新規機能薄膜の研究

鎌田　義隆*　山下　紘治*
宮下　孝洋**　諸橋　春夫**　笠原　勝次**　高山　浩一**

Study of New Functional Thin Films

KAMATA Yoshitaka*,YAMASHITA Kouji*,MIYASHITA Takahiro**,
MOROHASHI Haruo**,KASAHARA Katsuji** and TAKAYAMA Kouichi**

抄　録

本研究では、物理的気相成長（PVD）法である蒸着法とスパッタ法を用いて携帯電話用キーシートに各種金属薄膜を作製した。さらに金属薄膜のレーザー加工とプラズマによる表面改質についても検討した。その結果、薄膜作製時に薄膜の膜厚と構造の制御を行うことにより各種機能を有する薄膜が作製できた。また、金属薄膜のレーザーによる文字抜き加工条件と金属薄膜の保護膜密着性向上のための表面改質法を確立した。

1. 緒　　言

携帯電話の重要な操作部であるボタン部分は、キーシート（図 1）と呼ばれ、多様なデザイン（形、色、光沢、文字等）と複雑な機能が求められている。近年、携帯電話は外装部分への金属調加飾が増えており、その製法の主流はメッキである。しかしメッキは、製造工程における廃水等の環境的問題があり、また、キーシートに求められる機能の付加やレーザーによる文字抜き加工等が困難である。

図１　キーシート

＊　サンアローモバイルデバイス株式会社
＊＊ 研究開発センター

そこで本研究では、環境への負荷が少ない蒸着法、スパッタ法を用いたキーシートへの金属薄膜作製に関する研究を行い、主として金属薄膜の

（1）ハーフミラー機能付加
（2）静電破壊防止機能付加
（3）レーザー文字抜き加工
（4）プラズマによる表面改質

について検討を行った。

2. ハーフミラー機能付加

2.1　概要

ハーフミラーとは、通常は鏡として見えるが、その裏面から光が照射された時にはその照射光が見えるものである。このハーフミラー機能は、光の反射機能と透過機能を兼ね備えた薄膜によって実現できる。光を効率良く反射するためにメッキが利用されているが、さらに透過機能も付加することは、メッキの膜厚が厚いことから困難である。そこで本研究では、真空蒸着法、スパッタ法[1)]により、反射膜に最もよく使われているアルミニウム（Al）の薄膜を作製し、その際に膜厚制御を行ってハーフミラー機能の実現を検討した。

さらにハーフミラー薄膜と文字抜き塗装との組み合わせによる新規加飾キーシートの作製も行った。

2.2　実験

本実験では真空蒸着装置およびスパッタ装置を用いて薄膜を作製した。

薄膜作製時の真空度は、真空蒸着、スパッタ共に 1Pa 以下とした。また真空蒸着では、RF イオンプレーティング法による薄膜作製を行った。

作製した薄膜の評価は、透過率測定および目視で行い、その際の基板はガラスを使用した。

また、ハーフミラー薄膜と文字抜き塗装との組み合わせによる加飾キーシートの作製は図２に示した構造で作製した。

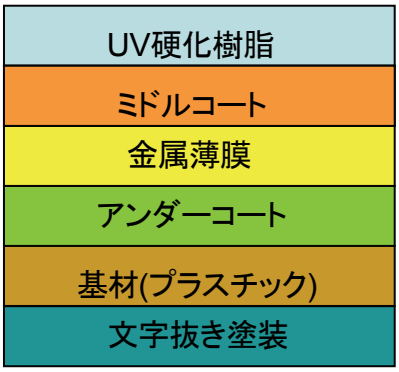


図２　加飾キーシートの構造

2.3　結果および考察

本実験においてスパッタ法によるナノメートルオーダーでの膜厚制御技術を確立した。真空蒸着法では安定した膜厚の制御が困難であったが、スパッタ法では成膜時間と膜厚に定まった関係を見出すことができた。また、作製したサンプルは、膜厚 30nm 付近でハーフミラーとなり、膜厚の異なる 3 種類の Al 薄膜について光の透過率を測定した結果（図 3)、ハーフミラーとなっている膜厚 24.83nm のサンプルの透過率は、10%以下であった。膜厚が 20nm 以下のサンプルは、反射が少ない透き通った膜となっており、透過率は 20%以上であることが分かった。

