

平成24年度 戦略的基盤技術高度化支援事業

「LED用ウェハー超薄板化裏面精密研磨技術の開発」

研究開発成果等報告書

平成25年 3月

委託者 関東経済産業局

委託先 財団法人 秩父地域地場産業振興センター

目次

第1章 研究開発の概要

1－1 研究開発の背景・研究目的及び目標

- (1) 研究開発の背景
- (2) 研究開発の目的及び目標
- (3) 技術的目標値

1－2 研究体制

- (1) 研究組織
- (2) 管理体制

1－3 成果概要

1－4 当該研究開発の連絡窓口

第2章 本論

2－1 ウェハー貼り付け技術の開発

2－2 研削技術の開発

2－3 ラップ技術の開発

第3章 総括

3－1 研究開発後の課題

3－2 研究開発後の事業化展開

第1章 研究開発の概要

1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

(1) 研究開発の背景

省エネ・省資源・環境重視が時代の要請となっている昨今、発光ダイオード(LED)は省電力、長寿命という観点から大きな注目を浴びている。なかでも青色LEDに黄色蛍光体を組み合わせて白く発光させる白色LEDはパソコン、携帯電話等の情報通信機器、家庭、車等の照明から液晶テレビのバックライト(図1-1参照)まで応用の範囲は多岐にわたる。その市場規模も2008年には2400億円であったが、今後急速に伸びて2012年には5800億円に達すると推定される。(図1-2参照)

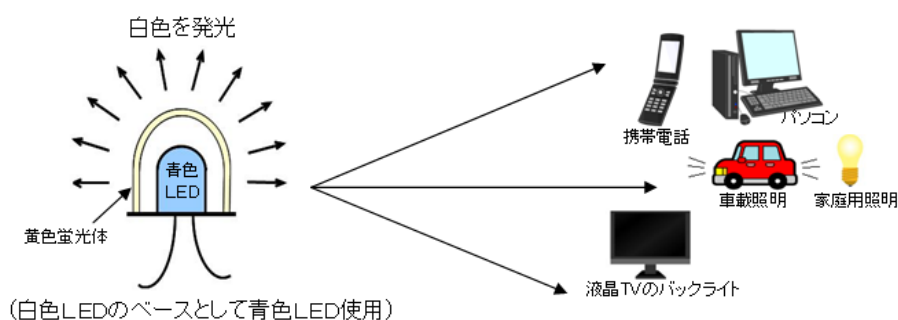


図1-1 応用分野

白色LEDのベースとなる青色LEDはサファイアウェハー上にGaN(窒化ガリウム)のバッファ層を形成し、その上にLED素子用のデバイスを作成する。図1-3に白色LEDの構造を、図1-4に青色LEDの素子構造を示す。LED素子用デバイスも通常の半導体デバイスと同様バッファ層形成及びデバイス作成のプロセスにおいては熱学的(800℃以上)及び化学的(ガスによる強い腐食性等)に大きなストレスが加わる。このため、デバイス形成前のサファイアウェハー厚みは900ミクロン前後である。これをデバイス形成後小型・高密度集積化のために裏面(デバイスの形成されていないサファイア面)を研磨して150ミクロン程度まで厚みを落とす必要があり、加えて高い平坦性(5ミクロン以下)が要求される。この裏面研磨工程は青色LEDを製造する上で不可欠な工程である。

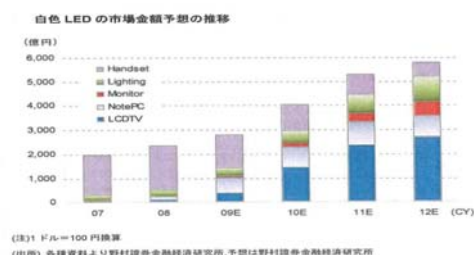


図1-2 市場規模

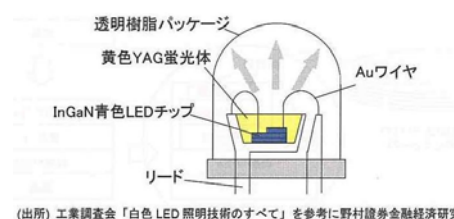


図1-3 白色LEDの構造

サファイアは非常に高硬度(モース硬度:9)で研磨されにくく、研磨にも長時間要する。それ故平坦度を確保するのが困難である。更に、LEDデバイスが形成されたサファイアウェハーの反りは大変大きく、加工を困難にしている。現状この裏面研磨加工には大きな製造コストがかかっており、青色LEDの低価格化ひいて白色LEDの普及において大きな障害となっている。川下製造業者の希望価格は5,000円程度であり、この価格を可能とするためには、高速且つ効率的な裏面精密研磨技術を確立しなくてはならない。



