

ポリマーハイブリッドボンディング用 高耐熱ポリイミドの紹介

研究開発本部 コーポレート開発部 みつけるユニット
小川 雄史

Ogawa Yuji

1 はじめに

ポリイミド(図1)は高い耐熱性・機械特性・絶縁性を有する材料であり、電子部品において広く使用されており、当社においても導体の絶縁コーティング剤やプリント基板の絶縁接着剤成分として使用されている。

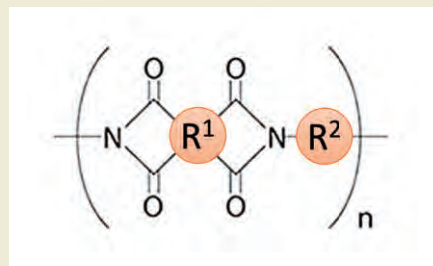


図1 ポリイミドの構造

技術的進展が目覚ましい半導体製造の後工程においては、半導体チップと基板を接続する再配線層や、インターポーザー(中間基板)の絶縁膜としてポリイミドが用いられているが、銅配線の高密度化、微細化がさらに進んでおり、ポリイミドへの要求も高まっている。最近では微細なピッチでウェハ同士を接続するハイブリッドボンディング技術(図2)の採用が広まっている。この絶縁膜には現在ではセラミックなどの無機物が使用されているが、ポリイミドを用いることができれば、塗布工程で成膜でき、安価に歩留まり良くウェハ同士を接続することが可能になると考えられることから、当社はポリマーハイブリッドボンディング用高耐熱ポリイミドの開発に着手した。

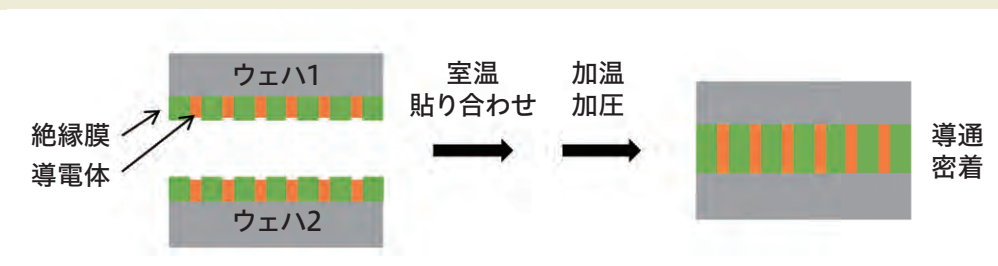


図2 ハイブリッドボンディングの模式図

2 目標性能

ハイブリッドボンディングのためのポリイミドとして、ポリイミドには、シリコン(Si)ウェハの線膨張係数(CTE)に近いこと、ガラス転移温度(Tg)ができるだけ高いこと、Siウェハに密着すること、さらに強靱な力学物性が求められる。また、既存の半導体後工程プロセスでの使用を想定した際、塗布はスピコートでおこなわれるため、スピコートで均一に塗布できること、あわせて塗布後に端の不要部や裏面に回り込んだ液を除去するのに溶剤でリンスするため、シクロペンタノンなどの溶剤に溶解できることが求められる。

3 「MNC001」の開発

ポリイミドの性能は、構成されるモノマーの構造によって主に決定されるが、汎用のモノマー(図3)を用いるだけでは従来のポリイミドの性能を越えることは困難であった。そこで、剛直でありつつ分子鎖間の相互作用が増し強固にパッキングが可能となるモノマーを複数選定し、スクリーニングをおこなった。

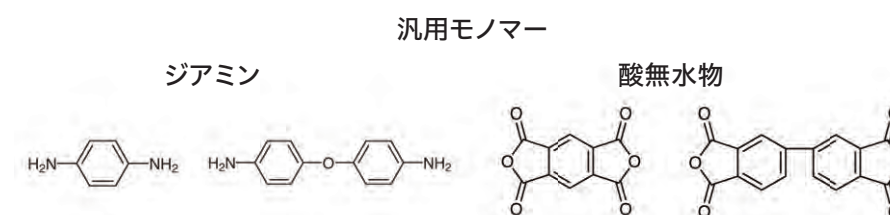


図3 汎用モノマーの構造

スクリーニングにより選ばれたモノマーから得られたポリイミドの特性を図4に示す。モノマーの組み合わせによってはSiウェハ(4ppm/K)を下回る低線膨張なポリイミドも得られたが、構造が剛直になりすぎて硬化収縮による応力が大きく、またSiウェハとの相互作用にも乏しいため密着性を有していなかった。シクロペンタノンによるリンス性はモノマーの構造に支配されるが、低線膨張なものほど溶解性に乏しく、低線膨張・Si密着性・リンス性の全てを満足させることは困難であった。