ハーフミラー薄膜と文字抜き塗装とを組み合わせた結果、図 4 に示した加飾機能を有するキーシートが作製できた。図のようにキーシート下部の光源が消灯時は、鏡になり、点灯時は光の透過が高く裏面に塗装した抜き文字をはっきりと写せる機能を付加させることができた。

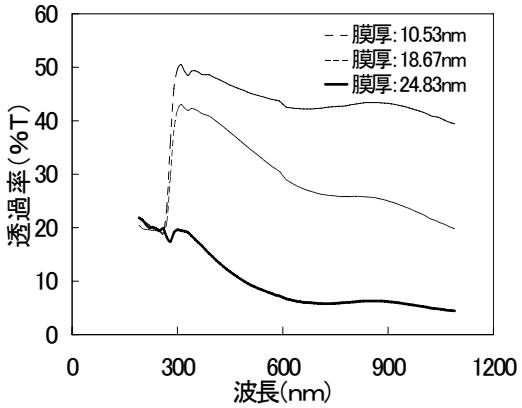
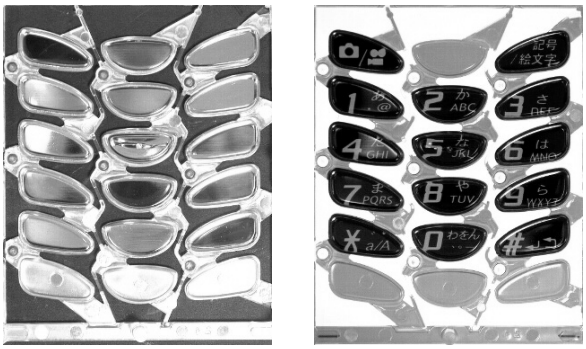


図３　ＡＩ薄膜の光透過率



照光なし　　**照光時**

図４　ハーフミラー応用キーシート

3.　静電破壊防止機能付加

3.1　概要

静電破壊とは、静電気による IC や LSI のゲート酸化膜破壊や拡散層のジャンクション破壊、アルミ配線の溶断などの破壊現象のことである。そして静電気を帯びている人が頻繁に接触する携帯電話において静電破壊は重要な問題である。その対策として内部回路的な対策の他に外装部分であるキーシートにも対策が必要となる。特に金属薄膜がコートされたキーシートにおいては静電破壊

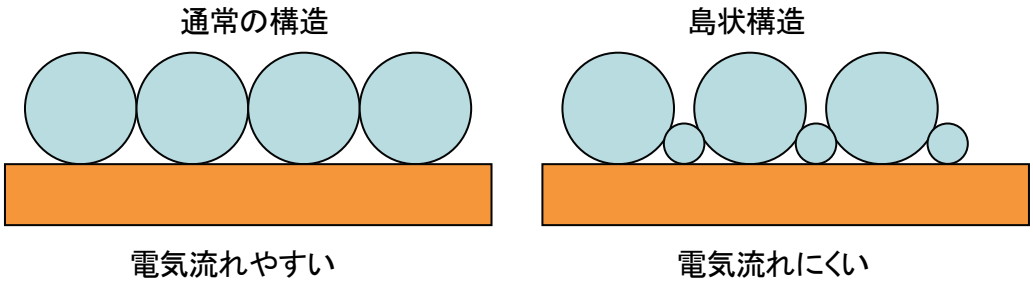


図５　薄膜の微構造

防止機能が重要となる。金属薄膜に静電破壊防止機能を付加するには、薄膜内部の欠陥を多くして接触抵抗を大きくし [2]、電気抵抗率を高くすることが必要である。欠陥および接触抵抗の増大は、図 5 に示したような島状構造によって可能になると考えられる。そこで本研究では、真空蒸着法、スパッタ法により、島状構造制御を行ったアルミニウム（Al）およびスズ（Sn）の薄膜を作製して静電破壊防止機能を検討した。

