

2. 分科会における説明資料

次ページより、プロジェクト推進・実施者が、分科会においてプロジェクトを説明する際に使用した資料を示す。

「次世代高度部材開発評価基盤の開発」プロジェクト

事後評価分科会 プロジェクトの概要説明資料(公開)

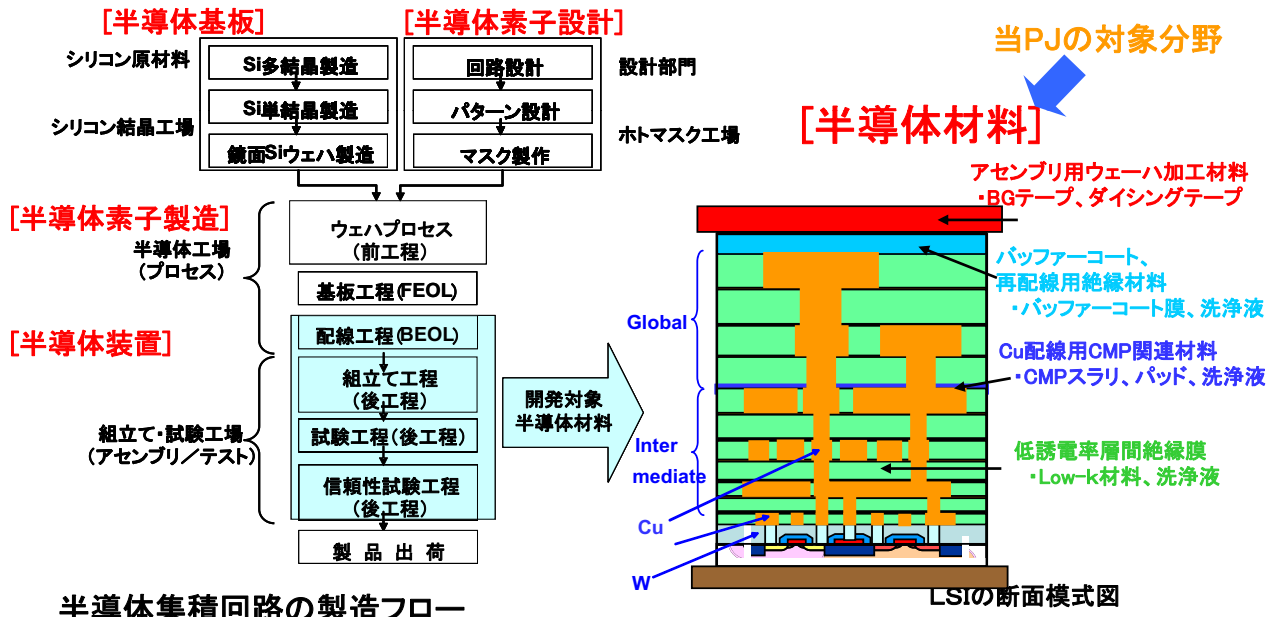
- I. 事業の位置付け・必要性について (NEDO ナノ部 岡部)
- II. 研究開発マネジメントについて (NEDO ナノ部 岡部)
- III. 研究開発成果について (CASMAT 川本研究部長)
- IV. 実用化、事業の見通しについて (CASMAT 川本研究部長)

平成21年8月20日

内 容

- I. 事業の位置付け・必要性について (NEDO ナノ部 岡部)
 - (1) NEDOの事業としての妥当性
 - (2) 政策的位置づけ
 - (3) 事業の背景
 - (4) 事業の目的
- II. 研究開発マネジメントについて (NEDO ナノ部 岡部)
- III. 研究開発成果について (CASMAT 川本研究部長)
- IV. 実用化、事業の見通しについて (CASMAT 川本研究部長)

I. 事業の位置付け・必要性についてー NEDOの事業としての妥当性(PJの対象領域)



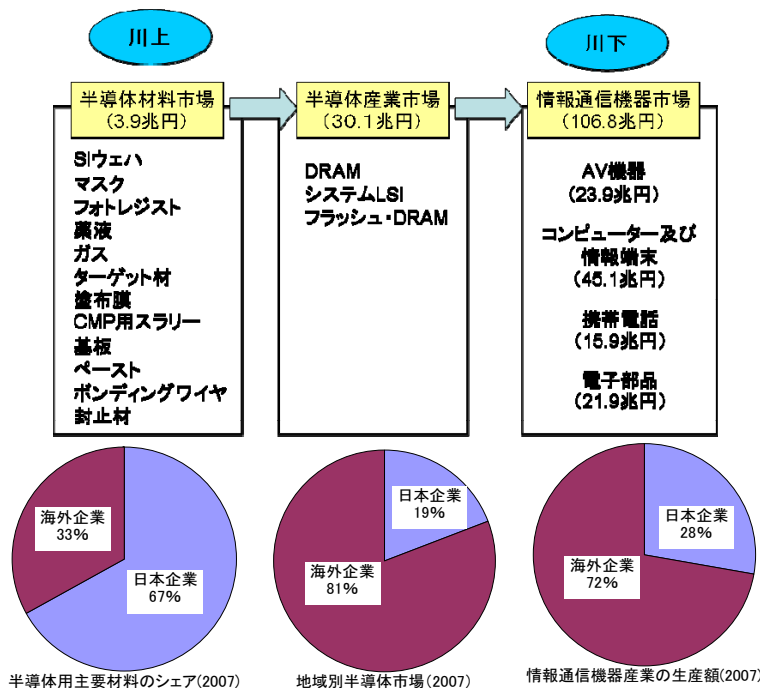
半導体集積回路の製造フロー

開発対象はBEOLプロセスのKeyとなる半導体材料

- ・低誘電率層間絶縁膜及び関連材料
- ・Cu配線用CMP関連材料
- ・バッファコートおよび再配線用絶縁材料
- ・アセンブリ用ウェーハ加工および関連材料

I. 事業の位置付け・必要性についてー NEDOの事業としての妥当性

半導体分野の市場規模の相関



川上、川下の垂直連携による次世代半導体材料開発が喫緊の課題

I. 事業の位置付け・必要性についてー NEDOの事業としての妥当性

事業の目的

半導体材料開発に貢献する材料評価基盤を構築
半導体に適用する部材の統合的ソリューション提案

事業のリスク

投資額・研究開発人材の面から、我が国の材料メーカー単独では実施不可能

NEDOのリーダーシップによる事業推進が妥当

- ⇒ 事業費の助成
- ⇒ 国内有力材料メーカーの結集
- ⇒ デバイスメーカーや半導体装置メーカーなどとの連携

I. 事業の位置付け・必要性についてー政策的位置付け(技術戦略マップ)

経産省技術戦略マップ(平成17年3月)
主たる要素技術のロードマップ

微細化、プロセスの複雑化に対応できる
高機能材料の開発が必要

分野構造	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
情報通信	半導体微細化 DRAMハーフピッチ	80nm		65nm			45nm			32nm
	ゲート絶縁膜材料	SiON		HfO2		La2O3		LaAlO3		
	リソグラフィ	193nm+RET		193nm+RET+LFD/193nm液浸			193nm液浸+RET+LFD			EUVリソグラフィ

情報通信分野の導入シナリオ

	2004	2005	2006	~	2010	~	2015
目標	・情報家電等IT利活用とITの安全性・信頼性の確保。その基盤となるIT産業の国際競争力の強化。						
研究開発の取組み	○半導体分野	技術基盤としての半導体の微細化、高集積化、低消費電力化 (国:次々世代技術の開発、民間:次世代技術の開発)		成果の活用	つくばR&Dセンター構想 ・次々世代技術の民間への移転の促進 ・設計、プロセス加工、検査技術の一体的取組み		
		SELETE、STARC(あすかプロジェクト)					
		ASET (MIRAIプロジェクト)					
		設計描画検査最適化プロジェクト					
関連産業との連携	○垂直連携の強化 ・高度部材産業 集積の維持・管理	上流企業と下流企業の揺り合わせの加速			高度部材産業開発・評価センター構想 ・部材評価技術の強化、部材技術開発の促進・効率化		
	○製造装置産業 競争力の維持・強化	次世代半導体ナノ材料高度評価PJ CASMAT:材料評価手法の確立					
		製造装置の高度化					
		EUVA (EUVプロジェクト)					
		プラズマCVD装置の開発等					

I. 事業の位置付け・必要性について—政策的位置付け(イノベーションプログラム)

イノベーションプログラムについて

20年度一般会計 502億円(507億円)
特別会計 1,484億円(1,622億円)

- 「イノベーションプログラム」の中での体系的推進 (Inside Management & Accountability)
 - 経済産業省の全ての研究開発プロジェクトは、政策目標毎に7つの「イノベーションプログラム」の下で体系的に推進。
 - 各プログラムの中で、政策目標に向けたプロジェクトの位置付けと目標の明確化、市場化に必要な関連施策(規制改革、標準化等)との一体化を図り、イノベーション実現に向け各プロジェクトを効果的に推進。
- 「技術戦略マップ」に基づく戦略的企画立案 (Outside Communication & Networking)
 - 先端産業技術動向を把握し、国が取り組むべき技術課題とイノベーションの道筋を明確化するため、産学官で協働するロードマッピング手法を導入(『技術戦略マップ 2005/2006/2007/2008』)。
 - 研究開発プロジェクトの選定に当たっては、イノベーションプログラムにおける政策目標を基に技術戦略マップに位置付けられた重要技術課題を抽出し戦略的に企画立案。

平成20年度 イノベーションプログラム(IPG)予算総額 平成20年度予算額 (平成19年度予算額)
1,986億円(2,129億円)

<p>IT IPG</p> <p>①ITコア技術の革新 114億円 ②省エネ革新 67億円 ③情報爆発への対応 41億円 ④情報システムの安全性等 50億円</p> <p>小計 272億円</p>	<p>ナノテク・部材 IPG</p> <p>①ナノテク加速化領域 36億円 ②情報通信領域 31億円 ③ライフサイエンス領域 19億円 ④エネルギー・資源・環境領域 60億円 ⑤材料・部材領域 32億円 ⑥共通 6億円</p> <p>小計 184億円</p>	<p>ロボット・新機械 IPG</p> <p>①ロボット関連技術開発 24億円 ②MEMS・分析機器 22億円</p> <p>小計 46億円</p>	<p>健康安心 IPG</p> <p>①創薬・診断技術開発 96億円 ②診断・治療機器・再生医療等の技術開発 30億円</p> <p>小計 126億円</p>
<p>エネルギー IPG</p> <p>①総合エネルギー効率の向上 817億円 ②運輸部門の燃料多様化 358億円 ③新エネルギー等の開発・導入促進 488億円 ④原子力等利用の推進とその大前提となる安全の確保 258億円 ⑤化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用 554億円</p> <p>小計 1,447億円**</p>	<p>環境安心 IPG</p> <p>①地球温暖化防止新技術 42億円 ②GR 13億円 ③環境調和産業バイオ 56億円 ④化学物質総合評価 16億円</p> <p>小計 127億円</p>	<p>航空機・宇宙産業 IPG</p> <p>①航空機産業の基盤技術力の維持・向上 163億円 ②宇宙産業の国際競争力強化 69億円</p> <p>小計 232億円**</p>	

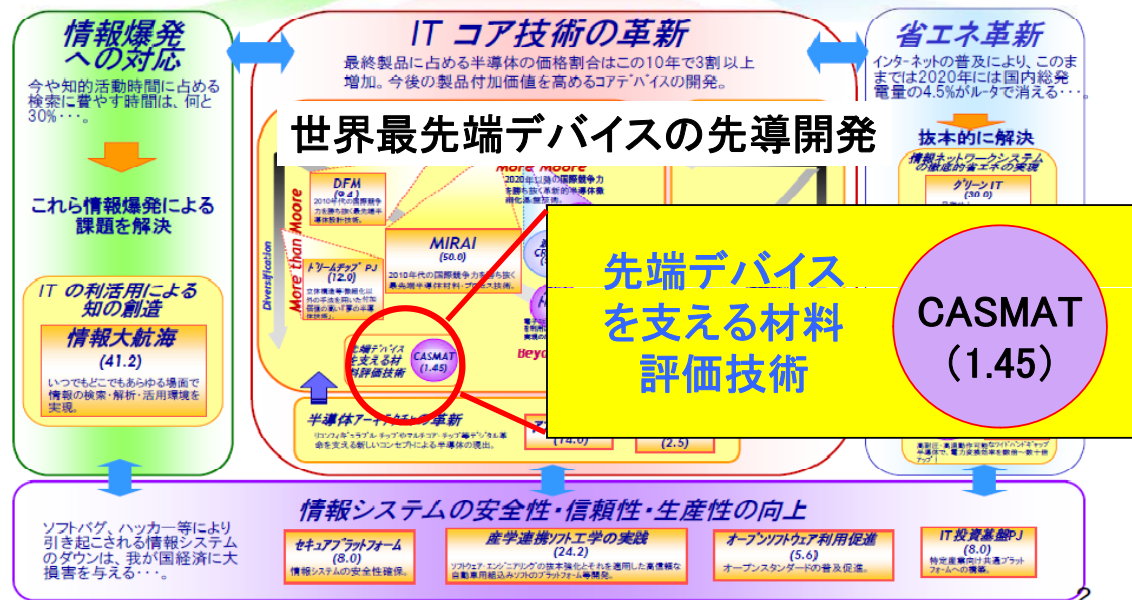
※1:各イノベーションプログラムにおけるプロジェクトの重複を排除した額 ※2:各サブプログラムで重複があるため小計と一致しない ※3:一部、財投出資(50億円)、関連予算(6億円)を含む

I. 事業の位置付け・必要性について—政策的位置付け(イノベーションプログラム)

1. IT イノベーションプログラム

【20年度予算額 272億円】

高度情報通信社会の 社会基盤を支えるIT技術。これらを活かし、イノベーションを創出するとともに、 IT産業の国際競争力
実現 IT産業再編を促し、選択と集中を図りつつ、持続的に競争力を強化する。 の強化



I. 事業の位置付け・必要性について—政策的位置付け(イノベーションプログラム)

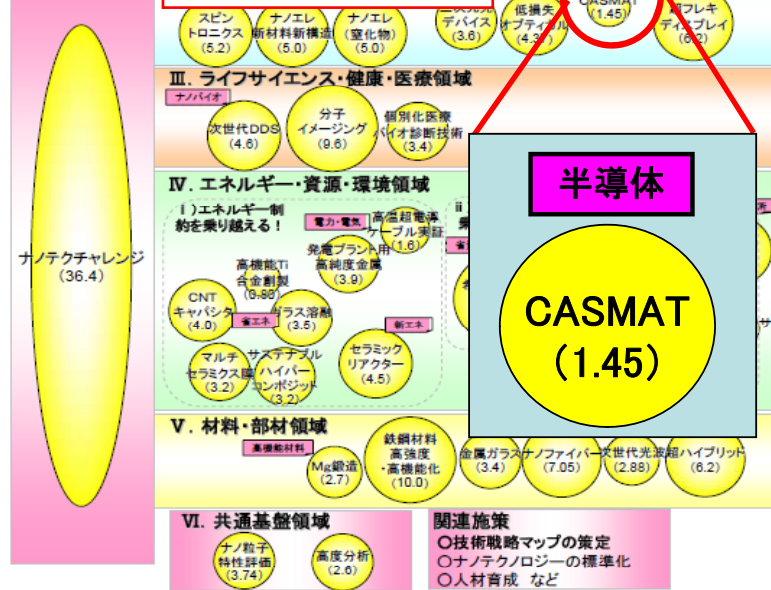
2. ナノテク・部材イノベーションプログラム

【20年度予算額 184億円】

- あらゆる分野に対して高度化・不連続な革新をもたらすナノテクノロジー・革新的部材技術を確立！
- 我が国産業の国際競争力の維持・強化や解決困難な社会的課題の克服！

I. ナノテクノロジーの加速化領域

II 情報通信領域



IPG目標

世界に先駆けてナノテクノロジーを活用した非連続な技術革新を実現する！

我が国部材産業の強みを更に強化することで、他国の追随を許さない競争優位を確保するとともに、部材産業の付加価値の増大を図る！

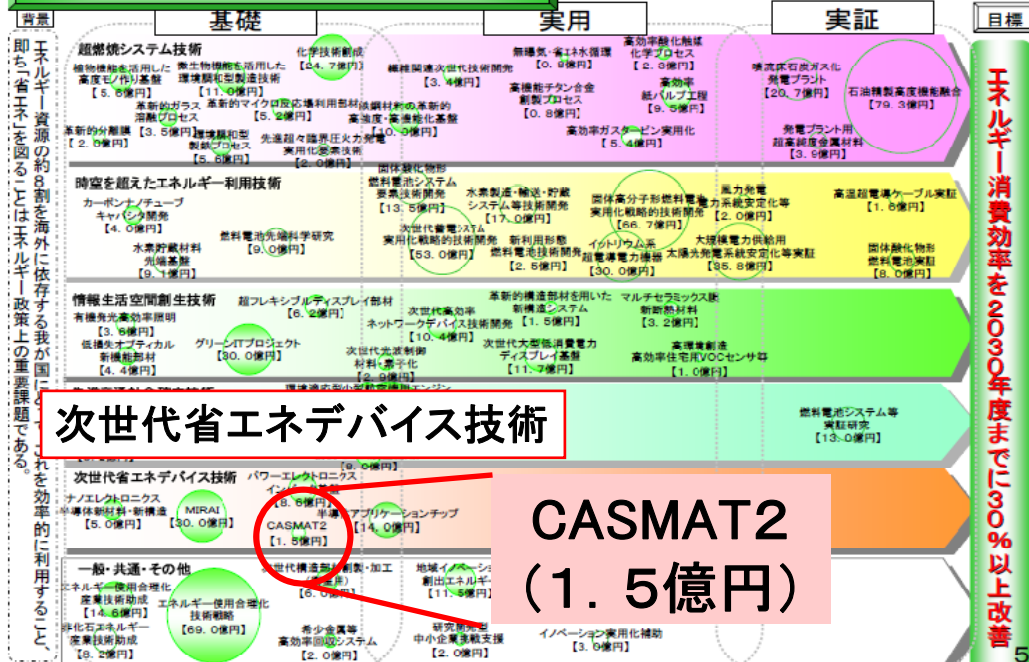
ナノテクノロジーや高機能部材の革新を先導することで、これら部材を活用した情報通信、ライフサイエンス、環境、エネルギーなどの幅広い産業の付加価値の増大を図る！

希少金属などの資源制約の打破、圧倒的な省エネルギー社会の実現など、解決困難な社会的課題の克服を目指す！

I. 事業の位置付け・必要性について—政策的位置付け(イノベーションプログラム)

4. エネルギーイノベーションプログラム ①総合エネルギー効率の向上

【20年度予算額 817億円】 ※基礎、実用、実証の区分内は、任意に配置。



次世代省エネデバイス技術

CASMAT2 (1.5億円)

省エネルギー消費効率を2030年度までに30%以上改善

I. 事業の位置付け・必要性について—事業の背景(実施の効果)

費用:3年間で約7.5億円(平成18年度～平成20年度)

ITイノベーションプログラム

半導体材料の開発力強化により半導体産業を活性化する。
⇒ IT産業の国際競争力強化に貢献する。

ナノテク・部材イノベーションプログラム

半導体材料の評価技術を確立する。
⇒ 部材産業の付加価値増大を図る。

エネルギーイノベーションプログラム

省エネデバイスの開発に貢献する。
⇒ エネルギー消費効率30%改善する。

(エネルギー削減量)

2030年に達成される14nmチップの消費電力は151Wと想定される。これを現状技術の65nmチップで同等の性能を得ようとする2246Wになる。チップ全体に対する配線の割合は70%。配線の内、Intermediate配線の電気特性改善の貢献は約60%

エネルギー消費効率39%改善

年間消費電力削減量

$$(2246-151) \times 0.7 \times 0.6 \times 24 \times 365 \times 1.3 \times 10^8 = 1.0 \times 10^{15} \text{ W}$$

W削減量 配線割合 本材料割合 1年 生産量

9.4 x 10⁷KLの原油削減(原油1L=10.6KW:換算値)

詳細は事業原簿 P I-6参照

I. 事業の位置付け・必要性について—事業の背景(実施の効果)

費用:3年間で約7.5億円(平成18年度～平成20年度)

	現状 (H18年)	助成事業終了後 5年間					億円/Y
		H21年度	H22年度	H23年度	H24年度	H25年度	
半導体ウエーハバックエンド 工程材料 市場規模	4,043	5,254	5,621	6,015	6,436	6,886	
内 低誘電率層間絶縁材料、Cu 配線用 CMP 材料、バックアコート・ 再配線材料、アセンブリー工程材料 の4種合計	331	519	582	615	646	686	25倍の市場の情報通信市場に貢献
上記4種合計について 組合員企業販売予想額	205	352	419	502	586	686	342億円の 市場創出効果
上記4種合計 組合員企業市場シェア	62%	68%	71%	75%	78%	80%	
内 本助成事業寄与 組合員売上高		176	210	251	293	342	

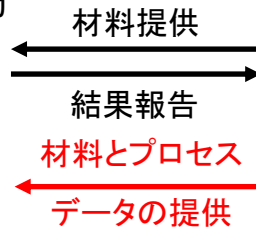
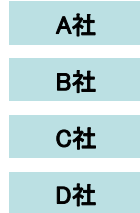
わが国の材料メーカーの製品開発力、市場競争力をさらに強化

国内の半導体デバイスメーカーや半導体製造装置メーカーに対し、材料メーカーから効率よく提案できることにより、わが国半導体関連産業全体の研究開発効率の向上が期待される。

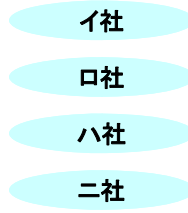
I. 事業の位置付け・必要性について—事業の目的

従来の半導体材料開発

デバイス・装置メーカー



半導体材料メーカー



材料の提供だけでは不十分

- ・材料開発に限界
- ・半導体プロセス装置、評価装置の投資が過大

本PJが提案する半導体材料開発のための評価基盤の開発

評価期間短縮

↑ 材料開発指針
開発材料の事前評価

材料メーカーの製品開発力、競争力を更に強化
材料と半導体プロセスの統合的ソリューションを提案

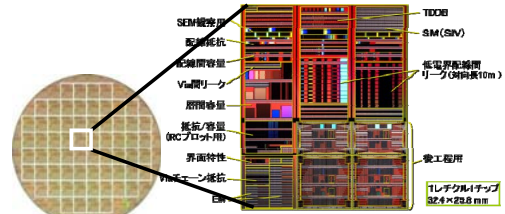
CASMAT
材料評価センタ

開発や評価結果
全組合員で共有

半導体材料メーカーが結集した研究組合の世界で唯一の材料評価専用ライン



世界一の開発材料評価専用ライン(300mm 対応)



材料評価専用TEG (Test Element Group)

内容

I. 事業の位置付け・必要性について (NEDO ナノ部 岡部)

II. 研究開発マネジメントについて (NEDO ナノ部 岡部)

- (1) 事業の目標
- (2) 研究開発の内容
- (3) 研究開発の実施体制
- (4) 研究開発の運営管理
- (5) 情勢変化への対応

III. 研究開発成果について (CASMAT 川本研究部長)

IV. 実用化、事業の見通しについて (CASMAT 川本研究部長)

II. 研究開発マネージメント—事業の目標

- 目標 : ①半導体材料開発に貢献する材料評価基盤の構築
②半導体に適用する統合的材料ソリューション提案とその実用化

上記の目標を達成するため、以下の3つの課題を設定

課題Ⅰ Low-k材料のダメージ耐性評価方法の開発

- ・ Low-k材料のキュア技術を開発するとともに、低圧CMPなどによるダメージ耐性を評価
- ・ 有機ポリマLow-k材料の配線プロセス課題を対策し、ソリューションを提案

課題Ⅱ 統合部材開発支援ツール(TEG)の開発

- ・ 半導体材料を評価するための多層配線評価TEGの設計とその作製プロセスを開発
- ・ CMP技術とその関連材料を評価するTEGを設計し、その有用性を検証

課題Ⅲ パッケージ工程までの一貫した材料評価方法の確立

- ・ 材料の影響を最も大きく受けるパッケージ工程での材料評価
- ・ MCP、WLPのそれぞれのパッケージによる信頼性試験までの材料評価

II. 研究開発マネージメント—課題毎の目標設定(1)

課題—Ⅰ Low-k材料のダメージ耐性評価方法の開発

実施項目	目標
<ul style="list-style-type: none"> ・ Low-k材料のUVキュアプロセス技術を開発し、その単層膜の物性値を把握 ・ 多層配線プロセスを構築して材料の課題を抽出 	<ul style="list-style-type: none"> ・ Low-k材料単層膜の物性値に対するUVキュアの影響評価ができる ・ Low-k材料を用いた多層配線を作製し、その電気特性評価ができる
<ul style="list-style-type: none"> ・ Low-k材料の配線プロセスに起因するダメージを把握するとともにその要因の追及 	<ul style="list-style-type: none"> ・ ダメージ評価方法を高精度化する。 ・ 低圧CMPプロセスを用いたダメージ耐性評価ができる ・ 配線プロセスは、プラズマCVD、エッチング、アッシング、Low-k材料の直接CMPについて行なう
<ul style="list-style-type: none"> ・ 有機ポリマLow-k材料の配線プロセス構築と配線の電気特性の評価 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 有機ポリマLow-k材料の配線プロセス課題を対策し、ソリューションを提案する

II. 研究開発マネージメント—課題毎の目標設定(2)

課題—II 統合部材開発支援ツール(TEG)の開発

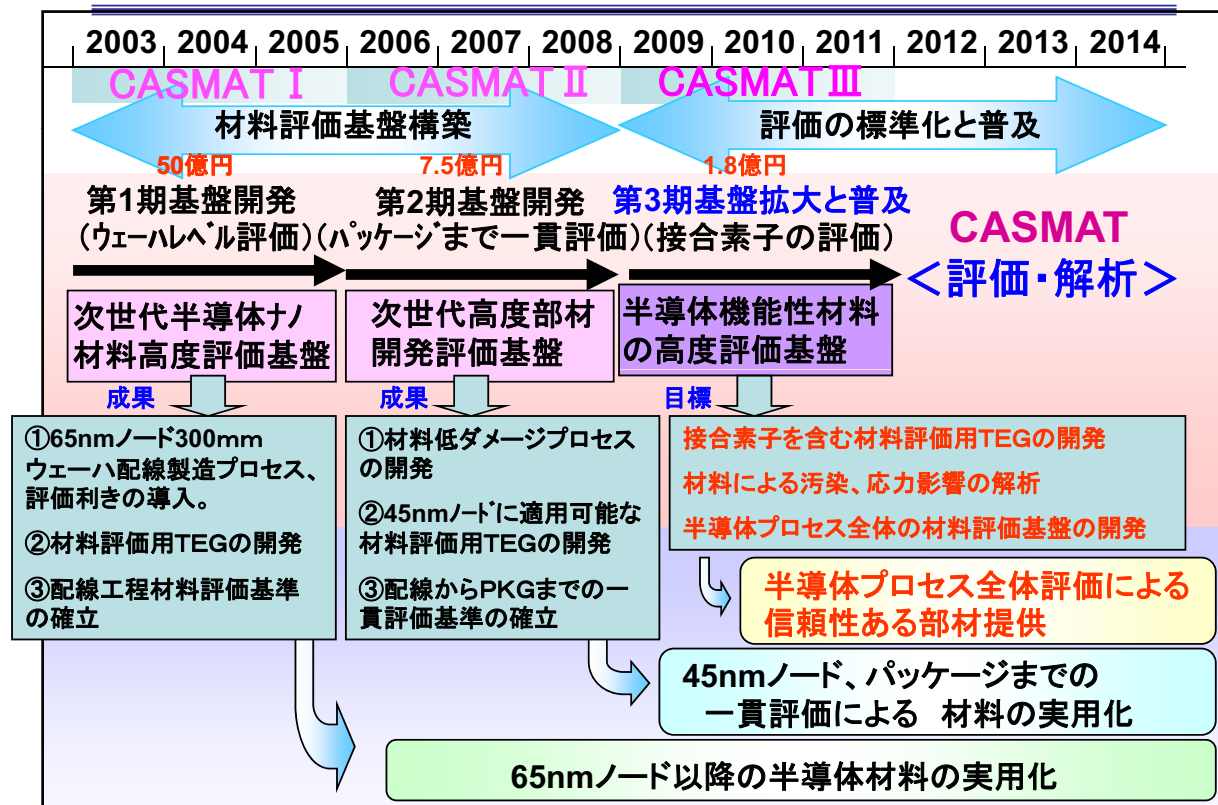
実施項目	目 標
<ul style="list-style-type: none"> 45nmノードにも対応できる半導体材料評価用多層配線TEGのマスク設計とTEG作製プロセスの開発 	<ul style="list-style-type: none"> 2層配線プロセスを基本として最小L/S寸法80nmとし、パッケージ用チップも同時に作製できる L/S寸法80nmで初期配線歩留り80%以上のプロセス構築ができる
<ul style="list-style-type: none"> 45nmノードに対応するCMP技術の平坦性評価を効率的に行うTEGマスクの設計とその検証 CMPにおける欠陥評価を電氣的に行うためのTEGマスクの設計とその検証 	<ul style="list-style-type: none"> 最小L/S寸法80nmとし、市販TEGに対して高精度な平坦性評価ができる 断線とショートを電氣的に評価してCMP技術の性能評価ができる
<ul style="list-style-type: none"> CMPTEG利用の拡大 	<ul style="list-style-type: none"> CMP平坦化評価TEGをデファクト標準化する

II. 研究開発マネージメント—課題毎の目標設定(2)

課題—III パッケージ工程までの一貫した材料評価方法の確立

実施項目	目 標
<ul style="list-style-type: none"> パッケージ工程において、Low-k材料やバッファコート材料の影響を評価 	<ul style="list-style-type: none"> パッケージ工程における材料の影響を評価するとともに、プロセス課題を抽出して、その対策を行なう 影響評価を定量化する
<ul style="list-style-type: none"> Cu/Low-k配線試料を用いて、温度サイクル試験、PCT試験など信頼性までの一貫評価を行い、材料の課題を抽出する 	<ul style="list-style-type: none"> ワイヤボンダ型とフリップチップ型の2つのタイプパッケージで信頼性評価までを行い、材料の課題とパッケージの課題を分離して抽出できる評価方法を確立する