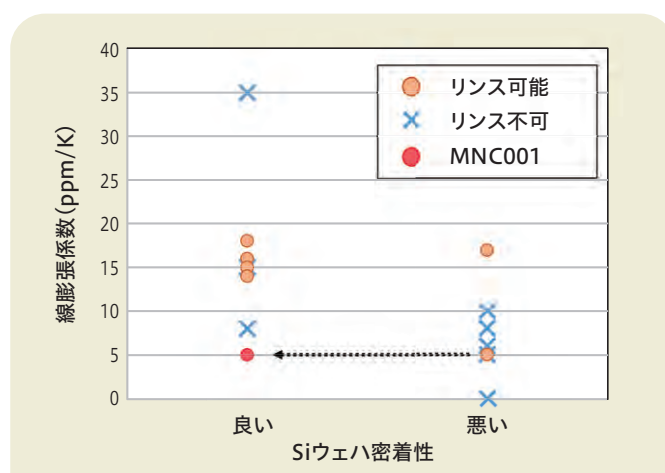


図4 各種ポリイミドの線膨張係数・Siウェハ密着性・リンス性

そこで、ポリイミドの線膨張係数や溶解性に影響を与えないよう、ポリマーの両末端に高密着かつ高耐熱性の官能基を導入することとした。具体的には、線膨張係数が5ppm/Kで、シクロペンタノンにてリンス可能なポリマーに官能基を導入した。これによりSiウェハへの良好な密着性が得られ、線膨張係数も低い状態を維持することができた。これらの特性を併せ持つものを開発品「MNC001」とした(図5)。

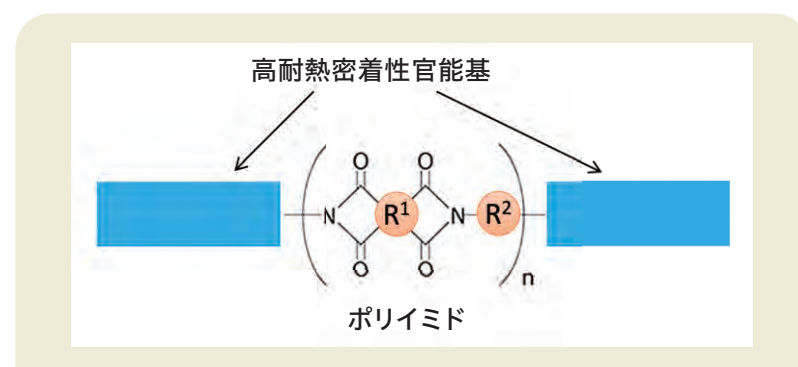


図5 MNC001の構造模式図

4 MNC001の特性

MNC001の特性を表1に示す。

特性		MNC001	分析法
液特性			
固形分[%]		13	熱風乾燥
粘度[mPa・s、25℃]		300	E型粘度計
溶剤		テトラメチルウレア	—
リンス性		○	シクロペンタノン、当社法*
膜特性**			
弾性率[GPa]		4	テンシロン法
伸度[%]		15	テンシロン法
線膨張係数 [ppm/K]	0-100℃	5	TMA測定
	100-200℃	4	
	200-300℃	6	
	300-400℃	5	
ガラス転移温度[℃]		>400	TMA測定
Siウェハ密着		100/100	碁盤目試験

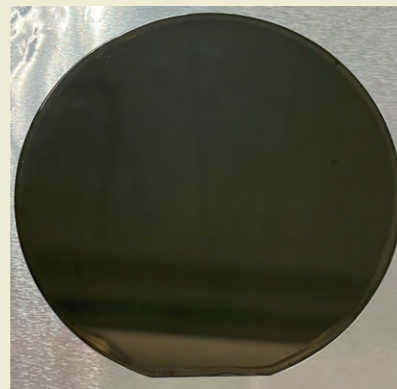
* Siウェハに塗布した直後、300rpmで回転させているところにシクロペンタノンを0.5mL/秒で60秒間滴下、室温で30分間乾燥。
固体が残っていないものを○とした
** 成膜条件: 硬化後厚み10μm、窒素気流下400℃ 1時間

表1 MNC001の特性



MNC001は粘度・溶剤共にスピコートに適しており、また、強靱な力学特性を有している。線膨張係数は0℃から400℃の広い温度域にわたりSiウェハと近似しており、Tgも高いことから、高温加熱を必要とするプロセスへの適正や信頼性が高いことが期待される。

Siウェハにスピコートで塗布し硬化したものの写真を **図6** に示す。面内均一に塗布できており、発泡や剥離も見られていない。これらの結果から、Siウェハ上に形成する絶縁膜として好適な材料であることが分かる。



*作製条件 スピコート : 500rpm40秒間
乾燥 : 200℃ 10分間 硬化 : 窒素気流下400℃ 1時間

図6 SiウェハへMNC001を塗布した時の塗膜外観

5 おわりに

今回、当社技術を用いて開発した「MNC001」について紹介した。高い耐熱性を有していることからSiウェハへのコーティング剤に適していることが分かった。本材料を絶縁層としてハイブリッドボンディングができるかについてはこれから検討を進めていきたい。満たすべき事項は多くなると思われるが、ポリイミド合成技術を駆使し、適したものを開発していく。また、ハイブリッドボンディングに限らず高耐熱性が求められる用途に向けても開発をおこない、技術の進展につなげていく所存である。