3.2　実験

本実験では真空蒸着装置およびスパッタ装置を用いて、2.2 章に記した製法で薄膜を作製した。作製した薄膜の特性評価は、表面抵抗率、気中放電試験、微構造観察について行った。表面抵抗率は、抵抗率計（三菱化学(株)製ハイレスタ UP　MCP－HT450）を用いて測定を行い、気中放電試験は、静電気許容度試験機（ノイズ研究所製 ESS－200AX）を用いて 8kV での試験を行った。微構造観察は、走査プローブ顕微鏡（セイコーインスツルメンツ(株)製 SPA－500/SPI3800）を用いて行った。

3.3　結果および考察

スパッタ法で作製した Sn 薄膜と真空蒸着法で作製した Al 薄膜の表面抵抗率の測定結果を図 6、図 7 に示す。この結果から、どちらの薄膜も膜厚 50nm 以下から表面抵抗率が高くなることが分かる。しかし、これらの薄膜が絶縁状態になるのは膜厚 10nm 以下であり、金属光沢の無い透き通った膜であった。

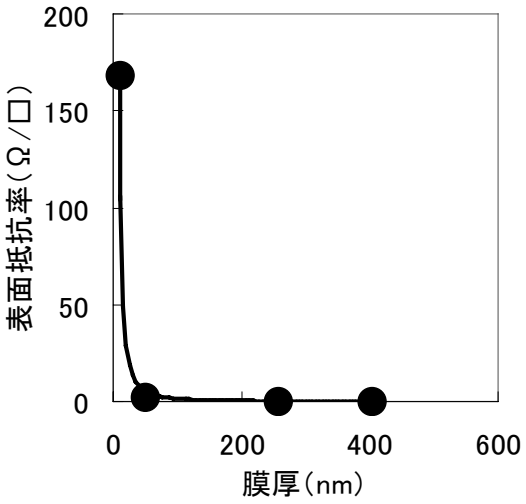


図６　蒸着ＡｌＩ薄膜の表面抵抗率

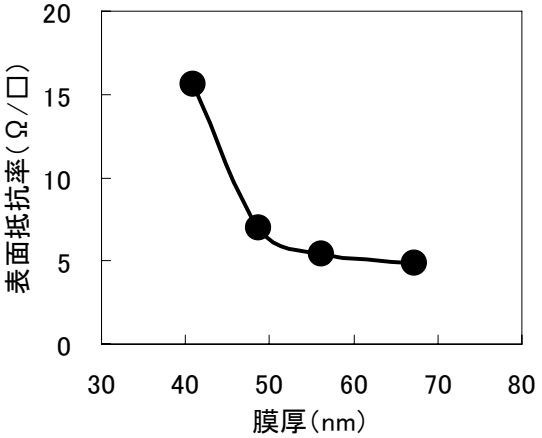
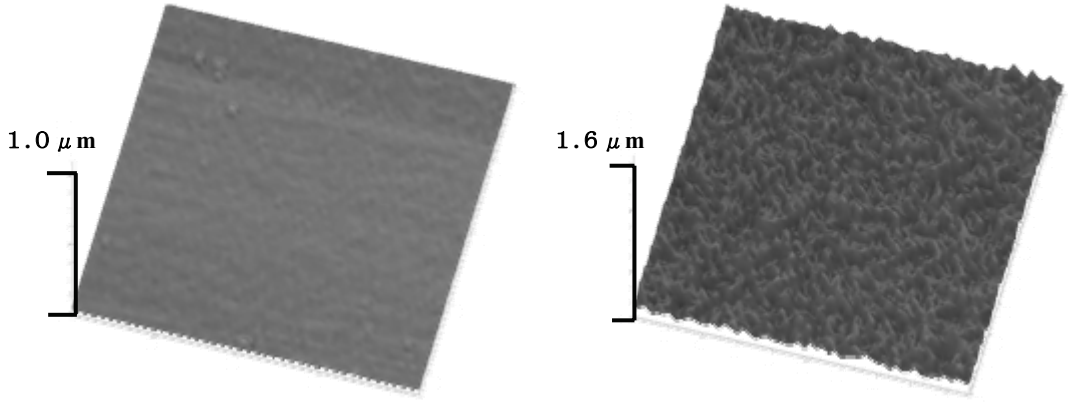


図７　スパッタＳｎ薄膜の表面抵抗率

また、真空蒸着法で作製した Sn 薄膜の表面抵抗率測定においては、膜厚 100nm 以下で絶縁状態であることが確認できた。そして膜厚 50nm 以下では 8kV の気中放電試験でも電気を通さないこと



