

表面活性化接合法によるCu / LCPクラッド材の開発

南部光司*・大澤真司*²・岡山浩直*³・岩下寛之*⁴

Development of Cu/LCP Laminated Material by Surface Activated Bonding Method

Kouji NANBU, Shinji OZAWA, Hironao OKAYAMA and Hiroyuki IWASHITA

Synopsis : Electronic equipment such as a mobile phone, a digital camera and a DVD recorder has become highly performed and smaller because the fabrication techniques and materials of the field of large-scale integrated circuit (LSI) and of integrated circuit (IC) have improved. However, printed wiring boards (PWBs) onto which those parts are put, are still large size because of the technical gap between those parts and the PWBs. In this point of view, the development of new materials for the PWB is expected.

In presence, polyimide (PI) film is widely applied as an insulator material in the PWBs, especially in a flexible printed circuit (FPC). In a FPC using PI film, it is difficult to produce fine pitch patterned circuits because of large dimensional change due to its large moisture adsorption and large coefficient of hygroscopic expansion (CHE). In addition, it is unstable when it is used at the high frequency field because the dielectric constant and dissipation factor, which affect the high-speed signal transmission, change with various atmospheres. In order to solve those problems, we started to develop new copper clad lamination (CCL) materials using a liquid crystal polymer (LCP) film which has low moisture adsorption, low dielectric constant and dissipation factor instead of PI film.

In this paper, we studied lamination of a copper (Cu) foil to a LCP film by using surface activated bonding (SAB) method. First, we investigated the change of chemical bonding state on the LCP surface against argon (Ar) ion etching by means of electron spectroscopy for chemical analysis (ESCA). Secondly, peel strength of the Cu/LCP laminated material was measured. Finally, in order to find the suitable manufacturing conditions, we controlled RF plasma power, its treatment time, Cu sputter thickness on the LCP surface after RF plasma treatment, bonding pressure and heat treatment after lamination. Consequently, the peel strength improved to 750N/m.

Key Words : surface activated bonding ; liquid crystal polymer ; copper foil ; lamination ; printed wiring board ; RF plasma treatment ; peel strength

1. 緒言

携帯電話、デジタルビデオカメラ等に代表されるモバイル電子機器、あるいはテレビ、DVDデッキなどの一般民生機器の軽薄短小化、高速・高機能化の勢いは全く衰えることなく、各メーカーの技術競争も激しくなっている。これら電子機器の進化に対して、LSIの性能、あるいはその

接続方法などによって技術的なブレイクスルーは見出されてきているが、これらの部品を実装するプリント配線板 (PWB; Printed Wiring Board)、あるいは半導体パッケージ用サブストレート (インターポーザー) への要求性能も年々高まっている。

これらPWB用材料やインターポーザー用材料には銅張り樹脂フィルム材 (CCL; Copper Clad Laminate) が使用されている。CCLは接着剤を用いて銅箔と樹脂フィルム

* 技術研究所

*² 本社 クラッド開発部 副主事

*³ 技術研究所 グループ主任研究員

*⁴ 技術研究所 主事

を張り合わせた3層材と、接着剤を用いずに銅箔上に樹脂フィルムを直接積層した2層材に大別される。2層材と比較し3層材は安価であるが、電子機器の進化に伴い、接着剤層の耐熱性、屈曲性、耐マイグレーション性等が問題となることから¹⁾、高機能性用途では2層材が多く適用され、年率120%程度の伸び率で増加している²⁾。

現在、これらCCLの絶縁層にはポリイミド (PI) が主として使われている³⁾。PIは耐熱性、屈曲性に優れる一方、吸水率が大きく、吸湿に対する寸法変化率 (CHE; Coefficient of Hygroscopic Expansion) が大きいいため、ファインピッチパターンを形成した回路での接続信頼性が低い。また、信号の高速伝送を実現するためには、絶縁材料の特性として低誘電率、低誘電正接であることが必要とされる。しかし、PIの誘電率および誘電正接は適用信号周波数の変化に対して、あるいは湿潤環境下において極めて不安定であり、先に挙げた高速・高機能化を実現するために、PWBもしくはインターポーザー用の新規CCLの開発が必要とされている⁴⁾。

このような背景から、絶縁材料に液晶ポリマー (LCP; Liquid Crystal Polymer) フィルムを用いた新規CCLの開発をスタートした。LCPは融点の高い順に、I型、II型、III型に区分されており、I型およびII型のLCPはフィルム化されているが、III型は分子構造的にフィルム化が困難であり、コネクタ等の射出成形品に用いられている⁵⁾。LCPはH、C、Oのみから構成された全芳香族ポリエステル熱可塑性樹脂であり、耐熱性は熱硬化性のPIより劣るものの、熱可塑性樹脂の中では最も耐熱性に優れた樹脂の一つである。LCPとPIの特性比較をTable1に示す⁶⁾。LCPの吸水率はPIと比較して非常に小さく、CHEもPIの

1/10程度である。また信号の高速伝送に影響する誘電率および誘電正接も極めて低く安定しており、次世代CCL用の絶縁材料として期待されている。

本報では、Liイオン電池の防爆用安全弁などに現在適用されている金属/金属クラッド材の製造方法である表面活性化接合 (Surface Activated Bonding) 法を用い^{7~13)}、新たなクラッド材として金属/プラスチックフィルム、特に銅 (Cu) 箔とLCPの接合について検討した。

2. 実験

2.1 供試材

Cu箔とLCPフィルムのクラッド材 (Cu/LCP) の作製において、Cu箔には35 μ m厚の圧延Cu箔 (日本製箔製) を用いた。圧延Cu箔は熱ラミネート材などに用いられている電解Cu箔と比べ、屈曲性、平滑性に優れており、フレキシブルプリント基板 (FPC; Flexible Printed Circuit) への適用やファインピッチパターンの作製が可能である。LCPフィルムには50 μ m厚のI型LCP (ジャパングアテックス製BIAC BA) を用いた。LCPのモノマー構造をFig. 1に示す⁶⁾。