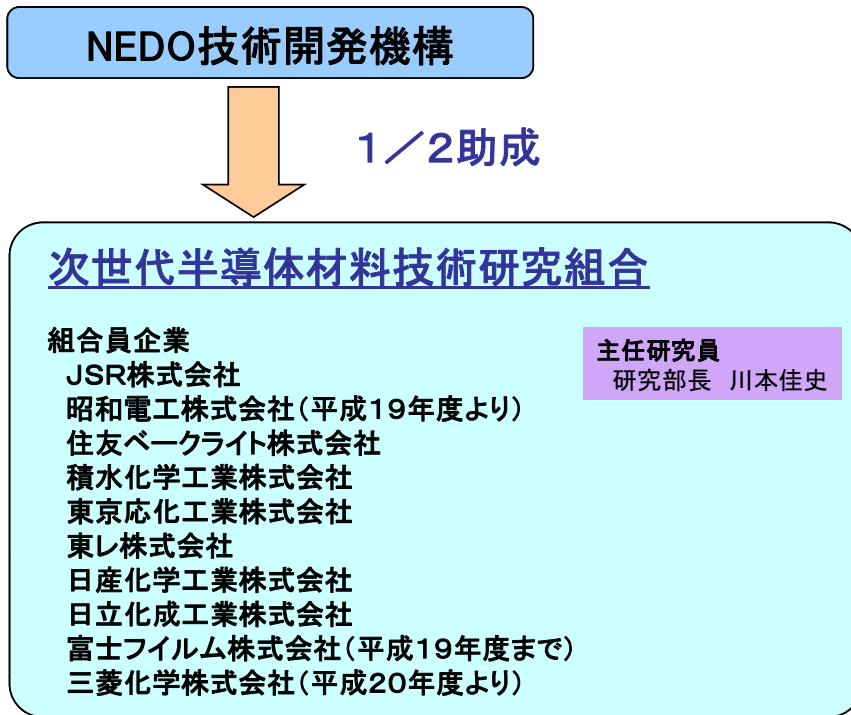
II. 研究開発マネージメントー材料評価基盤構築の経緯と現状



II. 研究開発マネージメントー研究開発の内容

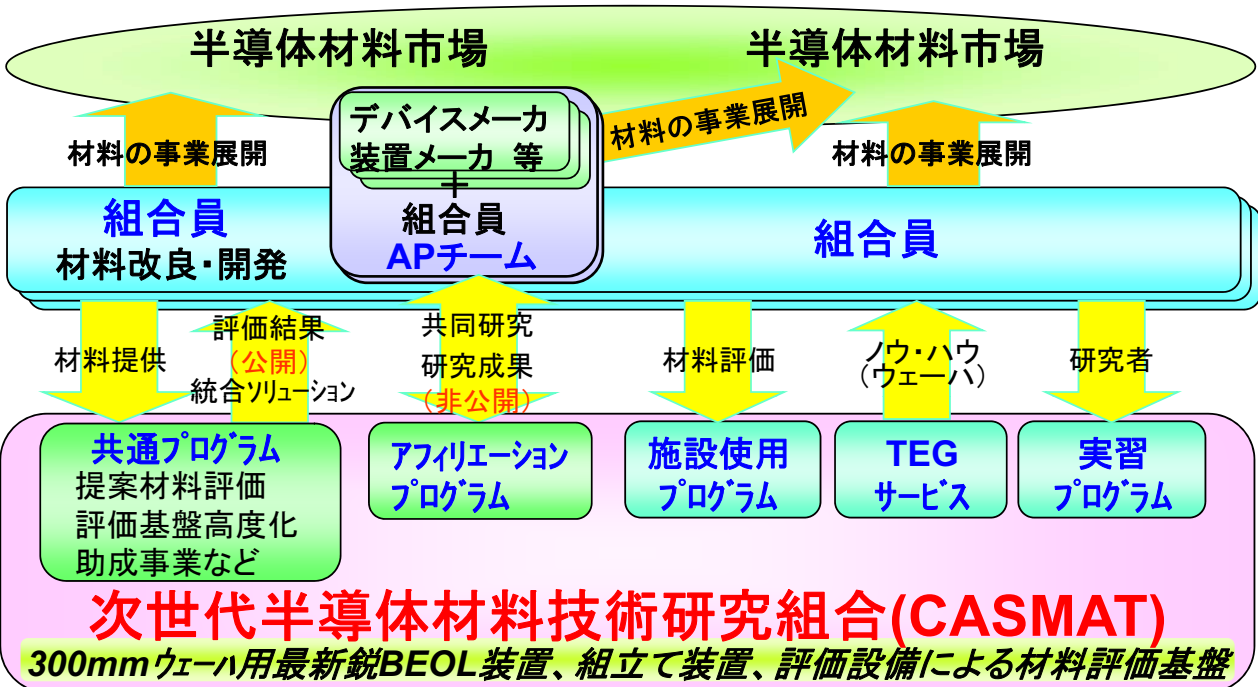
研究課題	年度	2006	2007	2008
助成事業	① Low-k材料のダメージ耐性評価方法の開発	装置導入と立上げ 材料評価の調査	45nm以降のバックエンドプロセスに用いる 材料の評価基盤を確立	
	② 多層配線、パッケージ用TEGマスクの開発	TEGマスク1次		TEGマスク2次
	③ パッケージまでの一貫した評価方法の開発	装置導入と立上げ 材料評価の調査	配線工程からパッケージ工程までの一貫した 評価基盤を確立	
自主事業	材料評価基盤の高度化	評価方法の改良1	評価方法の改良2	評価方法の改良3
		提案材料の評価とソリューション研究		
	TEGマスクの改良	TEGマスク改良1次		TEGマスク改良2次
	APプログラム研究	AP研究の実施		
	実用化研究支援	組合員の施設使用による個別研究		
	技術者養成支援	CASMATでの半導体プロセス、評価の実習		

II. 研究開発マネージメントー研究開発の実施体制



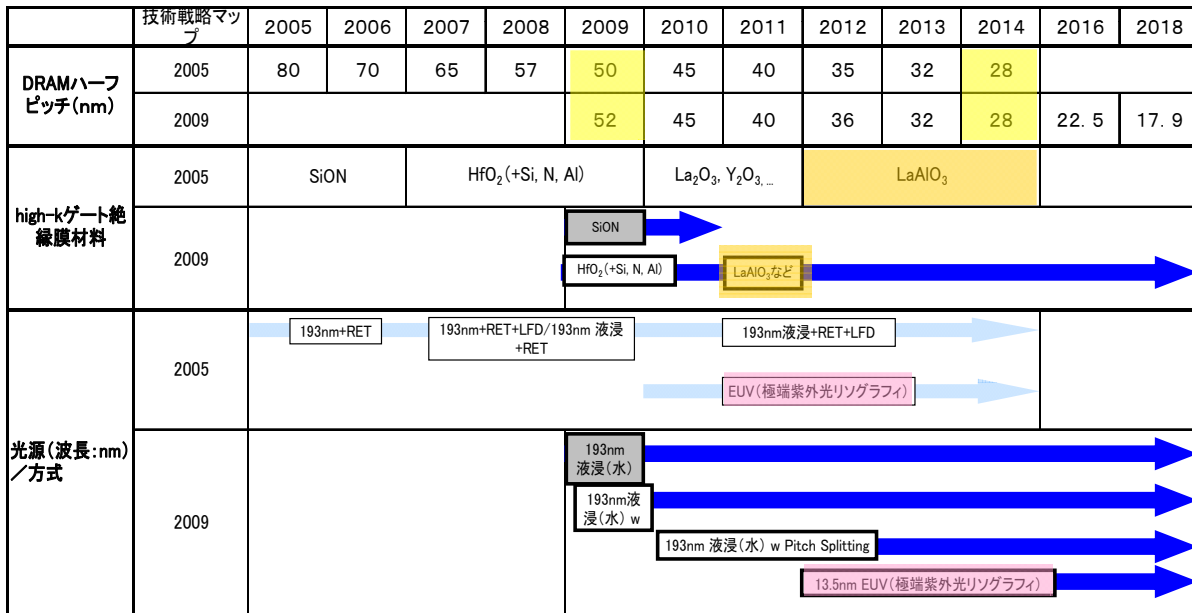
II. 研究開発マネージメントー研究の運営管理

CASMATの運営スキーム

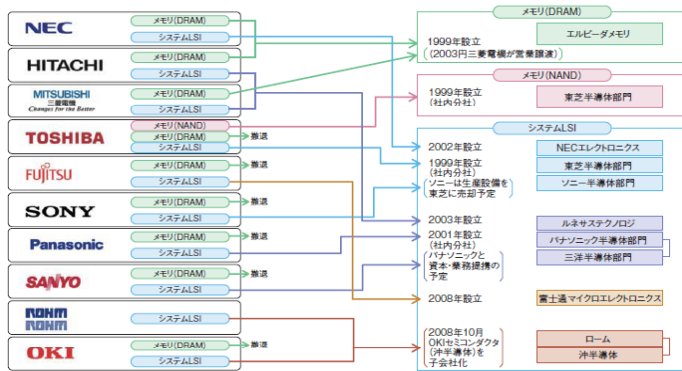


II. 研究開発マネージメント—情勢変化への対応(研究開発動向)

技術戦略マップ2005と2009の比較



II. 研究開発マネージメント—情勢変化への対応(研究開発動向)

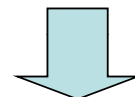


我が国の半導体産業の生産額
従業員数、輸出額、輸入額

	2003年	2007年
生産額(億円)	42,751	46,280
従業員数(千人)	160	528
輸出額(億円)	35,531	45,457
輸入額(億円)	20,119	27,330

ものづくり白書から抜粋
従業員は「工業統計表」から
資料「貿易統計」、「機械統計」

生産額に変化は無いが
統合によって、半導体メーカー
数減少、市場動向に変化



材料—製造プロセス—
製品の開発サイクル短
縮が市場での競合に勝
つKeyとなる。

ものづくり白書2003(経産省)			ものづくり白書2009(経産省)		
企業名	国	売上高(億円)	企業名	国	売上高(億円)
1 日立	日	81,918	1 Intel	米	37,275
2 東芝	日	56,558	2 Samsung	韓	22,568
3 NEC	日	46,950	3 東芝	日	13,035
4 富士通	日	46,176	4 Texas Instruments	米	12,978
5 サムスン	韓	40,512	5 infir neon Technologies	独	11,242
6 フリップス	蘭	36,593	6 STMicroelectronics	伊・仏	10,991
7 三菱	日	36,391	7 Hynix Semiconductor	韓	10,035
8 インテル	米	32,117	8 ルネサステクノロジ	日	8,824
9 モトローラ	米	32,015	9 AMD	米	6,489
10 TI	米	10,060	10 NXP	米	6,472
11 STマイクロ	伊・仏	7,524			
12 インフィニオン	独	5,988			

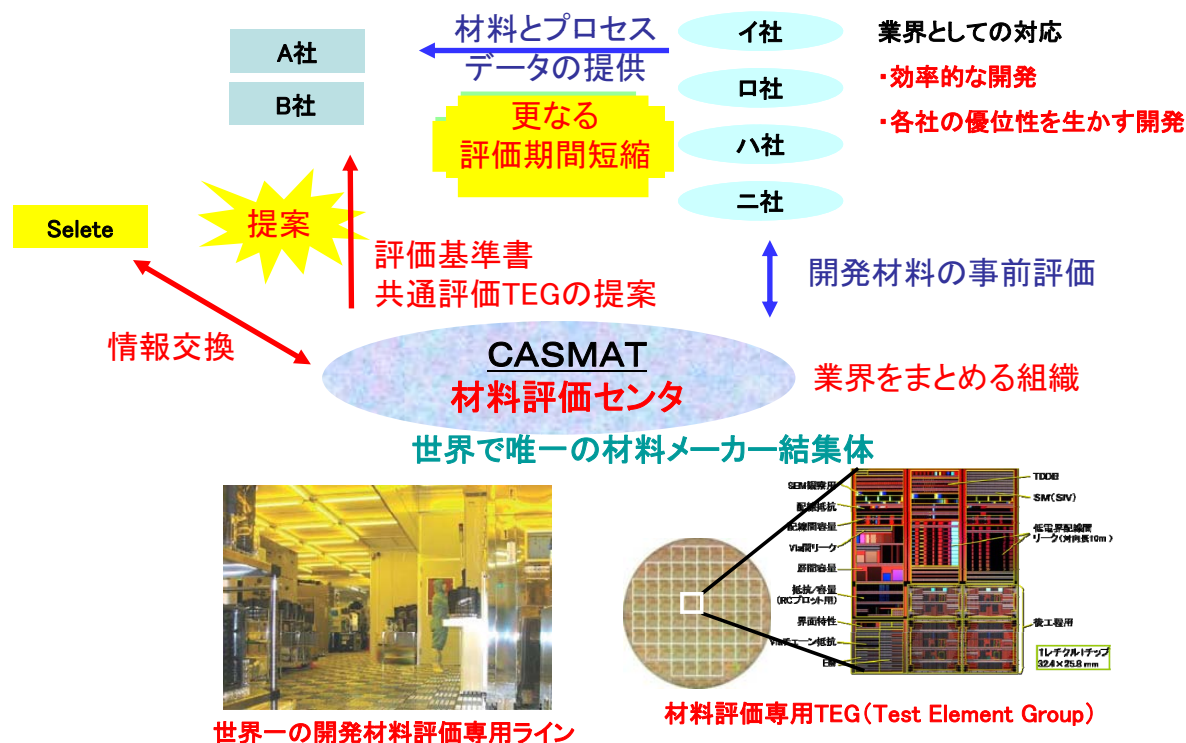
2003:企業全体の売上

2009:当該産業の売上

II. 研究開発マネジメント—情勢変化への対応(研究開発動向)

デバイス・装置メーカー(企業数減少)

半導体材料メーカー



内容

I. 事業の位置付け・必要性について (NEDO ナノ部 岡部)

II. 研究開発マネジメントについて (NEDO ナノ部 岡部)

III. 研究開発成果について (CASMAT 川本研究部長)

III. 1 事業全体の成果

1. 成果の概要
2. 目標と達成度
3. 材料評価基準書
4. 特許出願、外部発表など
5. 研究開発成果の意義

IV. 実用化、事業化の見通しについて (CASMAT 川本研究部長)

1. 成果の概要(1)

課 題	成 果 の 概 要
課題－I Low-k材料の ダメージ耐性 評価方法の開発	<ul style="list-style-type: none"> ・300nmウェーハ、45nmノード対応のLow-k材料のUVキュア技術を開発し、多層配線試作による材料評価を可能とした。 ・Low-k材料のダメージ評価に関して、膜厚測定の高精度化を図り、プラズマCVD堆積、加工用プラズマ照射、低圧CMPなどの耐性評価を可能とした。 ・ウェーハレベルでの信頼度評価を行い、Low-k材料が受ける影響の大きい環境試験項目とそのときの測定項目を把握した。 ・有機ポリマLow-k材料を用いた多層配線の得失を明らかにし、プロセス課題を解決してソリューション提案を行なった

1. 成果の概要(2)

課 題	成 果 の 概 要
課題－II 統合部材開発 支援ツール (TEG)の開発	<ul style="list-style-type: none"> ・最小L/S寸法80nmの2層配線TEGマスクを設計し、配線の初期電気的特性および信頼性の評価が可能であることを検証した。 ・2層配線TEGマスクでは、3種類の異なる面積をもつパッケージ用チップの取得を可能とした。 ・多層レジストプロセスの開発により、L/S寸法80nmの配線歩留り80%以上のベンチマークの基準プロセスを確立し、Low-k材料の評価を可能とした。 ・最小L/S寸法80nmでCMPの平坦化評価のため専用TEGマスクを設計し、それを用いたCMP性能評価により、スラリなどの材料評価を可能とした。 ・CMPダメージを電氣的に効率良く行なうため、欠陥評価専用TEGマスクを開発し、欠陥レベル0.1個/cm²での材料影響評価を可能とした。

1. 成果の概要(3)

課 題	成 果 の 概 要
課題－Ⅲ パッケージ工程 までの一貫した 材料評価方法の 確立	<ul style="list-style-type: none"> ・2層配線TEGを用いて、Low-kやバッファコート材料の影響を受け易いパッケージ工程を選択し、材料影響の評価を可能とした。 ・Low-k材料を含む単純積層構造のチップを用いたワイヤボンド型のQFPの信頼度試験によりLow-k材料のパッケージ耐性評価を可能とした。 ・2層配線TEGチップを用いて、ワイヤボンド型のMCPの信頼度までの一貫評価により、Low-kやバッファコート材料の評価を可能とした。 ・2層配線TEGチップを用いて、フリップチップ型のWLPの信頼度までの一貫評価により、Low-kやバッファコート材料の評価を可能とした。 ・2層配線TEGチップを用いて、フリップチップ型でFCLGAなどのパッケージでの信頼度までの一貫評価も実施して材料影響を評価した。

2. 目標と達成度(1)

課題－Ⅰ Low-k材料のダメージ耐性評価方法の開発

目 標	達成度	判断の理由・根拠
<ul style="list-style-type: none"> ・ Low-k材料単層膜の物性値に対するUVキュアの影響評価ができる ・ Low-k材料を用いた多層配線を作製し、その電気特性評価ができる 	◎	<ul style="list-style-type: none"> ・K=2.2以下の材料を含む種々のLow-k材料のUVキュアなどの基準プロセスを確立し、物性値評価、多層配線の電気特性評価などを実施した
<ul style="list-style-type: none"> ・ ダメージ評価方法を高精度化する。 ・ 低圧CMPプロセスを用いたダメージ耐性評価ができる ・ 配線プロセスは、プラズマCVD、エッチング、アッシング、Low-k材料の直接CMPについて行なう 	◎	<ul style="list-style-type: none"> ・積層膜での高精度な比誘電率評価のため、膜厚測定にXRR法を適用した ・低圧研磨の性能の得失を明らかにするとともに、1psi以下の低圧でLow-k材料のダメージ耐性を検証した ・種々のLow-k材料へのプロセス影響を評価し、その要因を検討してプロセス条件を最適化した
<ul style="list-style-type: none"> ・ 有機ポリマLow-k材料の配線プロセス課題を対策し、ソリューションを提案する 	◎	<ul style="list-style-type: none"> ・密着性の課題を極薄Ti膜挿入で解決し、学会などで報告した

2. 目標と達成度(2)

課題－Ⅱ 統合部材開発支援ツール(TEG)の開発

目 標	達成度	判断の理由・根拠
<ul style="list-style-type: none"> 2層配線プロセスを基本として最小L/S寸法80nmとし、パッケージ用チップも同時に作製できる。 L/S寸法80nmで初期配線歩留り80%以上のプロセス構築ができる。 	◎	<ul style="list-style-type: none"> 3種類のパッケージチップを含み、最小L/S80nmの多層配線TEGを設計し、その機能を検証した 多層レジストプロセスを開発し、L/S寸法80nmで80%以上の歩留りを達成した
<ul style="list-style-type: none"> 最小L/S寸法80nmとし、市販TEGに対して高精度な平坦性評価ができる 断線とショートを電氣的に評価してCMP技術の性能評価ができる 	◎	<ul style="list-style-type: none"> 最小L/S80nmのCMP平坦性評価TEGを設計し、その機能を検証した CMPの欠陥評価が可能な大面積L/Sパターンを設計し、欠陥レベル0.1個/cm²の評価レベルを検証した
<ul style="list-style-type: none"> CMP平坦化評価TEGをデファクト標準化する。 	○	<ul style="list-style-type: none"> 種々の学会や委員会での広報活動を行い、外部からのTEGサービスの引合いが徐々に増加傾向にある

2. 目標と達成度(3)

課題－Ⅲ パッケージ工程までの一貫した材料評価方法の確立

目 標	達成度	判断の理由・根拠
<ul style="list-style-type: none"> パッケージ工程における材料の影響を評価するとともに、プロセス課題を抽出して、その対策を行なう。 影響評価を定量化する。 	◎	<ul style="list-style-type: none"> パッケージ工程の中で、材料の影響が大きいダイシング、ダイボンド、ワイヤーボンドの各工程での評価を定量的に実施し、測定方法やプロセス条件を最適化した。
<ul style="list-style-type: none"> ワイヤボンド型とフリップチップ型の2つのタイプパッケージで信頼性評価まで行い、材料の課題とパッケージの課題をそれぞれ抽出できる評価方法を確立する。 	◎	<ul style="list-style-type: none"> 2層配線TEGチップを用いて、ワイヤーボンド型のMCPの信頼度までの一貫評価により、Low-kやバッファーコート材料の信頼性への課題を抽出した。 2層配線TEGチップを用いて、フリップチップ型のWLPやその他のパッケージで信頼度までの一貫評価により、Low-kやバッファーコート材料の信頼性への課題を抽出した。

3. 材料評価基準書

分野	評価レベル						トータル 156
	レベル1 (単層膜)	レベル2 (複数工程)	レベル3 (1層配線)	レベル4 (多層配線)	レベル5 (信頼度)		
Low-k材料	5	15	3	1	15	39	
CMP関連材料	4	11	9	—	—	24	
バッファコート膜	2	4	9	—	3	18	
BGテープ、DCテープ	3	—	—	2	—	5	
PKG一貫評価	1	—	—	—	35	36	
プロセスフロー	—	9	13	8	4	34	

※ 材料評価基準書としては、上記の分野の他に
マスク説明書(14件)および電気測定法(16件)を作成

4. 特許出願、外部発表など(件数)

項目 年度 課題	特許出願					論文						外部発表 展示会 など 共通
	国内			外国	PCT 出願	査読付			その他			
	I	II	III			I	II	III	I	II	III	
平成18年度	4	4	3	0	0	4	0	0	4	1	0	2
平成19年度	7	2	1	0	0	7	0	0	1	0	1	1
平成20年度	2	2	1	0	0	2	1	1	1	3	0	2
合計	13	8	5	0	0	13	1	1	6	4	1	5
	26件					15件			11件			

4. 特許出願、外部発表など(成果の普及)

1. 組合員への成果の普及

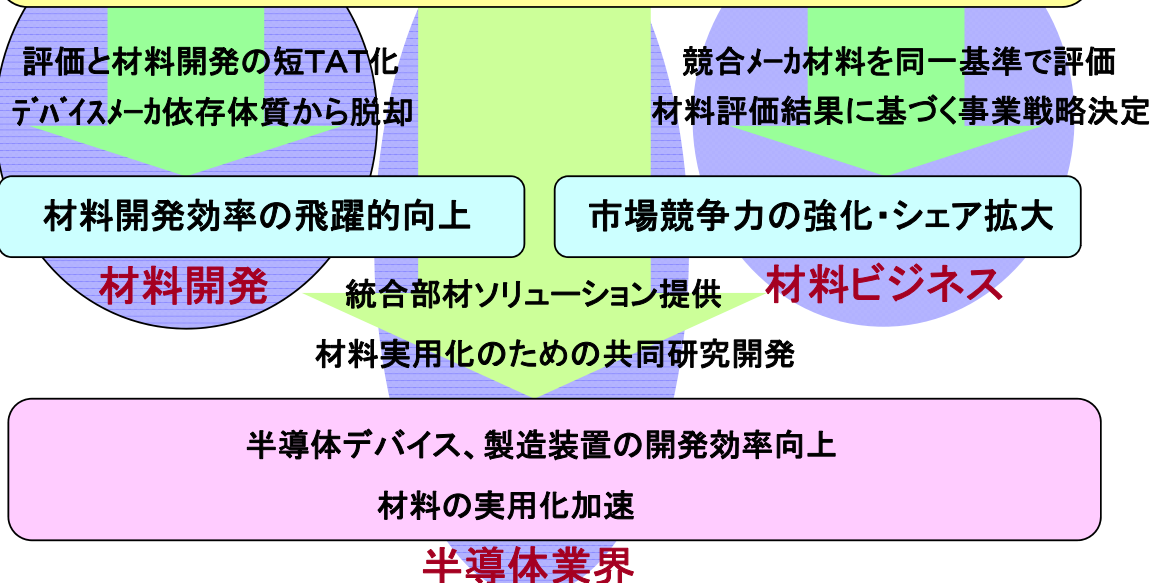
- 1.1 研究成果報告会(6回/3年、研究発表総件数:47件)
- 1.2 TEG説明会(1回:H20.6.25)
- 1.3 技術ドキュメントの発行(技術情報B:176件)
- 1.4 評価基準書のWEB公開(総件数:186件)

2. 外部への成果の普及

- 2.1 CASMAT研究報告会(2回:H18.11.1、H20.7.10)
- 2.2 ナノテク展での展示(3回:H19.2.21、H20.2.13、H21.2.18)
- 2.3 CASMATホームページでTEGマスク、技術レポートなどを公開
<http://www.casmat.or.jp/index.html>
- 2.4 JEITA(社)電子情報技術産業協会 半導体部会半導体技術委員会にて
デバイスメーカーにTEGマスクのデファクト化の協力要請(H21.2.10)

5. 研究開発成果の意義

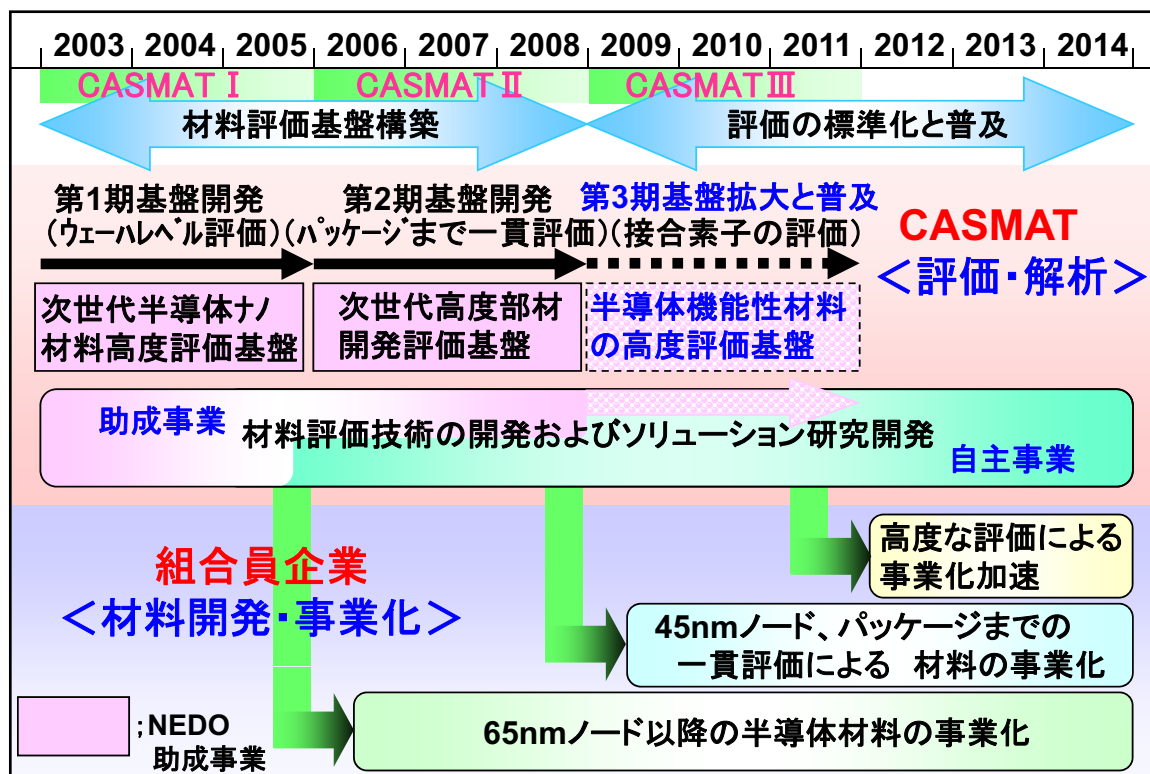
- ・ 300mm、45nmノード対応の先端プロセスで材料評価
- ・ 独自にTEGマスク設計、その電気特性の測定・解析環境
- ・ BEOLからパッケージでの信頼性まで一貫評価



内 容

- I. 事業の位置付け・必要性について (NEDO ナノ部 岡部)
- II. 研究開発マネジメントについて (NEDO ナノ部 岡部)
- III. 研究開発成果について (CASMAT 川本研究部長)
- IV. 実用化、事業化の見通しについて (CASMAT 川本研究部長)
 - 1. 実用化へのマイルストーン
 - 2. 組合員の事業化製品
 - 3. 実用化シナリオ
 - 4. 波及効果
 - 5. CASMATの事業化

1. 実用化へのマイルストーン



2. 組合員の事業化製品

1) 低誘電率層間絶縁膜(Low-k)および関連材料

例: Low-k材料、ポリマ除去洗浄液

2) Cu配線用CMP関連材料

例: CMPスラリー、CMPパッド、CMP後洗浄液

3) バッファークコートおよび再配線用絶縁膜材料

例: バッファークコート材料、現像液

4) アセンブリ用ウェーハ加工および関連材料

例: バックグラインドテープ、ダイアタッチフィルム、ダイシングテープ

5) 半導体プロセス関連材料

例: 反射防止膜(BARC)、ギャップフィル膜

3. 実用化シナリオ(組合員の材料開発、事業化の支援)

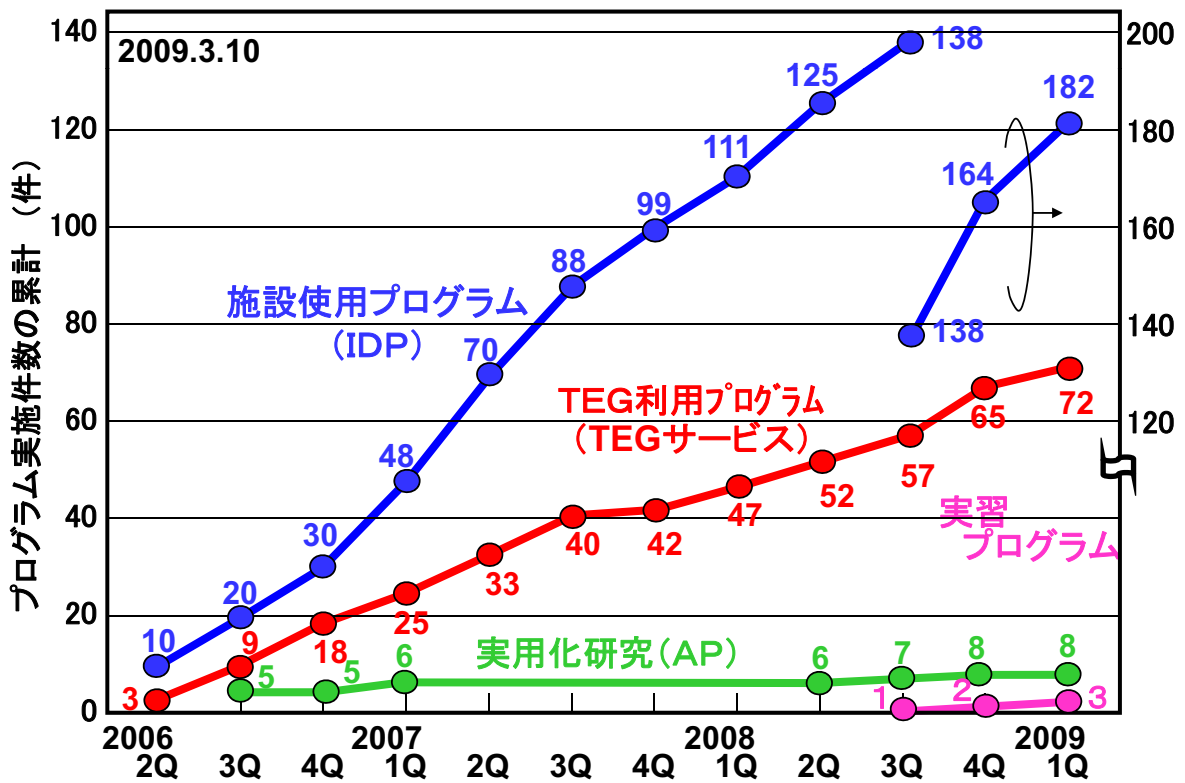
1) 共通領域(全組合員共通の開発支援)

- ・ 組合員材料評価とその結果を組合員に公表
- ・ 評価・解析技術の充実

2) 個別領域(組合員個別の材料開発、事業化の支援)