スパッタ法　　蒸着法

図８　ＳＰＭ測定結果

が確認できた。

この結果と静電破壊を起こす静電気の電圧が数 kV 以下であることから、膜厚 50nm 以下の真空蒸着 Sn 膜には静電破壊防止機能が付加されたことが分かった。

静電破壊防止機能が付加された蒸着 Sn 薄膜と付加されなかったスパッタ Sn 薄膜の走査プローブ顕微鏡（SPM）による観察結果を図 8 に示す。この図から蒸着 Sn 薄膜の微構造は凹凸があるのに対し、スパッタ Sn 薄膜は平らであることが確認できる。このことは、蒸着法では島状構造が形成されるが、スパッタ法ではスパッタされた原子のエネルギーが大きいため原子は高速で基板に衝突し、島状構造の成長が阻害されたためと考えられる。

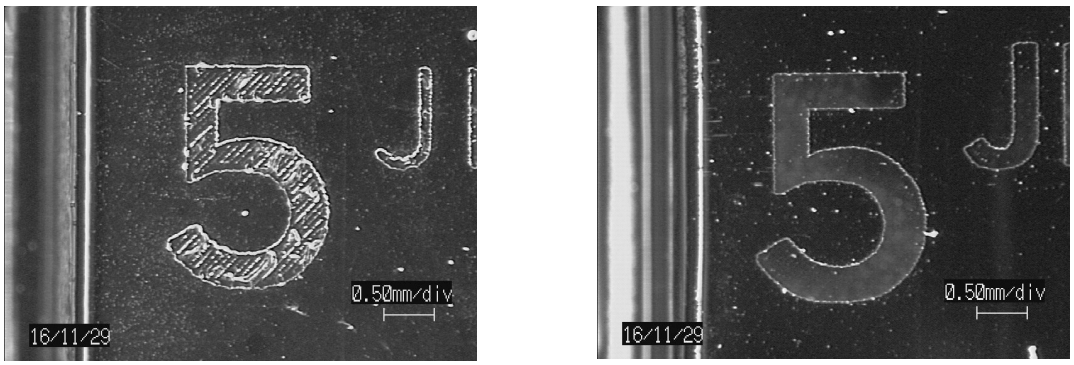
4. レーザー文字抜き加工

4.1　概要

現在、プラスチックの金属加飾の主流はメッキであり、その膜厚は通常 5～10μm である。従って、このメッキをレーザーで文字抜き加工するには多くのエネルギーが必要となり、シャープに文字抜きできない、素地のプラスチックまでダメージを与える、という問題点がある。そこで本実験では、膜厚をメッキの百分の一以下にした薄膜を作製し、文字抜き状態がシャープで、素地にダメージを与えないレーザー加工条件の確立を行った。

4.2　実験

本実験では真空蒸着装置を用いて、2.2 章に



ミドルコート塗布薄膜　　薄膜のみ

図９　レーザー文字抜き加工結果

記した製法で膜厚 50～100nm の Al 薄膜を作製した。作製した薄膜にマーキング用レーザー加工装置を用いて文字抜き加工を行い、最適加工条件を求めた。加工した薄膜は、デジタルマイクロスコープおよび目視によって加工状態を観察した。

4.3　結果および考察

膜厚 100nm 以下の Al 薄膜のレーザー加工条件（電流値、スキャンスピード、周波数）が確立できた。Al 薄膜のレーザー加工状態を図 9 に示す。ここに示されている様に Al 薄膜にミドルコートが塗布されたサンプルのレーザー加工では、シャープな文字抜きができず付着物も残ったが、Al 薄膜のみのレーザー加工ではシャープな文字抜きが実現できた。

5. プラズマによる表面改質

5.1　概要

金属は柔らかくて傷つき易く、薄くなるほど歪み易い。そこで金属薄膜には保護膜（UV 硬化樹脂）が必要となる。金属薄膜と UV 硬化樹脂との反応性が乏しいため、通常は図 10 に示すように金属薄膜の上にミドルコートを塗布することで付着性を高めている。しかし、クロム（Cr）は、ミドルコートとも反応性が乏しく、保護膜の剥がれが起こることがある。一方、Cr の反応性を高めるためにその表面をプラズマで処理することは、非常

