

ナノテク・部材イノベーションプログラム／エネルギーイノベーションプログラム
／ITイノベーションプログラム

「次世代高度部材開発評価基盤の開発プロジェクト」プロジェクト

プロジェクトの詳細説明資料

Ⅲ. 研究開発成果について(公開)

Ⅲ. 2 研究開発項目毎の成果

Ⅲ. 2. 1 Low-k材料のダメージ耐性評価方法の開発

Ⅲ. 2. 2 統合部材開発支援ツール(TEG)の開発

Ⅲ. 2. 3 パッケージ工程までの一貫した材料評価方法の確立

Ⅲ. 2. 3 パッケージ工程までの一貫した材料評価方法の確立

1. パッケージ工程における材料評価

1. 1 ダイシング工程

1. 2 ダイボンド工程

1. 3 ワイヤーボンド工程

2. パッケージまでの一貫した材料評価方法の開発

2. 1 MCPIによる材料評価方法

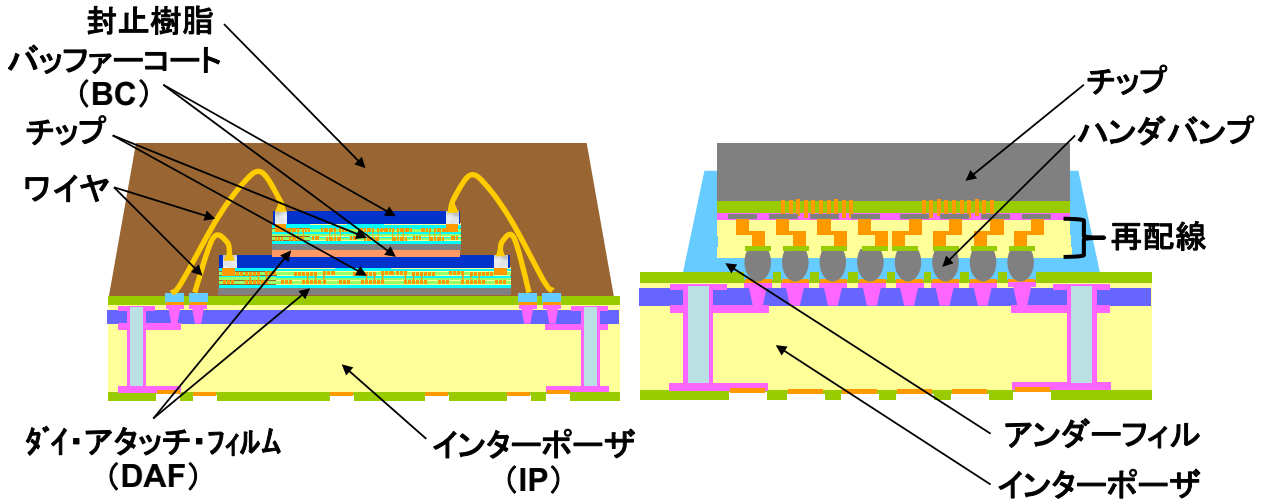
2. 2 WLPによる材料評価方法

3. まとめ

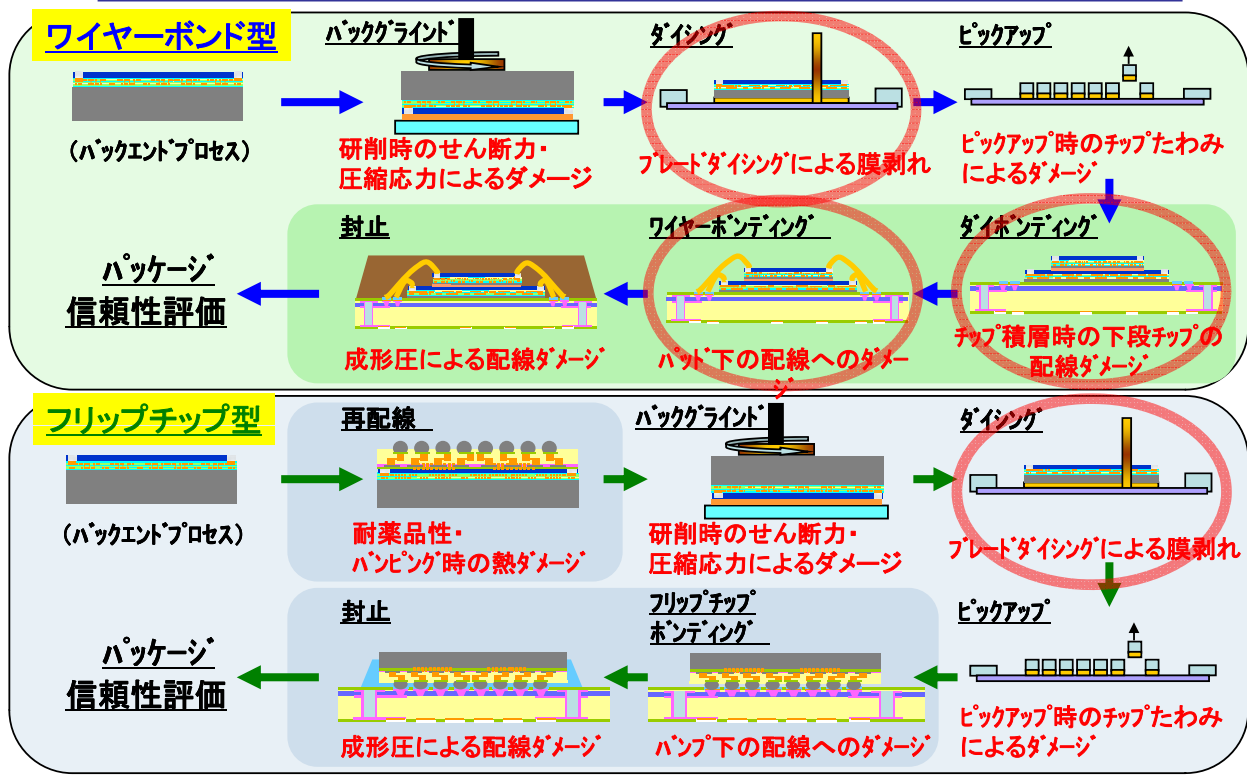
1. パッケージ工程における材料評価(パッケージ構造)

ワイヤーボンド型

フリップチップ型



1. パッケージ工程における材料評価(評価工程)