(出所) 工業調査会「白色LED照明技術のすべて」を参考に野村證券金融経済研究所

図1-4 InGaN系青色LEDの素子構造

白色LED市場の今後の爆発的な伸びを想定して、そのベースとなる青色LEDの裏面精密研磨技術を飛躍的に高め、秩父地域の活性化ひいては日本の半導体産業の発展に寄与しなくてはならないと痛感している。その為にも本技術開発を迅速且つ着実に進めなくてはならない。

(2) 研究開発の目的及び目標

[概要]

ウェハ薄板化裏面研磨は、ウェハ貼り付け、研削、ラップの3工程からなる。1プレートウェハ1枚貼りのテストラインは既に設置されているが、精度及び処理効率が量産を行うにあたり大きな問題となっている。本研究開発においてはこれら三つの工程における様々な技術的課題を解決してLED用ウェハの高速且つ効率的な裏面精密研磨技術の確立を目指す。図1-5裏面研磨工程の位置付けを示す。

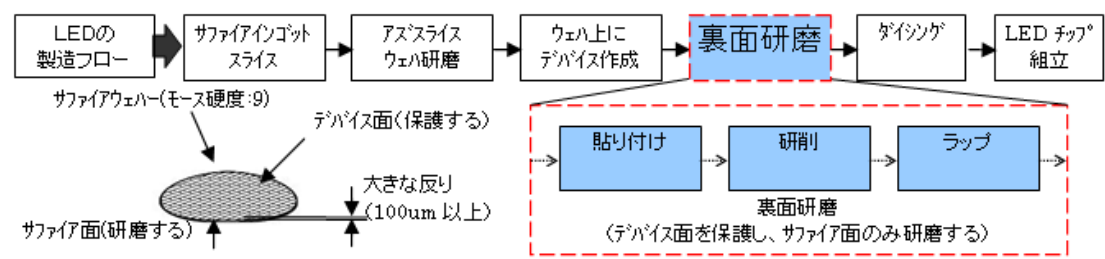


図1-5 裏面研磨工程の位置付

ウェハ貼り付け工程においては、反りの大きいウェハを貼り付ける為の枚葉式ウェハ貼り付け装置の開発を行う。並行して反りの大きいウェハを貼り付けるための強い接着強度をもったWAXの開発、又貼り付けの際ウェハ表面に形成されたデバイスの保護方法の開発も並行して行う。

研削工程においては、高速研削を実現するための剛性の高い研削装置の開発を行う。研削装置には処理の効率化の為の自動ドレス機能及び2段研削機構を組み込む予定である。更に、従来は1プレートにウェハを1枚貼っていたのに対して、1プレートウェハ3枚貼りの研削技術の開発を行う。一方、装置の開発と並行して高速研削を実現するための砥石の開発も行う。

ラップ工程においては、研削で発生した破碎層の深さを正確に把握して研削後の適正なラップ量の把握を行い、最小時間でのラップを目指す。またウェハの平坦性を確保するために、揺動機構を備えたラップ装置の開発を行う。ラップで使用する定盤の形状管理もウェハの平坦度を確保するために不可欠であり最適な定盤形状管理手法の確立を目指す。最終的には一連の工程を終えたウェハのデバイス特性を確認し、貼り付け、研削、ラップ工程がデバイス特性の悪化を招いていないことを確認する。