2.2 表面活性化接合法によるCu/LCPクラッド材作製方法

Cu/LCPクラッド材の作製には表面活性化接合法を用いた。Fig. 2に表面活性化接合法の原理を示す。材料物質は原子の配列、結合によって構成されているが、最表層の原子は結合する相手となる原子が存在しないため、エネルギー的に非常に不安定な状態にある。そのため大気中にお

Table1 Comparison of the each characteristics between the LCP film and PI film

Test item	Condition	LCP	PI
CTE(coefficient of thermal expansion) / ppm/°C	23~200°C	16	14~16
CHE(coefficient of hygroscopic expansion) / ppm/°C	50°C, 20~80%RH	1.5	14
water adsorption / %	PCT(121°C,2atm) 96hrs	0.2	2.0
Dielectric constant / -	3GHz, 50°C, 0~90%RH	3	3.4~3.7
Dissipation factor / -	3GHz, 50°C, 0~90%RH	0.003	0.007~0.018
Tensile strength / MPa	25°C	120	250~400
Young's modulus / GPa	25°C	6	3.5~9

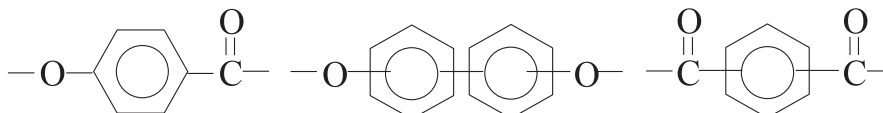


Fig. 1 Chemical structure of the LCP film (BIAC BA; JAPAN GORE-TEX INC.)

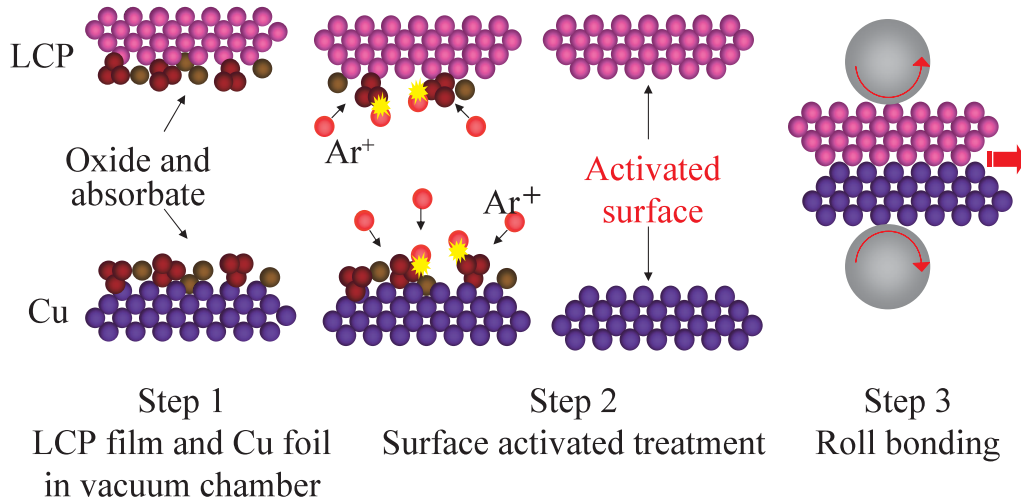


Fig. 2 Principle of the surface activated bonding (SAB) method

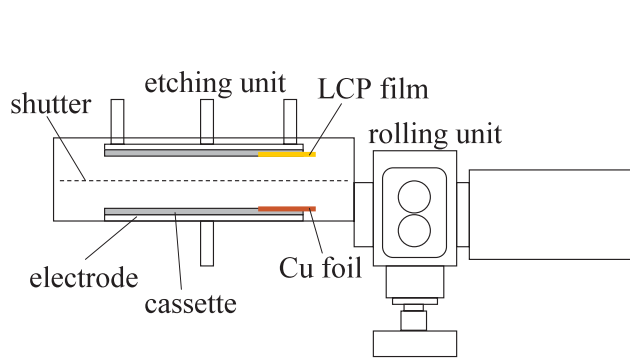


Fig. 3 Schematic of Cu/LCP bonding equipment

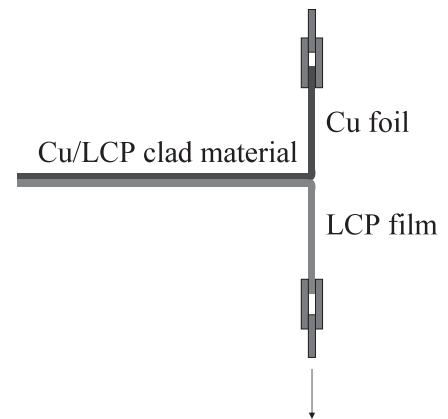


Fig. 4 Schematic of the T-peel test

いて材料表面は、通常酸化物や吸着物などによって覆われ、安定な状態を保っている。表面活性化接合法は全て真空中で行うが、真空中に入れられた材料は、プラズマ化したArイオンによりエッチングされ、表面を覆っている酸化物や吸着物を物理的に除去され、活性な材料表面が露出する。この活性化された材料表面同士をロールによって圧接することにより接合が行われる。