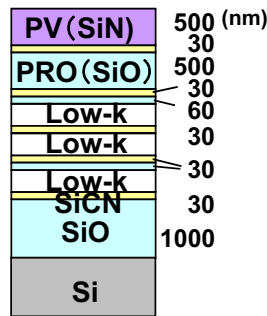
1.1 ダイシング工程

【評価サンプル】

デュアルダマシ
2層配線TEGウェーハ

※ Low-k:100nm
(MSQ系Porous Low-k:E11105)
(CVD: p-SiOC)

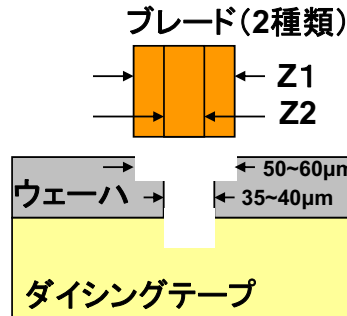
ダイシング部の断面構造



【ダイシングレシピ】

使用軸	Z1	Z2
ブレード	NBC-ZH 2040-27HDFG2 (砥粒:2~6um)	NBC-ZH 1040-27HDEE (砥粒:2~6um)
ブレード回転数(rpm)	30000	30000
加工速度(mm/s)	20 ※	
切り込み深さ(μm)	ウェーハへ100μm	テープへ20μm

Z1,Z2のステップカット



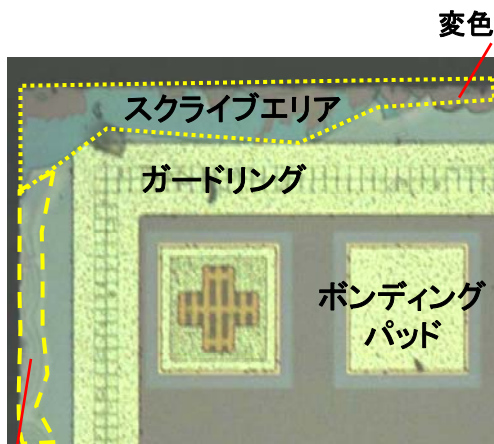
正面から

【関連外部発表No.:13】

※ 通常は加工速度50mm/s以上

1.1 ダイシング工程

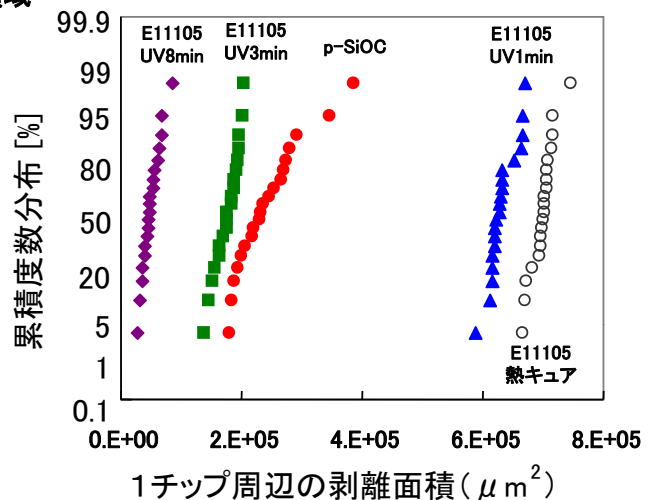
チップコーナ部(レーザ顕微鏡による像)



Low-k: p-SiOC

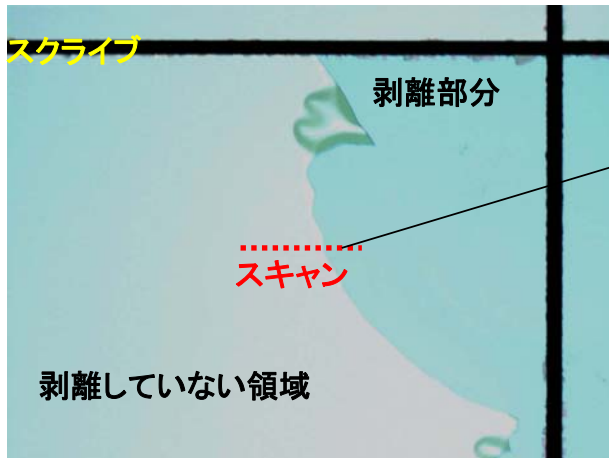
剥離面積 = 変色領域 + 干渉縞領域

各チップ周囲の剥離面積の累積度数分布(20チップ)



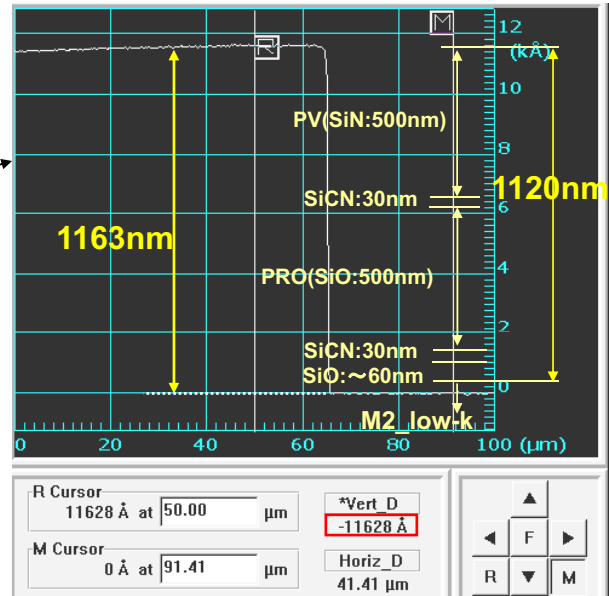
○ Low-k材料の違いが顕著に現れる

1.1 ダイシング工程

剥離部分のレーザ顕微鏡写真
(パターンなし部)