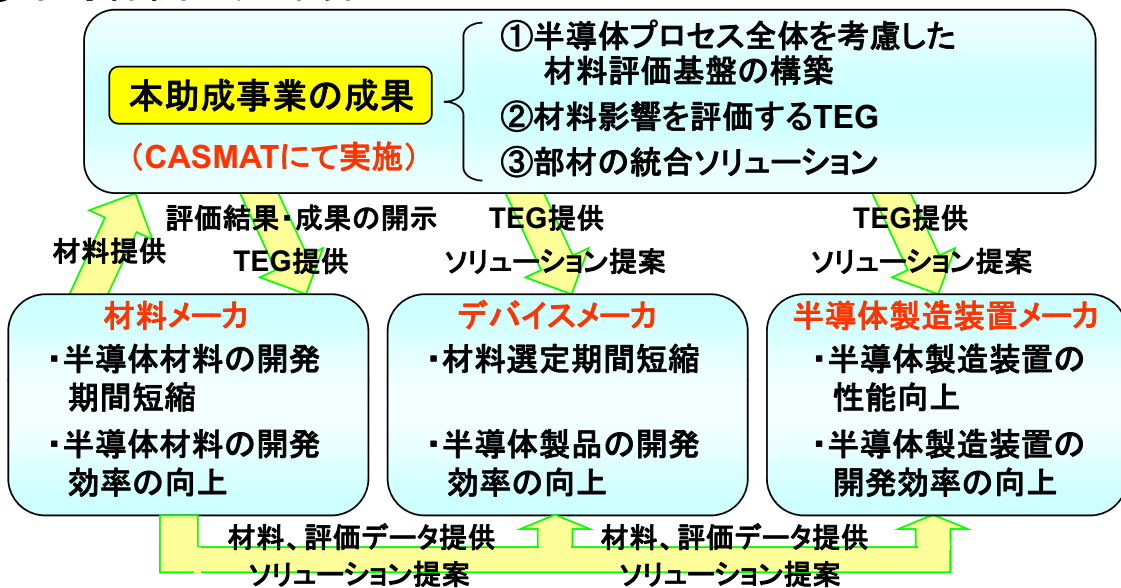
- ・ 施設使用プログラム(評価基盤を構成する施設の利用)
- ・ TEG利用プログラム(TEGサービス)
- ・ アフィリエイトプログラム(CASMATとの共同研究)
- ・ 実習プログラム(研究者の育成トレーニング)

3. 実用化シナリオ(個別領域)



4. 波及効果(産業界)

①半導体関連産業界



②その他の関連産業界

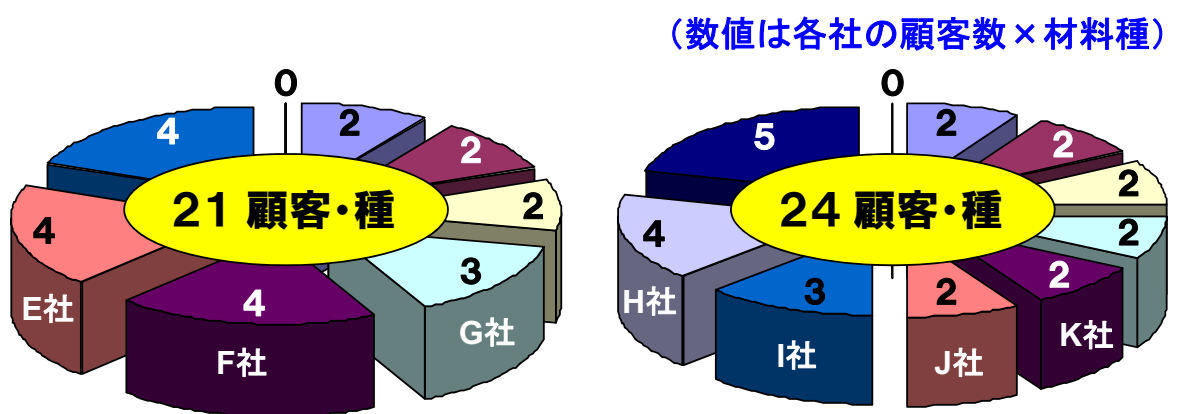
- ・材料評価技術の応用 → ディスプレイ(LCD、PD、PEL)、MEMS等の業界
- ・製品性能向上、市場拡大、雇用促進 → 家電、通信、自動車等の業界

4. 波及効果(組合員の材料開発効率)

項目	組合員	a社	b社	c社	d社	e社	f社	g社	h社	i社	j社	合計
材料評価が高度化		○	○	○		○	○	○	○	○	○	9社
開発方針の明確化				○	○	○	○	○		○	○	7社
開発のスピードアップ		○				○	○	○	○		○	6社
新製品を開発			○		○			○		○		4社
開発戦略の再構築				○	○					○	○	4社
ソリューションを顧客に提供			○	○					○		○	4社
自社導入の装置選定					○				○	○		3社
顧客クレームの解決								○			○	2社
人材育成						○	○		○		○	4社

JSR(株) 昭和電工(株) 住友ベークライト(株) 積水化学工業(株)
 東京応化工業(株) 東レ(株) 日産化学工業(株) 日立化成工業(株)
 富士フイルム(株) 三菱化学(株)

4. 波及効果(組合員のビジネス展開)



注)「複数社」と回答の場合「2」と表示

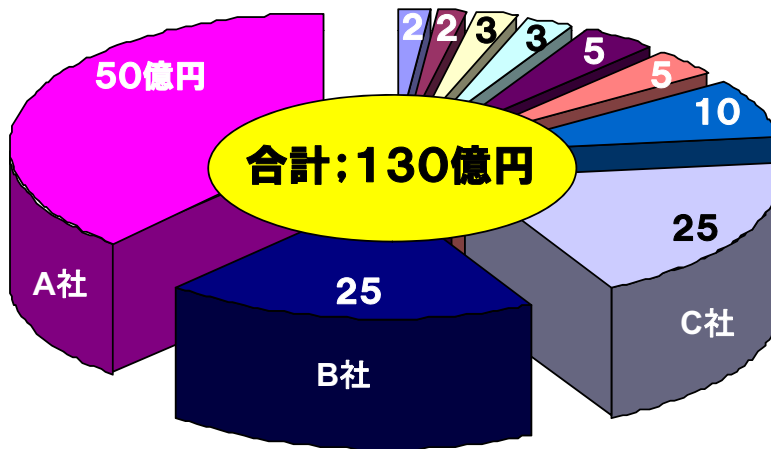
既存顧客への貢献

(データ共有等の連携強化、クレームの解決、
新製品評価実施、新製品採用など)

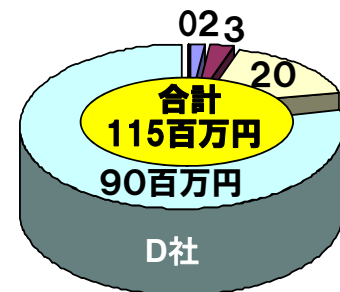
新規顧客の開拓

(サンプル評価実施、新製品採用見通し、
新製品採用など)

4. 波及効果(組合員の研究開発費用の削減)



設備投資削減額



材料等の経費削減額

JSR(株) 昭和電工(株) 住友ベークライト(株) 積水化学工業(株)
 東京応化工業(株) 東レ(株) 日産化学工業(株) 日立化成工業(株)
 富士フイルム(株) 三菱化学(株)

4. 波及効果(組合員の事業での特記事項)

A社) 新製品販売実績: 2006年度は5倍に向上(対2003年度比)
CASMAT寄与率20~30%

B社) ハッファークート販売実績: 2007年度は約3倍に向上(対2003年度比)
CASMAT寄与率約30%

C社) CASMATでの一貫評価データ提示により自社の認知度向上
関連製品群で新規に数億円の売上見通し

D社) 新製品開発、CASMATでの評価により、工場を新設し、生産能力3倍に

5. CASMATの事業化(製品、サービス)

1) 実用化プログラム(AP研究)

共通領域で蓄積したノウ・ハウをベースとする共同研究

2) 施設使用プログラム

評価基盤を構成する施設のノウ・ハウの提供

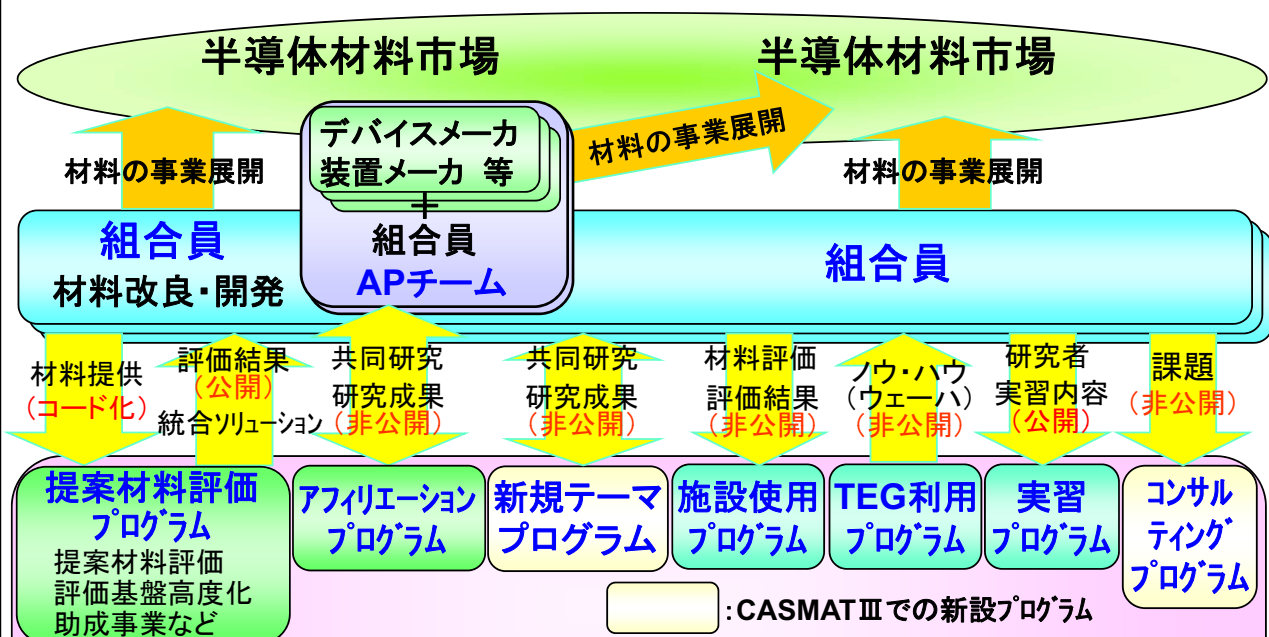
3) TEG利用プログラム(TEGサービス)

TEGウェーハの作製、評価のノウ・ハウの提供

4) 特許権の実施許諾

CASMATの所有する特許権の実施許諾

5. CASMATの事業化(運営スキーム)



次世代半導体材料技術研究組合(CASMAT)

300mmウェーハ用最新鋭BEOL装置、組立て装置、評価設備による材料評価基盤

5. CASMATの事業化(スケジュール:件数/収入)

(単位百万円)

製品 サービス	年度	平成21年度	平成22年度	平成23年度	平成24年度	平成25年度
	実用化 プログラム	単価	2	2	2	2
件数		2件	2件	2件	2件	2件
収入		4	4	4	4	4
施設使用 プログラム	単価	0.5	0.5	0.5	1	1
	件数	60件	60件	60件	40件	40件
	収入	30	30	30	40	40
TEG サービス	単価	0.1	0.1	0.1	0.15	0.15
	件数	500枚	800枚	1000枚	1200枚	1400枚
	収入	50	80	100	180	210
特許権の 実施許諾	単価	5	5	5	5	5
	件数	1件	2件	3件	4件	4件
	収入	5	10	15	20	20
収入総額		89	124	149	244	274

CASMAT評価の客観的位置付け

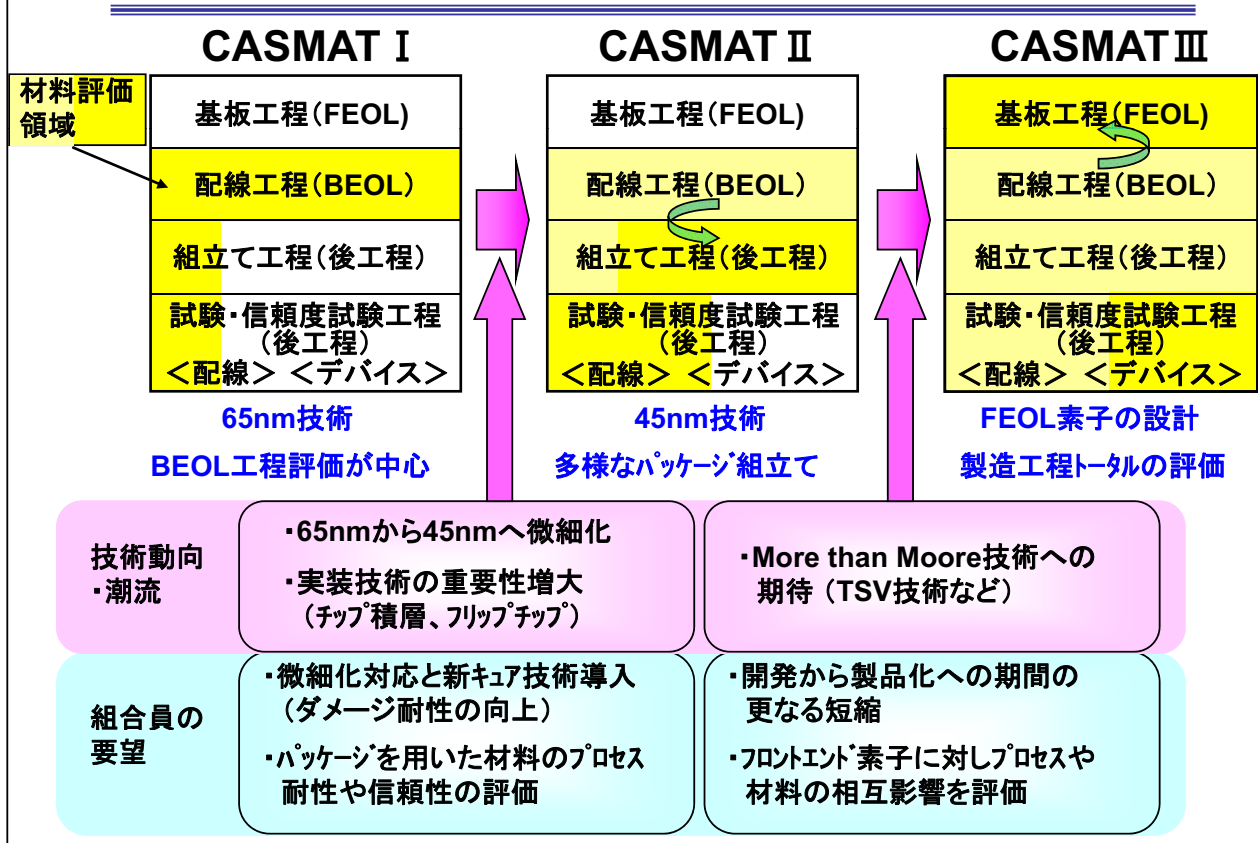
《Low-k材料評価》

- ・Low-k材料のUVキュア効果の評価では、Selete殿もCASMAT装置を用いて評価し、開示可能なデータについては、相互に内容を比較評価した。
- ・塗布型Low-k材料をデバイスメーカーで導入する際の評価項目として、塗布特性から膜物性、パッケージによる信頼性評価まで132項目を想定した。CASMAT I では95項目まで、CASMAT II では113項目まで、CASMAT IIIで132項目すべてが評価可能になる見通しである。

《CMP関連材料評価》

- ・CMPTEGマスクに関して、従来広く市販されているTEGマスクと比較し、L/S寸法がより微細であり、平坦性能評価がより詳細にできる事が判った。
- ・CMPTEG設計に当たっては、Selete殿の指導を頂き、またSelete殿で当該TEGを用いて、CMP平坦性評価を実施頂き、デバイスメーカーへのデータ提供に充分であることを判定いただいた。
- ・CMPTEGに関しては、デファクト化すべく、学会や半導体関連の委員会などで外部発表し、またTEGウェーハは外部へも提供している。

CASMATの進化 (材料評価領域の拡大)



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

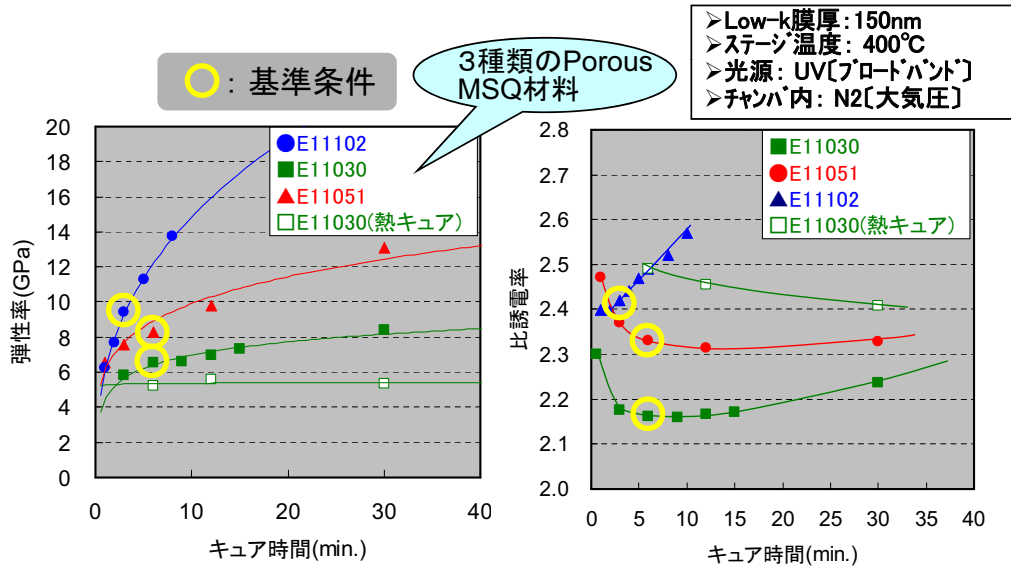
Ⅲ. 2. 2 統合部材開発支援ツール(TEG)の開発

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. 1 Low-k材料のダメージ耐性評価方法の開発

1. UVキュアの影響評価
2. 多層配線による評価
3. Low-k膜ダメージの評価方法
 3. 1 SiO-CVD
 3. 2 CMP
4. 有機Low-kを用いた多層配線プロセスの提案
5. まとめ

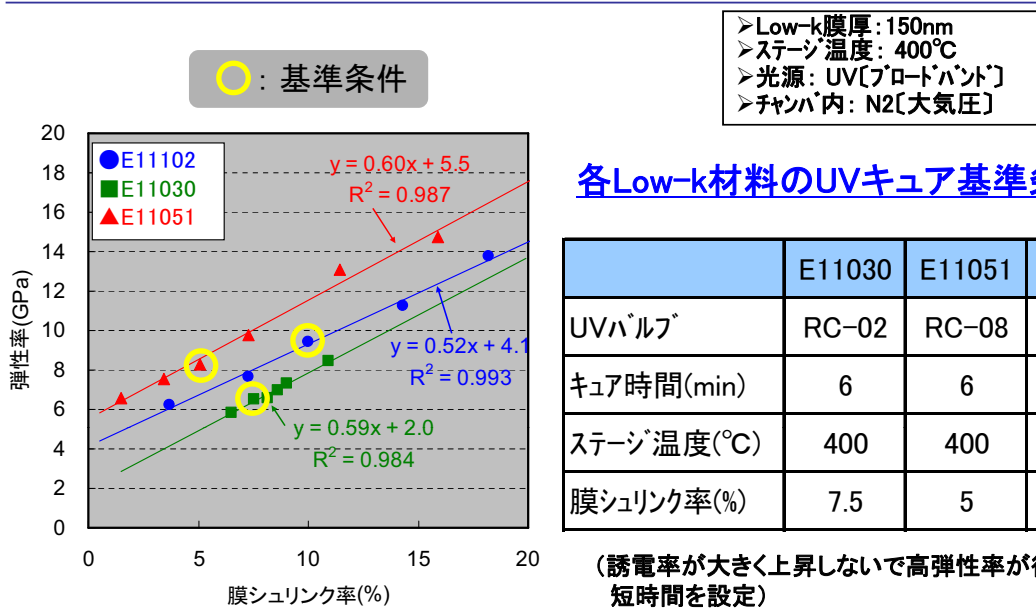
1. UVキュアの影響評価 (Low-k材料のキュア時間依存性)



- ・熱キュアに対し、UVキュアで高弾性率化と低比誘電率化が可能(E11030の比較)
- ・Low-k材料に依存して、UVキュア効果の時間依存性が異なる
- ・基準条件は、誘電率が大きく上昇しないで高弾性率が得られる短時間を設定

【関連特許: 特願2007-091733、特願2008-059536】

1. UVキュアの影響評価 (シュリンク率と弾性率の関係)



各Low-k材料のUVキュア基準条件

	E11030	E11051	E11102
UVバルブ	RC-02	RC-08	RC-08
キュア時間(min)	6	6	3
ステージ温度(°C)	400	400	400
膜シュリンク率(%)	7.5	5	10

(誘電率が大きく上昇しないで高弾性率が得られる短時間を設定)

弾性率は、膜シュリンク率とほぼ直線関係

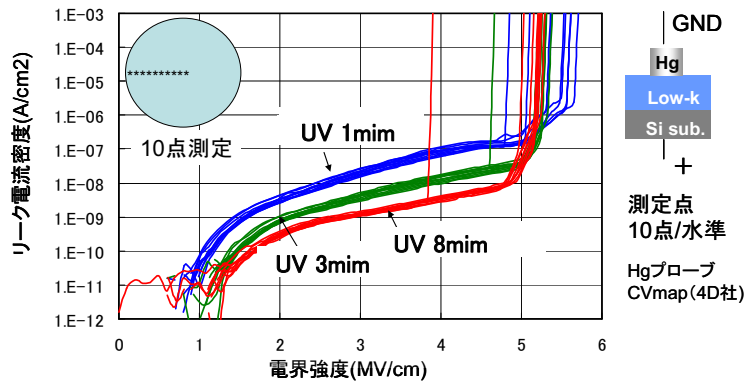
1. UVキュアの影響評価(キュア時間による膜物性の変化)

キュア時間(3水準)と膜物性

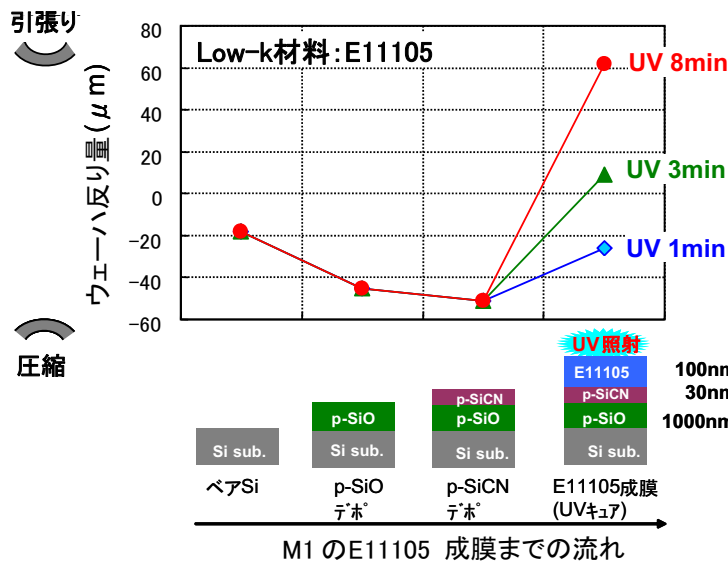
※E11105は、E11102の100nm 膜厚仕様

評価Low-k材料		unit	評価方法	E11105 (ホーラスMSQ)		
UVキュア時間(ステージ温度:400°C)				1min	3min	8min
膜シリンク率		%	エリブソメリー	4	10	20
電気特性	k値		水銀プローブ	2.40	2.42	2.57
	リーク電流(3MV/cm)	e-9A/cm2	水銀プローブ	21.0	4.1	1.2
機械特性	弾性率	GPa	ナインテンション	6.2	9.4	13.8

E11105 単層膜 IV特性

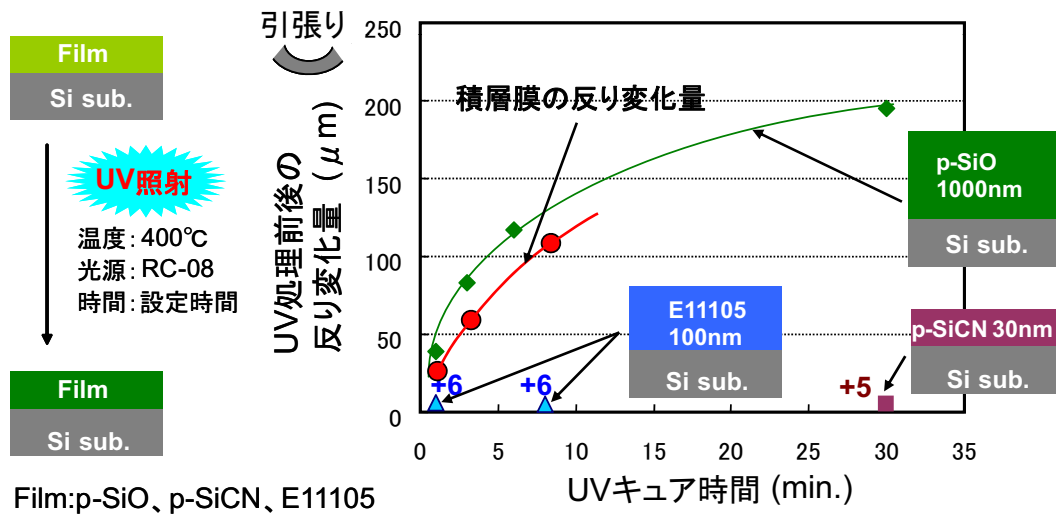


1. UVキュアの影響評価(試作の進行に伴うウェーハ反り)



積層膜でのウェーハそり量(300mmウェーハ)

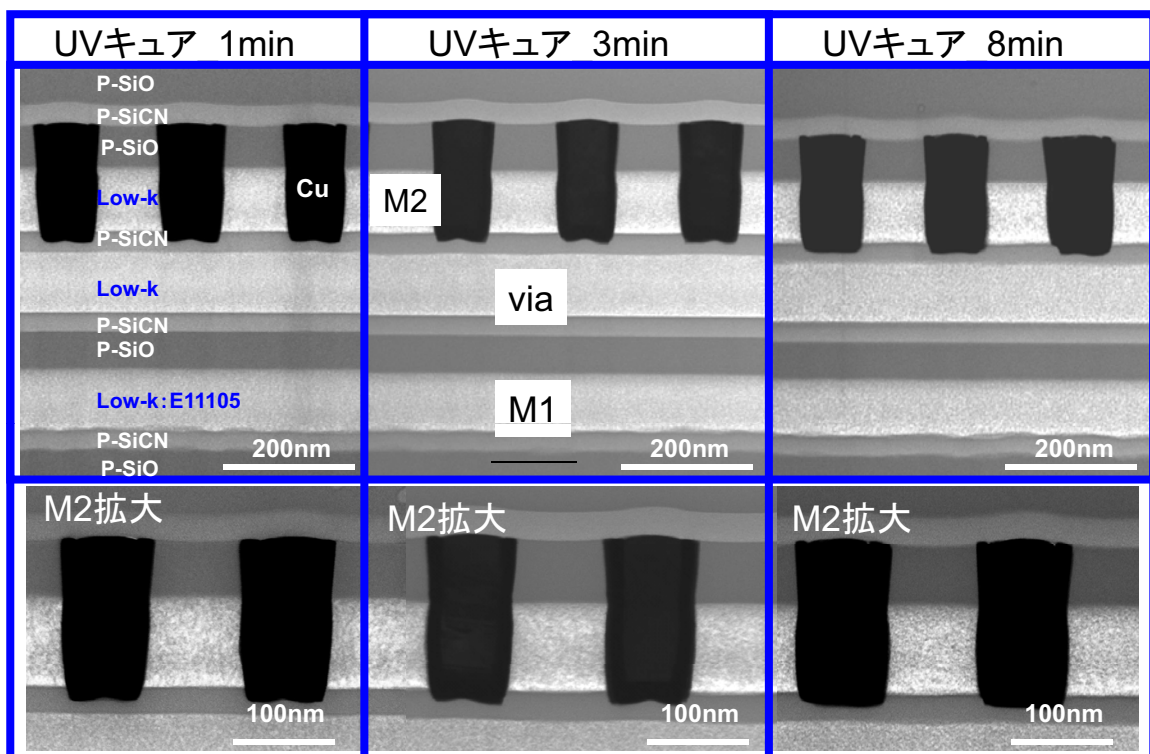
1. UVキュアの影響評価(各種絶縁膜のウェーハそり)



UVキュア時間とウェーハ反り量の関係

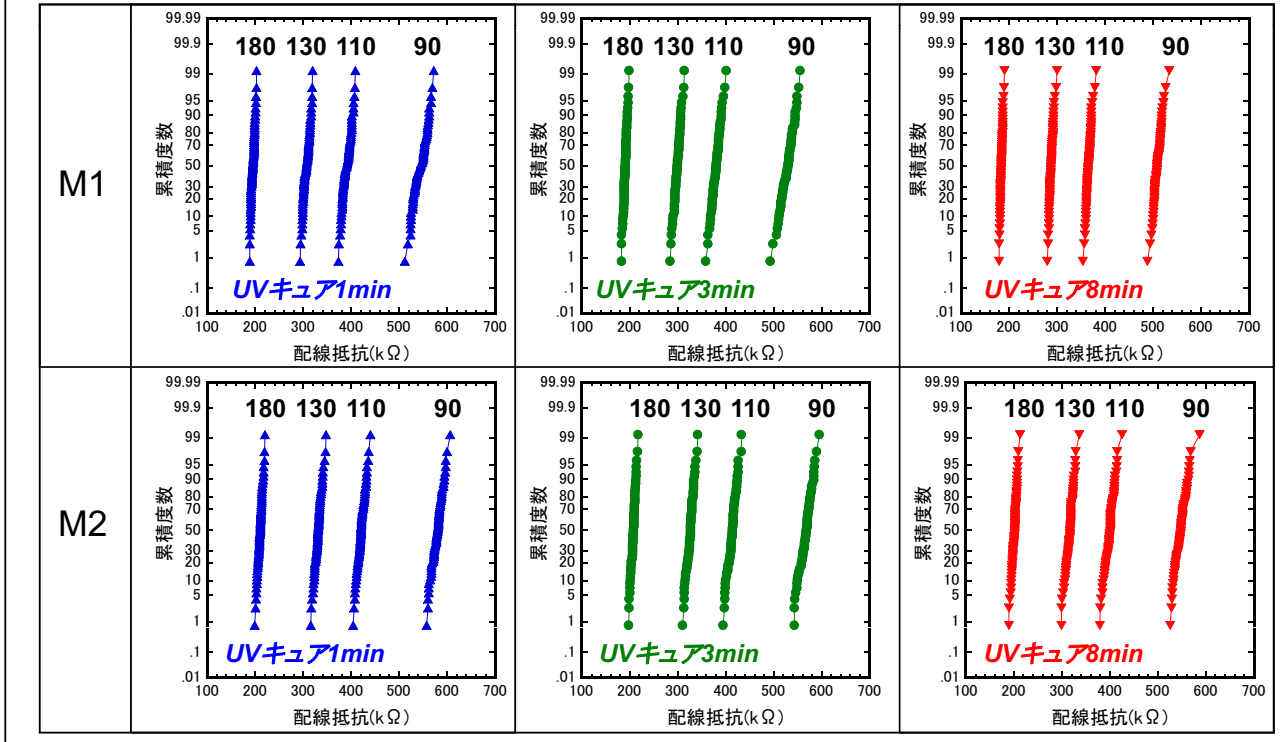
- ・積層膜のウェーハの反りは、p-SiOの反りに支配される
- ・UV光は相当部分(半分以上)Low-k膜を透過している