Fig. 3 に本実験で用いた接合装置を示す。Cu箔とLCPフィルムを専用のカセットにセットし、エッチングチャンバーに入れ、 $3.0 \times 10^{-3} \text{ Pa}$ まで真空引きを行った後、 $3.0 \times 10^{-1} \text{ Pa}$ 分圧のArガスをエッチングチャンバーに導入し、高周波 (RF; Radio Frequency) プラズマエッチングを行った。エッチングチャンバーにはシャッターが設置されており、Cu箔とLCPフィルムを別々に処理することが可能である。両材料のRFプラズマエッチング終了後、LCPフィルム表面にCuスパッタリングを行う場合は、シャッターを開放し、LCPフィルム側のRF電源を切り、Cu箔材料からのスパッタリングを行った。この際、Cu箔がターゲット、LCPフィルムが基板となる。RFプラズマエッチングおよびCuスパッタリング終了後、両材料を重ね合わせて圧延

機に送り、ロール圧延を行いCu/LCPクラッド材を作製した。

クラッド材は両材料の変形抵抗の違いにより、ロール圧延後に内部応力 (主に剪断応力) が発生し、カールした形状となる。そこで、この内部応力を除去するために熱処理を行ったが、その条件についても検討した。

2.3 評価方法

2.3.1 X線光電子分光分析

X線光電子分光分析装置 (ESCA; Electron Spectroscopy for Chemical Analysis, アルバックファイ製ESCA5100) により、LCPフィルム、ならびにESCA付属のArイオン銃によってArイオンエッチングを行ったLCPフィルムの表面化学結合状態を分析した。イオン銃の加速電圧は0.5, 1, 4 kV、電流は25mAである。

2.3.2 ピール強度測定

Cu/LCPクラッド材の密着力評価として、T型ピール試験を行った。試験概略図をFig. 4 に示す。10mm巾の試験片を用いて、常温、引張速度0.1m/minの条件にて試験した。

さらに、ピール試験後のCu/LCPクラッド材の剥離面をESCA分析することにより、剥離位置を推定した。

2.3.3 電子顕微鏡観察

走査型電子顕微鏡(SEM;Scanning Electron Microscopy, 日本電子製JSM-840A)によりCu/LCPクラッド材の剥離面の形態観察を行った。

2.3.4 光学顕微鏡観察

光学顕微鏡(Nikon製OPTIPHOT 200)により、Cu/LCPクラッド材および市販の熱ラミネート材の断面観察を行っ

た。

2.3.5 動的粘弾性測定

動的粘弾性測定器(オリエンテック製 RHEOVIBRON DDV-01FP)を用いてLCPフィルムの貯蔵弾性率 E' [MPa]を測定した。測定は、クラッド前、クラッド後およびクラッド・熱処理後のLCPフィルム(3mm中×30mm長)について、周波数10Hz、昇温速度2°C/minの条件で行った。なお、クラッド後およびクラッド・熱処理後のLCPフィルムはCu/LCPクラッド材からCuを塩化第二鉄水溶液で溶かして単離したものである。

