

RP 技術の電子材料への応用

小金井 誠司*¹⁾ 大森 学*²⁾ 長谷川 孝*¹⁾ 土井 正*³⁾ 浦崎 香織里*³⁾

Application to electric material of Rapid Prototyping

Seiji Koganei*¹⁾, Manabu Oomori*²⁾, Takashi Hasegawa*¹⁾, Tadashi Doi*²⁾, Kaori Urasaki*³⁾

キーワード: RP, 無電解めっき, 電子材料

Keywords: Rapid Prototyping, Electroless plating, Electric material

1. はじめに

RP 技術は、製品試作や製品デザイン模型などの造形分野が主流となり普及しているが、精細な RP 技術の特長を活かした応用分野の拡充も望まれている。

使用した RP 装置は、アクリル系樹脂を基材とした精細な加工品を加工できる技術があり、加工品は、誘電体材料が精細に積層加工された素材として扱える。そこで、誘電体材料としての応用例として、誘電体特性を利用する電子材料への応用を探ることとした。しかしながら電子材料としての評価には、導体面の形成が必要不可欠のため、無電解めっき技術により RP 基材面に薄い導体層を形成させるめっき技術の開発が必要である。従って、RP 技術とめっき技術を融合させた新技術の開発により、RP 技術の電子材料分野への応用が可能となり、RP 技術の普及拡大と製品開発に寄与できるものである。

2. RP 基材の誘電特性

2.1 基本特性 使用した RP 基材となる樹脂は、半透明の紫外線硬化型アクリル系樹脂（以下 RP 基材）でありその物性を表 1 に示す。電気特性を測定するために、テストピース（25×25×1mm）を作製した。

電気特性は RP 基材に電気信号が流れることを想定し、電気信号の伝搬に影響を与える複素誘電率 $\epsilon = (\epsilon' - j\epsilon'')$ と誘電損失 $\tan\delta = (\epsilon''/\epsilon')$ の測定を行った。

表 2 が周波数に対する ϵ' と $\tan\delta$ の測定値である。なお、表 2 には比較のために、電子回路基板で多く使われている誘電体材料（ガラスエポキシ基板）の測定値も併記した。この結果、RP 基材の誘電率は約 3 (at 1GHz) で、誘電損失は約 0.02 (at 1GHz) の電気特性であった。

したがって、1GHz 以下での応用ならば、ガラスエポキシ基板材料とほぼ同等の性能が実現できると思われる。

2.2 温度特性 RP 基材について、温度（-20~70℃）に対する電気特性の変化を観察した。表 3 が RP 基材の温度特性である。低温側では誘電率が小さくなり、高温側では大きくなる傾向を示し、誘電率は約 43% の変化率であり、電気信号の伝搬特性は温度特性を持つことが確認できた。特に、50℃以上になると RP 基材の樹脂に軟化傾向が見られ、変形の影響も加わり誘電率が大きく変化するものと考えられる。

なお、比較のためにガラスエポキシ基板についても、-20℃~70℃までの温度特性を測定した。その結果、誘電率の変化率は、ガラスエポキシ基板で約 20% であり、RP 基材は他の誘電体材料よりも温度の影響を受けることが検証できた。

表 1. RP 基材の物性抜粋

項目	単位	A樹脂	備考
引張り強さ	Mpa	60.3	
曲げ弾性率	Mpa	1718	
加重たわみ温度	℃	48.4	at0.45Mpa
ガラス転移温度	℃	48.7	
吸水率	%	1.53	at24Hr

表 2. RP 基材の誘電特性 (at23℃/60%rh)

周波数 MHz	RP 基材 樹脂		誘電体材料 ガラスエポキシ基板	
	ϵ'	$\tan\delta$	ϵ'	$\tan\delta$
10	3.2	0.02	4.2	0.015
30	3.2	0.024	4.2	0.012
50	3.1	0.022	4.1	0.011
100	3.1	0.023	4.1	0.012
300	3.0	0.023	4.1	0.011
500	3.0	0.022	4.0	0.01
700	3.0	0.02	4.0	0.013
1000	3.0	0.02	4.0	0.010