2. 多層配線による評価(断面観察)



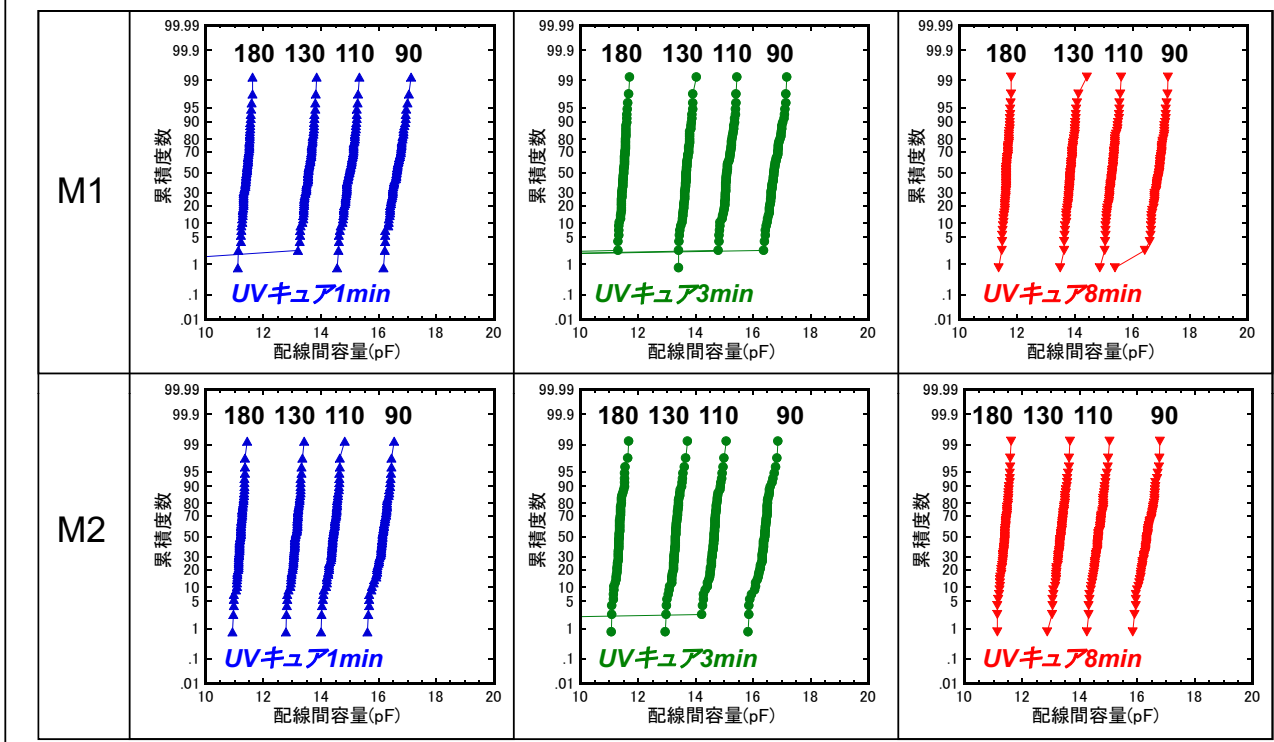
2. 多層配線による評価(配線抵抗測定)

測定条件: つづら折れ、L/S=90nm/90nm~180/180nm、配線長:200mm、測定電圧:100mV

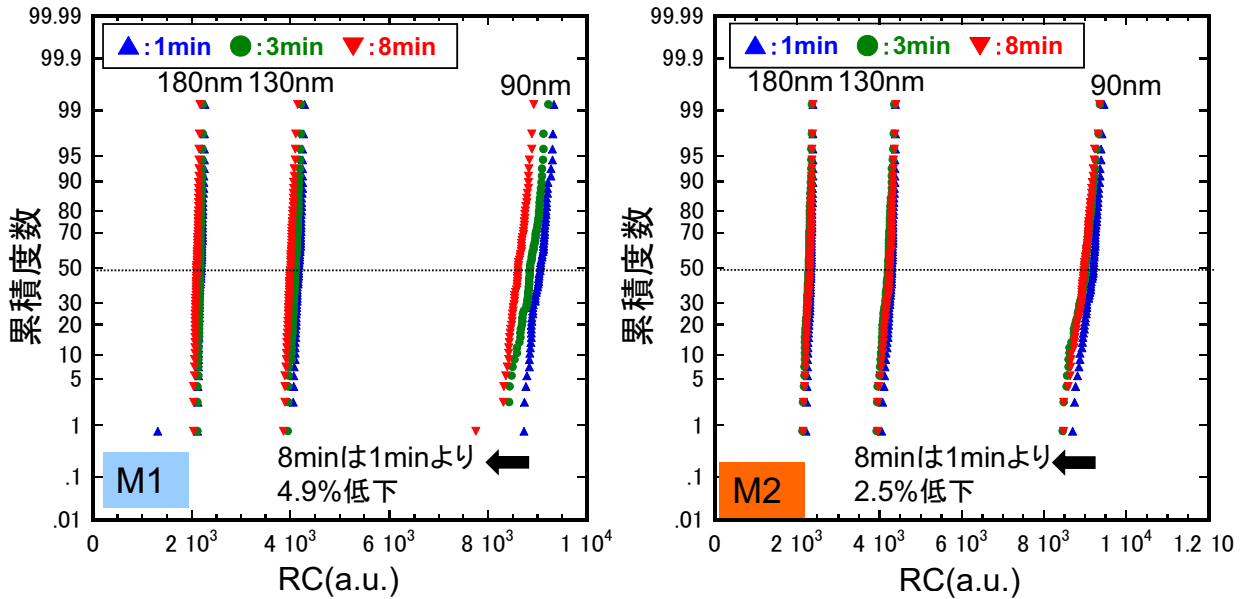


2. 多層配線による評価(配線間容量測定)

測定条件: <L型配線 L/S=90nm/90nm~180nm/180nm、対向長:200mm、測定周波数:100KHz

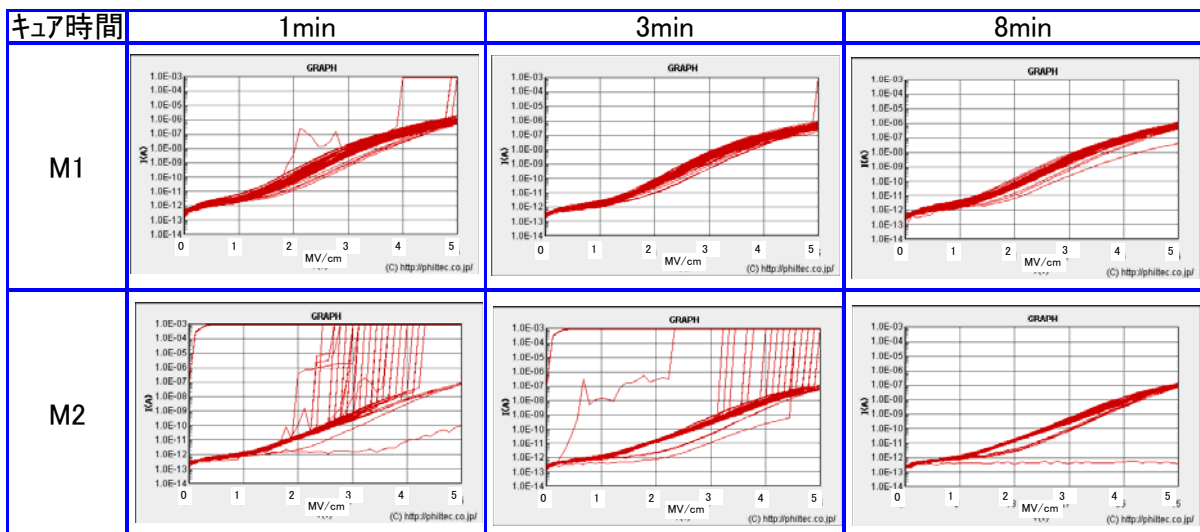


2. 多層配線による評価(抵抗・容量積)



2. 多層配線による評価(配線間リーク電流測定)

2層配線 I-V特性(90nm L/S、くし型配線:対向長100mm)



Low-k材料: E11105

※横軸: 電界強度 (MV/cm), 縦軸: リーク電流 (A)

3. Low-k膜ダメージ評価方法

◆プロセス影響評価

- ①成膜(積層化)
 - ・キュア影響(UVキュア)
 - ・CVD膜堆積(プラズマダメージ)
 - ・吸湿(CR放置)
- ②配線加工
 - ・エッチング/アッシング(プラズマダメージ)
- ③CMP
 - ・圧力変化、Low-k直接CMP
- ④ダメージ防止技術
 - ・ポアシール
- ⑤ウェーハレベル信頼性試験(配線特性の変化)
 - ・PCT、温度サイクル、高温放置

◆Low-k膜物性評価

- ①単層膜
 - ・k値/リーク電流/弾性率/シュリンク率(UVキュア)、膜組成、空孔(SAXS)
- ②積層膜
 - ・密着性、積層膜厚/密度(XRR)、膜応力

3.1 SiO-CVD(積層膜厚測定の高精度化)

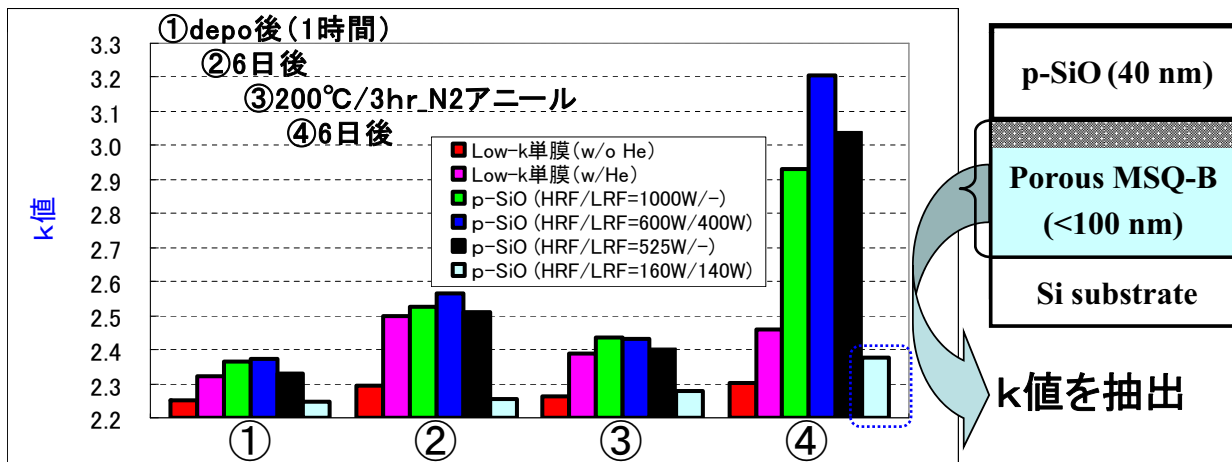
	XRR 測定	膜厚 (nm)	分光エリプソ測定
<div style="border: 1px solid red; padding: 2px; display: inline-block;">分離可能</div> 膜密度にて膜厚分離	p-SiO Cap 設計膜厚 40nm	40.9	<div style="border: 1px solid red; padding: 2px; display: inline-block;">分離困難</div> 屈折率にて膜厚分離
	Low-k変質層	1.61	
	Low-k層 設計膜厚 100nm	3.07	
	Si 基板	7.53	
		50.1	
		74.5	Low-k層 設計膜厚 100nm
		合計膜厚	Si 基板
		127.6	
		130.4	

➤XRR測定(X線反射率測定法)の場合、膜密度の違いからCap膜とLow-k変質層を分離でき、積層膜の各膜厚を正確に測定できるので、容量測定から比誘電率を正確に抽出できる。

【関連特許: 特願2008-044320、特願2008-068823】

【関連外部発表No.: 16、17】

3.1 SiO-CVD(比誘電率測定によるダメージ評価)



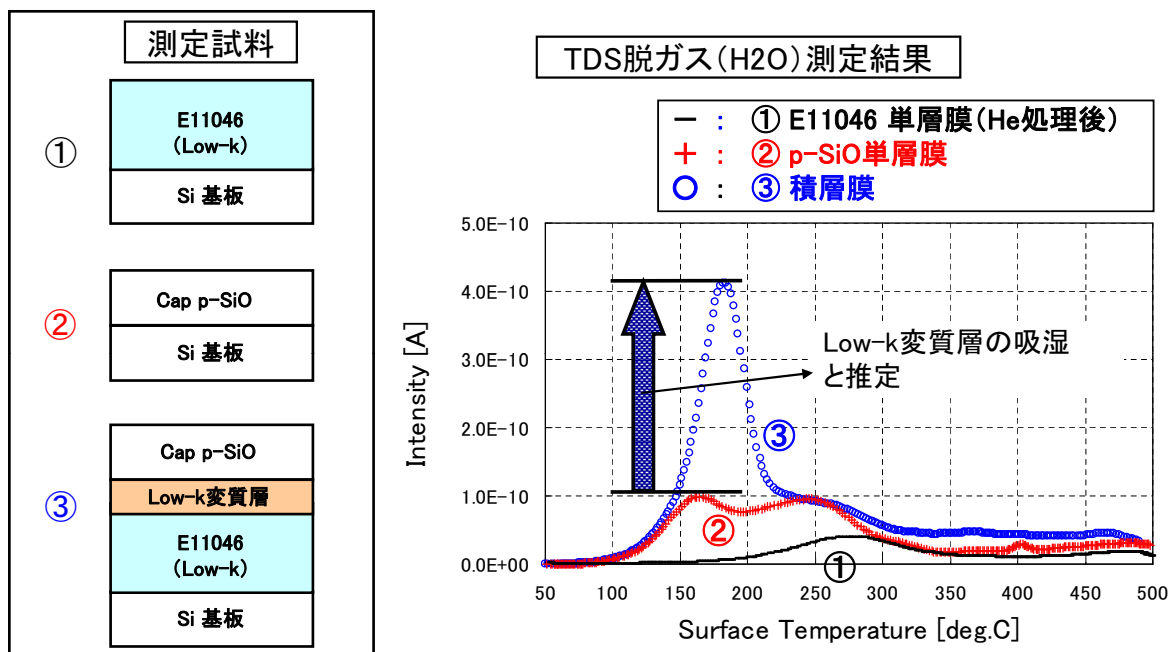
- ・SiO-CVDによるk値上昇量は10%以下
- ・大気中(CR内)放置によるk値上昇量が大きく、50%近くに達する
- ・k値上昇量が最も少ないSiO-CVDは、低パワーの2周波法である

【関連特許:特願2008-331592】

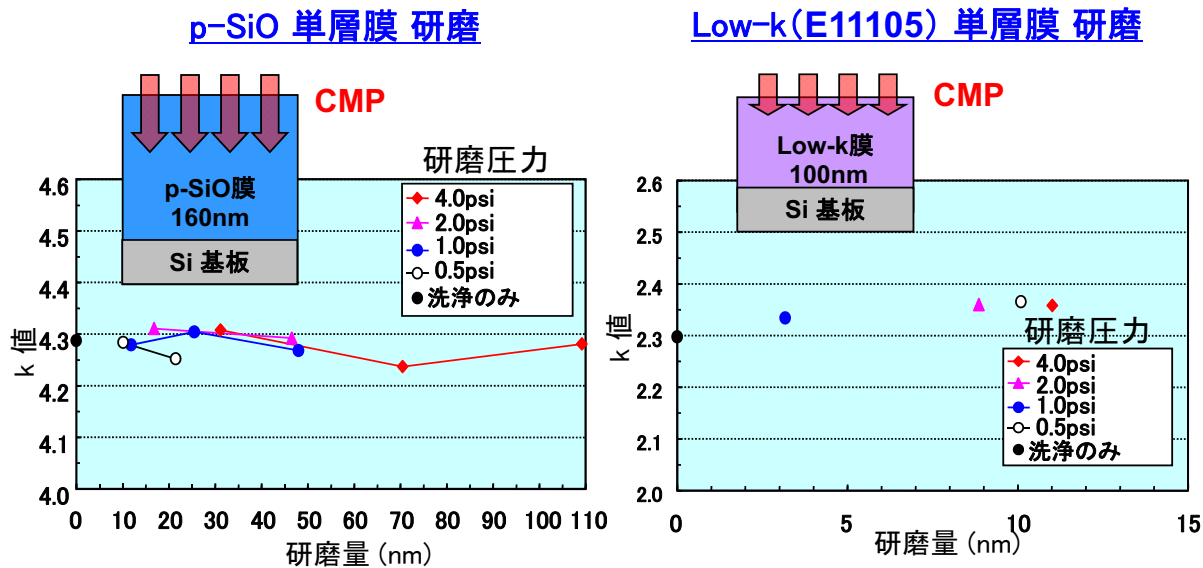
【関連外部発表No.:20】

3.1 SiO-CVD(k値上昇要因)

単層膜/積層膜の脱ガス(H2O)測定(CR 6日間放置後[24°C/45% RH])



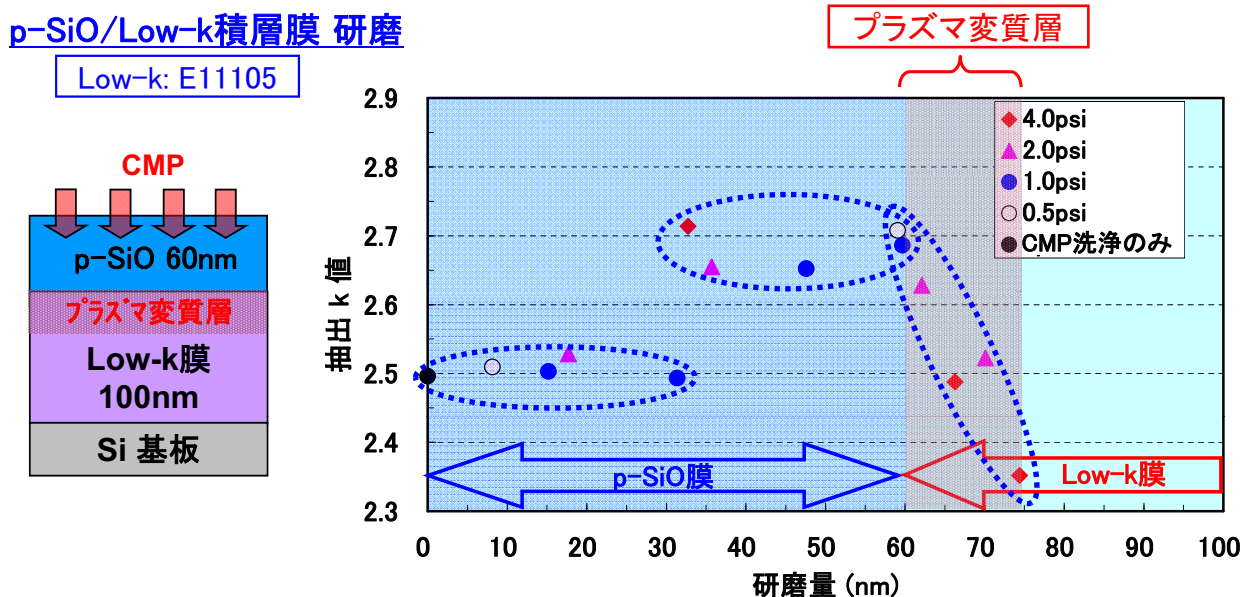
3.2 CMP(単層膜研磨によるダメージ)



・研磨圧力によるダメージ(k値上昇は)の違いはほとんど認められない

【関連特許: 特願2007-086268、特願2009-069313】

3.2 CMP(積層膜では研磨量に伴いk値が変化)



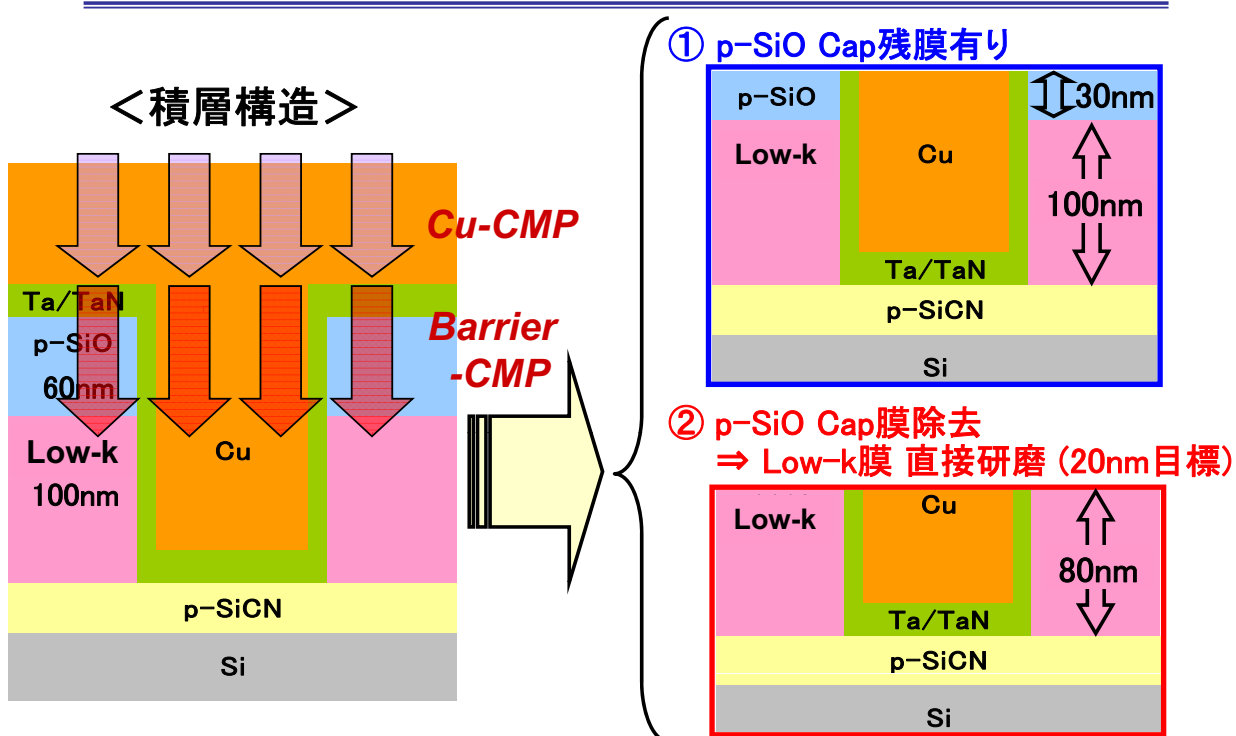
・研磨圧力によるk値変化よりもプラズマ変質層除去によるk値変化が顕著である
 ・k値上昇は、プラズマ変質層の吸湿によると考えられる

3.2 CMP (各種のLow-k材料を用いたダメージ評価)

評価Low-k材料の成膜条件と膜物性

Low-k	E11097	E11105	E11145	E11146	p-SiOC
UVキュア条件					
温度(°C)	400				-
時間(min)	6	3	4	4	-
膜物性@150nm					
Shrinkage (%)	5	10	9.2	12	-
誘電率	2.33	2.37	2.05	2.07	3.01
弾性率(GPa)	8.3	7.0	4.0	5.9	8.6
硬度(GPa)	0.91	0.81	0.43	0.60	0.96
材料選定の着目点	Porous MSQ k値: 2.3 - 2.4 弾性率: 7 - 9 GPa		Porous MSQ k値: 2.0 - 2.1 弾性率: 4 - 6 GPa		CVD系 リファレンス

3.2 CMP (ダメージ評価プロセス)



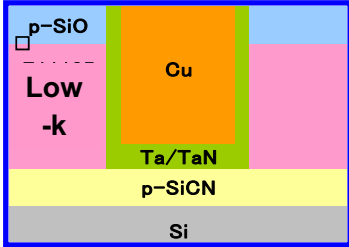
3.2 CMP (配線間リーク電流測定)

① p-SiO Cap残膜有り

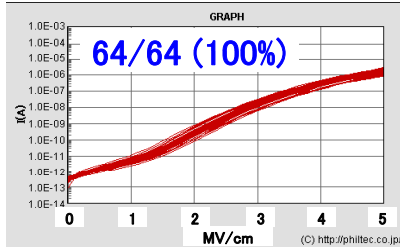
※ I-V特性と歩留り% @5MV/cm

L/S=90nm/90nm くし型配線 (対向長:100mm)

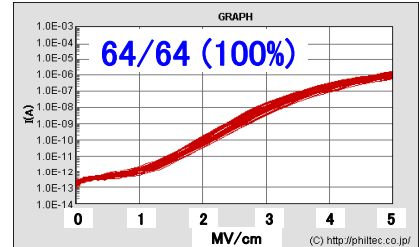
CMP 2psi



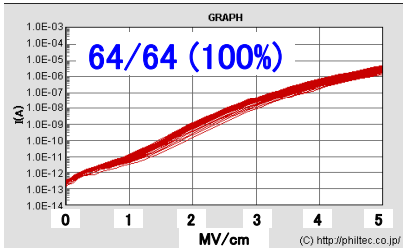
E11097



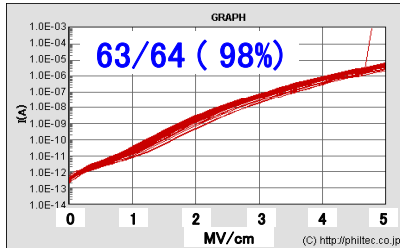
E11105



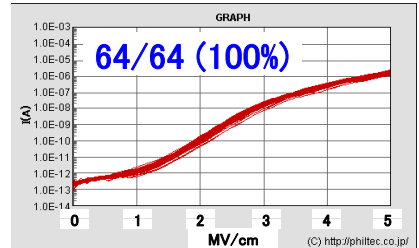
E11145



E11146



p-SiOC



・I-V特性に若干の差はあるが、歩留りではLow-k材料の差はない

3.2 CMP (配線間リーク電流測定)

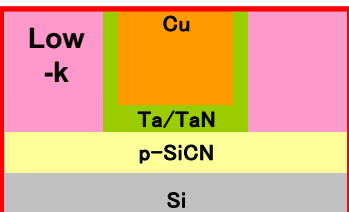
② p-SiO Cap膜除去

※ I-V特性と歩留り% @5MV/cm

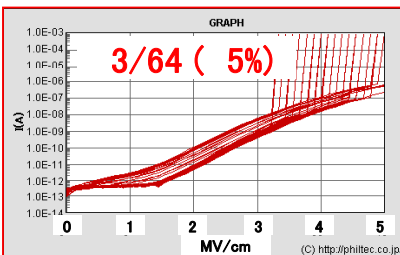
L/S=90nm/90nm くし型配線 (対向長:100mm)

⇒ Low-k膜 直接研磨

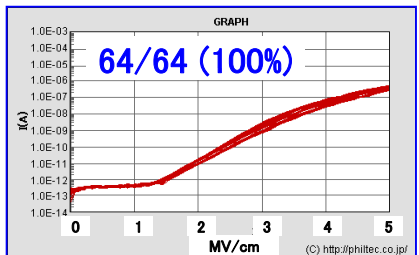
CMP 2psi



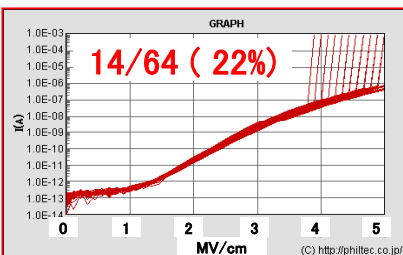
E11097



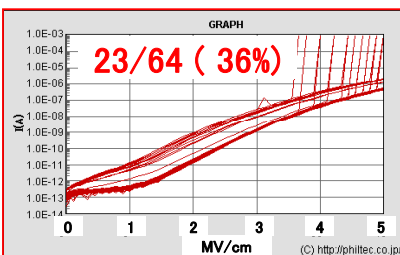
E11105



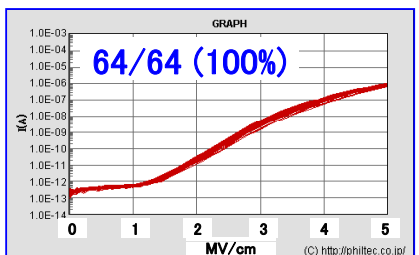
E11145



E11146



p-SiOC

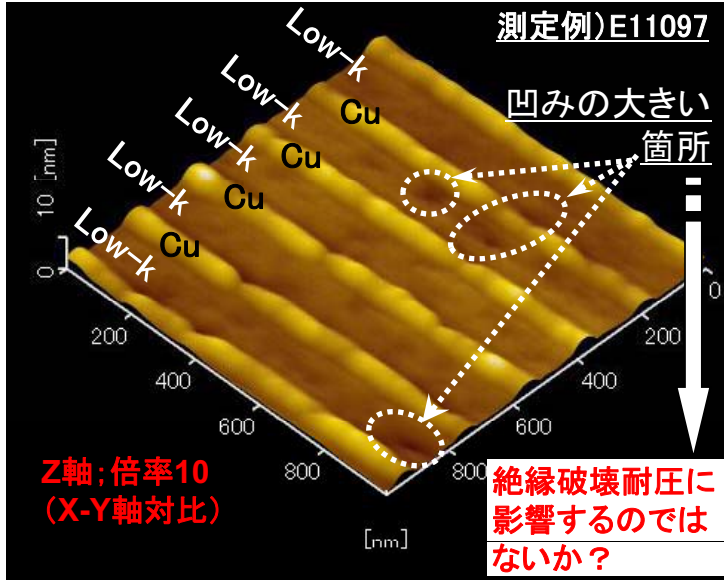


・p-SiOC、E11105以外のLow-k材料で歩留り低下が認められる

3.2 CMP (CMP後の表面粗さのAFM評価)

CMP後 表面粗さ解析

凹部; Low-k 凸部; Cu配線 研磨圧力; 2psi



Low-k部分のみを測定して、表面粗さを解析し、Ra, Rzそれぞれ5ライン分の平均値を計算。

Ra : 平均面粗さ
Rz : 10点平均面粗さ
P-V: 最大高低差

Low-k	Ra (nm)	Rz (nm)	P-V (nm)
E11097	0.08	0.45	1.31
E11105	0.06	0.31	0.66
E11145	0.08	0.37	0.85
E11146	0.08	0.42	0.96
p-SiOC	0.04	0.23	0.54