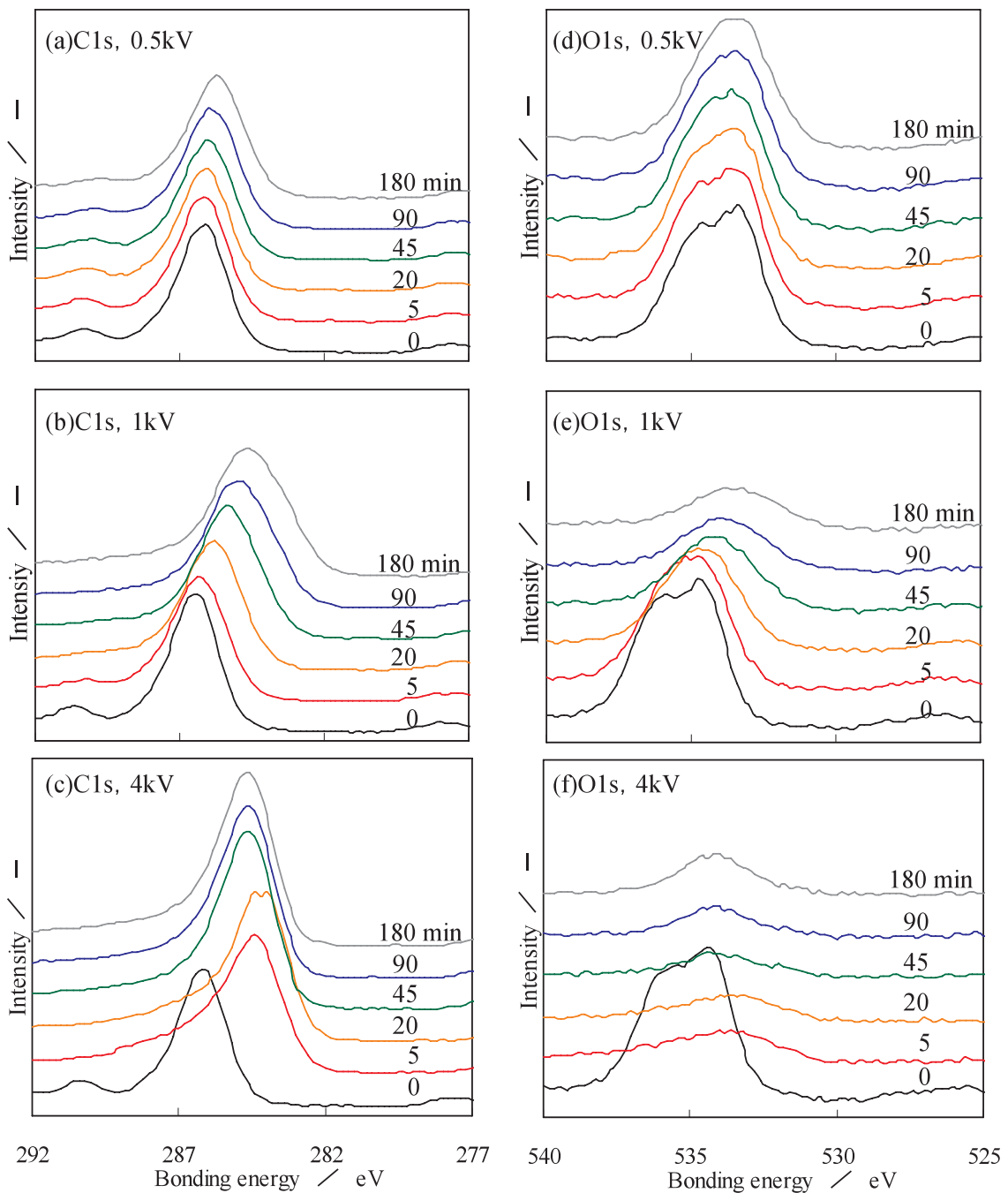


Fig.5 Change of C1s and O1s peak against the beam voltage

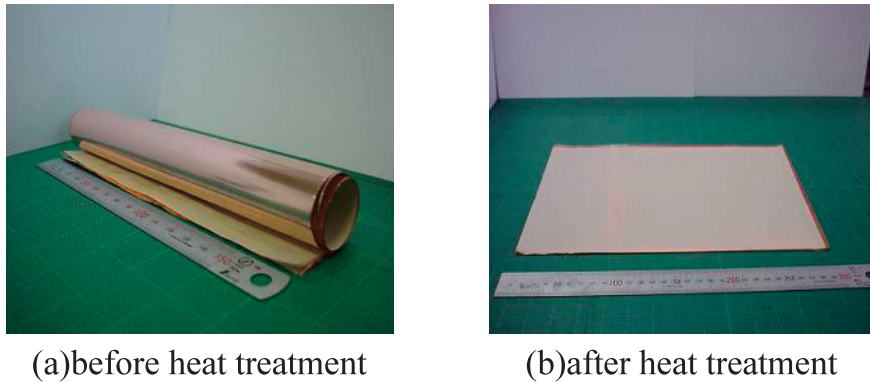


Fig. 6 The shape of Cu/LCP laminated material

3. 結果および考察

3.1 LCPフィルムの表面改質

ArイオンエッチングによるCu, Al等の表面の汚染状態^{7~10}, あるいはPIフィルムの化学結合状態の変化¹⁴はこれまでに報告されているが, LCPフィルムに関する報告は見あたらない. 本報では, まずArイオンエッチングを行った際のLCPフィルムの表面化学結合状態の変化についてESCA分析を行った. Fig.5にイオン銃の加速電圧を0.5, 1, 4 kVと変化させたときのArイオンエッチング時間に対するC1sとO1sのスペクトル変化を示す. ArイオンエッチングによるLCPフィルムの帯電が原因と考えられる各ピークシフトは見られるが, C1sピークは-C=O (290.5eV), -C-O- (287.8eV)ならびにベンゼン環 (286.3eV)から構成され, O1sピークは-C-O- (535.1eV)と-C=O (533.4eV)から構成されている. 加速電圧が0.5kVの条件でArイオンエッチングを行うと, エッチング時間が90min付近からC1sの-C=Oピーク強度が低下し始めるが, -C-O-とベンゼン環ピークに変化は見られない. 一方, O1sピークでは, -C-O-と-C=Oの二つのピークが重なり, 同じく90min付近で一つのピークとなった. 加速電圧が高くなるにつれて, C1sの-C=Oピークはより短時間で低下が始まり, 4kVではエッチング時間5minで消滅した. O1sピークでは加速電圧が高いほど, より短時間のエッチングにおいてもピーク強度は低下した.

これらの結果より, Arイオンエッチングの加速電圧が高いほど, 短時間でLCPフィルム表層のC1sの-C=OピークおよびO1sピークが減少していることから, -C=Oの二重結合の開裂, あるいは二重結合が完全に切断され, 未処理のLCPフィルム表層よりもCの組成比が高くなり, 結果として, CあるいはOの未結合が存在していることが推測される.

3.2 クラッド材の残留応力除去

Cu箔とLCPフィルムの変形抵抗の違いにより, ロール

圧延後, Cu/LCPクラッド材はカールした形状となる (Fig. 6(a)). この形状のままでは, 材料間に応力が作用し,ピール強度を低下させる原因となる. LCPフィルムの熱膨張係数は16ppm/°Cであり, Cu箔の熱膨張係数に合わせてあるため, 熱処理により応力除去を行うことによって平坦な形状にすることができる (Fig. 6(b)).

3.3 Cu/LCPクラッド材の諸特性に及ぼす作製条件の影響

3.3.1 RFプラズマエッチングの影響

表面活性化接合法では, 接合する全てのサンプルに対して, RFプラズマエッチングを行っている. ここで, Cu/LCPクラッド材を作製する際のLCPフィルムに対するRFプラズマエッチング条件としてRFプラズマエッチング時間とRFプラズマ出力について検討した. Fig.7にピール強度に及ぼすRFプラズマエッチング時間の影響を示す. ここで, LCP側RFプラズマ出力は全て20Wとした. また, 接合後に大気中240°Cにおいて60minの熱処理を行った場合についても比較検討した. 接合後に熱処理を行っていない場合, いずれの条件においても非常に弱いピール強度しか得られていない. 熱処理を行った場合, エッチング時間