3. RP 基材のめっき処理条件の検証

3.1 RP 基材の耐水, 耐薬品性, 耐酸性 RP 基材のめっき処理における耐薬品性, 耐水性についてプリント配線板用銅張積層板試験方法 (JIS C 6481) を参考に検証を行った。

*1) 城東支所

*2) 電子・機械グループ

*3) 表面技術グループ

表 3. RP 基材の温度特性

周波数 MHz	周囲温度																			
	-20℃		-10℃		0℃		10℃		20℃		30℃		40℃		50℃		60℃		70℃	
	ϵ'	$\tan \delta$	ϵ'	$\tan \delta$	ϵ'	$\tan \delta$	ϵ'	$\tan \delta$	ϵ'	$\tan \delta$	ϵ'	$\tan \delta$	ϵ'	$\tan \delta$	ϵ'	$\tan \delta$	ϵ'	$\tan \delta$	ϵ'	$\tan \delta$
10	2.8	0.013	2.9	0.033	3.0	0.023	3.1	0.029	3.2	0.034	3.2	0.031	3.3	0.034	3.5	0.050	3.8	0.035	4.0	0.052
30	2.8	0.025	2.9	0.027	3.0	0.027	3.0	0.024	3.0	0.03	3.2	0.026	3.3	0.027	3.4	0.033	3.7	0.034	3.8	0.036
50	2.8	0.022	2.8	0.020	2.9	0.022	3.0	0.022	3.0	0.025	3.1	0.026	3.2	0.027	3.4	0.029	3.6	0.029	3.8	0.031
100	2.8	0.010	2.8	0.016	2.9	0.017	3.0	0.02	3.0	0.02	3.1	0.022	3.2	0.027	3.4	0.031	3.6	0.038	3.8	0.049
300	2.8	0.011	2.8	0.015	2.9	0.018	3.0	0.021	3.0	0.024	3.1	0.026	3.1	0.033	3.3	0.041	3.4	0.053	3.5	0.064
500	2.8	0.02	2.8	0.02	2.8	0.021	2.9	0.024	2.9	0.027	3.0	0.029	3.1	0.034	3.2	0.041	3.3	0.046	3.4	0.052
700	2.7	0.078	2.8	0.005	2.8	0.011	2.9	0.015	2.9	0.018	3.0	0.023	3.0	0.029	3.2	0.036	3.2	0.043	3.4	0.053
1000	2.8	0.005	2.8	0.006	2.8	0.01	2.9	0.012	2.9	0.015	2.9	0.018	3.0	0.022	3.1	0.028	3.2	0.035	3.3	0.041

3. 1. 1 吸水率 耐水性に相当するもので、RP 基材は 1.53%である。比較のガラスエポキシ基板では 0.1%であり、RP 基材の値は高いが、めっき処理溶液への浸漬時間は長時間でないことから問題がないと考える。

3. 1. 2 耐薬品性試験 テストピース (25×25×1mm) を 3%酸化ナトリウム水溶液 (40℃) に 3 分浸漬後に、変色、膨れなどの外観の変化を目視およびデジタルマイクロスコープにより調べた。その結果、目立った変色、膨れなどは見受けられなかった。図 1 にデジタルマイクロスコープによる表面写真を示す。処理前に比べ細かい凹凸は目立つようにはなったが大きい変化は見られなかった。その結果、RP 基材には、アルカリ水溶液に対する耐性があることが分かった。

3. 1. 3 耐酸性試験 めっき処理工程で使用する処理液のアルカリ中和液を想定し、テストピースを塩酸 50mL/L (常温) で 2 分浸漬後に外観の変化を目視とデジタルマイクロスコープにより調べた。図 2 にデジタルマイクロスコープ画像を示す。目視では大きな変化は見られず、デジタルマイクロスコープの画像でも細かい凹凸はあるが全体として変化は見られず耐酸性があることを確認できた。

3. 2 無電解 Ni めっき処理⁽¹⁾ 作製したテストピースに無電解 Ni めっき処理を行った。一連の処理工程において触媒付与工程は主流であるキャタリスト法を用いることとし、エッチング液について検討した。

RP 基材が熱に対する軟化傾向を示すことから、エッチングを 40℃の塩酸にて行った。めっき層は成形されたがムラを生じたためにエッチング浸漬時間を変化させた。しかし、めっきムラの解消には至らなかった。更に処理液をクロム酸に変え、40℃で浸漬時間を変えて検証した。結果は必要なエッチング効果を得ることはできなかったため、本来の 65~70℃で処理を行い再検証した。RP 基材表面の全体が灰色に変色したので、エッチング効果は得られたと判断した。結果を図 3 に示す。

クロム酸を使用しためっき処理後の RP 基材の導電性の確認をテスターで行い導通の確認ができた。また、RP 基材表面の導体層 (ニッケル) の確認のため蛍光 X 線分析装置で調べた。主としてニッケルが検出されたので導電性皮膜が形成されていると考えられる。めっき処理条件は溶液浸漬時間、溶液温度等に検討の余地はあるが確立できた。

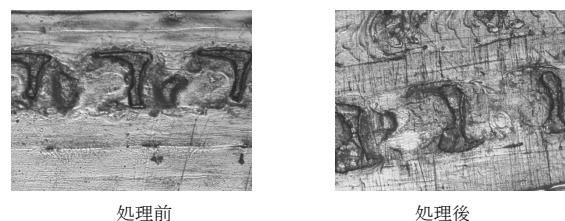


図 1. 耐薬品性試験 (デジタルマイクロスコープ画像, ×500)

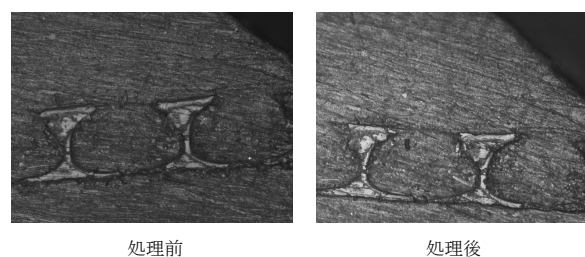


図 2. 耐酸性試験 (デジタルマイクロスコープ画像, ×500)

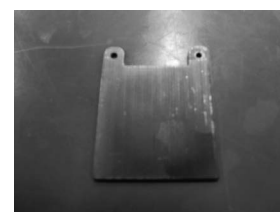


図 3. めっき処理

4. まとめ

- (1) RP 基材は 1 GHz 以下ならばガラスエポキシ基板とほぼ同等の性能が実現できる可能性があるが、使用は 40℃以下が良いことが検証できた。
- (2) RP 基材のめっきにおける耐薬品性があることが検証できた。
- (3) 溶液浸漬時間、溶液温度の条件に検討の余地はあるが、無電解 Ni めっきの処理方法が確立できた。

(平成 23 年 5 月 20 日受付, 平成 23 年 6 月 21 日再受付)

文 献

- (1) 土井正:「図解入門よくわかる最新めっき基本と仕組み」, 秀和システム, pp. 102-103 (2008)