

G207 光誘起重合相分離によるフレキシブル低誘電率膜形成過程における溶液粘度の影響

(京大工) (正) 瀧健太郎*、熊谷拓也、(正) 長嶺信輔、(正) 大嶋正裕

緒言

携帯情報端末(携帯電話やモバイルPC)の通信速度は年々増加しており、今後も益々高速化の一途をたどると考えられている。携帯情報端末内には電子部品を実装するために折り曲げて使用できるFPC(フレキシブル基板)が使われている。高速・大容量の情報をFPCに流すためには、高周波数の信号をFPCに流す必要があるが、高周波数の信号は基板の導線内を流れる間に減衰しやすい。減衰を防ぐためには、導線が貼り付けられている高分子基材の誘電率と誘電正接を低くする必要があり。

低誘電率化の一つの方策として、高分子内に微細な気泡をたくさん作り、空気の誘電率で低誘電率化を実現するアイデアが古くから検討されてきたが、FPC用のプロセスとして採用されるまでには至っていない。筆者らは汎用的かつ簡便な高分子フィルムの多孔化技術として光誘起重合相分離による多孔化を研究している。この技術は、紫外線硬化樹脂が紫外線の照射により瞬時にラジカル重合して揮発性物質(CO₂など)と相分離することで気泡を作成するものである。

本発表では、紫外線の照射強度が低誘電率膜の構造に与える影響を硬化過程の粘度測定を実施して検討したので報告する。

実験

ウレタンジアクリレート(アロニックスM-1100 東亜合成)、N-ビニルピロリドン(NVP、アロニックスM-150 東亜合成)、2,4,6-トリメチルベンゾイルジフェニルホスフィンオキサイド、ジメチルアミン(Wako)を70/29/1/0.2の割合で混合し試料とした。サファイア窓付き圧力容器に試料を8 mg 入れ、CO₂を含浸圧力12 MPa、60°Cで1 h 含浸させた。その後、大気圧に戻す際に、11.8 MPaで所定強度のUVを60 s間照射し圧力差と重合により気泡を生成させた。作成した低誘電率膜はSEMにより観察し、平均気泡径と気泡数密度を測定した。今回は紫外線の照射強度が気泡径と気泡数密度に与える影響を調べた。

紫外線硬化樹脂の硬化過程における粘性率の変化は、UV照射が可能な回転型平行平板粘弾性測定装置ARESで測定した。測定温度は60°C、角速度は10 rad/s、歪みは1%とした。

結果と考察

図1に紫外線強度を0.05~55 mW/cm²と変えて作成した低誘電率膜の断面写真、図2に画像解析で求めた

気泡径と気泡数密度を示す。照射強度の増加とともに気泡径が低下し気泡数密度は増加している。

紫外線硬化樹脂中に生成した気泡は、通常の発泡成形と同様に樹脂の粘性率による抵抗を受けつつ、樹脂中に溶解しているCO₂が気泡内に拡散することで成長(拡大)していると考えられている¹⁾。そこで粘性の変化と気泡径の関係を調べるために硬化過程の樹脂粘度を測定した。

図3に同様な照射強度における粘度変化を示す。図中の上向きの矢印はUVが照射された時刻を表す。照射強度が55 mW/cm²のときは紫外線照射後1 s間で粘性率が10¹ Pa·sから10⁷ Pa·s増加していることがわかる。23 mW/cm²では1.4 s、2 mW/cm²では2.7 sとなった。樹脂の粘度は、UV照射強度が増加すると硬化速度が増加しより早く増加するといえる。この理由は、UV照射強度の増加はより多くの光開始剤を分解させることができるため、開始反応速度が速くなり、重合速度が早くなったためであると考えられる²⁾。

以上より、硬化速度が速くなれば、UV硬化樹脂中の相分離で生成した気泡の成長を急激な粘度増加により停止させることが可能になると考えられる。

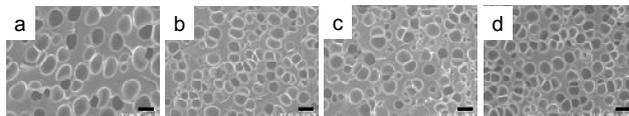


図1 低誘電率膜形成における UV 照射強度の影響 (a: 0.05, b: 4, c: 23, d: 55 mW/cm², scale 20 μm)

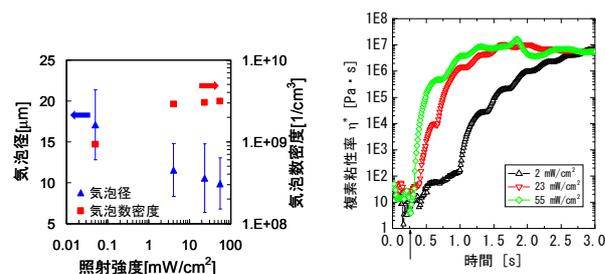


図2 UV 照射強度の影響

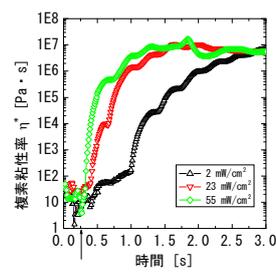


図3 粘性率の変化

結論

紫外線硬化樹脂の光誘起相分離により多孔薄膜を作成した。UV強度を強くすると気泡径が小さくなることが明らかになった。また、粘弾性測定からUV強度を強くすると、樹脂粘度がより早く増加することが明らかになった。以上の結果から、硬化速度の速い操作条件や材料を選ぶことでさらなる微細化が可能であることが示唆された。

謝辞 本研究の一部はNEDOの産業技術研究助成事業(09A16003d)より補助を受けて行われた。

1) Taki, Chem. Eng. Sci. 2008, 2) R. Schwalm, "UV Coatings", Elsevir (2007)