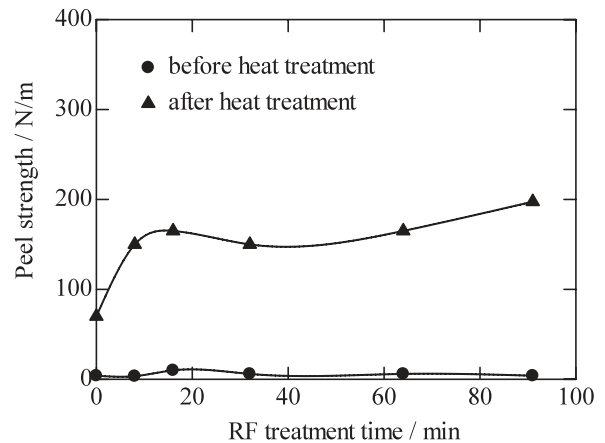


Fig. 7 Effect of RF plasma etching time on peel strength in Cu/LCP laminated materials (RF plasma power : 20W, bonding pressure : 320MPa, heat treatment: 240°C x60min)

が8 minまでは、エッチング時間が長いほどピール強度が大幅に向上し約150N/mとなり、それ以上のエッチング時間では徐々に増加していく傾向が見られる。この結果より、RFプラズマエッチング時間が長いほどピール強度は増大することがわかった。

Fig. 8にRFプラズマエッチング時間を8 minに固定し、ピール強度に及ぼすRFプラズマ出力の影響について評価した結果を示す。この場合もFig. 7と同様に熱処理前後のピール強度について評価した。熱処理を行わない場合、RFプラズマ出力が600Wまでのピール強度は約10N/mしか得られていないが、800Wでは約70N/mと増大した。この理由として、RFプラズマ出力が800Wでは、熱によるLCPの変質によってLCPフィルムの機械的強度が変化したと考えられる。なお、RFプラズマ出力×RFプラズマエッチング時間で表される処理量が800W×8 minの試料と同等となる低出力×長時間の試料、すなわち50W×128minおよび100W×64minの試料を用いて確認すると、ピール強度はわずか数N/mであった。熱処理を行った場合、RFプラズマ出力が20W以上では150N/m以上のピール強度が得られ、RFプラズマ出力の増加と共にピール強度も増大した。しかし、熱処理を行わない場合と同様に、RFプラズマ出力が800WではLCPの変質が生じ、ロール圧延時に著しくシワが混入しやすくなった。したがって、LCP側のRFプラズマ出力は600 W程度が妥当であると考えられる。

以上のことから、LCPフィルムに高出力および長時間のRFプラズマエッチングを行うことにより、高いピール強度が得られることが明らかになった。したがって、Fig. 5で示したように、LCPフィルム表層のC1sの-C=Oピークが小さくO1sピーク強度が小さい、すなわち-C=Oの二重結合の開裂、あるいは二重結合が完全に切断する条件でエッチングを行うことにより高いピール強度が得られる

と考えられる。

3.3.2 Cuスパッタの影響

金属/金属のクラッド材では、十分な密着力が得られない材料の組合せに対して、接合対象試料間にインサート材を挿入し、密着力を向上させる方法が適用されている¹²⁾。そこでCu/LCPクラッド材に対しても、インサート材としてLCPフィルム表面にCuスパッタを施した後に接合を行い、その密着力について評価した。この場合、Fig. 3のCu箔側のカセット上に0.4mm厚のCu板を置いてチャンバー内にセットし、真空引きを行った後、Cu箔とLCPフィルムのRFプラズマエッチングを行った。その後、LCP側のRF電源を切り、シャッターを開放し、Cu箔およびCu板からLCP表面へCuスパッタを行った。ここで、Cuスパッタは1.4nm/minで行った。Fig. 9にピール強度とLCPフィルム上のスパッタ膜厚の関係を示す。3.3.1で述べたCuスパッタを行わない場合と比較して、Cuスパッタを行った場合には、熱処理を行わなくても、比較的強いピール強度が得られた。Cuスパッタ膜厚が21nmまでは、Cuスパッタ膜厚の増加とともにピール強度は増大するが、それ以上のCuスパッタ膜厚ではほぼ一定となった。熱処理を行ったサンプルでもCuスパッタ膜厚とピール強度の関係は同様の傾向を示したが、熱処理を行わない場合と比較して、ピール強度は大きく増大し、Cuスパッタ膜厚が21nmで570N/mが得られた。これは、Cuスパッタ膜厚が21nm以下では、LCP表面がCuによって完全に覆われていないことが原因であると考えられる。

3.3.3 圧延荷重の影響

クラッド材の積層工程ではロール圧延を行う。Fig. 10にピール強度に及ぼす圧延荷重の影響を示す。この実験で用

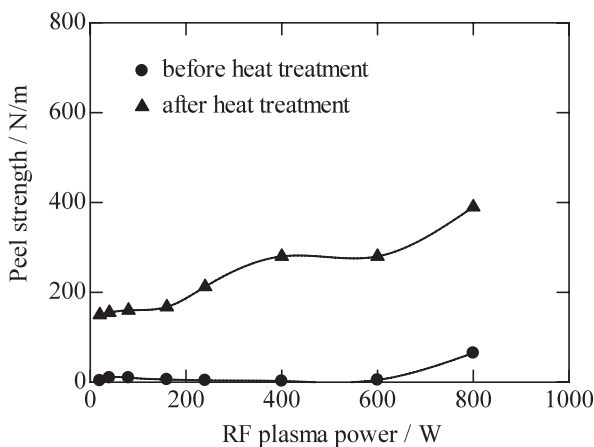


Fig. 8 Effect of RF plasma power on peel strength in Cu/LCP laminated materials (RF plasma etching time : 8 min, bonding pressure : 320MPa, heat treatment : 240°C ×60min)