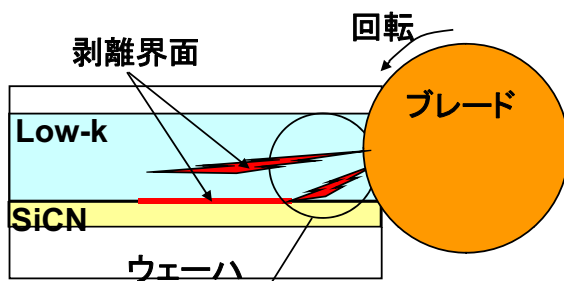
※干渉縞の領域も同じ剥離界面

Dektakによる段差測定



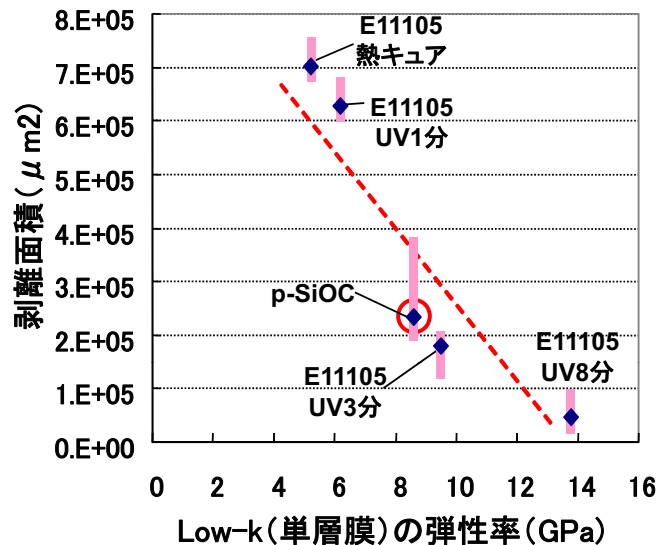
剥離界面: M2のLow-k材料破壊界面、もしくはM2のLow-k/SiCN界面

1.1 ダイシング工程

ダイシング加工時の
剥離発生モデル

Low-k材料の破壊により剥離が進行する
⇒剥離面積が材料の機械的強度に依存

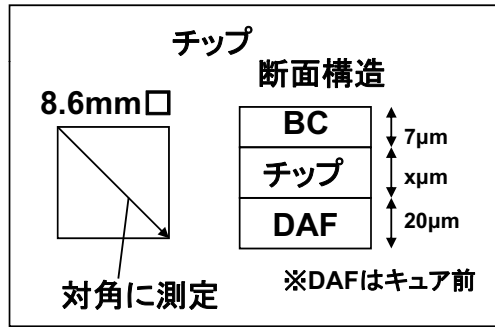
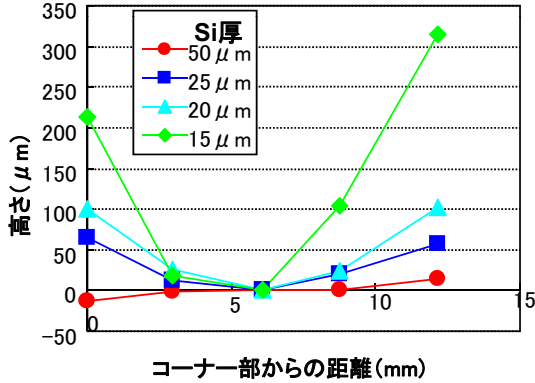
Low-k(単層膜)の弾性率と剥離面積との関係



弾性率が大きい材料ほど、剥離面積が小さい

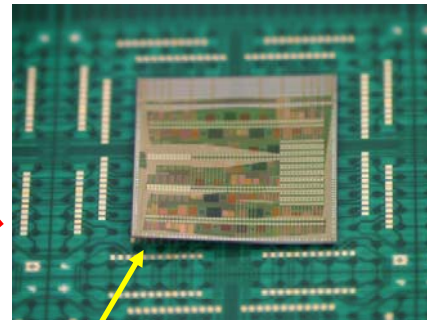
1.2 ダイボンド工程

BC面を上面にして、チップ表面の高さを測定



- ・Si薄化で反りが顕在化
- ・特にSi厚:20,15 μ mの反りが大きい

チップ間ではなく、チップとインターポーザー間で剥がれが発生



Si厚:20 μ m、p-SiOC
5段スタックにて剥がれを確認

1.2 ダイボンド工程

Low-k	E11066			
BC	有り			
チップ厚み	50 μ m	25 μ m	20 μ m	15 μ m
1段				
2段			データなし	NG
4段			データなし	NG
8段	データなし		データなし	データなし

MCP組立て直後の外観 (SAT観察)