3.2 CMP (絶縁耐圧歩留りと表面粗さ)

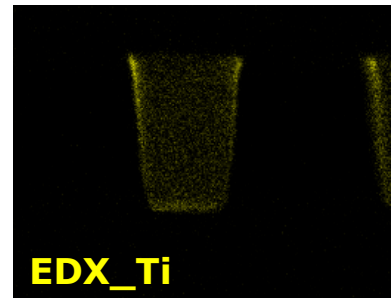
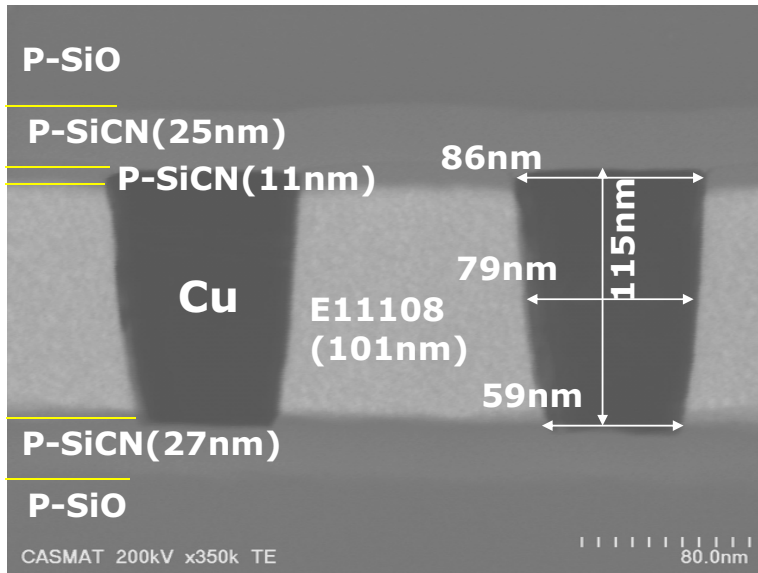
配線試作評価 結果まとめ

項目	Low-k	E11097	E11105	E11145	E11146	p-SiOC
	膜物性					
膜物性	比誘電率	2.33	2.37	2.05	2.07	3.01
	弾性率(GPa)	8.3	7.0	4.0	5.9	8.6
Low-k 直接研磨 *2psiデータ	表面粗さ (nm) Rz	0.45	0.31	0.37	0.42	0.23
	P-V	1.31	0.66	0.85	0.96	0.54
	絶縁耐圧歩留り(%)	5	100	22	36	100
CMP圧力の影響		1psi と 2psi とで明確な差は見られなかった。				

・CMP後のLow-k膜の表面粗さ(Rz, P-V)が大きいほど、歩留りが低い傾向にある

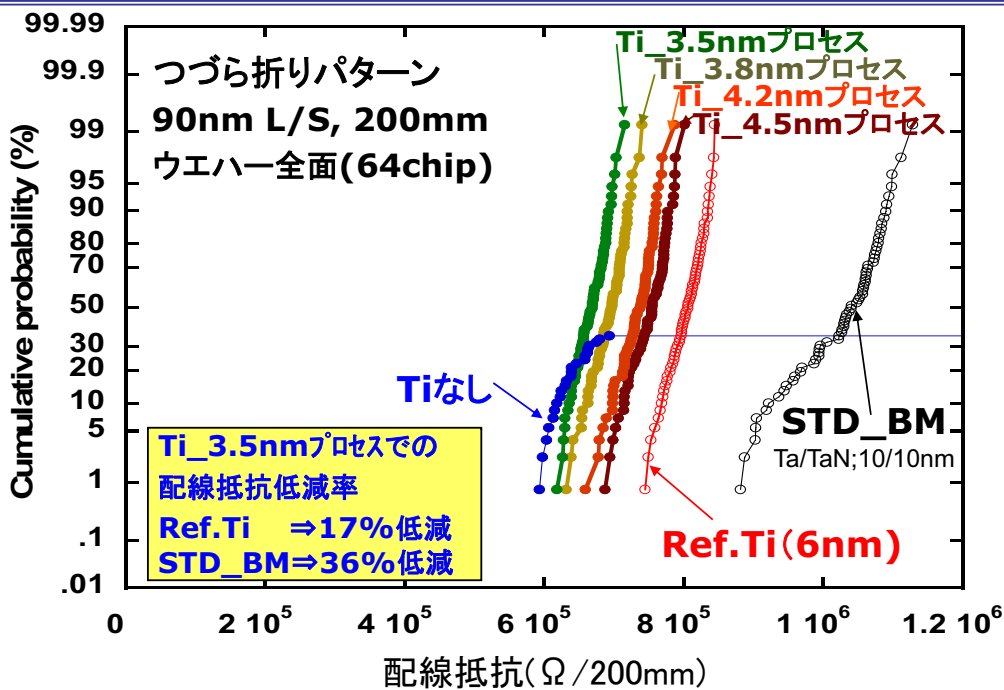
4. 有機Low-kを用いた多層配線プロセスの提案(断面形状)

Ti_3.5nmプロセス(側壁Ti;1nm)での1層配線断面

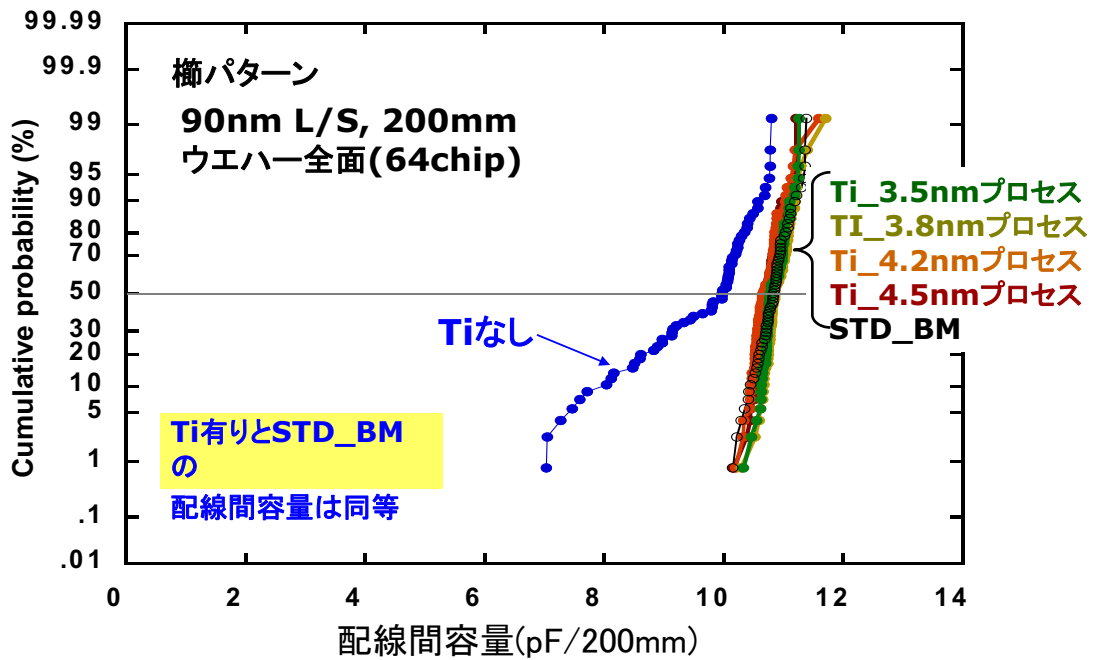


【関連特許:特願2006-018631、特願2007-176665】
 【関連外部発表No.:2、3、4、5、6、7、9、10、11、12、14、15、24】

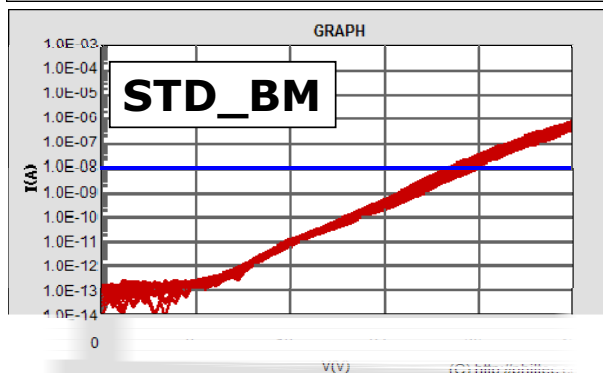
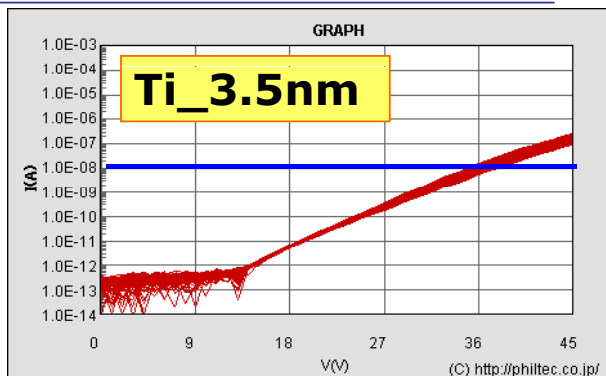
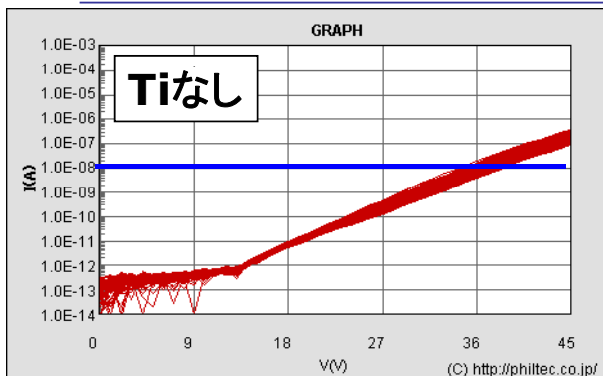
4. 有機Low-kを用いた多層配線プロセスの提案(配線抵抗)



4. 有機Low-kを用いた多層配線プロセスの提案(配線間容量)



4. 有機Low-kを用いた多層配線プロセスの提案(リーク電流)

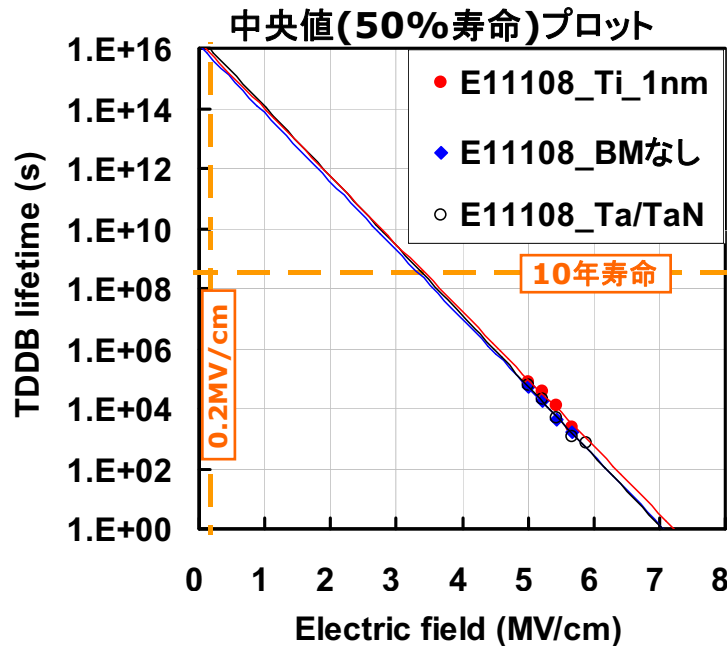


楡パターン
 90nm L/S
 総対向長100mm
 ウエハー全面(64chip)

Ti_3.5nmのIV特性
 ⇒Tiなし、STD_BMと同等
 ⇒劣化なし

4. 有機Low-kを用いた多層配線プロセスの提案(TDDB)

櫛パターン、90nm L/S、総対向長10mm



5. まとめ

- ・ MSQ系Low-k提案材料に対して、低誘電率化と高弾性率化を両立する短時間キュアが可能なUVキュア条件を設定し、配線評価を可能とした
- ・ Low-k材料のダメージ耐性に関して、プラズマCVD膜堆積、加工用プラズマ照射、低圧化を含むCMPの影響をそれぞれ評価し、劣化要因を推定した
- ・ Low-k材料を用いた1層配線TEG、2層配線TEGのウェーハレベル信頼度評価により、提案材料の耐性を評価し、最も影響の大きい要因を判別した
- ・ 有機ポリマーLow-k材料を用いた多層配線技術の課題(密着性)を抽出し、薄膜Ti挿入の対策によるソリューションを提案した

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

Ⅲ. 研究開発成果について

Ⅲ. 1 事業全体の成果

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

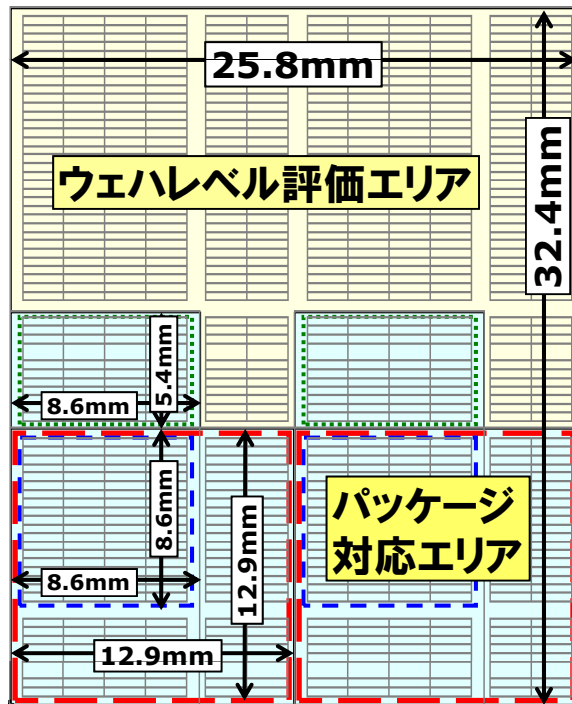
Ⅲ. 2. 2 統合部材開発支援ツール(TEG)の開発

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. 2 統合部材開発支援ツール(TEG)の開発

1. 多層配線TEGの開発
 1. 1 TEGマスクの開発
 1. 2 TEG作製プロセスの開発
2. CMP平坦性評価用TEGの開発
3. CMP欠陥評価用TEGの開発
4. まとめ

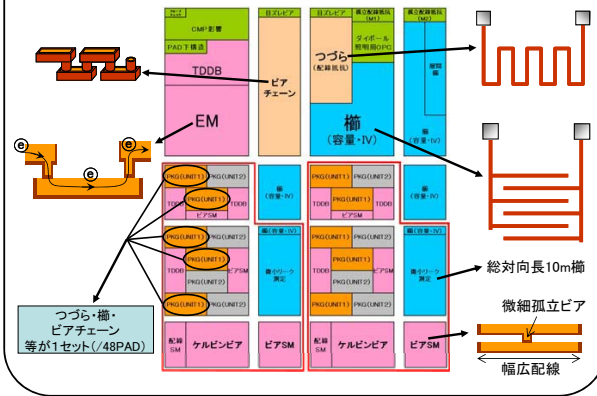
1. 多層配線TEGの開発(マスク構成とフロアプラン)



CAST-4マスクセットの構成

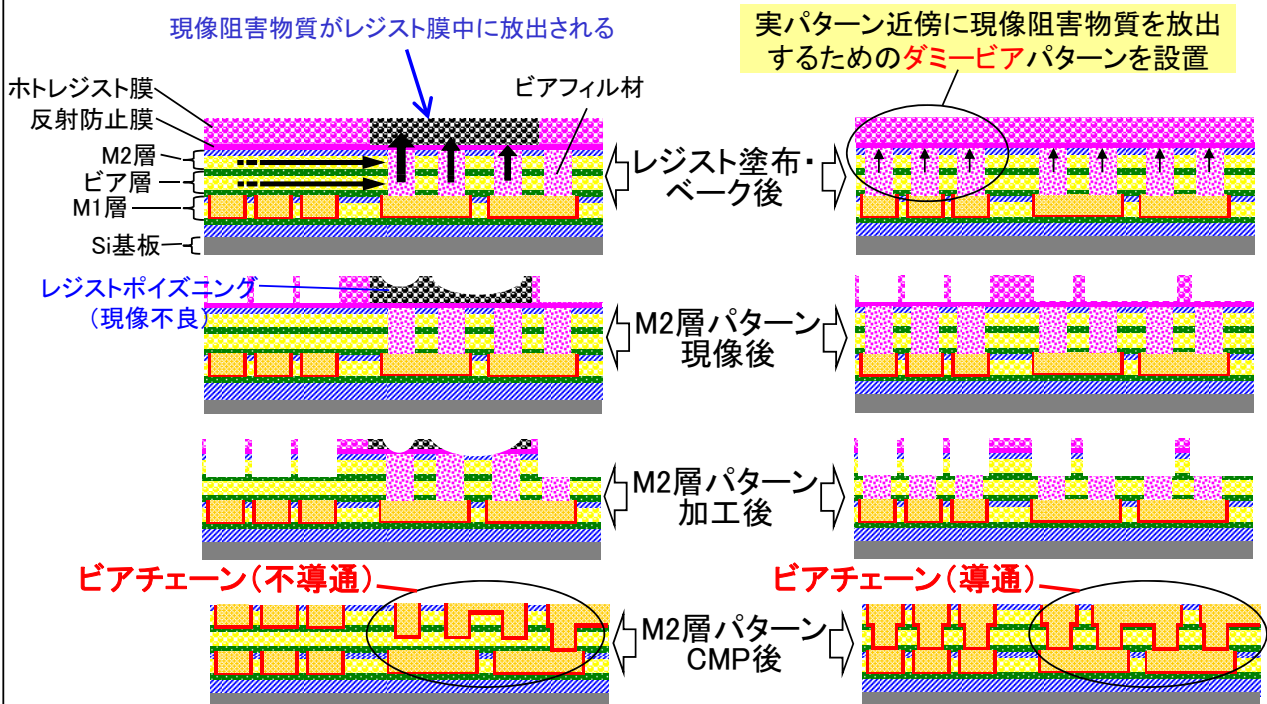
- ArFハーフトンマスク × 3
⇒ Cu/Low-k 2層配線形成用
- i線マスク × 3
⇒ 保護層・Alパッド形成用

CAST-4マスクセットのフロアプラン



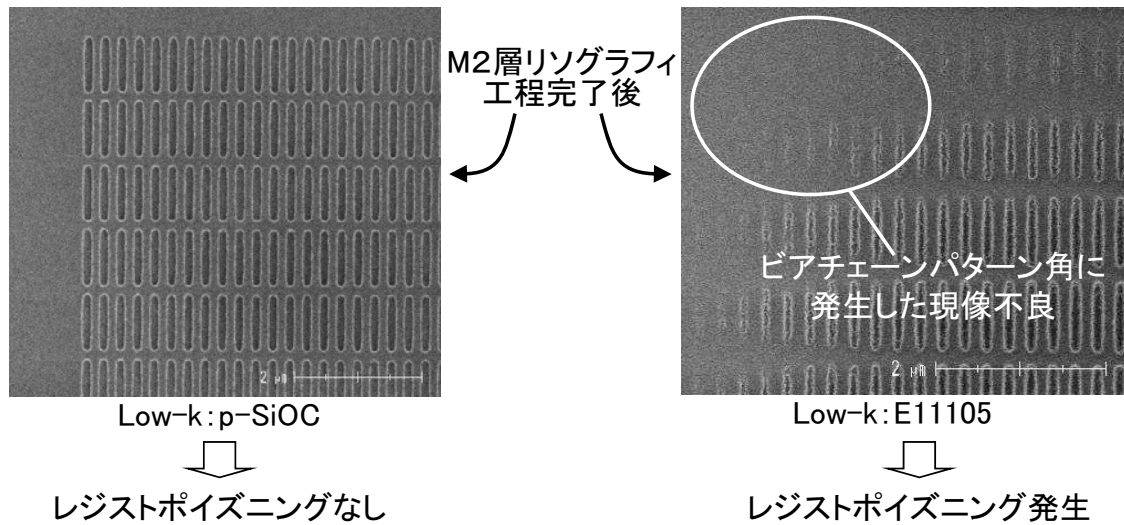
【関連特許: 特願2008-079671、特願2008-331813】

1.1 TEGマスクの開発(レジストポイズニング対策)



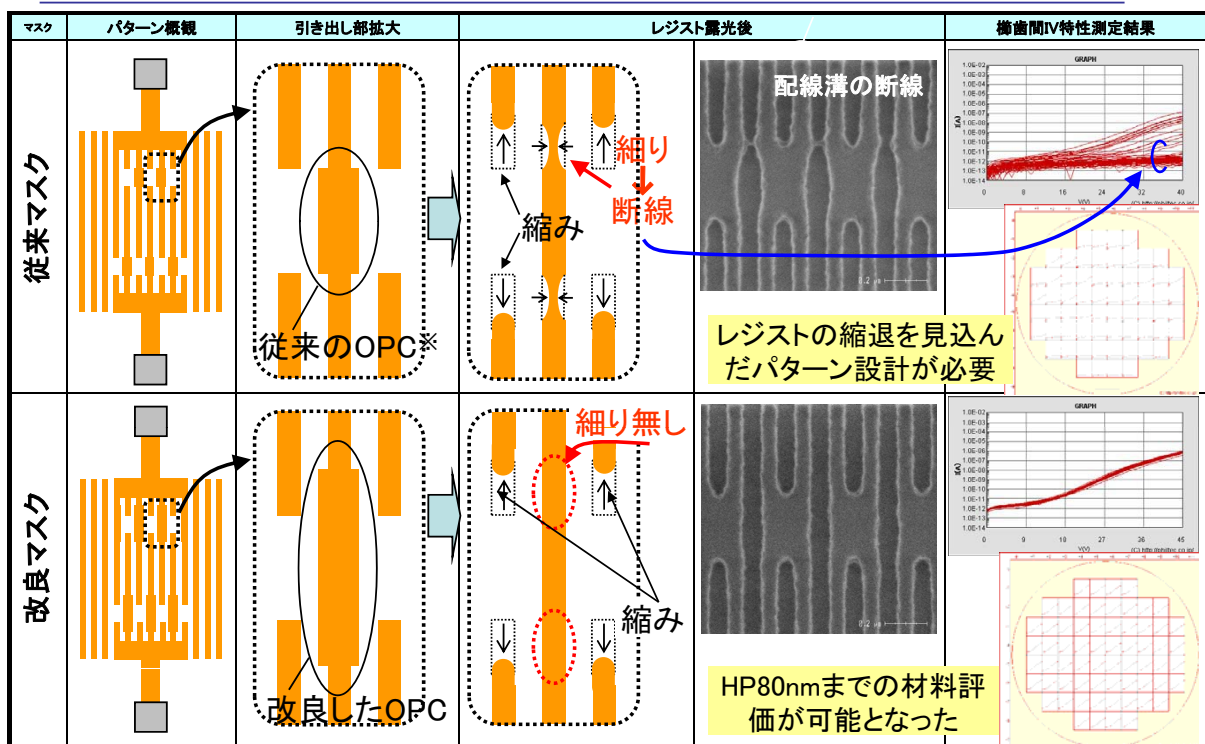
【関連特許: 特願2007-085795】

1.1 TEGマスクの開発(レジストポイズニング対策)



※レジストポイズニング: ビアファーストプロセスの配線層に対する露光・現像工程において、絶縁膜内の現像阻害物質がレジスト膜中へ放出されることで生じる現像不良の一種

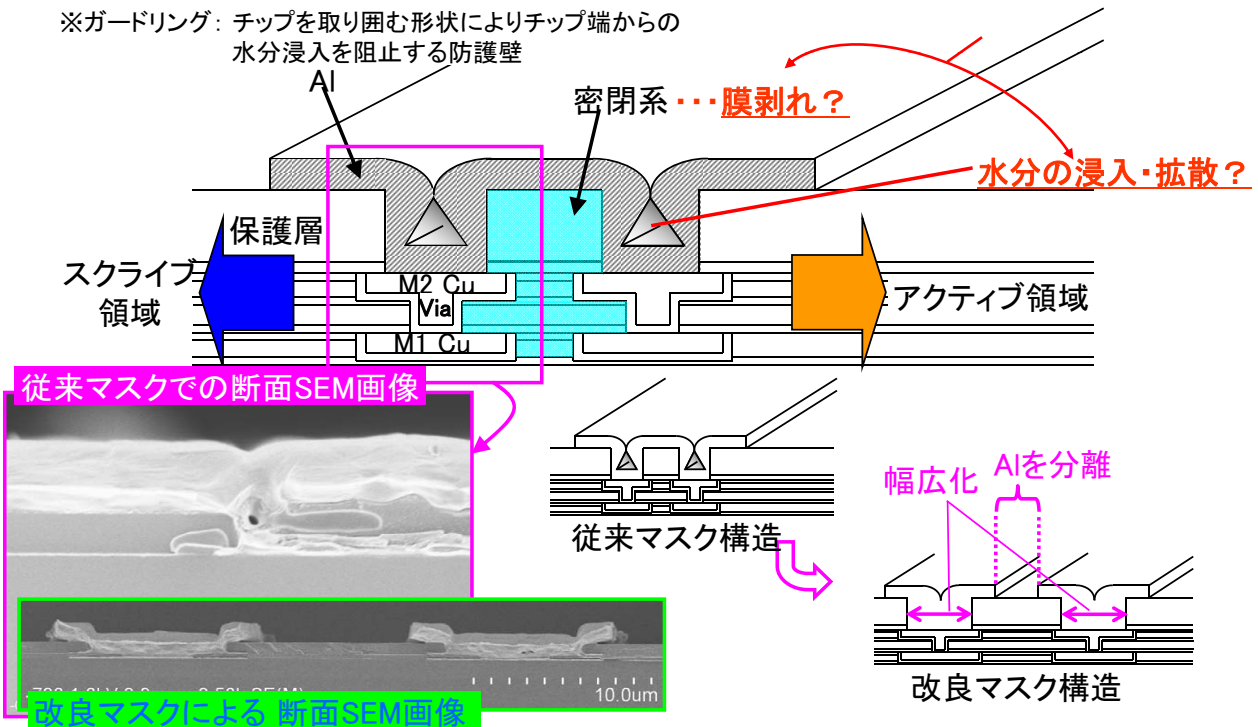
1.1 TEGマスクの開発(光近接効果補正対策)



※OPC: Optical Proximity Correction (光近接効果補正)

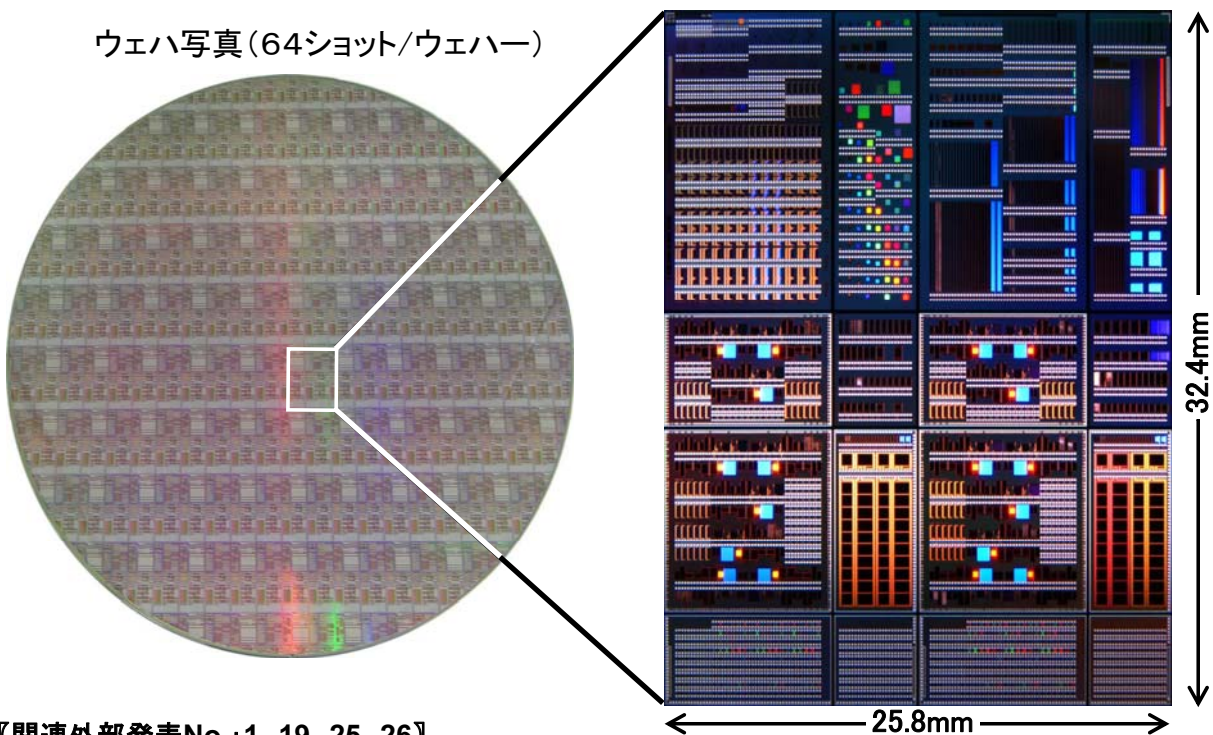
1.1 TEGマスクの開発(ガードリング対策)

※ガードリング: チップを取り囲む形状によりチップ端からの水分浸入を阻止する防護壁



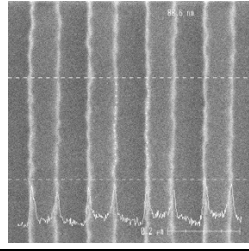
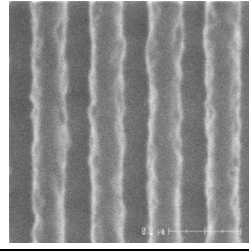
1.2 TEG作製プロセスの開発(TEGウェーハとチップ写真)

ウェーハ写真(64ショット/ウェハー)



【関連外部発表No.: 1、19、25、26】

1.2 TEG作製プロセスの開発(80nmL/Sレジスト解像)

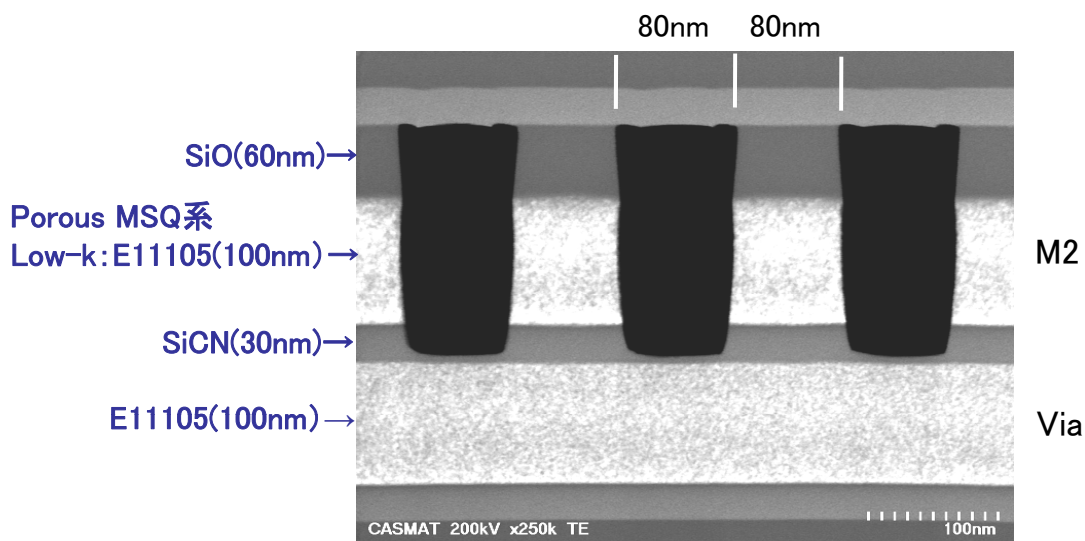
項目	多層レジスト	単層レジスト
膜厚	150nm	220nm
露光量マージン(72~88nm)	12%	10%
フォーカスマージン(72~88nm)	200nm	100nm
LER(3 σ)*	4.8nm	7.3nm
形状 (CD-SEM写真)		