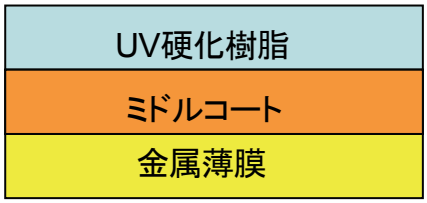
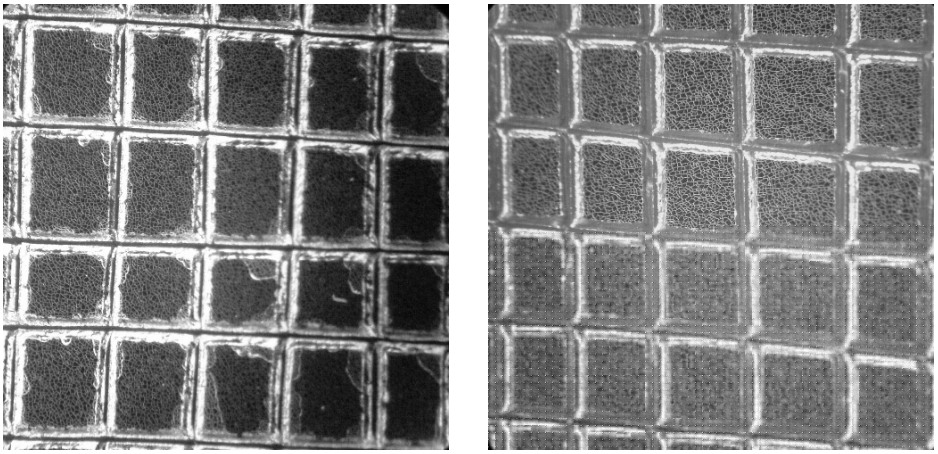


図１０　保護膜の構造

に効果的であると考えられる。プラズマの作用として極性基の導入などの化学修飾があり、プラズマ処理は化学試薬を使用した湿式法に比べ工程が簡単である等の利点がある。そこで本実験では、Cr 薄膜とミドルコートとの反応性を高めるためプラズマによる表面改質を検討した。

5.2　実験

本実験では真空蒸着装置を用いて、2.2 章に記した蒸着法で Cr 薄膜を作製した。作製した Cr 薄膜表面にプラズマ装置を用いて大気圧でプラズマ処理を行った後、ミドルコートを塗布してサンプルを作製した。ミドルコートの密着性評価は、碁盤目テープ密着試験（JIS－K5600）により行った。またプラズマ処理を行った Cr 薄膜の接触角測定を行って薄膜表面の極性状態も調べた。



処理なし　　**処理あり**

図１１　碁盤目テープ密着試験結果

5.3　結果および考察

碁盤目テープ密着試験の結果を図 11 に示す。図に示した様に未処理の場合は、カッターの刃を入れたエッジの部分からミドルコートが剥がれたが、処理を行った場合は、ミドルコートの剥がれは無かった。このことからプラズマ処理により Cr 薄膜へのミドルコートの密着性が、向上することが確認された。また、Cr 薄膜の接触角測定の結果、処理前の 70.5° から処理後は 7.4° へと変化しており、親水性の向上が確認できた。以上に記した密着性と親水性の向上は、プラズマ処理によって Cr 薄膜表面に極性基が導入されたためと考えられる。

6. 結　　言

（1）スパッタ法による膜厚制御技術を確立した。その膜厚制御（30nm）によりハーフミラー機能の付加されたＡ１薄膜が作製できた。

（2）蒸着法による島状構造制御技術を確立して、蒸着 Sn 薄膜に静電破壊防止機能を付加できた。

（3）Al 薄膜のレーザー文字抜き加工条件を確立した。

（4）プラズマ処理による Cr 薄膜の表面改質により、ミドルコートの密着性を向上させることができた。

参考文献

1) G. K. Wehner and D. Rosenbery, “Angular distribution of sputtered material”, *Journal of Applied Physics* , Volume 31, Issue 1, 1960, p 177-179.

2) K. L. Chopra, L. C. Bobb and M. H. Francombe, “Electrical resistivity of thin single-crystal gold films”, *Journal of Applied Physics*, Volume 34, Issue 6, 1963, p1699-1702.