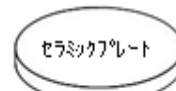
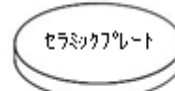
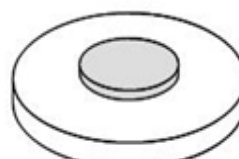
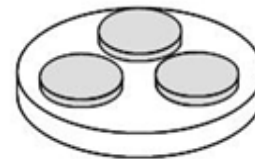
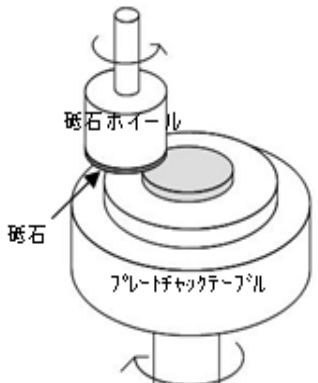
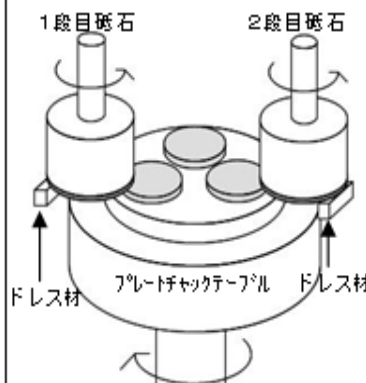
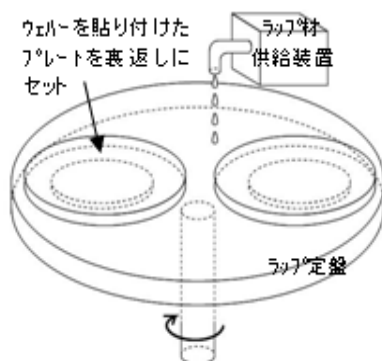
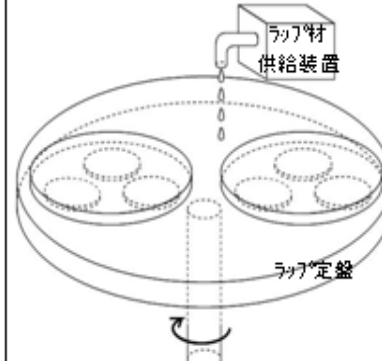
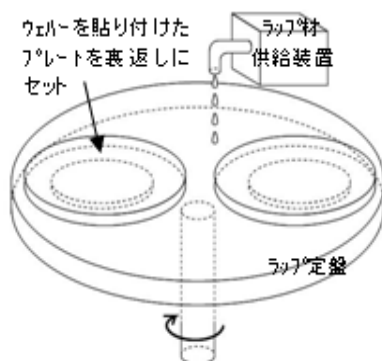
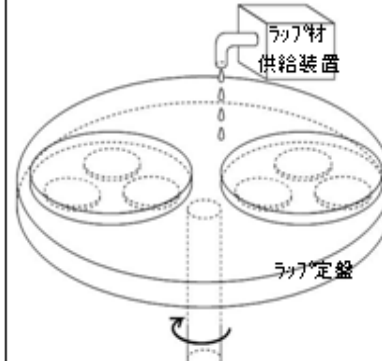
以下に本研究開発の包括的目標を示す。

包括的目標	現状	目標
製造原価	54,679円	3,635円
加工後のウェハ平坦度	10～20 ミクロン	5 ミクロン以下
加工可能なウェハの反り	最大80 ミクロンまで	100 ミクロン以上

[各工程における高度化目標及び技術的課題]

表1-1に各工程における従来の技術と新技術の比較を示す。包括的目標を達成する為には新技術の確立が避けて通れない。又表1-1に続いて各工程における高度化目標及び技術的課題について述べる。

表1-1 新技術と従来技術の比較

従来技術		新技術	
テフス付サファイアウェハー  + セラミックフレート 		テフス付サファイアウェハー  + セラミックフレート 	
貼り付け工程	課題	目標	
 (手動による貼り付け)	1フレートウェーハ1枚貼り	1フレートウェーハ複数枚貼り	 (装置による貼り付け)
	対応可反り	対応可反り	
	Max 80um	100um以上	
	貼り付け精度 10~20um	貼り付け精度 5um以下	
	貼り付け時間 50分	貼り付け時間 30分以下	
 砥石ホイール 砥石 フレートチャックテーブル	課題	目標	 1段目砥石 2段目砥石 ドレス材 フレートチャックテーブル ドレス材
	研削速度 2um/分	研削速度 120um/分(1段目) 20um/分(2段目)	
	1段研削	2段研削	
	手動ドレス	自動ドレス	
	破砕層：深い	破砕層：浅い	
 ウェハーを貼り付けた フレートを裏返しに セット ラップ材 供給装置 ラップ定盤	課題	目標	 ラップ材 供給装置 ラップ定盤
	ラップ後平坦度 10~20um	ラップ後平坦度 5um以下	
	ラップ定盤の形状管理 不十分	ラップ定盤の形状管理 確立	
	適正なラップ量の把握 不十分	適正なラップ量を破砕 層解析により明確化	
	装着最大定盤径 610φ	装着最大定盤径 710φ	
 ラップ定盤	枚数/フレート：1枚	枚数/フレート：3枚	 ラップ定盤