* LER : Line Edge Roughness (パターン側壁の荒れ[ギザギザ]) ※基板: SiO₅₀₀nm

多層レジストは、単層レジストと比べ評価上記の全項目で改善

【関連特許: 特願2009-067942】

1.2 TEG作製プロセスの開発(2層配線TEG試作断面構造)

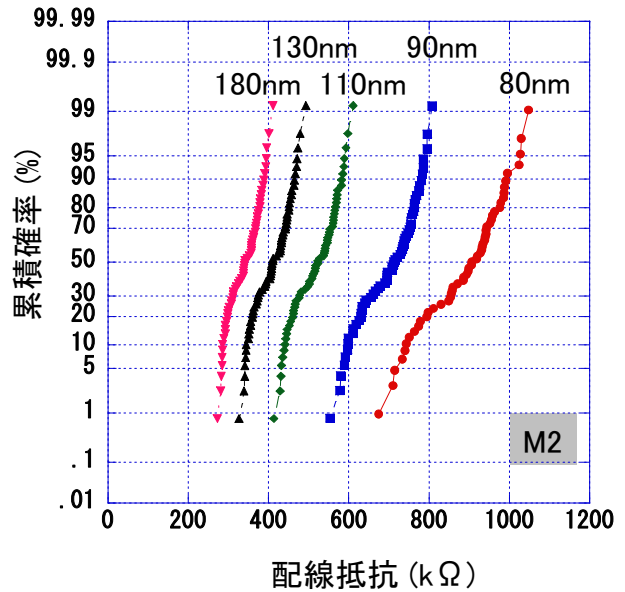
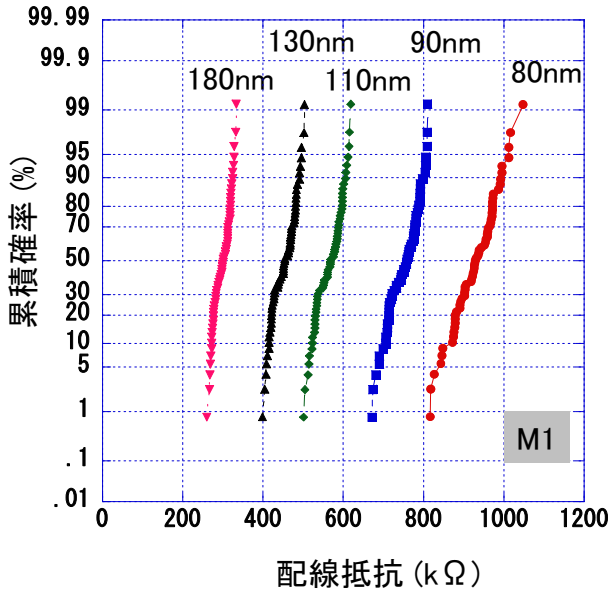


※2層配線完成後TEM写真

80nmL/S配線で良好な配線形状が得られた

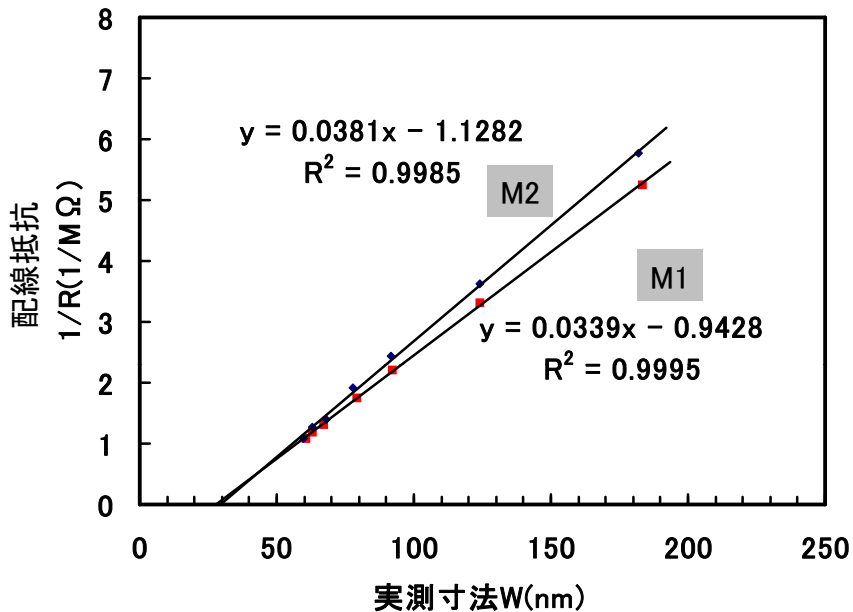
1.2 TEG作製プロセスの開発(配線抵抗測定)

測定条件 つづら型配線:L/S=80/80~250/250nm、配線長:200mm ウエハ全面(64チップ) 測定電圧:100mV Low-k;E11105



1.2 TEG作製プロセスの開発(配線抵抗測定)

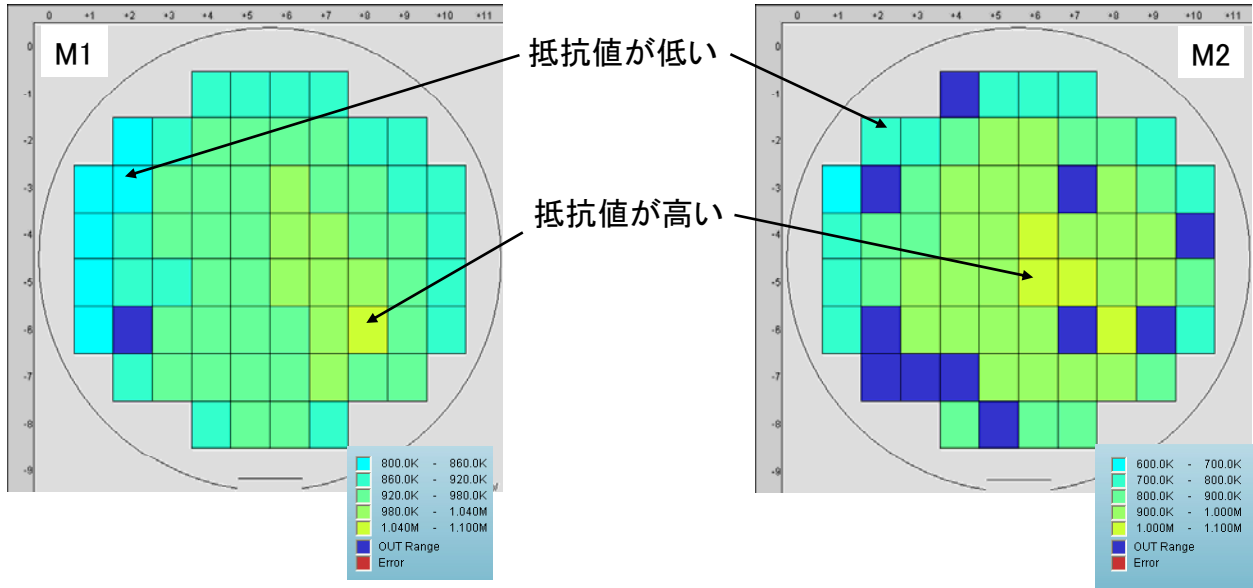
測定条件 つづら型配線:L/S=80/80~250/250nm、配線長:200mm ウエハ全面(64チップ) 測定電圧:100mV Low-k;E11105



直線の傾き(配線深さ): M2配線は深い 切片:(側壁バリアメタル膜厚×2)30nm

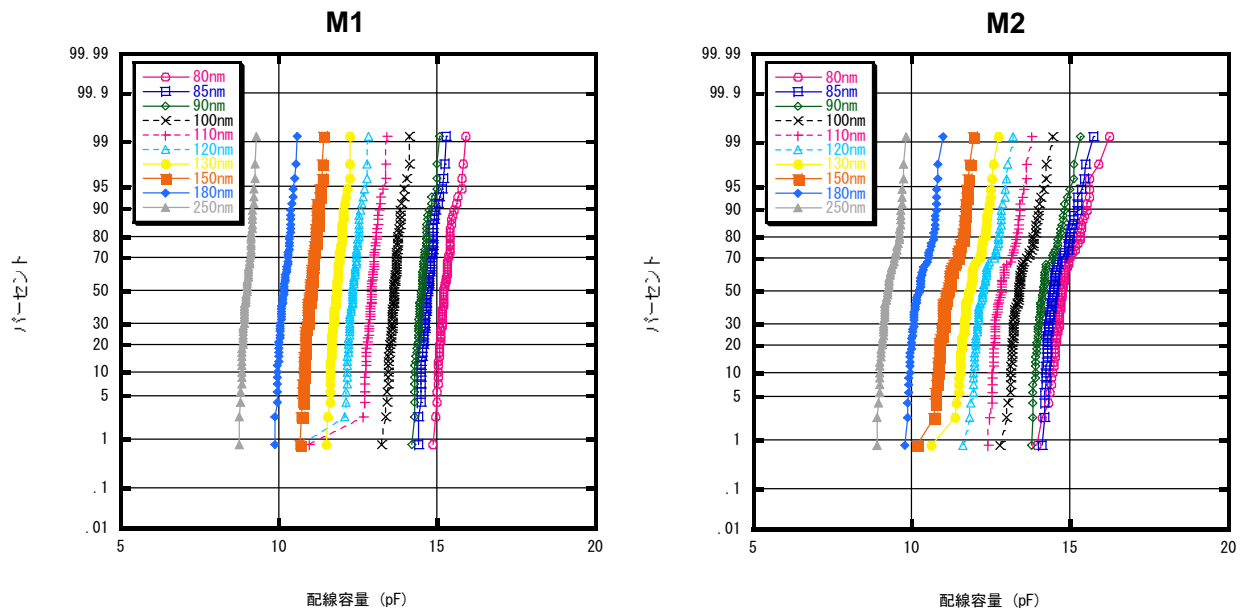
1.2 TEG作製プロセスの開発(配線抵抗測定)

測定条件 つづら型配線:L/S=80/80~250/250nm、配線長:200mm ウエハ全面(64チップ) 測定電圧:100mV Low-k;E11105



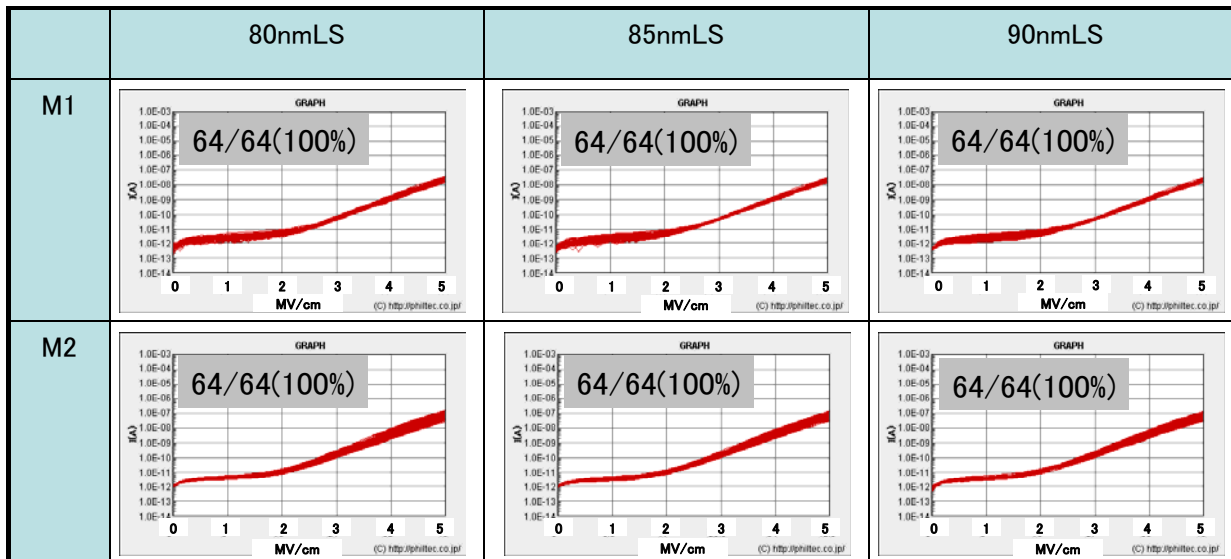
寸法分布とほぼ一致

1.2 TEG作製プロセスの開発(配線間容量測定)



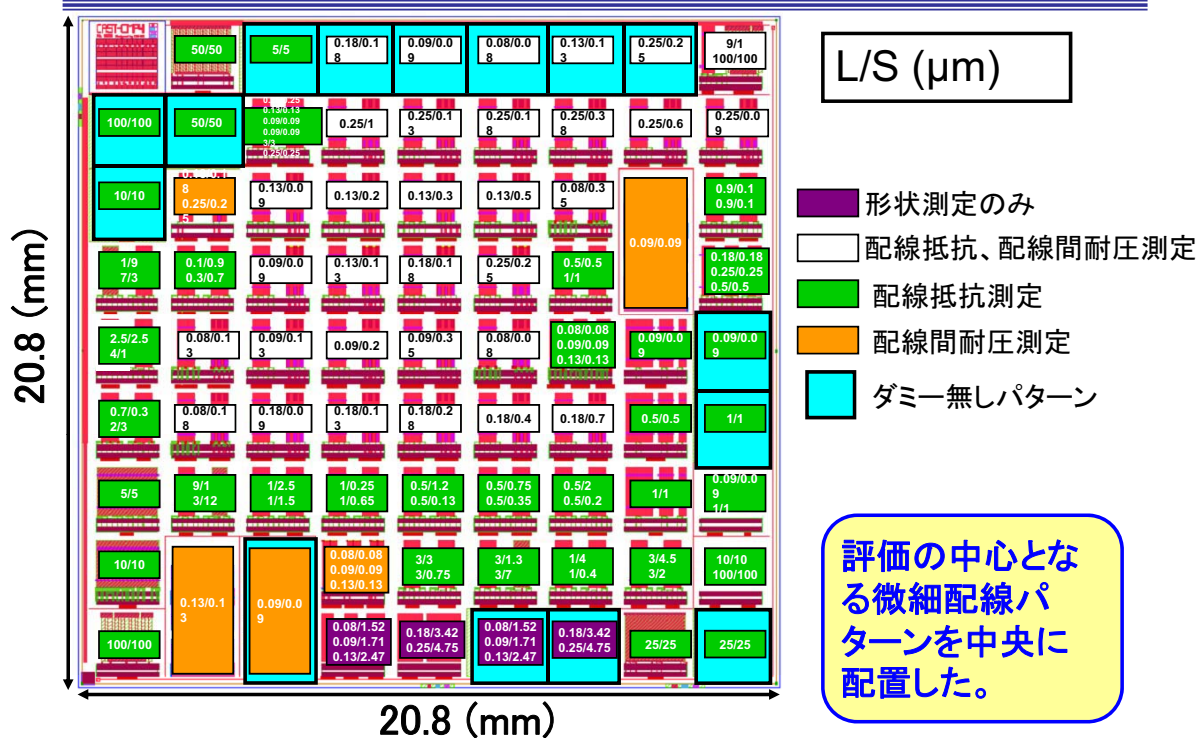
1.2 TEG作製プロセスの開発 (配線間リーク電流測定)

測定条件、I-V特性(くし型配線: 対向長100mm)



M1、M2とも耐圧劣化は見られない

2. CMP平坦性評価用TEGの開発(マスクのフロアプラン)



【関連外部発表No.:21】

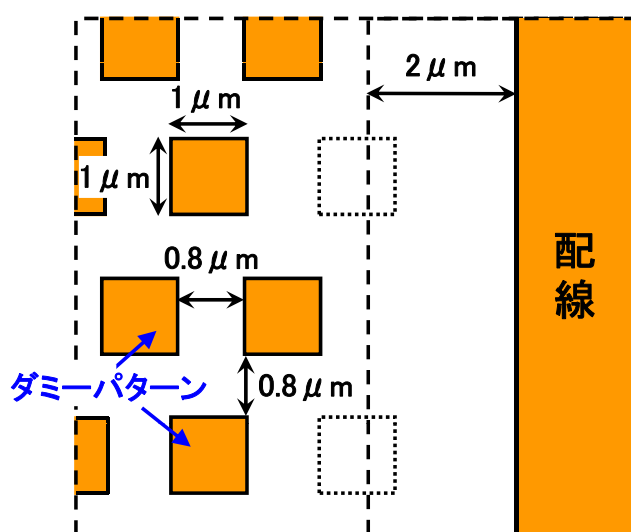
2. CMP平坦性評価用TEGの開発(L/Sパターンマッピング)

密度 偏差 (%)	配線 密度 (%)	配線幅 (nm)									配線幅 (μm)												
		80	90	100	130	180	250	300	500	700	0.9	1	2	2.5	3	4	5	7	9	10	25	50	100
+45~	95-100																						
+40	85-95																						
+30	75-85																						
+20	65-75																						
+10	55-65																						
0	45-55																						
-10	35-45																						
-20	25-35																						
-30	15-25																						
-40	5-15																						
-45~	0-5																						

(凡例) ●:配線抵抗 ▲:配線間耐圧 ■:配線のみ □:ダミーパターン有り無し

微細配線、セミグローバル配線を重視し、配線密度は実用的な50% ±30%をメインとしつつも、材料特性をより明確に評価できるパターンも配置した。

2. CMP平坦性評価用TEGの開発(ダミーパターン配置ルール)

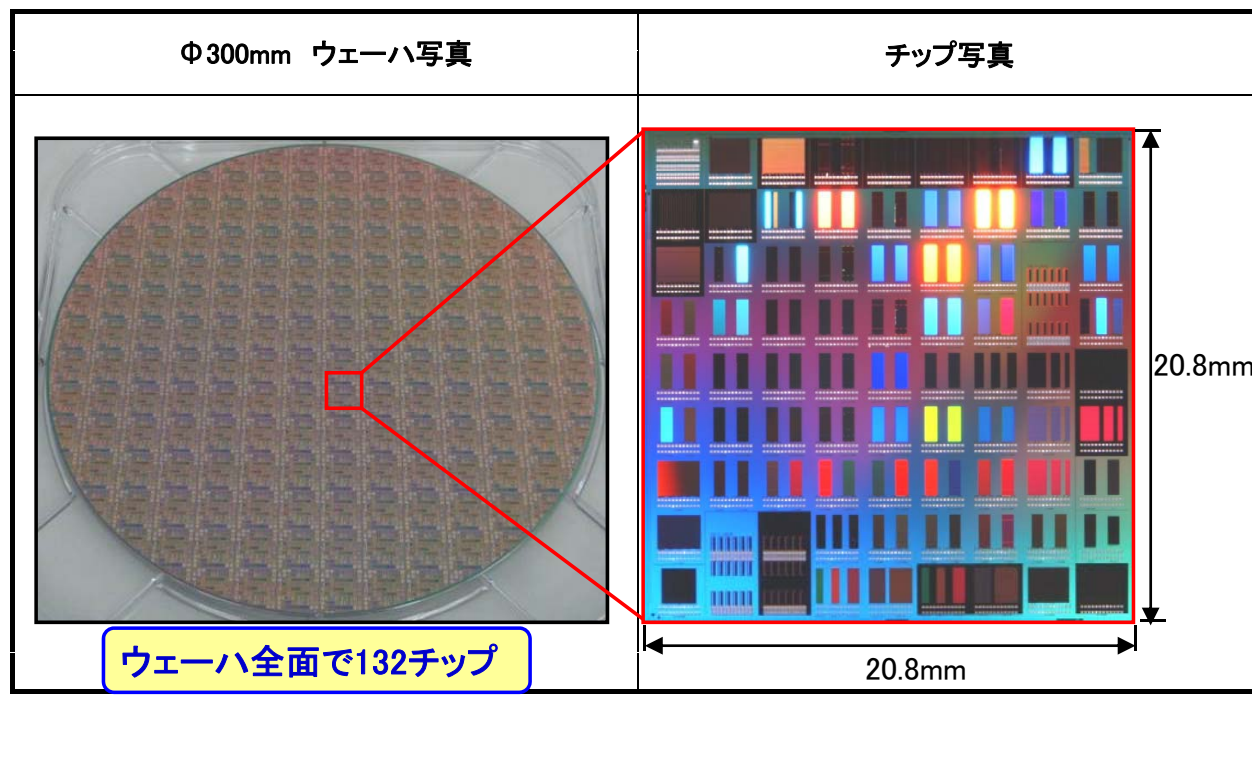


ダミーパターン設計ルール

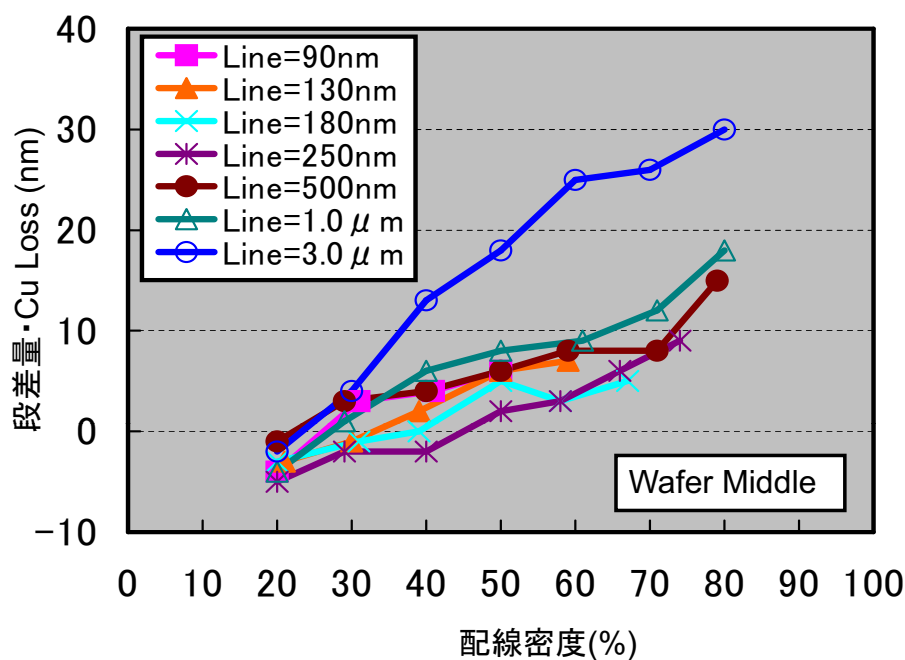
- ・形状: $1\ \mu\text{m} \times 1\ \mu\text{m}$ の正方形
- ・間隔: $0.8\ \mu\text{m}$
- ・密度: 約30%
- ・配線から $2\ \mu\text{m}$ 以内のものは削除

- ①ダミーパターン導入により、ウェーハ面内にCuが様に配置されることで、研磨特性の面内バラツキを低減した状態での評価が可能
- ②ダミーパターンを配置しないパターンも、ガードリングで囲むことで一部に併設し、ダミーパターンの有無によるスラリ特性比較も可能

2. CMP平坦性評価用TEGの開発(TEGウェーハとチップ写真)

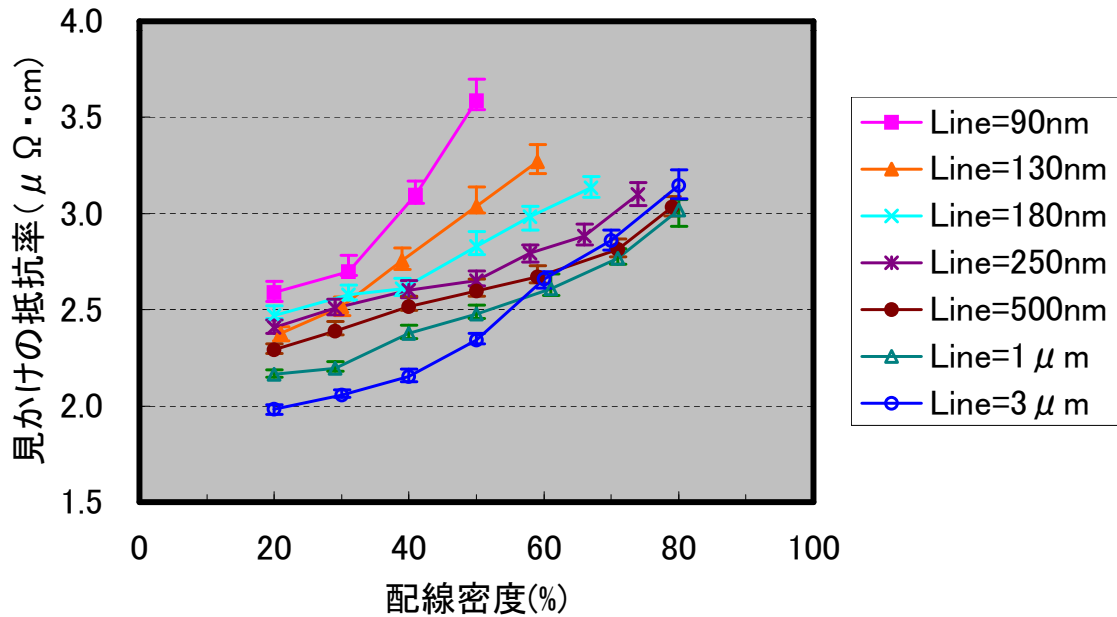


2. CMP平坦性評価用TEGの開発(平坦性測定例)



いずれの配線幅でも、配線密度が高いほど、段差量・Cu Lossが大きい。

2. CMP平坦性評価用TEGの開発(配線抵抗測定例)



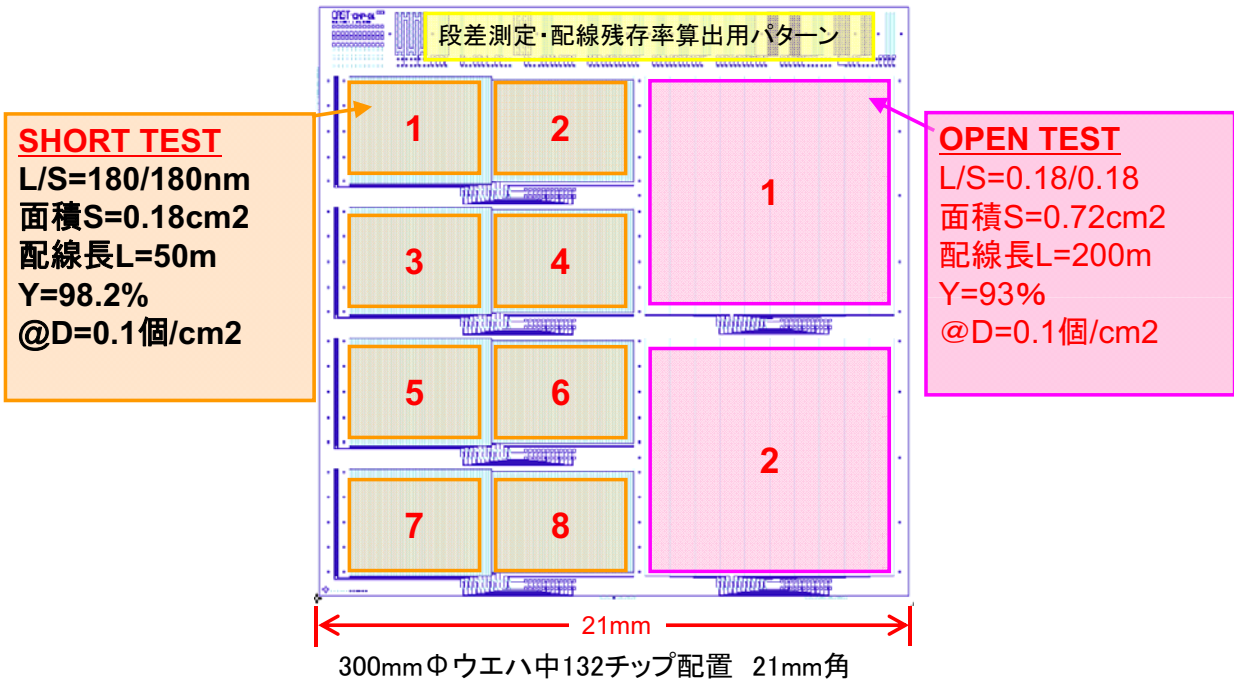
いずれの配線幅でも配線密度が高いほど見かけの抵抗率が大きい。

⇒触針式段差計による段差量・Cu Loss測定結果の傾向を反映。

2. CMP平坦性評価用TEGの開発(TEGの比較)

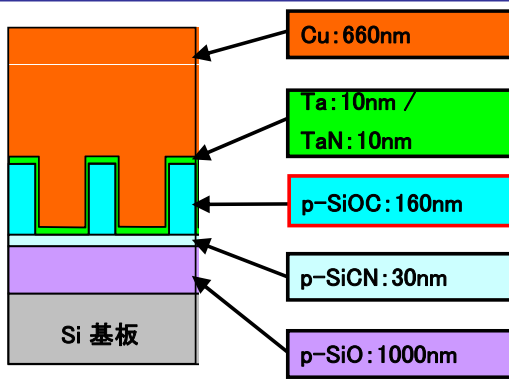
項目	CASMAT CMP-TEG	市販 CMP-TEG
最小線幅	80nm	100nm
配線密度依存性 (各配線幅の平坦性、電気特性) <small>* 右記は、4種類以上の配線密度を有する 配線幅と配線密度種類数</small>	最小線幅: 80nm } 最大線幅: 3 μm 8種類 ↓ 配線密度: 4~8種類	最小線幅: 100nm } 最大線幅: 5 μm 3種類 配線密度: 4~6種類
ダミーパターン有無 (同一ウェーハにおける比較)	有り	無し
パターン内位置依存性 (配線抵抗)	有り	一部有り
パターンサイズ依存性	有り	無し
配線腐食評価パターン	有り	無し

