要である。曲面との面接触については、折り曲げ型の曲面には対応できたが、それ以外ではしわが発生し対応できなかった。改善には、ポアソン比の小さい支持フィルムの使用が必要である。電極の大きさについては、直径を小さくして小型化しても、表面抵抗の測定は問題ない。しかし、体積抵抗の測定は、接触面積が小さくなるほど困難になる為、測定器の仕様にあわせた設計が必要となる。

4. おわりに

帯電防止膜の表面抵抗評価を目的とした、電極及び測定システムを試作した。本電極により、厚さ数 $10\mu\text{m}$ の帯電防止膜の表面抵抗を、 $10^9\Omega/\square$ まで測定可能である。評価膜への電極取り付けが容易で、短時間に測定を終了できるといった利便性を備えているため、地元企業での品質管理のみならず、生産現場での表面抵抗点検へも適用可能である。

文 献

- 1) 北林広佳, 藤井治久, 大石貴之, 金属ステージとTFT-LCD用ガラスの接触帯電特性, 静電気学会, Vol.22, No.4, p253-257, 1998
- 2) 向井清和, 特集2;ディスプレイのコーティング技術, バキュームチャックプレートにおける剥離帯電防止コーティング「NF-685B」, ディスプレイ, Vol.9, No.11, p61-67, 2001
- 3) 井出文雄編, 実用プラスチック事典, 産業調査会, p832, 1993
- 4) 井出文雄編, 実用プラスチック事典, 産業調査会, p835, 1993