チップの反りは大きい(約300 μ m)がチップが薄いため、1段目は接着

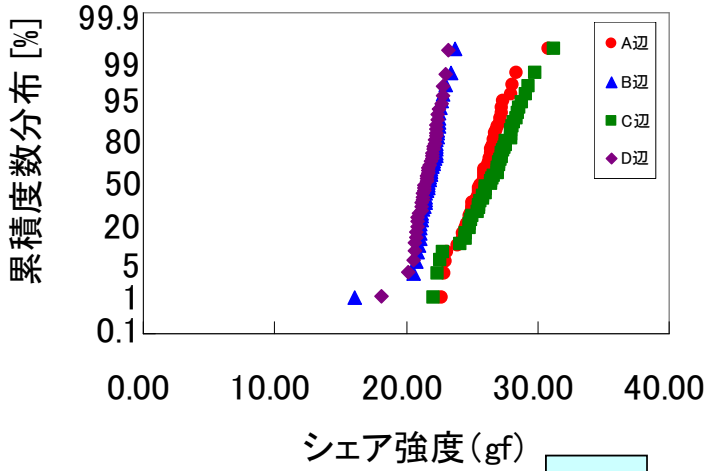
2段目以降は、チップの復元力に対し接着力が劣っており、剥離

チップの反りが小さい(約50 μ m)ので4、8段目も剥離せず

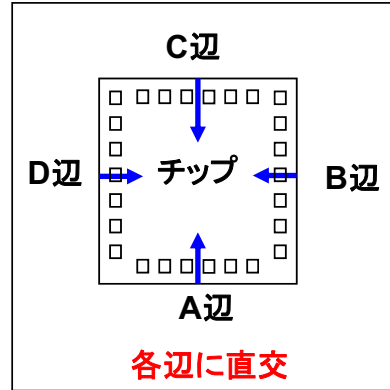
NG以外はダイボンド良好

1.3 ワイヤーボンド工程

チップの各辺におけるバンプシエアテスト結果
有機ポリマLow-k : E11066



バンプシエアの向き

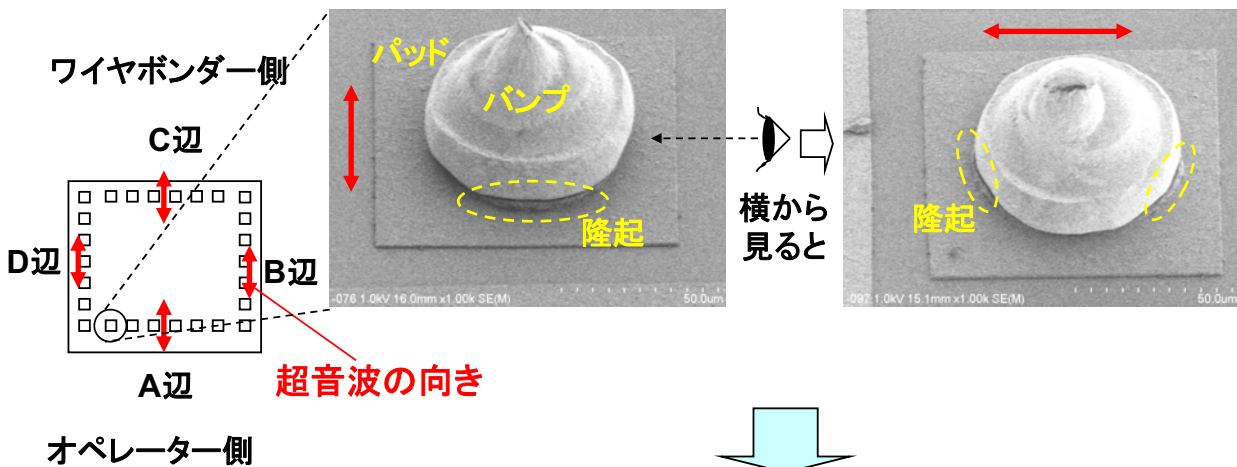


シエア強度の分布
A,C辺とB,D辺とに分かれる

【関連外部発表No.:23】

1.3 ワイヤーボンド工程

【バンプ作製後の状態のSEM観察】



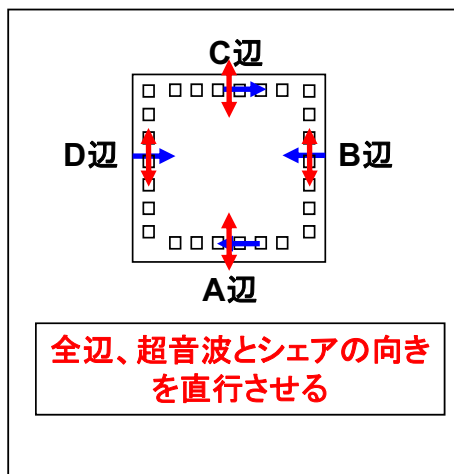
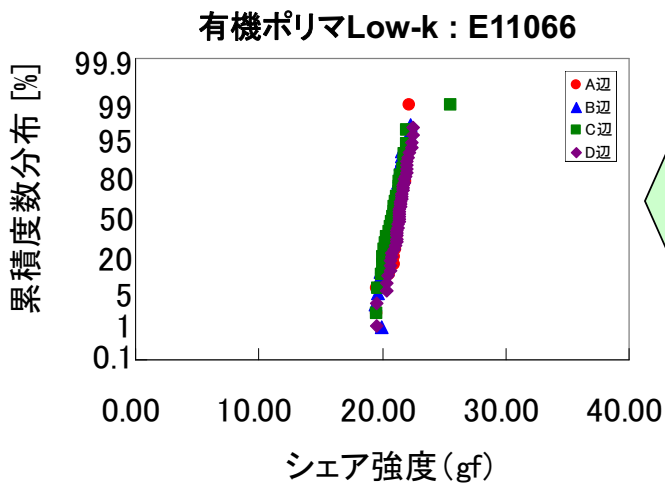
超音波の向きに隆起発生

- シエアするときの抵抗になっている
- シエア強度、ばらつきの違いの原因

1.3 ワイヤーボンド工程

条件修正後のバンプシエアテスト結果

シエアテストの測定条件修正



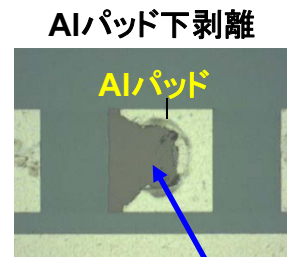
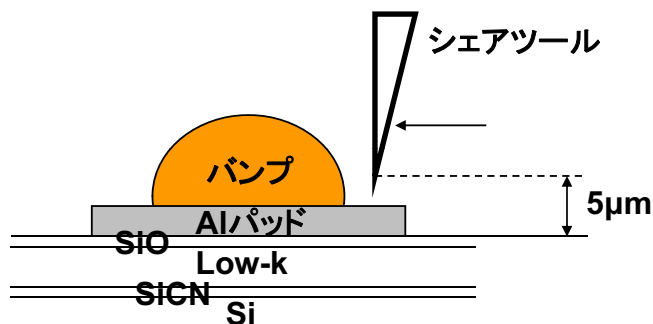
一つの分布になった。
→一つの現象として表現可能、かつ定量化可能

1.3 ワイヤーボンド工程

【バンプシエアテストしたときの破壊モード】

	p-SiOC	E11105 UV_1min	E11105 UV_3min	E11105 UV_8min	E11066
Alパッド下剥離	143/144	144/144	144/144	105/144	144/144
Au材料破壊	1/144	0/144	0/144	39/144	0/144

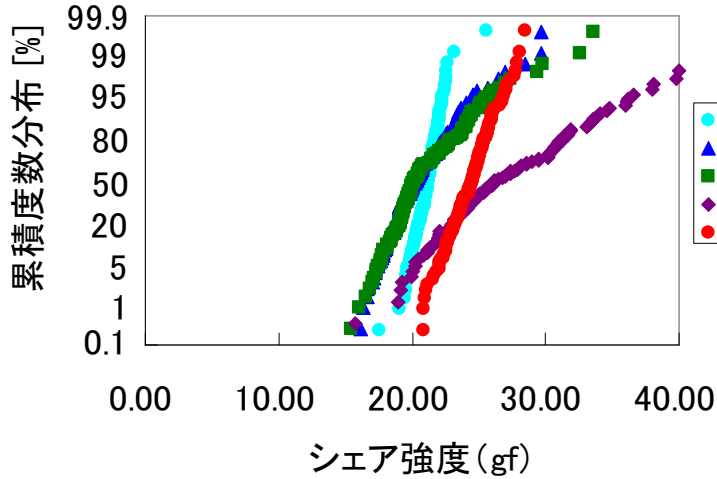
※単位はバンプ個数(1チップ144個をシエア)