(3) 技術的目標値

研究開発サブテーマ毎の研究開発の技術的目標値は以下のとおり。

1. ウェハー貼り付け技術の開発

サブテーマ 1-1 : 枚葉式ウェハー貼り付け装置の開発

- ・1プレートに4インチウェハー3枚貼り付け可能なこと
- ・貼り付け精度——— 5ミクロン以下
- ・反りが100ミクロン以上のウェハー貼り付け可能なこと
- ・WAX内気泡除去できること

サブテーマ 1-2 : 貼り付け用WAXの開発

- ・貼り付け強度———反りが100ミクロン以上のウェハーを確実に保持できること
- ・剥離の容易さ———溶解温度で容易に剥離できること
- ・剥離後洗浄においてWAX残差なきこと。

サブテーマ 1-3 : デバイス面保護方法の開発

- ・保護材(又は膜)の厚み精度——— 5 ミクロン以下
- ・デバイス面にキズつけないこと

2. 研削技術の開発

サブテーマ 2-1 : 自動ドレス機構付き高剛性2段研削装置の開発

- ・研削速度——— 120ミクロン/分(1段目砥石)、20 ミクロン/分(2段目砥石)以上
- ・薄物加工———仕上げ厚み 200ミクロンが可能であること。

サブテーマ 2-2 : 2段研削における砥石の組合せの最適化

- ・900ミクロンから200ミクロンへの研削に要する処理時間(1段目と2段目の検索時間の合計)10分以内
- ・2段目の研削後破碎層の深さ 10ミクロン以下

サブテーマ 2-3 : 自動ドレス最適条件の確立

- ・ドレス材の材質、形状の検証
- ・ドレス材の砥石に対する適正な圧力の検証

サブテーマ 2-4 : クラック防止技術の開発

- ・1プレートウェハー複数枚貼りにおいて、研削仕上げ厚み200ミクロンでウェハーにクラック発生しないこと

サブテーマ 2-5 : 1プレートウェハー複数枚貼り高速研削に適した砥石の開発

- ・砥石寿命———100プレート以上研削可能なこと
- ・研削速度———120ミクロン/分(1段目砥石)、20ミクロン/分(2段目砥石)以上

3. ラップ技術の開発

サブテーマ 3-1 : 揺動機構付きラップ装置の開発

- ・装着可能最大定盤径———710Φ
- ・薄物加工———仕上げ厚み 150ミクロンまで対応可能であること。

サブテーマ 3-2 : 適正なラップ量の検証

- ・破碎層の深さ方向の解析方法の確立
- ・必要最小限のラップ量の把握
- ・最適な定盤素材の検証

サブテーマ 3-3 : 最適なラップ定盤素材及び形状の検証

- ・平坦度——— 5ミクロン以下
- ・定盤使用開始時の最適な定盤形状の把握
- ・加工過程における定盤形状変化状況の把握及び定盤修正タイミングの把握

サブテーマ 3-4 : ラップ後ウェハーのデバイス特性の検証

- ・耐圧、耐熱、電気特性、輝度特性等について問題の無いことの検証

1－2 研究体制

(1) 研究組織

それぞれの研究開発課題について、秩父電子(株)(平成18年度 元気なモノ作り中小企業300社)の技術グループを中心に研究開発を進める。更に研究実施機関として九州大学土肥研究室と(財)神奈川科学技術アカデミー高度計測センター微細構造解析グループに加わって。前者には研削、ラップ関連の技術について、後者には破碎層の解析について担当して頂く。

更に装置製造装置メーカーにアドバイザーとして加わって頂く。川下製造業者もアドバイザーとして加わって頂き加工後のウェハーのデバイス特性評価を中心にサンプルウェハーの提供も含めて協力頂く。

本研究開発事業管理は(財)秩父地域地場産業振興センターが担当する。秩父地域の産官学共同産業振興施策の一環として行政が強力にバックアップする。加えて秩父地域1市5町は本研究開発を総務省が提唱する定住自立権構想中の「圏域内企業の支援体制の充実」という枠組みの中に位置づけ、強力に推進していく予定である。図1－14に本研究開発の体制図を示す。