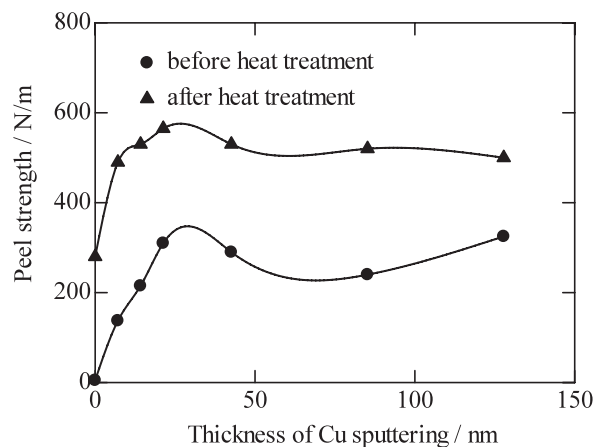


Fig. 9 Effect of the Cu sputtering thickness on peel strength in Cu/LCP laminated materials (RF plasma power : 600W, RF plasma etching time : 8 min, bonding pressure : 320MPa, heat treatment : 240°C ×60min)

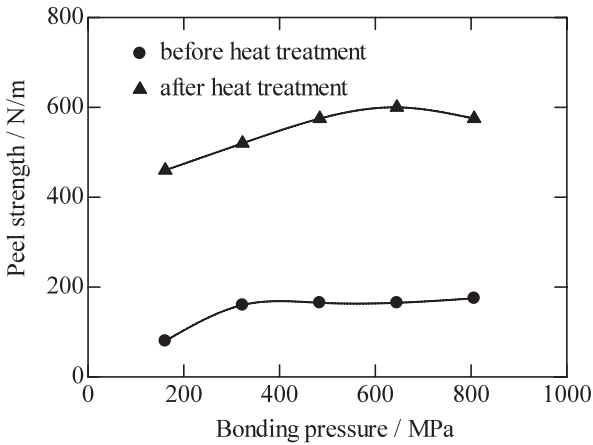


Fig.10 Effect of the bonding pressure on peel strength in Cu/LCP laminated materials (RF plasma power : 600W, RF plasma etching time : 8 min, Cu sputtering thickness : 7 nm, heat treatment : 240° C×60min)

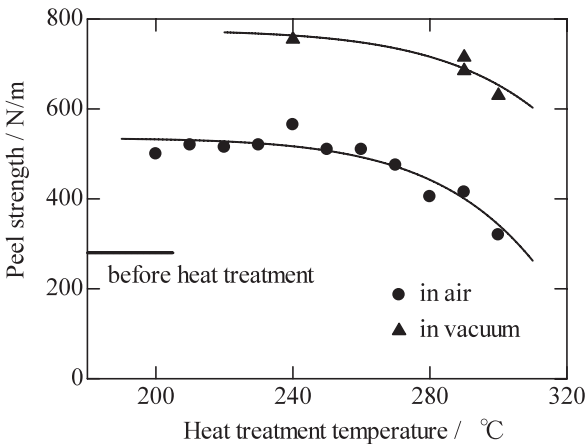


Fig.11 Effect of the heat treatment and its atmospheres on peel strength in Cu/LCP laminated materials (RF plasma power : 600W, RF plasma etching time : 8 min, Cu sputtering thickness : 21nm, heat treatment time : 60min)

いた試料は、全てCuスパッタ（7nm厚）を行ったものである。熱処理を行っていない場合、160MPaではピール強度は約80N/mであり、荷重を320MPaに倍増すると、ピール強度も160N/mに倍増した。しかし、それ以上荷重を増大させてもピール強度に影響は無く、480MPa以上では圧延によるシワ、絞りの発生が顕著になった。また、熱処理を行うとピール強度は大幅に増大したが、熱処理を行わない場合と同様に大荷重の圧延では、シワ、絞りが発生した。したがって、Fig. 3 に示す接合装置を用いて、高ピール強度を確保し、なおかつ形状良くCu/LCPクラッド材作製を行うためには、320MPa程度の圧延荷重が妥当である。

3.3.4 熱処理の影響

3.2で述べたように、残留応力によりカールしたCu/LCPクラッド材は熱処理により平坦な形状にすることができる。Fig. 11に熱処理後のCu/LCPクラッド材のピール強

度に及ぼす熱処理温度の影響を示す。ここでは3.3.2にて著しくピール強度の向上が認められた、LCPフィルム上へのCuスパッタを行ったクラッド材を使用した。大気中での熱処理の場合、200~260°Cの熱処理温度では、温度によるピール強度の差は約510N/m程度であったが、270°C以上の熱処理温度では、温度の上昇と共にピール強度は低下し、300°Cで300N/mとなった。また、クラッド材の形状も200~260°Cでは平坦であったが、270°C以上では端部に若干のカールが発生した。

このような熱処理温度に対するピール強度や形状の変化について、LCPフィルムの動的粘弾性に基いて考察した。Fig. 12にクラッド前、クラッド後およびクラッド・熱処理後のLCPフィルムの貯蔵弾性率 E' の変化における温度依存性を示す。この図から、いずれのLCPフィルムも270°C以上において E' の低下が著しく、動的粘弾性測定によるガラス転移温度 T_g であると考えられ、 T_g 以上の熱処理においてはLCPフィルムの寸法変化などが生じると推測される。また、240°C以下における弾性率はクラッド工程において若干高くなるが、熱処理により大きく低下することがわかる。すなわち、クラッド後に200~260°Cで熱処理することによりピール強度や形状が回復した理由として、LCPフィルムの柔軟性が増したために接合界面の残留応力が緩和されたことが考えられる。一方、熱処理によるピール強度の回復が270°C以上では高温になるほど低下する現象については、分子構造変化の詳細な機構については確認できていないが、Fig. 12に示している240°Cおよび300°C熱処理クラッド材におけるLCPフィルムの E' の比較から、 T_g 以上の熱処理を施されることによりLCPフィルムが再び硬化することに起因していると推測される。