Au材料破壊→Alパッドの下地強度>Auの破壊強度
E11105_UV8分はAlパッドの下地強度が上がった結果

1.3 ワイヤーボンド工程

バンプシエ強度の累積度数分布



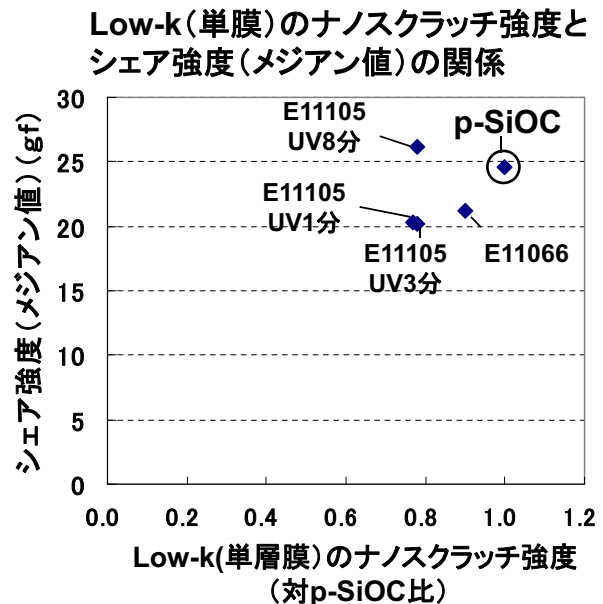
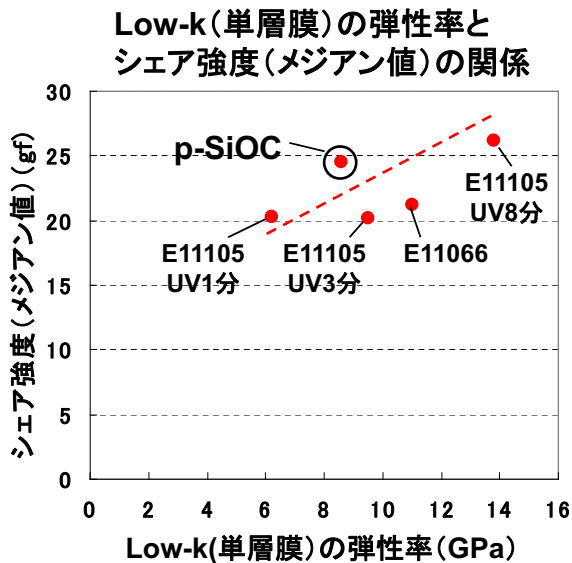
※Alパッド下剥離のみプロット

Low-kの材料によって差異が現れた

1.3 ワイヤーボンド工程

	シエ前(ボンディング後) 表面よりIR顕微鏡観察	シエ後SEM観察	現象の考察
p-SiOC MSQ系 (E11105) ※写真は p-SiOC			<ul style="list-style-type: none"> ・シエ時に Low-kの材料破壊を伴いながら剥離 (シエ前半)
有機ポリマ (E11066)			<ul style="list-style-type: none"> ・「こ」の字部分 →シエ前にすでに剥離 ・シエ時 Low-kの材料破壊もしくは Low-k/SiO₂、あるいは Low-k/SiCN の界面剥離

1.3 ワイヤーボンド工程



Low-kのナノスクラッチ強度(密着性)よりも弾性率との相関が強い

2. パッケージまでの一貫した材料評価方法の開発

区分 名称	ワイヤーボンド型		フリップチップ型			
	QFP	MCP	WLP	FCLGA	銅ポスト型 WLP	FCBGA
サイズ (mm)	14×14	15×15	15×15	15×15	5.4×8.6	30×30
厚さ (mm)	2.70	0.91	0.77~1.95	1.95	0.4	2.47
ピン数 (本)	80	196	680	680	160	784
IP厚さ (mm)	-	0.21	0.5 / 1.1	1.1	-	1.19
チップサイズ (mm)	8.6×8.6	8.6×8.6	5.4×8.6	5.4×8.6	5.4×8.6	12.9×12.9
チップ厚さ (μm)	400	20/50/100	400/775	775	350	725
チップ積層数	1	1/2/8	1	1	1	1
再配線材料	-	-	Cu	Al	Cu	Al
再配線絶縁材	-	-	バッファコート	SiO	封止樹脂	SiO
UBM材料	-	-	Au/Ni	Au/Ni	-	Au/Ni/Cr
UBM膜厚 (nm)	-	-	50/3000	50/5000	-	100/800/70
ハンダ径 (μm)	-	-	100	100	300	145
チップ接着剤	Agペースト	DAF	-	-	-	-
ワイヤー径 (μm)	(27/Au)	25/Au	-	-	-	-
評価対象材料	Low-k (BC)	Low-k, BC BG, DAF	Low-k, BC	Low-k	Low-k, BC	Low-k, BC

2.1 MCPによる材料評価方法

○ 使用材料

Low-k: p-SiOC、E11105 (UV1分)、E11066 (Hybrid)

チップ: 2層配線TEGのスクライブをドライエッチして、

SiNで被覆した構造

+BC (D11015 7um 1層)

DAF: S10073

インターポージャー: TW196LB1

モールド樹脂: 外注先通常使用品

PKGの構造



○ パッケージ作製

BG、ダイシング: 外注

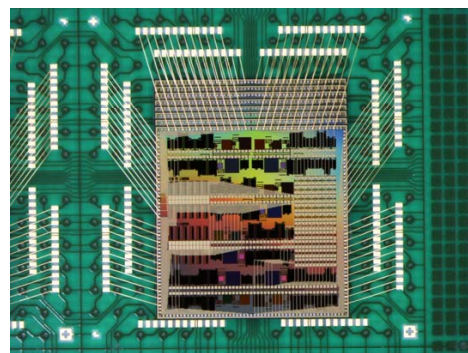
モールド: 外注

その他の工程: CSMATにて実施

○ 評価条件

・TC: -65/15min ⇄ 150°C/15min

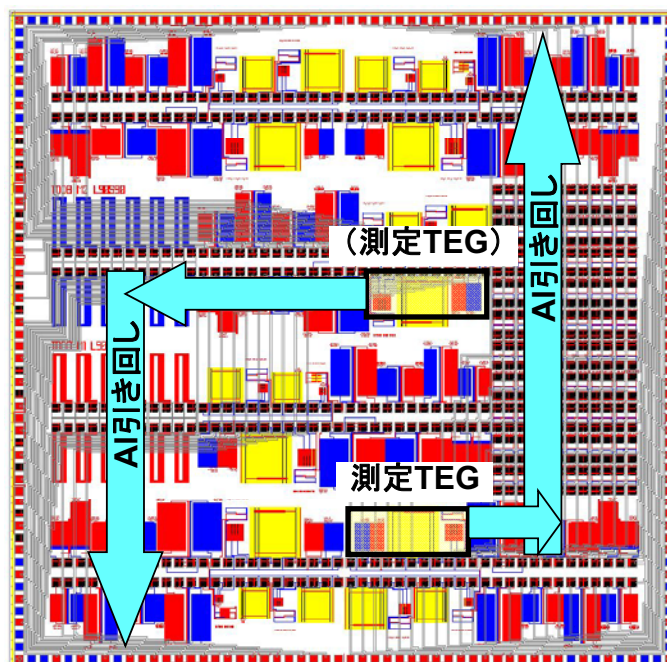
・PCT: 121°C/100%RH/2atm



※スタックは階段状(300μmずらす)