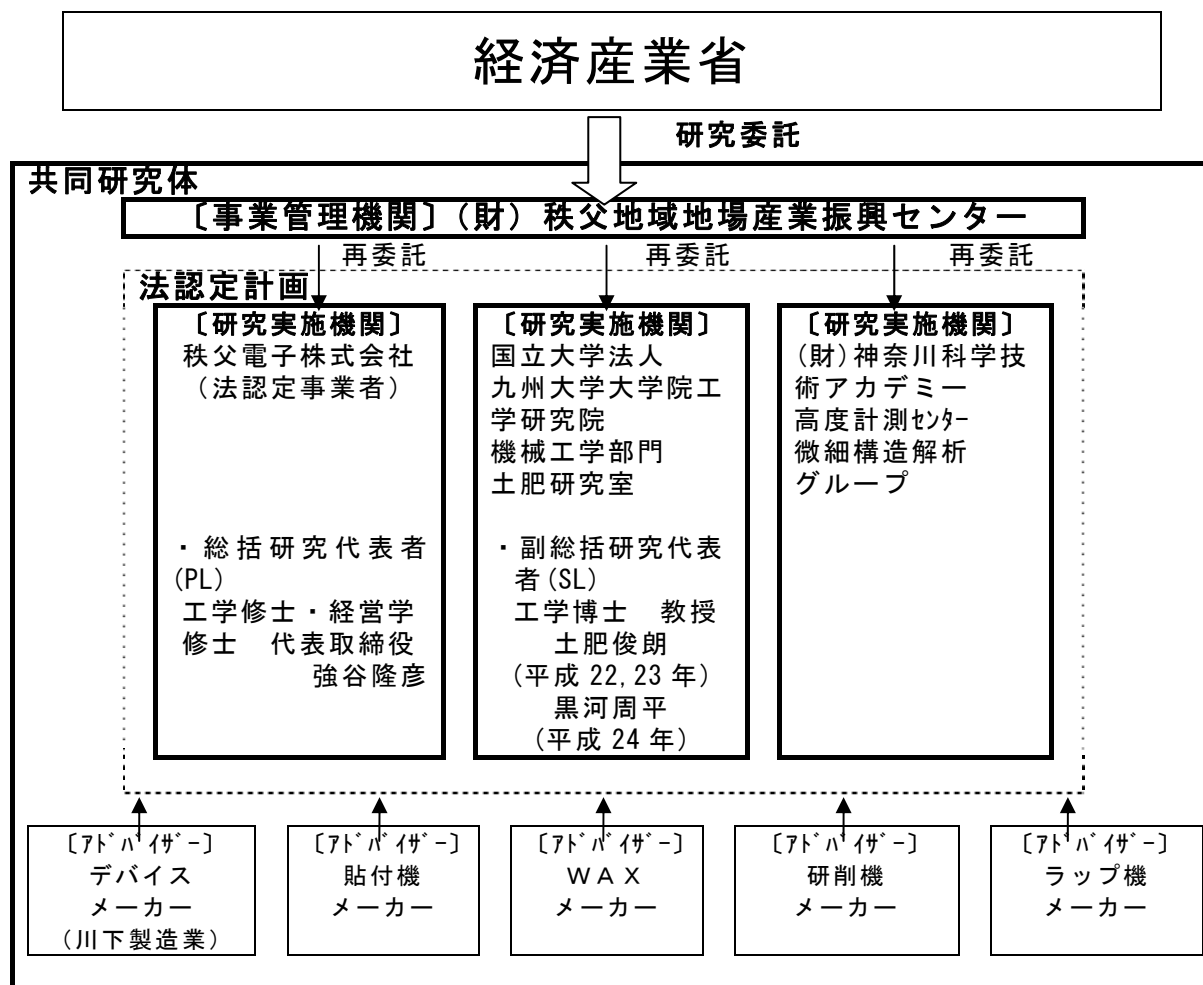


図 1－14 研究開発体制図

(2) 管理体制

- ・事業管理機関・(財) 秩父地域地場産業振興センターにおいて、本プロジェクトの管理を行う。プロジェクトの研究経緯と成果について取りまとめ、成果報告書を作成する。
- ・本研究の実用化に向けた到達の度合いを検証するとともに、事業化に向けての課題等について研究実施者と調整を行う。
- ・再委託先事業者が作成する証憑書類について、指導・確認を行う。
- ・研究開発推進委員会を委託契約期間内に数回程度開催する。