その他にも、熱処理温度の上昇に伴い、LCPを介してガス成分や水分が透過しやすくなり、接合界面のCuスパッタ膜やCu箔が酸化した結果、ピール強度が低下したとも考えられる。そこで、200~260°Cの熱処理温度において高

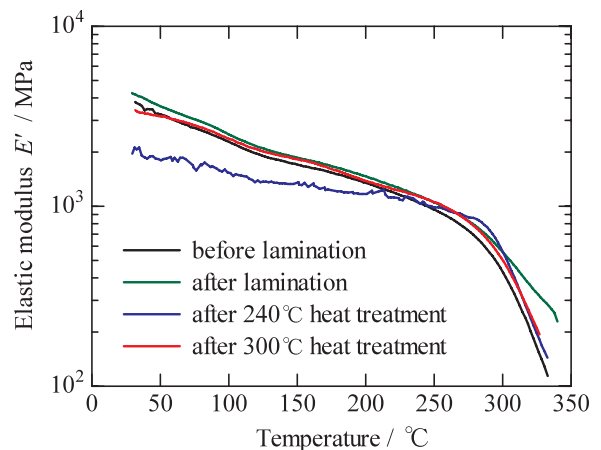


Fig.12 Temperature dependence of elastic modulus E' of LCP film

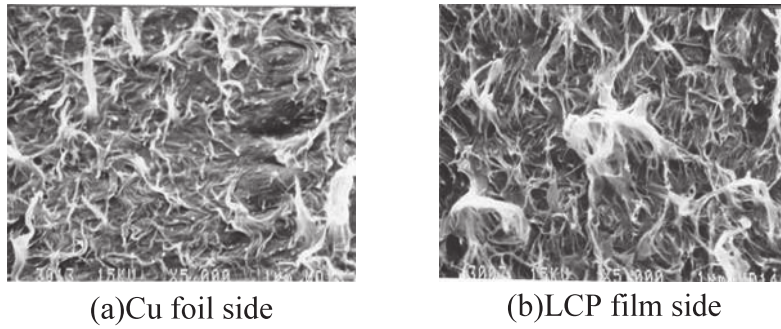


Fig.13 SEM images of peeling surface

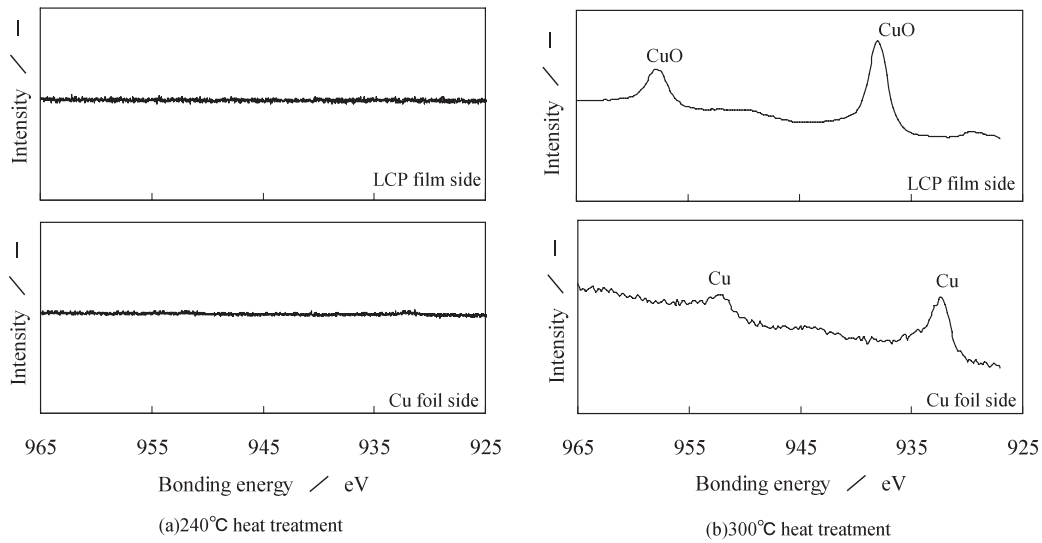


Fig.14 Comparison of the ESCA analysis of peeling surface

いピール強度を示したCu/LCPクラッド材の剥離位置を確認するために、剥離面のSEM観察を行った。観察結果例として、240°Cで熱処理を行ったCu/LCPクラッド材の剥離面のSEM写真をFig. 13に示す。剥離はLCPフィルムの凝集破壊を伴い、Cu箔表面はLCPで覆われていることがわかる。

また、接合界面の酸化を調べるために、240°C熱処理クラッド材と300°C熱処理クラッド材の剥離面のESCA分析結果をFig. 14に示す。Fig. 14(a)に示すように、240°C熱処理では剥離面LCP側からはCuのピークは全く検出されず、Cu側においてもわずかなCuのピークしか検出されなかった。またFig. 14(b)に300°C熱処理クラッド材の剥離面の分析結果を示す。剥離面Cu箔側では主にCuのピークが得られ、CuOのピークはほとんど検出されず、剥離面LCP側からは、CuOのピークのみ検出された。したがって、300°C熱処理クラッド材の剥離は、スパッタCuが高温熱処理のために酸化されCuO層を形成し、このCuO層とCu箔、あるいはCuO層と酸化されなかったスパッタCuの界面で生じていると考えられる。