3. CMP欠陥評価用TEGの開発(マスクのフロアプラン)

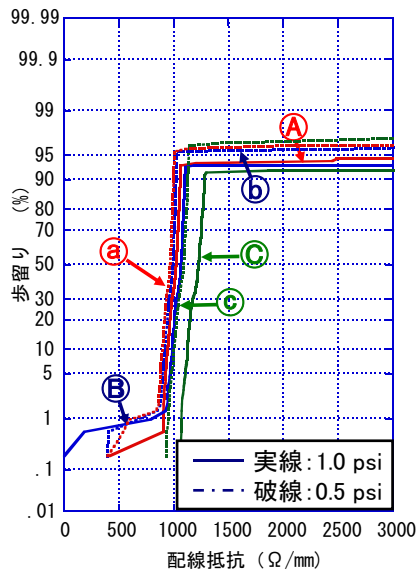


配線規模の拡大により欠陥検出感度を向上させることが狙い

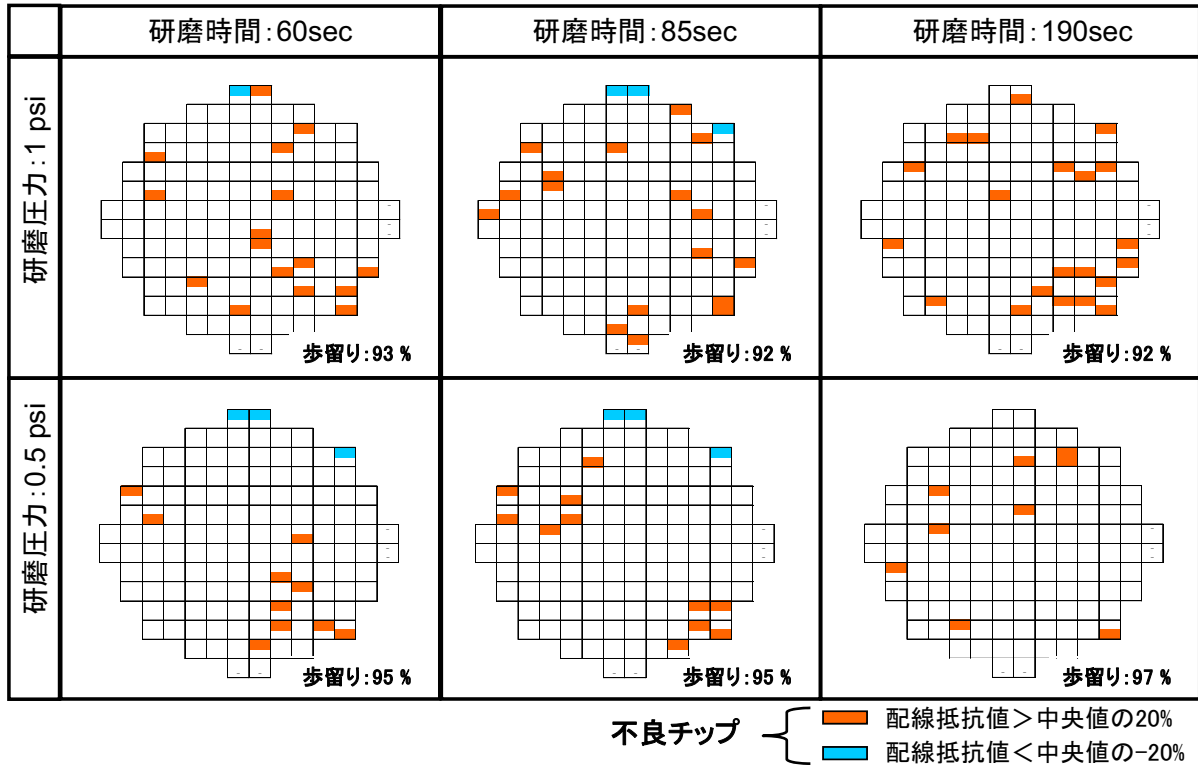
3. CMP欠陥評価用TEGの開発(OPEN歩留り測定例)



NO.	バリア研磨条件		歩留り (%) Alパッド
	研磨圧力 (psi)	研磨時間 (sec)	
(A)	1.0	60	93
(B)		85	92
(C)		190	92
(a)	0.5	60	95
(b)		85	95
(c)		190	97

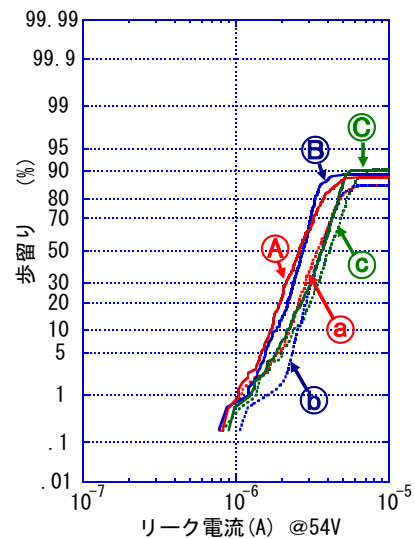


3. CMP欠陥評価用TEGの開発 (OPEN不良のウェーハ内分布)



3. CMP欠陥評価用TEGの開発 (SHORT歩留り測定例)

NO.	バリア研磨条件		歩留り (%) Alパッド
	研磨圧力 (psi)	研磨時間 (sec)	
A	1.0	60	88
B		85	89
C		190	90
a	0.5	60	86
b		85	86
c		190	91



4. まとめ

- ・ 多層配線TEGマスクの設計では、マスクに起因する電気特性不良の対策を実施し、80nm配線の断線、ビア導通不良を改善して、マスクの検証を完了した
- ・ 多層レジストプロセスの開発により、L/S = 80/80nm 配線の歩留まり80%以上の基準プロセスを確立した
- ・ 最小寸法80nmのCMP平坦性評価のため、CMP評価用TEGマスクを設計し、それを用いたCMP性能の評価ができることを検証した
- ・ CMPでのダメージ評価を効率的に行うため、欠陥評価専用TEGマスクを設計し、標準的なスラリを用いた場合の評価より、欠陥の評価方法とベンチマークの把握を行い、マスク検証を完了した

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

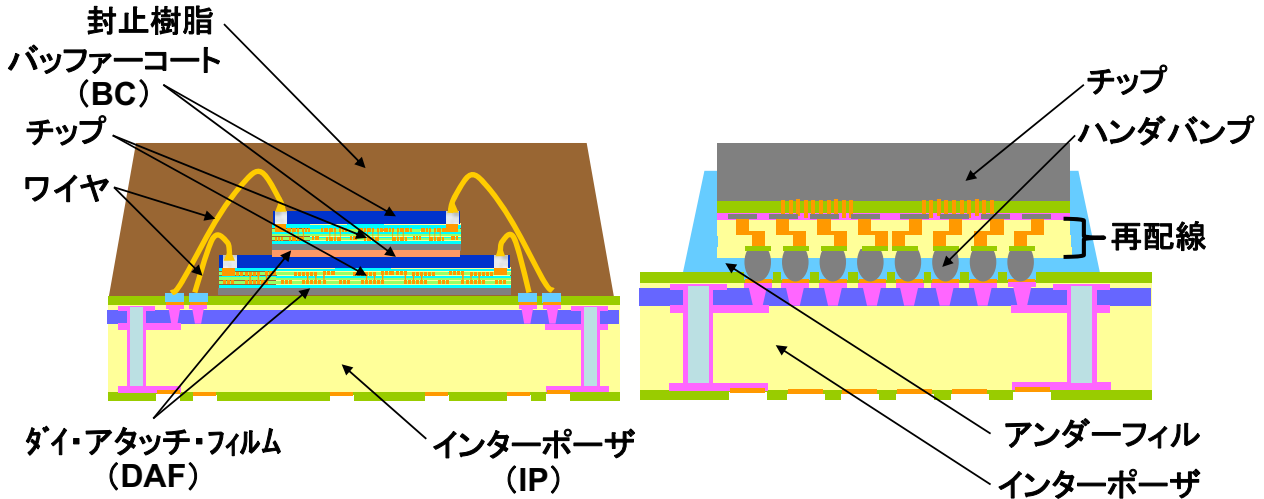
2. 2 WLPによる材料評価方法

3. まとめ

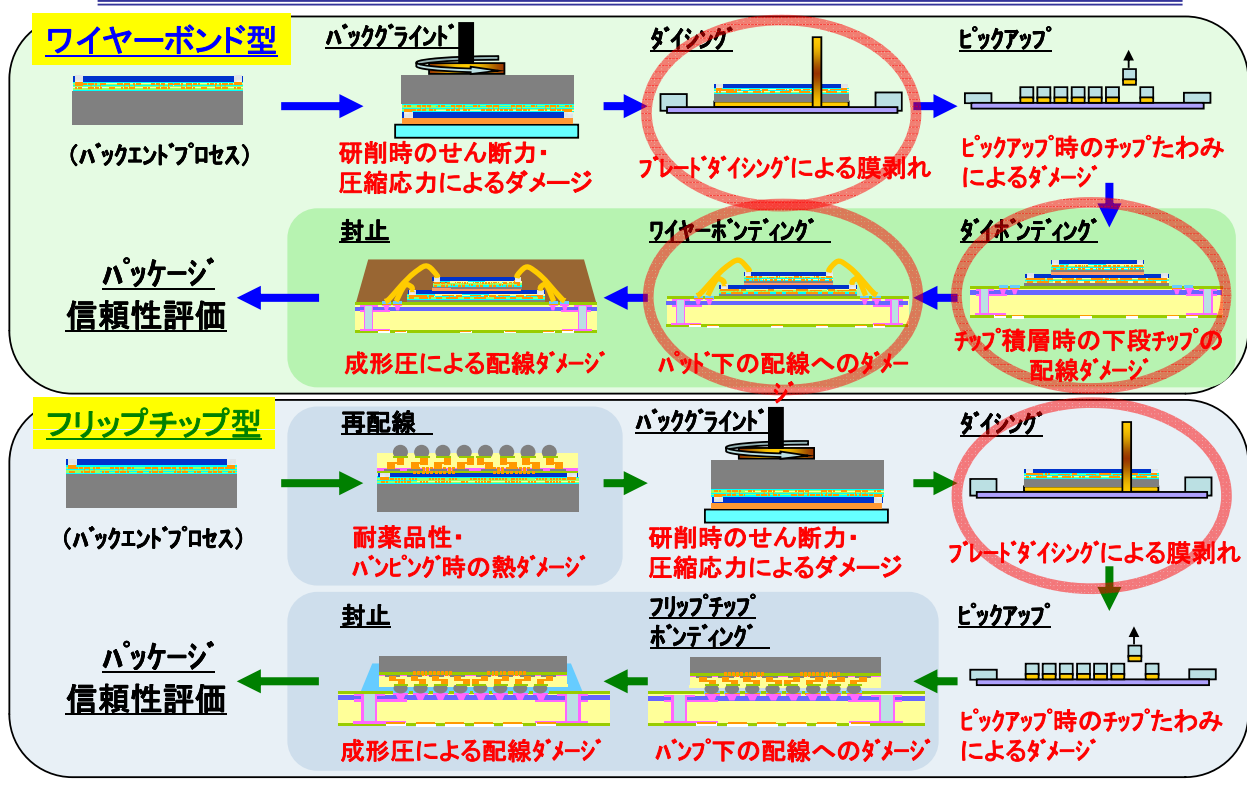
1. パッケージ工程における材料評価(パッケージ構造)

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)



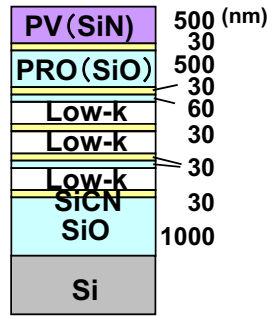
1.1 ダイシング工程

【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)

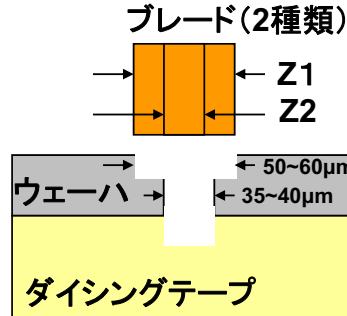
ダイシング部の断面構造



【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



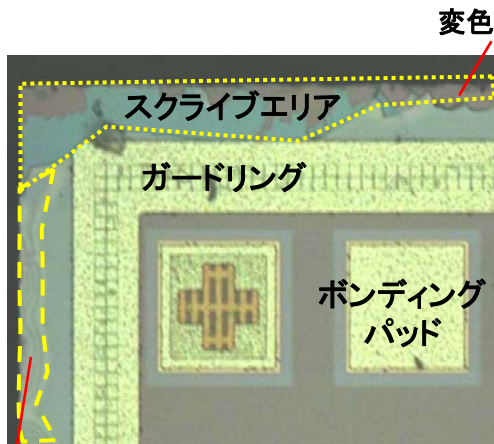
正面から

【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

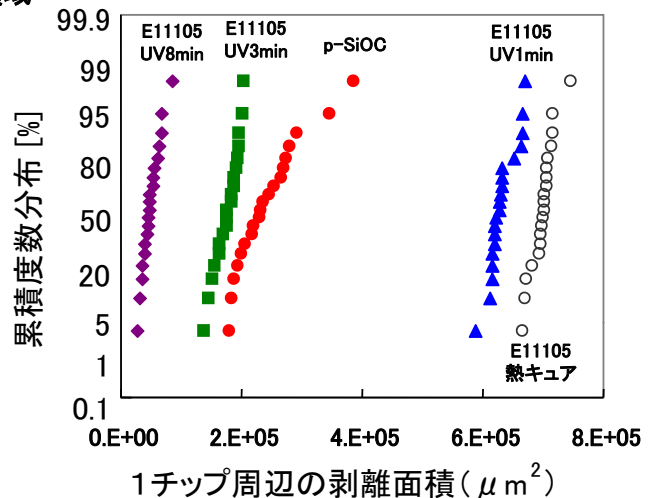
チップコーナ部(レーザ顕微鏡による像)



Low-k: p-SiOC

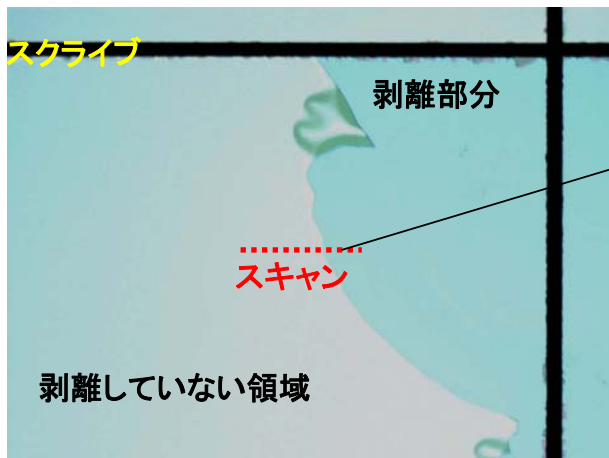
剥離面積 = 変色領域 + 干渉縞領域

各チップ周囲の剥離面積の累積度数分布(20チップ)

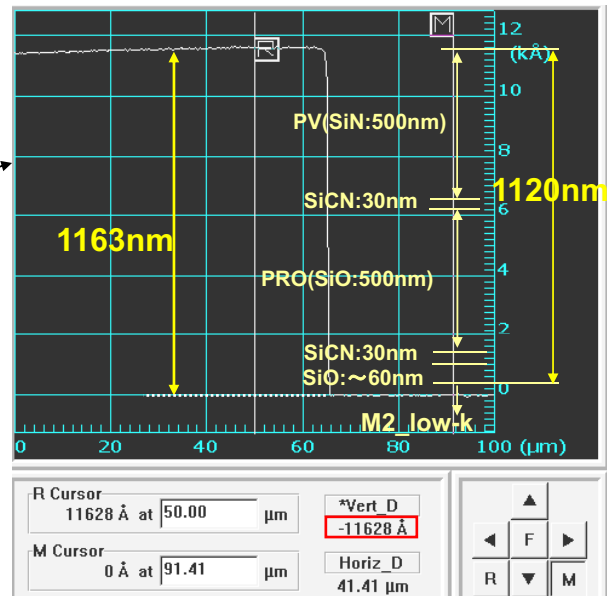


○ Low-k材料の違いが顕著に現れる

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)

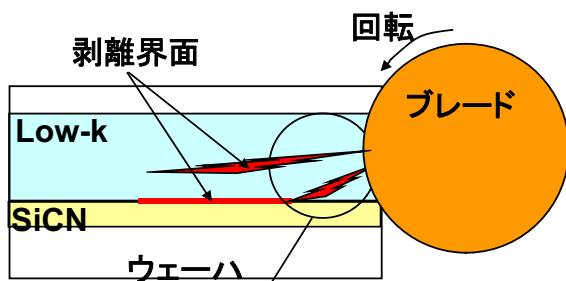
Dektakによる段差測定



※干渉縞の領域も同じ剥離界面

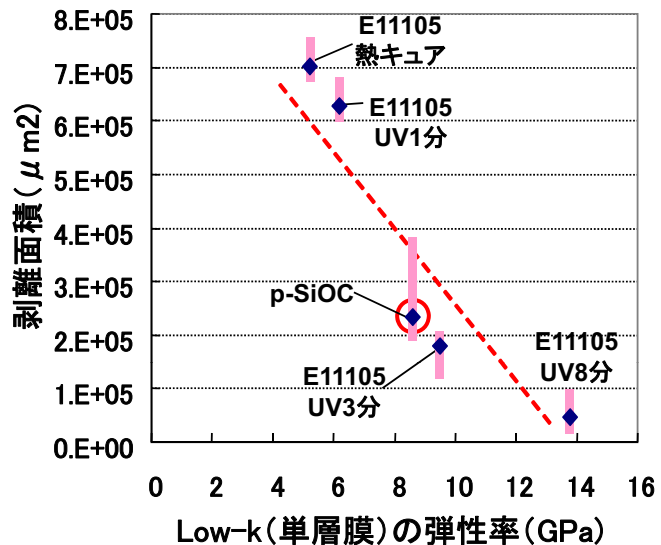
剥離界面: M2のLow-k材料破壊界面、もしくはM2のLow-k/SiCN界面

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

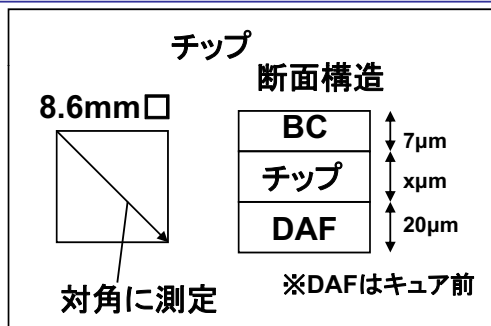
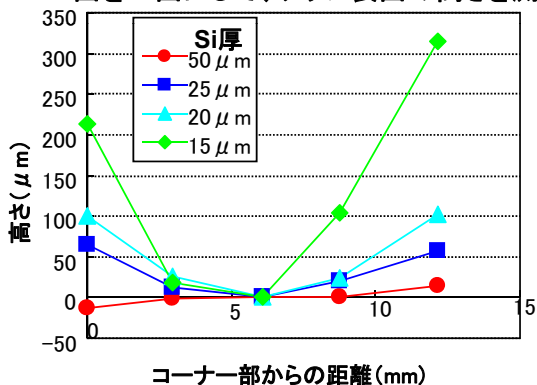
Low-k(単層膜)の弾性率と剥離面積との関係



弾性率が高い材料ほど、剥離面積が小さい

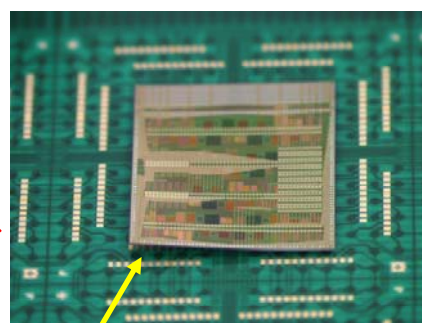
1.2 ダイボンド工程

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:20,15μm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:20μm、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 μm	25 μm	20 μm	15 μm
1段	[Image]	[Image]	[Image]	[Image]
2段	[Image]	[Image]	データなし	NG
4段	[Image]	[Image]	データなし	NG
8段	データなし	[Image]	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300μm)がチップが薄いため、1段目は接着

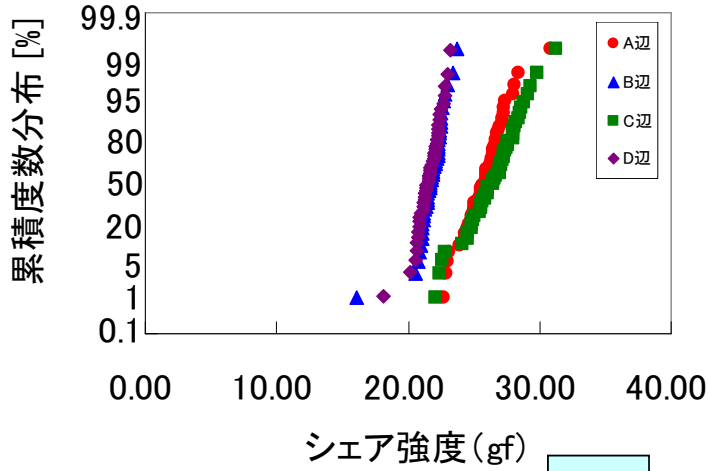
2段目以降は、チップの復元力に対し接着力が劣っており、剥離

チップの反りが小さい(約50μm)ので4、8段目も剥離せず

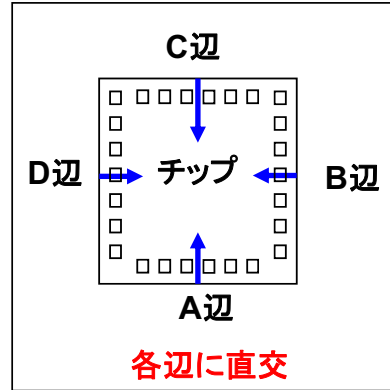
NG以外はダイボンド良好

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

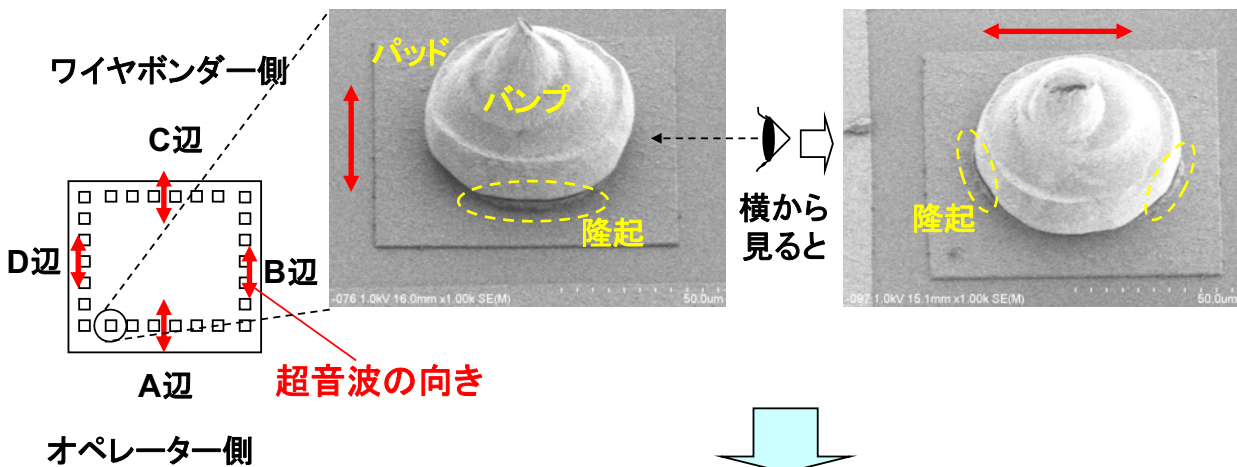


シエア強度の分布
A,C辺とB,D辺とに分かれる

【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】



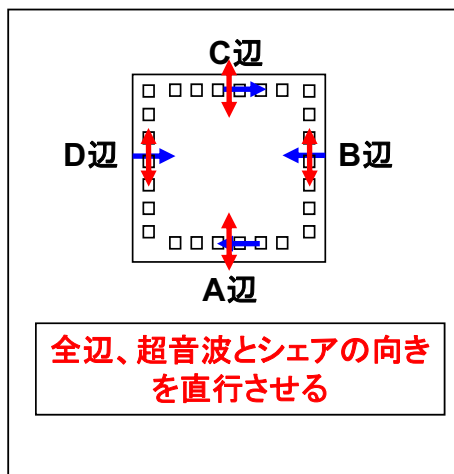
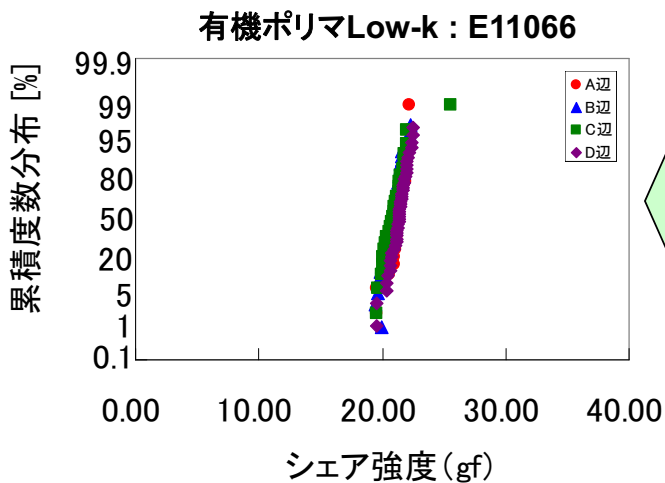
超音波の向きに隆起発生

- 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



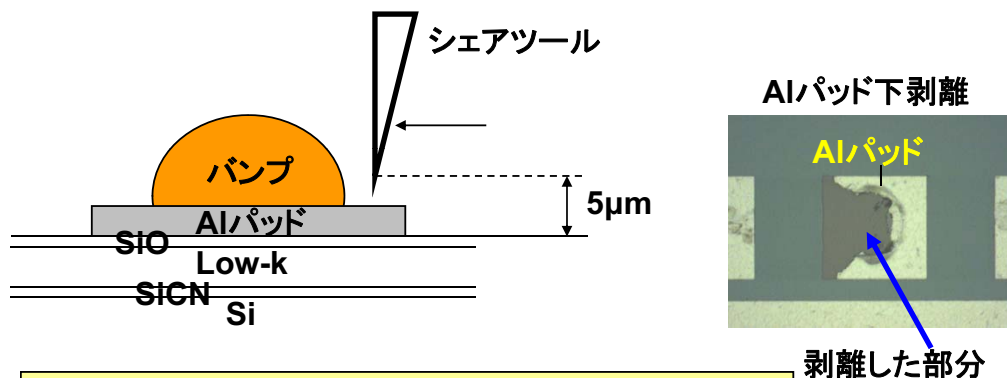
一つの分布になった。
→一つの現象として表現可能、かつ定量化可能

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

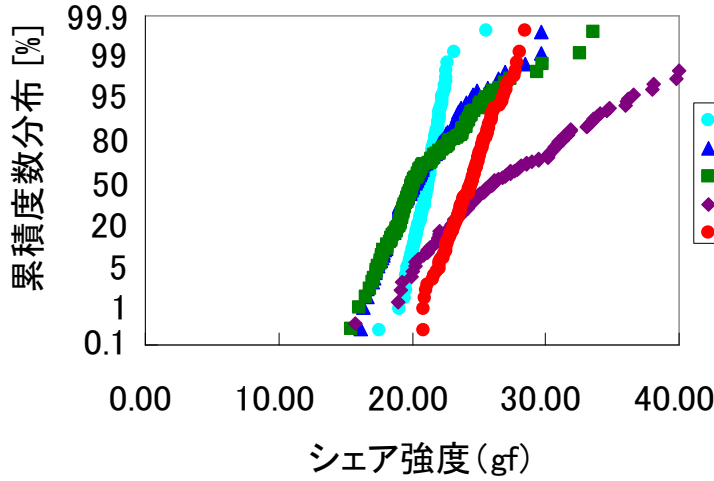
※単位はバンプ個数(1チップ144個をシエア)



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



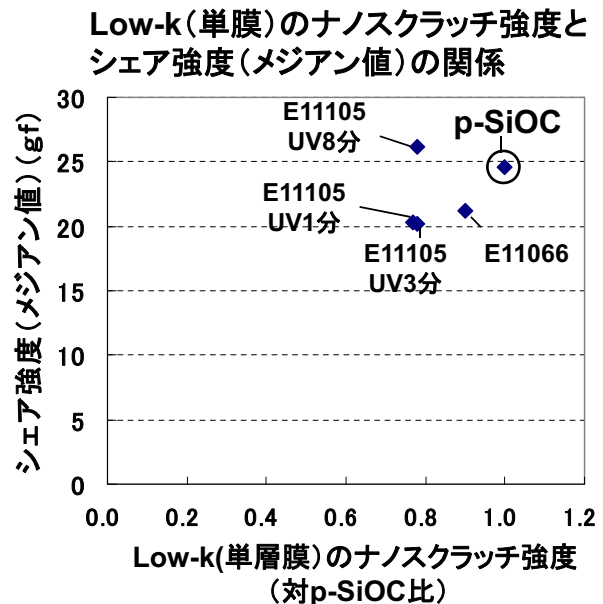
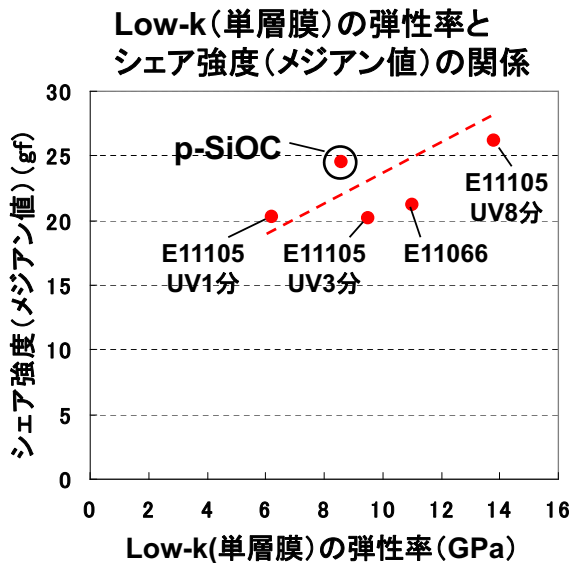
※Alパッド下剥離のみプロット

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

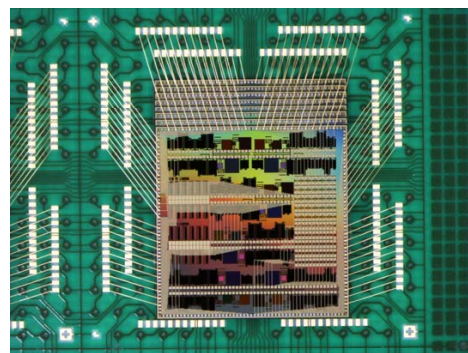
モールド: 外注

その他の工程: CASMATにて実施

○ 評価条件

・TC: -65/15min ⇄ 150°C/15min

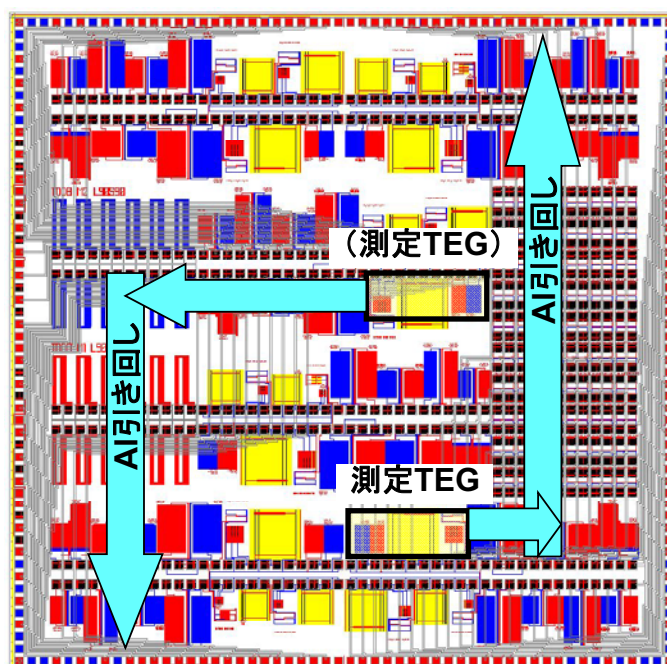
・PCT: 121°C/100%RH/2atm



※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;25 μ m,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
		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
	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
	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
	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
	P-SiOC	0/14	0/14	0/10	0/10
1000 サイクル	E11105	0/14	0/14		0/10
	E11066	0/14	0/13		0/10
	P-SiOC	0/14	0/14		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;25 μ m,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
		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
	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
	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
	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
	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
	P-SiOC	8/14	7/14	9/10	7/10