[所在地]

① 事業管理機関

(財) 秩父地域地場産業振興センター (最寄り駅：秩父鉄道 秩父駅)
〒368-0046 埼玉県秩父市宮側町 1 番 7 号

② 研究実施場所 (主たる研究実施場所については、下線表記。)

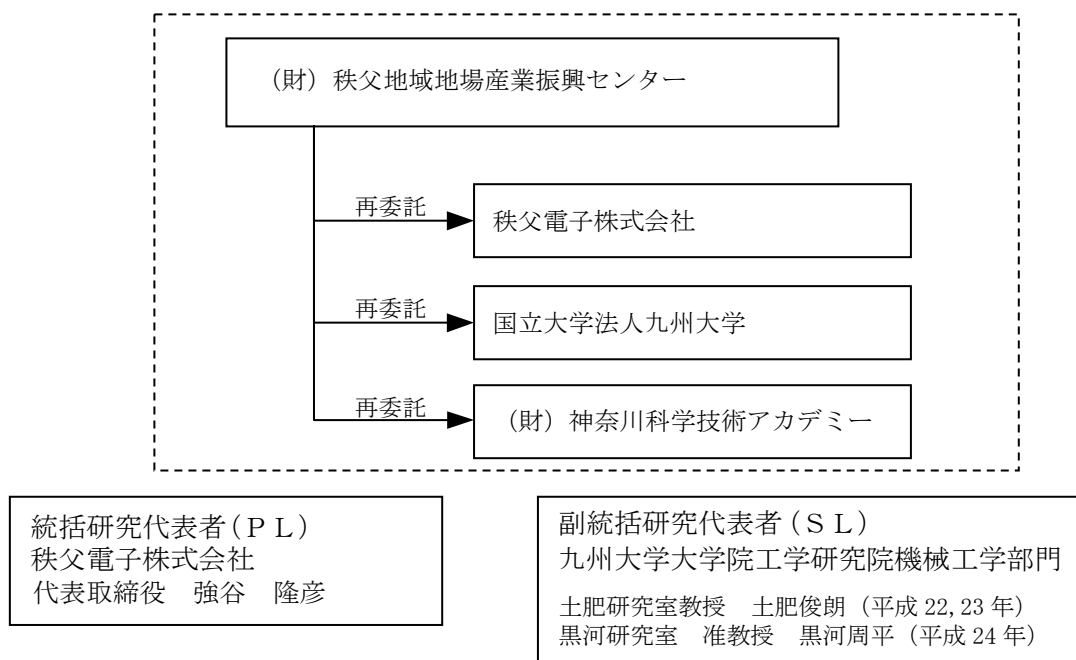
秩父電子株式会社 (最寄り駅：西武池袋線 西武秩父駅)
〒368-0004 埼玉県秩父市山田 2 1 7 8 番地

国立大学法人九州大学大学院工学研究院機械工学部門、土井研究室 (平成 2 2, 2 3 年)、黒河研究室 (平成 2 4 年) (最寄り駅：地下鉄空港線 九大学研都市駅)
〒819-0935 福岡県福岡市西区元岡 7 4 4

(財) 神奈川科学技術アカデミー (最寄り駅：JR 南武線 武蔵溝の口駅)
〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1