この接合界面の酸化を抑制するために、真空中での熱処理（真空度：約 10^{-1} Pa）を行った。Fig. 11に併示している

ように、真空中にて240°C熱処理したクラッド材のピール強度は約750N/mであり、大気中にて熱処理したクラッド材と比較して大幅に改善された。しかし、真空中にて300°C付近の熱処理したクラッド材では、大気中にて熱処理した場合と同様に、240°C熱処理した場合より低いピール強度650N/m程度であった。

このように、熱処理はロール圧延によって生じた応力を除去するために有効な手段であり、200°C～260°Cの範囲が適していることがわかった。また、接合界面のスパッタCuの酸化を抑制して、高いピール強度を得るためには、真空中あるいは還元雰囲気下での熱処理が好ましいと考えられる。

4. 今後の展開

以上のようにして、高いピール強度が得られたCu/LCPクラッド材の断面写真をFig. 15(a)、また市販の熱ラミネート材の断面写真をFig. 15(b)に示す。表面活性化接合法で作製したクラッド材は表面が平坦な圧延Cu箔を用いている。一方、熱ラミネート材は電解Cu箔を用いており、この電解Cu箔の粗面によるアンカー効果を利用し密着力を確保

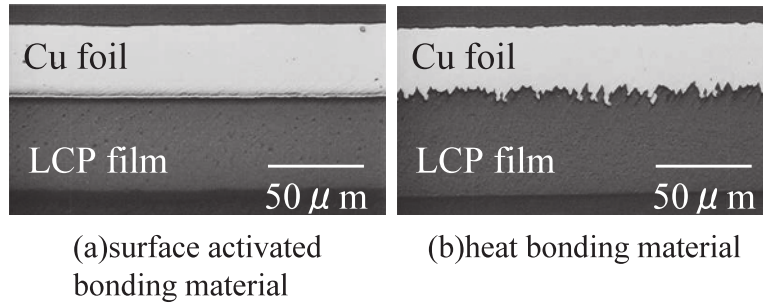


Fig.15 Cross sections of Cu/LCP laminated materials
(a)surface activated bonding material
(b)heat bonding material

している。

今後は、高速信号処理、すなわち高速伝送を実現するために、これまでのメガヘルツ帯の信号周波数ではなく、ギガヘルツ帯の信号周波数が適用されると予想されている¹⁵⁾。この高周波信号は表皮効果により導体層の表面を優先的に導通しようとする。したがって、Fig. 15(b)に示している熱ラミネート材に代表されるような、絶縁層と導体層の間に凹凸がある電気回路では表皮抵抗が増大し、結果として信号の遅延が生じる¹⁶⁾。しかしながら、表面活性化接合材は接合界面が極めて平滑であることから、低誘電率および低誘電正接材であるLCPフィルムと組み合わせることにより高速伝送を可能にする材料として期待される。

5. 結 言

表面活性化接合法によるArイオンエッチングを想定したESCA分析を行うことにより、LCPフィルム表面の化学結合状態の変化を調べた結果、加速電圧が高いほど、またエッチング時間が長いほど、LCPフィルム表面に存在する-C=Oの二重結合の開裂、もしくは二重結合の切断が進行し、LCPフィルム表面におけるCの組成比が高くなることがわかった。

また、表面活性化接合法によりCu/LCPクラッド材を作製し、密着性をT型ピール試験により評価した結果、以下の知見を得た。

- (1) RFプラズマ出力が高いほど、またRFプラズマエッチング時間が長いほどピール強度は増大した。
- (2) RFプラズマエッチング後、LCPフィルム表面へのCuスパッタを行うことにより、ピール強度は増大した。
- (3) シワ、絞りの発生を抑制し、高いピール強度を得るには、320MPaの圧延荷重が妥当である。
- (4) Cu/LCPクラッド材に対する熱処理は、クラッド材形状の矯正、ならびにピール強度の向上に有効であった。また、真空中で熱処理を行うことにより、接合界面の酸化が抑制され、さらに高いピール強度を得ることができた。

以上の知見より、適正条件にて作製したCu/LCPクラッド材のピール強度は約750N/mに達するだけでなく、極めて平滑な接合界面を有しており、今後の高速伝送用基板への適用が期待される。

引 用 文 献

- 1) 西川忠寛, 秋山良治: 表面技術, 45 (1994), 8
- 2) 2005エレクトロニクス実装ニューマテリアル便覧, (株)富士キメラ総研, (2005), 108
- 3) 山崎 真, 徳光 明: 電子材料, 39 (2000), 47
- 4) 福武素直, 井上 博: 電子材料, 39 (2000), 66
- 5) 神谷 武, 清水徹男: 液晶ポリマー新時代, (株)工業調査会, (1991), 25
- 6) Hiroshi Inoue, Sunao Fukutake, Hiroyuki Ohata: 6th Pan Pacific Microelectronics Symposium, SMTA2001, (2001), 273
- 7) 西條謹二, 吉田一雄, 磯部剛彦, 宮地昭夫, 小池一幸: まてりあ, 39 (2000), 172
- 8) 西條謹二: 日本塑性加工学会誌, 42 (2001), 25
- 9) 西條謹二, 吉田一雄: 日本金属学会誌, 69 (2005), 291
- 10) 西條謹二, 吉田一雄: 日本金属学会誌, 69 (2005), 413
- 11) 西條謹二, 吉田一雄: 日本金属学会誌, 69 (2005), 560
- 12) 大澤真司: 東洋鋼鉄, 32 (2000), 41
- 13) 大澤真司, 吉田一雄, 西條謹二: エレクトロニクス実装学会誌, 5 (2002), 223
- 14) 佐光武文, 大中道俊亮: 住友金属鉱山 中研所報, 13 (1998), 37
- 15) 宇都宮久修: 電子材料, 44 (2005), 2
- 16) 高木 清: 電子技術, 45 (2003), 2