2.1 MCPによる材料評価方法(評価チップ)

8.6mm□チップ



【関連特許: 特願2007-155779】

2.1 MCPによる材料評価方法(TC結果)

SAT像の例 (Si厚;25μm,E11105)

積層数 TC	1段	2段	4段	8段
初期				
100 サイクル				
300 サイクル				
500 サイクル				
1000 サイクル				

剥離は観察されない

種々のLow-k材料での剥離発生パッケージ

TC	積層数 Low-k	1段	2段	4段	8段
		初期	P-SiOC 0/14	0/14	0/10
初期	E11105	0/14	0/14	0/10	0/10
	E11066	0/14	0/13	0/10	0/10
	100 サイクル	P-SiOC 0/14	0/14	0/10	0/10
100 サイクル	E11105	0/14	0/14	0/10	0/10
	E11066	0/14	0/13	0/10	0/10
	300 サイクル	P-SiOC 0/14	0/14	0/10	0/10
300 サイクル	E11105	0/14	0/14	0/10	0/10
	E11066	0/14	0/13	0/10	0/10
	500 サイクル	P-SiOC 0/14	0/14	0/10	0/10
500 サイクル	E11105	0/14	0/14	0/10	0/10
	E11066	0/14	0/13	0/10	0/10
	1000 サイクル	P-SiOC 0/14	0/14		0/10
1000 サイクル	E11105	0/14	0/14		0/10
	E11066	0/14	0/13		0/10

※ビアチェーン抵抗も、
どのサンプルでも変動(増加)なかった

2.1 MCPによる材料評価方法(PCT結果)

SAT像の例 (Si厚;25μm,E11105)

積層数 PCT	1段	2段	4段	8段
初期				
50時間				
100時間				
300時間				
500時間				

300時間以上で剥離が多く発生する

【関連外部発表No.:18、22】

種々のLow-k材料での剥離発生パッケージ

PCT	積層数 Low-k	1段	2段	4段	8段
		初期	P-SiOC 0/14	0/14	0/10
初期	E11105	0/14	0/14	0/10	0/10
	E11066	0/14	0/11	0/10	0/9
	50時間	P-SiOC 0/14	0/14	1/10	0/10
50時間	E11105	3/14	0/14	1/10	0/10
	E11066	0/14	0/11	0/10	0/9
	100時間	P-SiOC 0/14	0/14	1/10	0/10
100時間	E11105	4/14	0/14	1/10	0/10
	E11066	0/14	0/11	0/10	1/9
	300時間	P-SiOC 1/14	0/14	2/10	4/10
300時間	E11105	6/14	1/14	2/10	7/10
	E11066	10/14	1/11	3/10	7/9
	500時間	P-SiOC 8/14	7/14	9/10	7/10
500時間	E11105	10/14	6/14	5/10	9/10
	E11066	12/14	6/11	6/10	9/9

※ ; 50%以上のパッケージで剥離発生

2.1 MCPによる材料評価方法(ビアチェーン抵抗評価)

TCでビアチェーン抵抗10%以上上昇チップ

PCTでビアチェーン抵抗10%以上上昇チップ

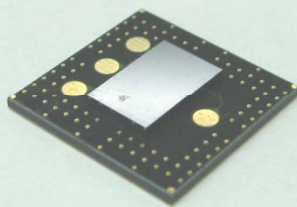
TC	積層数 測定チップ Low-k	1段		2段		8段		PCT	積層数 測定チップ Low-k	1段		2段		8段	
		最下層	最上層	最下層	最上層	最下層	最上層			最下層	最上層	最下層	最上層		
初期	P-SiOC	0/7	0/7	0/7	0/5	0/5	0/5	初期	P-SiOC	0/7	0/7	0/7	0/5	0/5	0/5
	E11105	0/7	0/7	0/7	0/5	0/5	0/5		E11105	0/7	0/7	0/7	0/5	0/5	0/5
	E11066	0/7	0/7	0/7	0/5	0/5	0/5		E11066	0/7	0/7	0/7	0/5	1/5	1/5
100 サイクル	P-SiOC	0/7	0/7	0/7	0/5	0/5	0/5	50時間	P-SiOC	0/7	0/7	0/7	0/5	0/5	0/5
	E11105	0/7	0/7	0/7	0/5	0/5	0/5		E11105	0/7	0/7	0/7	0/5	0/5	0/5
	E11066	0/7	0/7	0/7	0/5	0/5	0/5		E11066	0/7	0/7	0/7	0/5	1/5	1/5
300 サイクル	P-SiOC	0/7	0/7	0/7	0/5	0/5	0/5	100時間	P-SiOC	1/7	0/7	0/7	0/5	0/5	0/5
	E11105	0/7	0/7	0/7	0/5	0/5	0/5		E11105	1/7	0/7	0/7	0/5	0/5	0/5
	E11066	0/7	0/7	0/7	0/5	0/5	0/5		E11066	3/7	0/7	0/7	0/5	1/5	1/5
500 サイクル	P-SiOC	0/7	0/7	0/7	0/5	0/5	0/5	300時間	P-SiOC	1/7	0/7	1/7	0/5	0/5	0/5
	E11105	0/7	0/7	0/7	0/5	0/5	0/5		E11105	5/7	0/7	0/7	2/5	0/5	0/5
	E11066	0/7	0/7	0/7	0/5	0/5	0/5		E11066	6/7	0/7	0/7	1/5	1/5	1/5
1000 サイクル	P-SiOC	0/7	0/7	0/7	0/5	0/5	0/5	500時間	P-SiOC	5/7	5/7	3/7	2/5	1/5	1/5
	E11105	0/7	0/7	0/7	0/5	0/5	0/5		E11105	7/7	3/7	0/7	5/5	1/5	1/5
	E11066	0/7	0/7	0/7	0/5	0/5	0/5		E11066	7/7	7/7	3/7	5/5	1/5	1/5