以下に研究組織図及び管理体制図を示す。

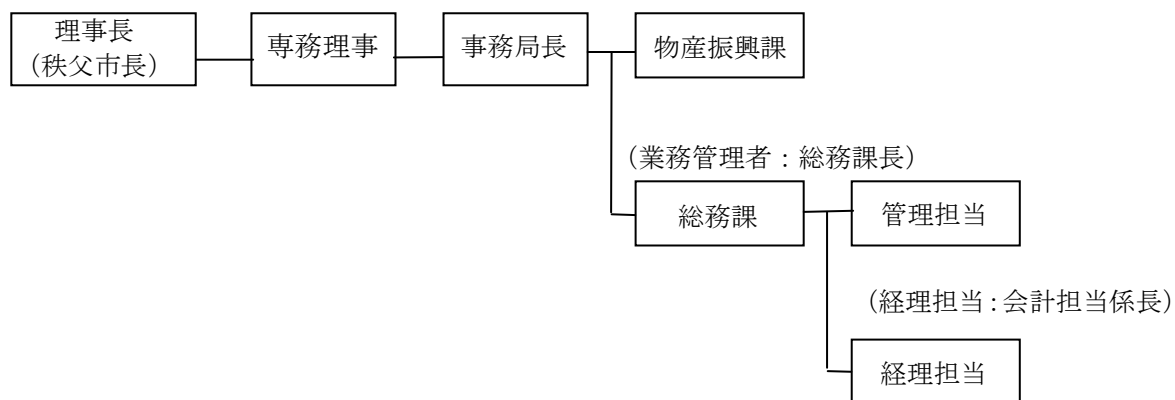
1. 研究組織（全体）



2. 管理体制

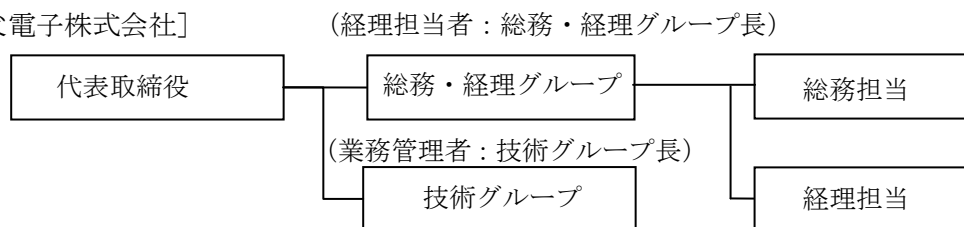
①事業管理機関

〔(財) 秩父地域地場産業振興センター〕

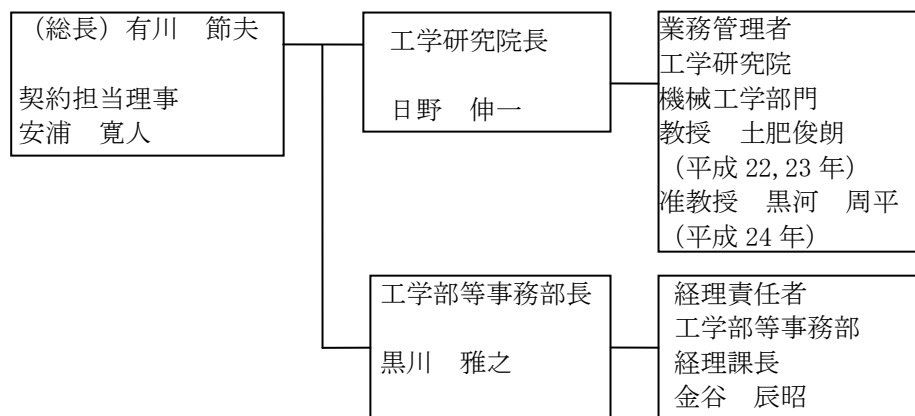


② 再委託先

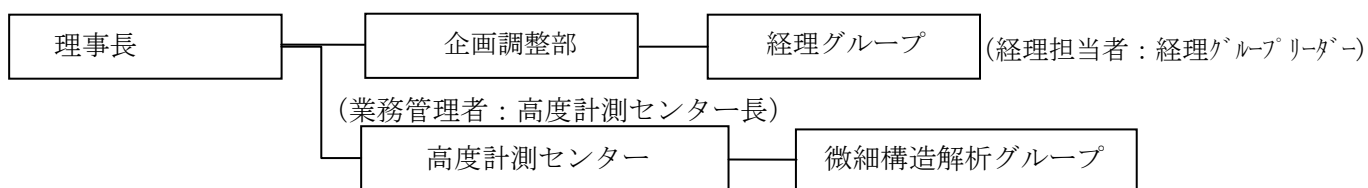
〔秩父電子株式会社〕



〔国立大学法人九州大学〕



〔(財) 神奈川科学技術アカデミー〕



3. 管理員及び研究員

【事業管理機関】（財）秩父地域地場産業振興センター

① 管理員

氏名	所属・役職	実施内容（番号）
野原 和恵	総務課 課長	

【再委託先】

（研究員）

秩父電子株式会社

氏名	所属・役職	実施内容（番号）
強谷 隆彦	代表取締役	1. 2. 3.
坂本 栄治朗	常務取締役	同上
引間 隆	技術グループ長	同上
丸岡 隆志	技術グループ専門職	同上
富田 裕治	技術グループ員	同上
岩黒 弘明	技術グループ員	同上
半藤 貴昭	技術グループ員	同上