※ ; 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

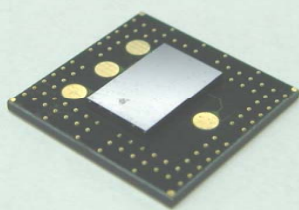
TC	積層数 測定チップ Low-k	1段				2段		8段		PCT	積層数 測定チップ Low-k	1段				2段		8段																
		最下層	最上層	最下層	最上層	最下層	最上層	最下層	最上層			最下層	最上層	最下層	最上層	最下層	最上層																	
初期	P-SiOC	0/7	0/7	0/7	0/5	0/5	初期	P-SiOC	0/7	0/7	0/7	0/5	0/5	初期	P-SiOC	0/7	0/7	0/7	0/5	0/5	初期	P-SiOC	0/7	0/7	0/7	0/5	0/5							
	E11105	0/7	0/7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

※ ; 抵抗上昇発生チップ50%以上

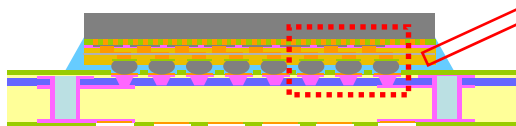
2.2 WLPによる材料評価方法

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。

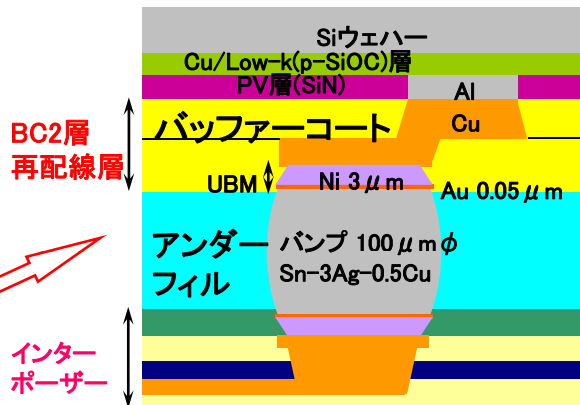
フリップチップタイプ



チップサイズ:
5.4mm x 8.6mm
バンブ数:
20個 x 34個
バンブピッチ:
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

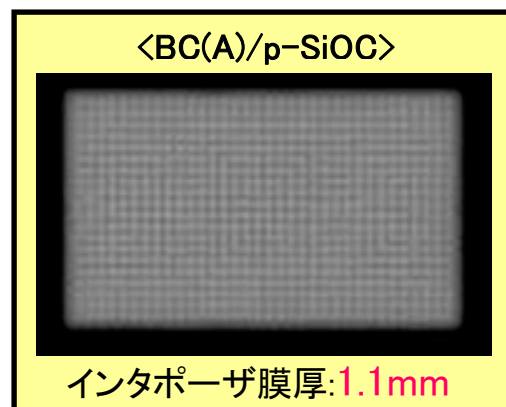
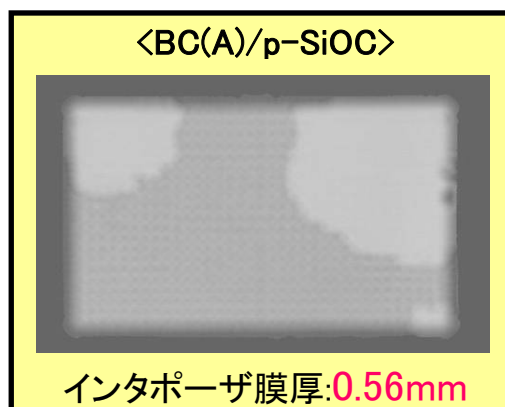
○ 評価

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

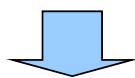
リフロー温度 Pbフリー条件 (max.250°C)

+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)

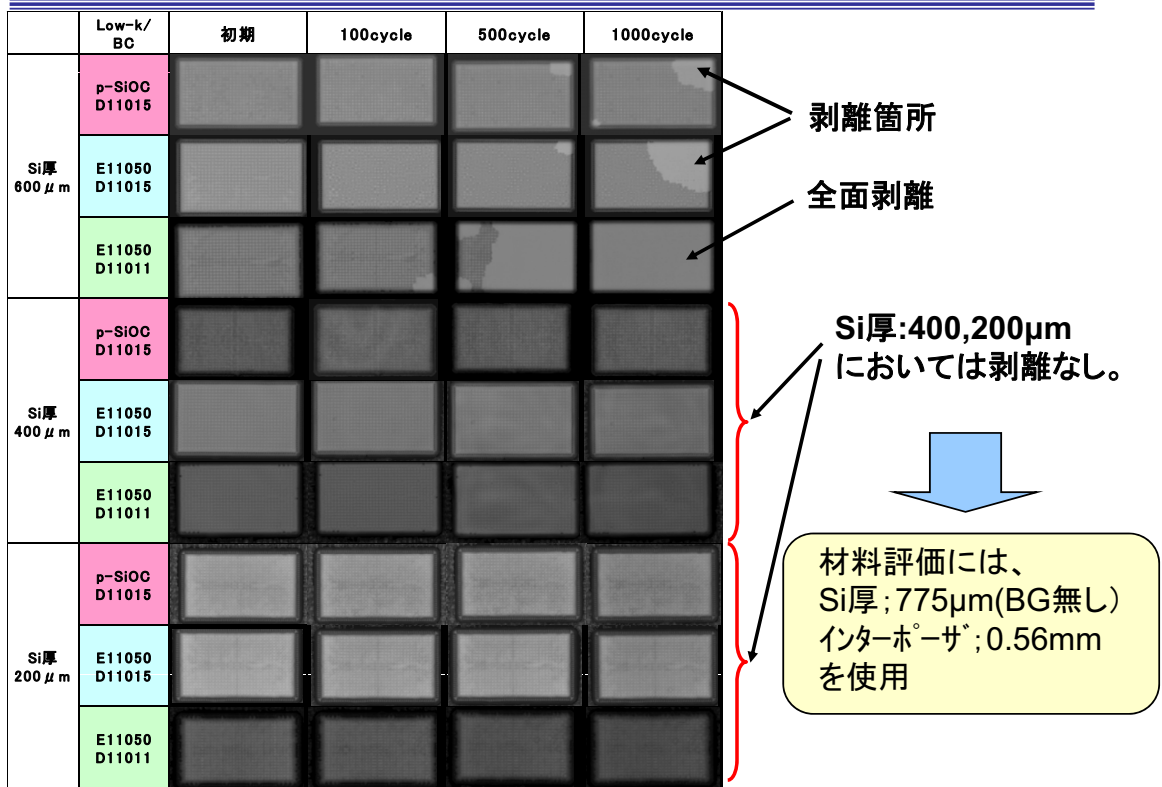
リフロー:

Pbフリー条件 (Max.250°C)

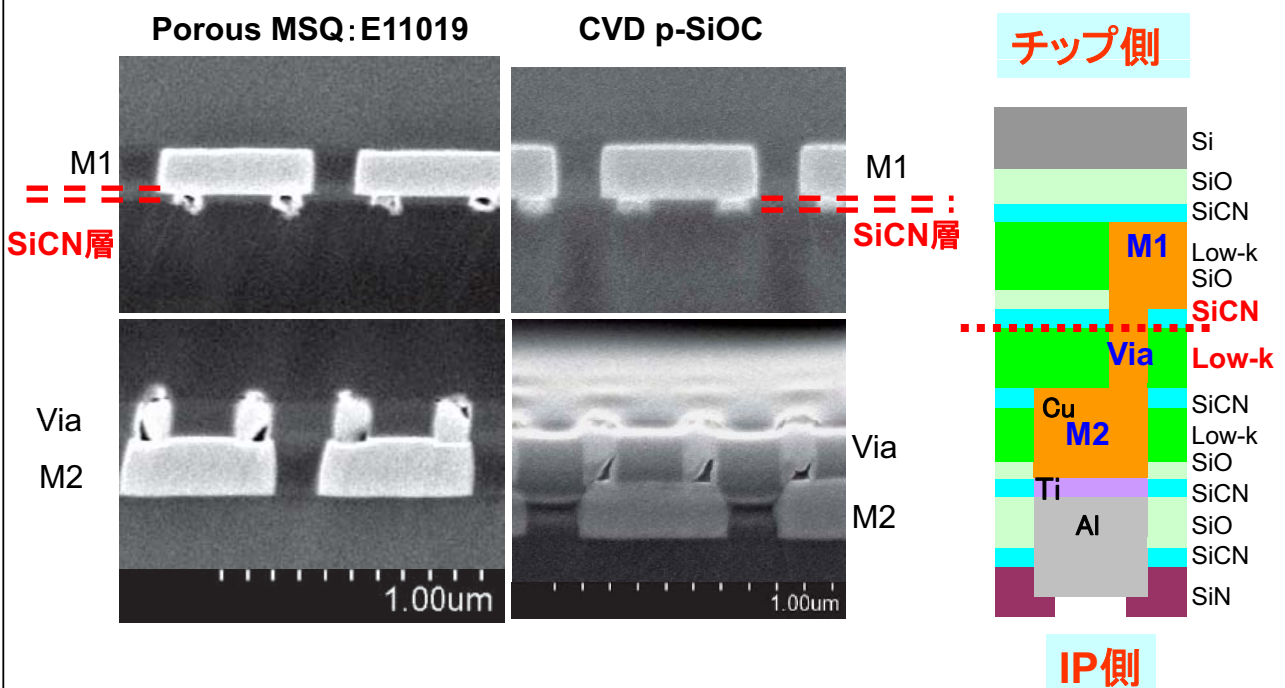
温度サイクル:

-55°C (15min.) ⇔ 125°C (15min.)

2.2 WLPによる材料評価方法(Si厚)

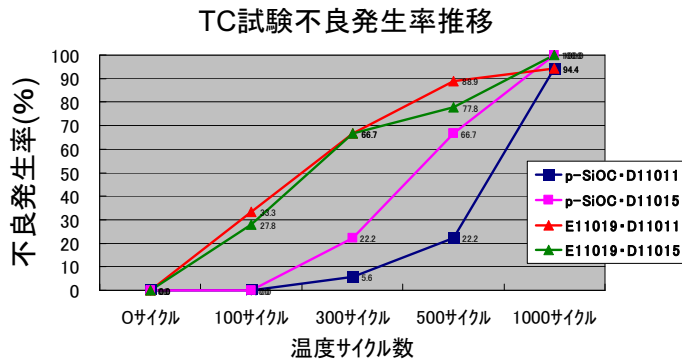


2.2 WLPによる材料評価方法



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

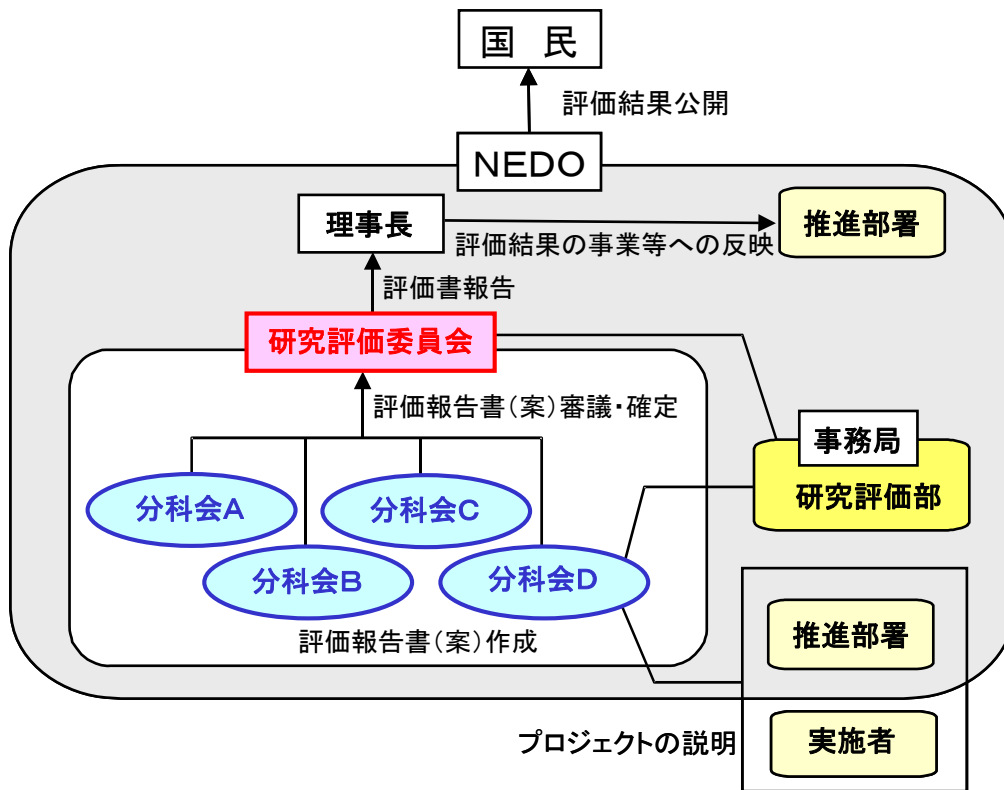
- ・ Low-k材料を含む簡易構造のチップを用いたQFPの環境試験を行い、Low-k材料評価のためのチップ構造、試験条件を選定した
- ・ 種々のSi厚さの2層配線TEGチップを用いたMCPでの一貫評価により、Low-k材料、バッファコート膜、バックグランドテープ、DAF付ダイシングテープそれぞれの材料の課題を抽出した
- ・ 2層配線TEGチップを用いたWLPでの一貫評価により、Siチップ厚とインターホーザ厚が剥離に及ぼす影響を把握し、Low-k材料、バッファコート膜の材料評価を実施した
- ・ 2層配線TEGを用いたFCLGA、銅ポスト型WLPの一貫評価により、Low-k材料、バッファコ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

参考資料 1 評価の実施方法

本評価は、「技術評価実施規程」（平成 15 年 10 月制定）に基づいて研究評価を実施する。

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）における研究評価の手順は、以下のように被評価プロジェクトごとに分科会を設置し、同分科会にて研究評価を行い、評価報告書（案）を策定の上、研究評価委員会において確定している。

- 「NEDO 技術委員・技術委員会等規程」に基づき研究評価委員会を設置
- 研究評価委員会はその下に分科会を設置



1. 評価の目的

評価の目的は「技術評価実施規程」において。

- 業務の高度化等の自己改革を促進する
- 社会に対する説明責任を履行するとともに、
経済・社会ニーズを取り込む
- 評価結果を資源配分に反映させ、資源の重点化及び業務の効率化を
促進する

としている。

本評価においては、この趣旨を踏まえ、本事業の意義、研究開発目標・計画の妥当性、計画を比較した達成度、成果の意義、成果の実用化の可能性等について検討・評価した。

2. 評価者

技術評価実施規程に基づき、事業の目的や態様に即した外部の専門家、有識者からなる委員会方式により評価を行う。分科会委員選定に当たっては以下の事項に配慮して行う。

- 科学技術全般に知見のある専門家、有識者
- 当該研究開発の分野の知見を有する専門家
- 研究開発マネジメントの専門家、経済学、環境問題その他社会的ニーズ
関連の専門家、有識者
- 産業界の専門家、有識者

また、評価に対する中立性確保の観点から事業の推進側関係者を選任対象から除外し、また、事前評価の妥当性を判断するとの側面にかんがみ、事前評価に関与していない者を主体とする。

これらに基づき、分科会委員名簿にある6名を選任した。

なお、本分科会の事務局については、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構研究評価広報部が担当した。

3. 評価対象

平成18年度に開始された「次世代高度部材開発評価基盤の開発」プロジェクトを評価対象とした。

なお、分科会においては、当該事業の推進部署から提出された事業原簿、プロジェクトの内容、成果に関する資料をもって評価した。

4. 評価方法

分科会においては、当該事業の推進部署及び研究実施者からのヒアリングと、それを踏まえた分科会委員による評価コメント作成、評点法による評価及び実施者側等との議論等により評価作業を進めた。

なお、評価の透明性確保の観点から、知的財産保護の上で支障が生じると認められる場合等を除き、原則として分科会は公開とし、研究実施者と意見を交換する形で審議を行うこととした。

5. 評価項目・評価基準

分科会においては、次に掲げる「評価項目・評価基準」で評価を行った。これは、研究評価委員会による『各分科会における評価項目・評価基準は、被評価プロジェクトの性格、中間・事後評価の別等に応じて、各分科会において判断すべき者である。』との考え方に従い、第1回分科会において、事務局が、研究評価委員会により示された「標準的評価項目・評価基準」（参考資料 1-7 頁参照）をもとに改定案を提示し、承認されたものである。

プロジェクト全体に係わる評価においては、主に事業の目的、計画、運営、達成度、成果の意義や実用化への見通し等について評価した。各個別テーマに係る評価については、主にその目標に対する達成度等について評価した。

評価項目・評価基準

1. 事業の位置付け・必要性について

(1) NEDOの事業としての妥当性

- ・ 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及びITイノベーションプログラムの目標達成のために寄与しているか。
- ・ 民間活動のみでは改善できないものであること、又は公共性が高いことにより、NEDOの関与が必要とされる事業か。
- ・ 当該事業を実施することによりもたらされる効果が、投じた予算との比較において十分であるか。

(2) 事業目的の妥当性

- ・ 内外の技術開発動向、国際競争力の状況、エネルギー需給動向、市場動向、政策動向等から見て、事業の目的は妥当か。

2. 研究開発マネジメントについて

(1) 研究開発目標の妥当性

- ・ 内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、戦略的な目標が設定されているか。
- ・ 具体的かつ明確な開発目標を可能な限り定量的に設定しているか。
- ・ 目標達成度を測定・判断するための適切な指標が設定されているか。

(2) 研究開発計画の妥当性

- ・ 目標達成のために妥当なスケジュール、予算（各個別研究テーマ毎の配分を含む）となっているか。
- ・ 目標達成に必要な要素技術を取り上げているか。
- ・ 研究開発フローにおける要素技術間の関係、順序は適切か。
- ・ 継続プロジェクトの場合、技術蓄積を、実用化の観点から絞り込んだうえで活用が図られているか。

(3) 研究開発実施の事業体制の妥当性

- ・ 適切な研究開発チーム構成での実施体制になっているか。
- ・ 真に技術力と事業化能力を有する研究機関を実施者として選定している

か。

- ・ 目標達成及び効率的実施のために必要な組合メンバー間の連携が十分に行われる体制となっているか。
- ・ 実用化シナリオに基づき、成果の受け取り手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、関与を求める体制を整えているか。

(4)情勢変化への対応等

- ・ 進捗状況を常に把握し、社会・経済の情勢の変化及び政策・技術動向に機敏かつ適切に対応しているか。
- ・ 計画見直しの方針は一貫しているか（中途半端な計画見直しが研究方針の揺らぎとなっていないか）。計画見直しを適切に実施しているか。

3. 研究開発成果について

(1)目標の達成度

- ・ 成果は目標値をクリアしているか。
- ・ 全体としての目標達成はどの程度か。
- ・ 目標未達成の場合、目標達成までの課題を把握し、課題解決の方針が明確になっているか。

(2)成果の意義

- ・ 成果は市場の拡大或いは市場の創造につながることを期待できるか。
- ・ 成果は、世界初あるいは世界最高水準か。
- ・ 成果は、新たな技術領域を開拓することが期待できるか。
- ・ 成果は汎用性があるか。
- ・ 投入された予算に見合った成果が得られているか。
- ・ 成果は、他の競合技術と比較して優位性があるか。

(3)知的財産権等の取得及び標準化の取組

- ・ 知的財産権等の取扱（特許や意匠登録出願、回路配置利用権の登録、営業機密の管理等）は事業戦略、または実用化計画に沿って国内外に適切に行われているか。

(4)成果の普及

- ・ 論文の発表は、研究内容を踏まえ適切に行われているか。
- ・ 成果の受取手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、適切に成

果を普及しているか。また、普及の見通しは立っているか。

- ・ 一般に向けて広く情報発信をしているか。

4. 実用化、事業化の見通しについて

(1) 成果の実用化可能性

- ・ 産業技術としての見極め（適用可能性の明確化）ができているか。
- ・ 実用化に向けて課題が明確になっているか。課題解決の方針が明確になっているか。

(2) 事業化までのシナリオ

- ・ NEDO後継プロジェクト、NEDO実用化助成、企業内研究等、プロジェクト終了後の事業化までの道筋は明確か。
- ・ コストダウン、競合技術との比較、導入普及、事業化までの期間、事業化とそれに伴う経済効果等の見通しは立っているか。

(3) 波及効果

- ・ 成果は関連分野への波及効果（技術的・経済的・社会的）を期待できるものか。
- ・ プロジェクトの実施自体が当該分野の研究開発や人材育成等を促進するなどの波及効果を生じているか。

標準的評価項目・評価基準（事後評価）

2008. 3. 27

【事後評価 標準的評価項目・評価基準の位置付け（基本的考え方）】

標準的評価項目・評価基準は、第17回研究評価委員会（平成20年3月27日付）において以下のとおり定められている。（本文中の記載例による1・・・、2・・・、3・・・、4・・・が標準的評価項目、それぞれの項目中の(1)・・・、(2)・・・が標準的評価基準、それぞれの基準中の・・・が視点）

ただし、これらの標準的評価項目・評価基準は、研究開発プロジェクトの事後評価における標準的な評価の視点であり、各分科会における評価項目・評価基準は、被評価プロジェクトの性格等に応じて、各分科会において判断すべきものである。

1. 事業の位置付け・必要性について

(1) NEDOの事業としての妥当性

- ・ 特定の施策（プログラム）、制度の下で実施する事業の場合、当該施策・制度の目標達成のために寄与しているか。
- ・ 民間活動のみでは改善できないものであること、又は公共性が高いことにより、NEDOの関与が必要とされる事業か。
- ・ 当該事業を実施することによりもたらされる効果が、投じた予算との比較において十分であるか。

(2) 事業目的の妥当性

- ・ 内外の技術開発動向、国際競争力の状況、エネルギー需給動向、市場動向、政策動向、国際貢献の可能性等から見て、事業の目的は妥当か。

2. 研究開発マネジメントについて

(1) 研究開発目標の妥当性

- ・ 内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、戦略的な目標が設定されているか。
- ・ 具体的かつ明確な開発目標を可能な限り定量的に設定しているか。
- ・ 目標達成度を測定・判断するための適切な指標が設定されているか。

(2)研究開発計画の妥当性

- ・ 目標達成のために妥当なスケジュール、予算（各個別研究テーマ毎の配分を含む）となっているか。
- ・ 目標達成に必要な要素技術を取り上げているか。
- ・ 研究開発フローにおける要素技術間の関係、順序は適切か。
- ・ 継続プロジェクトや長期プロジェクトの場合、技術蓄積を、実用化の観点から絞り込んだうえで活用が図られているか。

(3)研究開発実施の事業体制の妥当性

- ・ 適切な研究開発チーム構成での実施体制になっているか。
- ・ 真に技術力と事業化能力を有する企業を実施者として選定しているか。
- ・ 研究管理法人を経由する場合、研究管理法人が真に必要な役割を担っているか。
- ・ 全体を統括するプロジェクトリーダー等が選任され、十分に活躍できる環境が整備されているか。
- ・ 目標達成及び効率的実施のために必要な実施者間の連携 and/or 競争が十分に行われる体制となっているか。
- ・ 実用化シナリオに基づき、成果の受け取り手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、関与を求める体制を整えているか。

(4)情勢変化への対応等

- ・ 進捗状況を常に把握し、社会・経済の情勢の変化及び政策・技術動向に機敏かつ適切に対応しているか。
- ・ 計画見直しの方針は一貫しているか（中途半端な計画見直しが研究方針の揺らぎとなっていないか）。計画見直しを適切に実施しているか。

3. 研究開発成果について

(1)目標の達成度

- ・ 成果は目標値をクリアしているか。
- ・ 全体としての目標達成はどの程度か。
- ・ 目標未達成の場合、目標達成までの課題を把握し、課題解決の方針が明確になっているか。

(2)成果の意義

- ・ 成果は市場の拡大或いは市場の創造につながる事が期待できるか。

- ・ 成果は、世界初あるいは世界最高水準か。
- ・ 成果は、新たな技術領域を開拓することが期待できるか。
- ・ 成果は汎用性があるか。
- ・ 投入された予算に見合った成果が得られているか。
- ・ 成果は、他の競合技術と比較して優位性があるか。

(3)知的財産権等の取得及び標準化の取組

- ・ 知的財産権等の取扱（特許や意匠登録出願、著作権や回路配置利用権の登録、品種登録出願、営業機密の管理等）は事業戦略、または実用化計画に沿って国内外に適切に行われているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、得られた研究開発の成果に基づく国際標準化に向けた提案等の取組が適切に行われているか。

(4)成果の普及

- ・ 論文の発表は、研究内容を踏まえ適切に行われているか。
- ・ 成果の受取手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、適切に成果を普及しているか。また、普及の見通しは立っているか。
- ・ 一般に向けて広く情報発信をしているか。

4. 実用化、事業化の見通しについて

(1)成果の実用化可能性

- ・ 産業技術としての見極め（適用可能性の明確化）ができているか。
- ・ 実用化に向けて課題が明確になっているか。課題解決の方針が明確になっているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、国際規格化等、標準整備に向けた見通しが得られているか。

(2)事業化までのシナリオ

- ・ NEDO後継プロジェクト、NEDO実用化助成、企業内研究等、プロジェクト終了後の事業化までの道筋は明確か。
- ・ コストダウン、競合技術との比較、導入普及、事業化までの期間、事業化とそれに伴う経済効果等の見通しは立っているか。

(3)波及効果

- ・ 成果は関連分野への波及効果（技術的・経済的・社会的）を期待できるものか。
- ・ プロジェクトの実施自体が当該分野の研究開発や人材育成等を促進するなどの波及効果を生じているか。

※基礎的・基盤的研究及び知的基盤・標準整備等の研究開発の場合は、以下の項目・基準による。

*基礎的・基盤的研究開発の場合

3. 研究開発成果について

(1)目標の達成度

- ・ 成果は目標値をクリアしているか。
- ・ 全体としての目標達成はどの程度か。
- ・ 目標未達成の場合、目標達成までの課題を把握し、課題解決の方針が明確になっているか。

(2)成果の意義

- ・ 成果は市場の拡大或いは市場の創造につながることを期待できるか。
- ・ 成果は、世界初あるいは世界最高水準か。
- ・ 成果は、新たな技術領域を開拓することが期待できるか。
- ・ 成果は汎用性があるか。
- ・ 投入された予算に見合った成果が得られているか。
- ・ 成果は、他の競合技術と比較して優位性があるか。

(3)知的財産権等の取得及び標準化の取組

- ・ 知的財産権等の取扱（特許や意匠登録出願、著作権や回路配置利用権の登録、品種登録出願、営業機密の管理等）は事業戦略、または実用化計画に沿って国内外に適切に行われているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、得られた研究開発の成果に基づく国際標準化に向けた提案等の取組が適切に行われているか。

(4)成果の普及

- ・ 論文の発表は、研究内容を踏まえ適切に行われているか。
- ・ 成果の受取手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、適切に成果を普及しているか。また、普及の見通しは立っているか。
- ・ 一般に向けて広く情報発信をしているか。

4. 実用化の見通しについて

(1)成果の実用化可能性

- ・ 実用化イメージ・出口イメージが明確になっているか。

- ・ 実用化イメージ・出口イメージに基づき、開発の各段階でマイルストーンを明確にしているか。それを踏まえ、引き続き研究開発が行われる見通しは立っているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、国際規格化等、標準整備に向けた見通しが得られているか。

(2)波及効果

- ・ 成果は関連分野への波及効果（技術的・経済的・社会的）を期待できるものか。
- ・ プロジェクトの実施自体が当該分野の研究開発や人材育成等を促進するなどの波及効果を生じているか。

* 知的基盤・標準整備等の研究開発の場合

3. 研究開発成果について

(1)目標の達成度

- ・ 成果は目標値をクリアしているか。
- ・ 全体としての目標達成はどの程度か。
- ・ 目標未達成の場合、目標達成までの課題を把握し、課題解決の方針が明確になっているか。

(2)成果の意義

- ・ 成果は市場の拡大或いは市場の創造につながることを期待できるか。
- ・ 成果は、世界初あるいは世界最高水準か。
- ・ 成果は、新たな技術領域を開拓することが期待できるか。
- ・ 成果は汎用性があるか。
- ・ 投入された予算に見合った成果が得られているか。
- ・ 成果は公開性が確保されているか。

(3)知的財産権等の取得及び標準化の取組

- ・ 研究内容に新規性がある場合、知的財産権等の取扱（特許や意匠登録出願、著作権や回路配置利用権の登録、品種登録出願、営業機密の管理等）は事業戦略、または実用化計画に沿って国内外に適切に行われているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、得られた研究開発の成果に基づく国際標準化に向けた提案等の取組が適切に行われているか。

(4)成果の普及

- ・ 論文の発表は、研究内容を踏まえ適切に行われているか。
- ・ 成果の受取手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、適切に成果を普及しているか。また、普及の見通しは立っているか。
- ・ 一般に向けて広く情報発信をしているか。

4. 実用化の見通しについて

(1)成果の実用化可能性

- ・ 整備した知的基盤についての利用は実際にあるか、その見通しが得られているか。
- ・ 公共財として知的基盤を供給、維持するための体制は整備されているか、その見込みはあるか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、国際規格化等、標準整備に向けた見通しが得られているか。
- ・ J I S化、標準整備に向けた見通しが得られているか。注) 国内標準に限る
- ・ 一般向け広報は積極的になされているか。

(2)波及効果

- ・ 成果は関連分野への波及効果（技術的・経済的・社会的）を期待できるものか。
- ・ プロジェクトの実施自体が当該分野の研究開発や人材育成等を促進するなどの波及効果を生じているか。

参考資料 2 評価に係る被評価者意見

研究評価委員会（分科会）は、評価結果を確定するにあたり、あらかじめ当該実施者に対して評価結果を示し、その内容が、事実関係から正確性を欠くなどの意見がある場合に、補足説明、反論などの意見を求めた。研究評価委員会（分科会）では、意見があったものに対し、必要に応じて評価結果を修正の上、最終的な評価結果を確定した。

評価結果に対する被評価者意見は全て反映された。

本研究評価委員会報告は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO 技術開発機構）研究評価部が委員会の事務局として編集しています。

平成21年10月

NEDO 技術開発機構

研究評価部

統括主幹 竹下 満

主幹 寺門 守

担当 森山 英重

* 研究評価委員会に関する情報は NEDO 技術開発機構のホームページに掲載しています。

(<http://www.nedo.go.jp/iinkai/kenkyuu/index.html>)

〒212-8554 神奈川県川崎市幸区大宮町1310番地

ミュージア川崎セントラルタワー20F

TEL 044-520-5161 FAX 044-520-5162