※ ; 抵抗上昇発生チップ50%以上

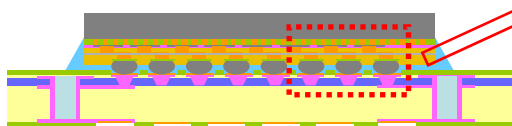
2.2 WLPによる材料評価方法

WLPの組立、PKG信頼性評価での不良抽出し、BC材料の物性値との関係を把握する。

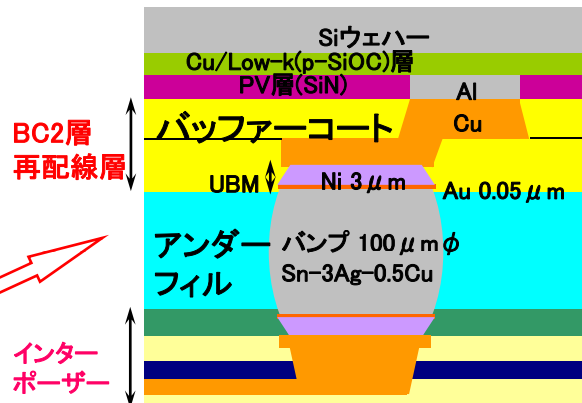
フリップチップタイプ



チップサイズ:
5.4mm x 8.6mm
 bumps数:
20個 x 34個
 bumpsピッチ:
225 μm



断面図



拡大図

【関連特許: 特願2007-086269、特願2007-091732】

2.2 WLPによる材料評価方法

○ 使用材料

Low-k: p-SiOC【空孔なし】、E11050 (E11019)【空孔あり】

チップ: 2層配線TEG

+BC (D11011, D11015)にて再配線形成

インターポーザ: BTLレジン

○ パッケージ作製

UBM形成: 外注先

パンプ形成: 外注先

フラックス洗浄: 外注先

BG: 外注先

ダイシング: 外注先

ダイボンディング: 外注先

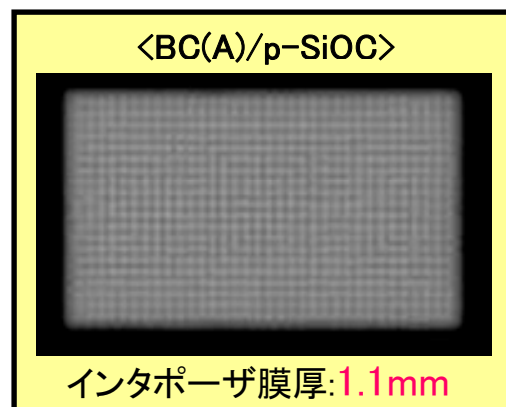
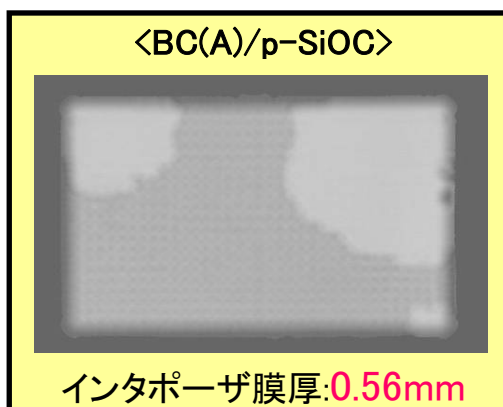
○ 評価

・リフロー: 吸湿 JEDEC Lv.2 (85°C 60%RH 1wk)、

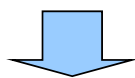
リフロー温度 Pbフリー条件 (max.250°C)

+TC: -65/15min ⇔ 150°C/15min

2.2 WLPによる材料評価方法 (インターポーザ膜厚)



TC1000サイクル後のSAT(超音波映像装置)画像 Si厚: 775μm



インターポーザ1.1mm品では剥離発生しないため、
材料評価には0.56mmを使用

<PKG処理条件>

乾燥: 125°C/24hr.

吸湿:

85°C/60%(168hr) (Level 2)

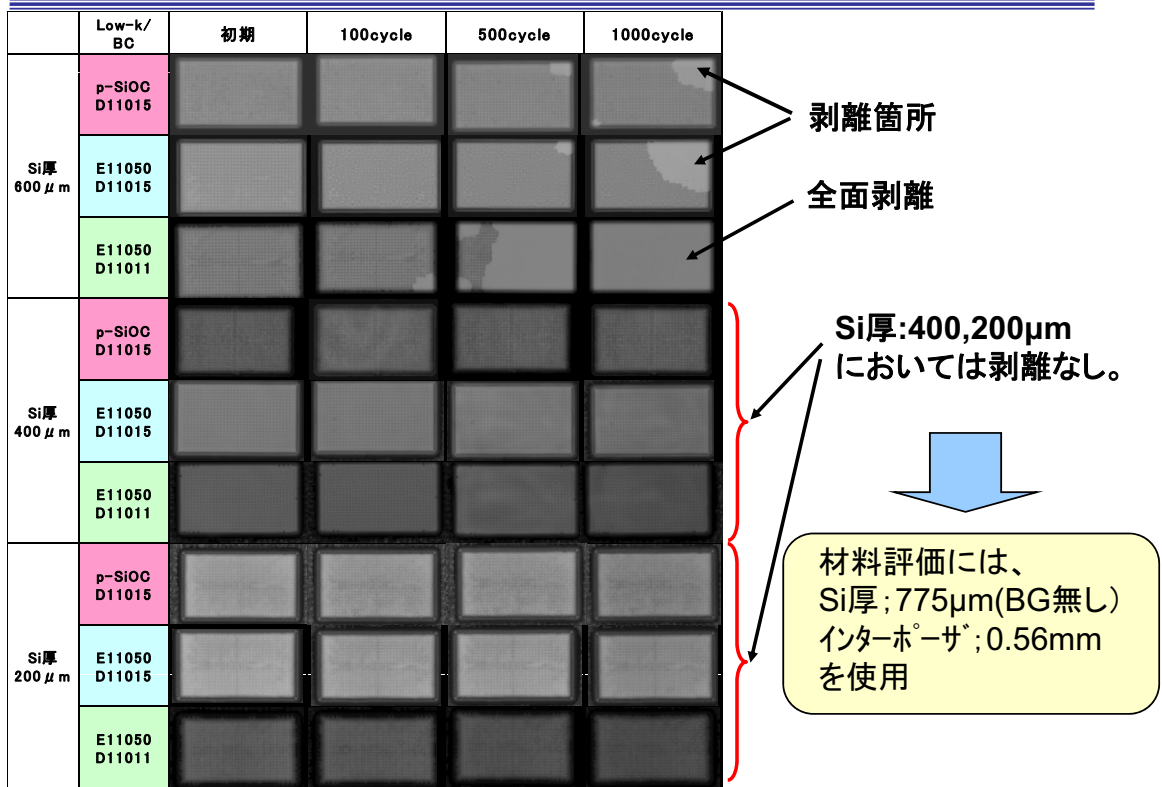
リフロー:

Pbフリー条件 (Max.250°C)

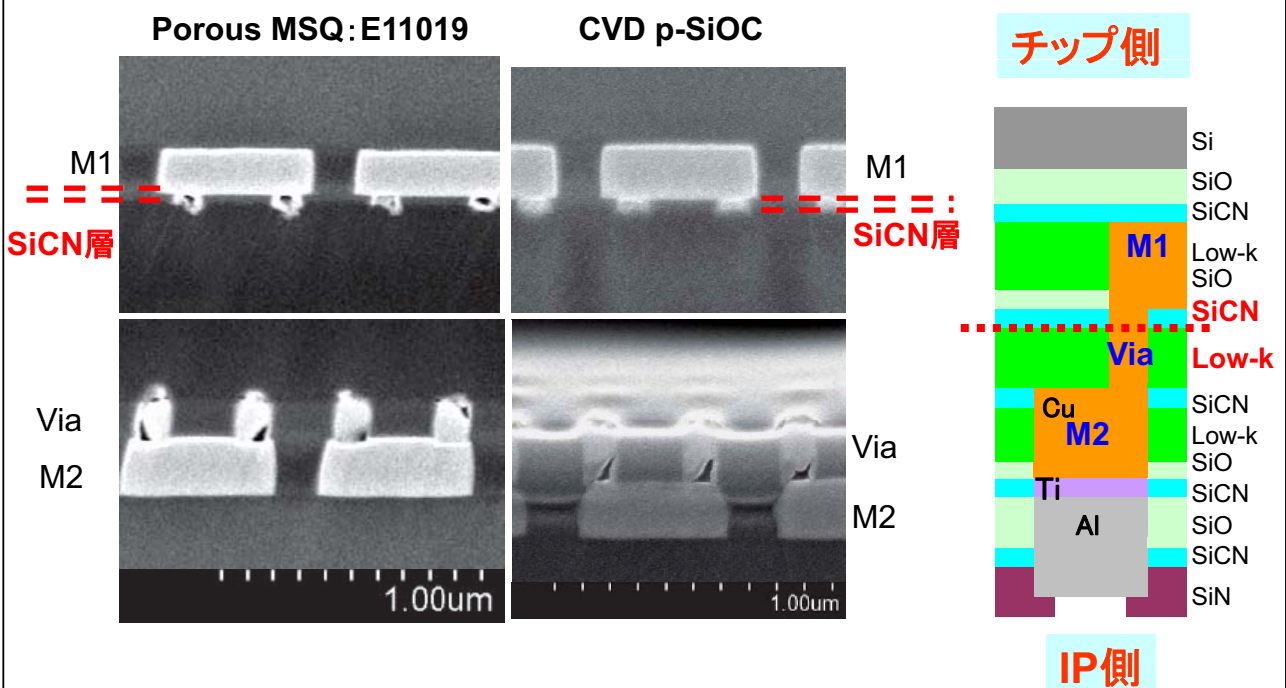
温度サイクル:

-55°C (15min.) ⇔ 125°C (15min.)

2.2 WLPによる材料評価方法(Si厚)

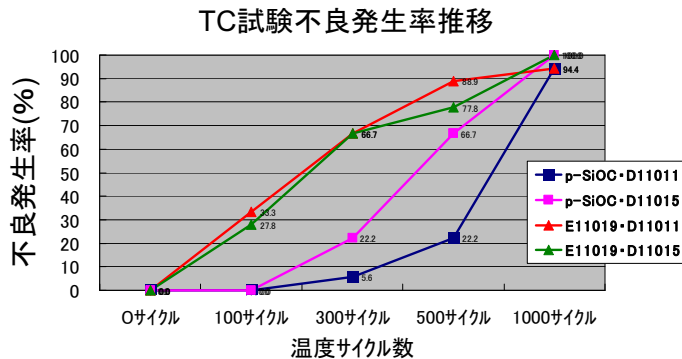


2.2 WLPによる材料評価方法



Via層-M1層間のSiCN/ Low-k層の界面で破断

2.2 WLPによる材料評価方法



- ・CVD p-SiOCとPorous MSQ系 E11019では後者の方が不良が多い
- ・Low-kがp-SiOCの場合、バッファコート D11011よりもD11015の方が不良が多い

Low-k材料物性値一覧

材料コード	単膜評価			
	比誘電率	応力 (MPa)	CTE (ppm/°C)	弾性率 (GPa)
p-SiOC	3.0	30	17	10.9
E11019	2.3	28	20	5.6

E11019の方が弾性率が小さい

弾性率の差が不良発生率の差に繋がった

BC材料物性値一覧

材料コード	応力 (MPa)	CTE (ppm/°C)	Tg (°C)	弾性率 (GPa)	伸度 (%)
D11011	44	40	285	3.7	23
D11015	35	42	295	3.3	74

バッファコートD11011とD11015を比較すると、CTEが大きく、弾性率が小さいD11015の方が熱変形量が大きい⇒不良の増加

3. まとめ

- ・ Low-k材料を含む簡易構造のチップを用いたQFPの環境試験を行い、Low-k材料評価のためのチップ構造、試験条件を選定した
- ・ 種々のSi厚さの2層配線TEGチップを用いたMCPでの一貫評価により、Low-k材料、バッファコート膜、バックグランドテープ、DAF付ダイシングテープそれぞれの材料の課題を抽出した
- ・ 2層配線TEGチップを用いたWLPでの一貫評価により、Siチップ厚とインターホーザ厚が剥離に及ぼす影響を把握し、Low-k材料、バッファコート膜の材料評価を実施した
- ・ 2層配線TEGを用いたFCLGA、銅ポスト型WLPの一貫評価により、Low-k材料、バッファコート膜の剥離に及ぼす影響を把握した