国立大学法人九州大学

氏名	所属・役職	実施内容（番号）
黒河 周平	大学院工学研究院機械工学部門准教授	2. 3.
土肥 俊郎	産学連携センター 特任教授（名誉教授）	同上

（財）神奈川科学技術アカデミー

氏名	所属・役職	実施内容（番号）
斎藤 英純	高度計測センター微細構造解析グループ	3.
小沼 誠司	同上	同上
牛山 幹夫	同上	同上
矢矧 束穂	同上	同上

1-3 成果概要

各サブテーマ毎の研究開発の成果について以下に述べる。

1. ウェハー貼り付け技術の開発

サブテーマ 1-1 : 枚葉式ウェハー貼り付け装置の開発

- ・平成23年に導入された貼り付け装置を用いて、量産に向けてある程度の数こなして、歩留まり等も含めて問題のないこと検証された。

サブテーマ 1-2 : 貼り付け用WAXの開発

- ・平成23年に導入された貼り付け装置を用いて、量産に向けて開発した貼り付け用 WAX を使用した試作をある程度の数こなして、歩留まり等も含めて問題のないこと検証された。

サブテーマ 1-3 : デバイス面保護方法の開発

- ・平成23年に導入された貼り付け装置を用いて、量産に向けてクッション材を使用した試作をある程度の数こなして、歩留まり等も含めて問題のないこと検証された。
- ・上記サブテーマに加えて、反り400～500 μ を有したウェハー貼り付け技術の開発を川下製造業者からの要求により行った。貼り付け条件の最適化により、このように大きく反ったウェハーも面内バラツキ2 μ 以下で貼り付けることが可能となった。

2. 研削技術の開発

サブテーマ 2-1 : 自動ドレス機構付き高剛性2段研削装置の開発

- ・平成22年度に納入された研削装置を用いて、量産に向けてある程度の数こなして、歩留まり等も含めて問題のないこと確認された。

サブテーマ 2-2 : 2段研削における砥石の組合せの最適化

- ・平成22年度に導入された研削装置を用いて、量産に向けて新たに開発した砥石を使用した一段研削の試作をある程度の数こなして、歩留まり等も含めて問題のないこと検証された。

サブテーマ 2-3 : 自動ドレス最適条件の確立

- ・平成22年度に導入された研削装置を用いて、量産に向けて新たに開発したドレス用砥石を用いて自動ドレスの試作をある程度の数こなして、歩留まり等も含めて問題のないこと検証された。

サブテーマ 2-4 : クラック防止技術の開発

- ・平成22年度に導入された研削装置を用いて、量産に向けて新たに開発した砥石を使用したクラック防止の試作をある程度の数こなして、歩留まり等も含めて問題のないこと検証された。

サブテーマ 2-5 : 1プレートウェハー複数枚貼り高速研削に適した砥石の開発

- ・平成22年度に導入された研削装置を用いて、量産に向けて新たに開発した砥石を使用した一段研削の試作をある程度の数こなして、歩留まり等も含めて問題のないこと検証された。

3. ラップ技術の開発

サブテーマ 3-1 : 揺動機構付きラップ装置の開発

- ・平成23年には1次ラップ用装置導入し、目標であるラップ後の平坦度 5μ 以下、仕上げ厚み 140μ を達成した。また、川下製造業者より、新たな課題として後工程の歩留まり向上の為に更なるラップ面の精細化が求められた。これを達成するためには1次ラップ(従来のラップ)と2次ラップ(精細なラップ)の2段で行うことが必須となった。この為、平成24年度に2次ラップ専用の揺動機構付き2次ラップ装置(フェーシング機構付き)を導入した。本装置を用いてRa 10nm以下、仕上げ厚み 80μ を達成するラップ条件を確立した。

サブテーマ 3-2 : 適正なラップ量の検証

- ・これまで良好な結果を示してきた砥石の研削に起因する破砕層の深さを(財)神奈川科学技術アカデミーが分析した。研削の破砕層の分析手法は当初へきかい後SEM分析にて行った。しかし、へきかいによるダメージの為に、正確な破砕層が確認できなかった。そこで、イオンミリングにより溝を掘り、その後SEM分析をおこなうことにより、正確な破砕層の深さが確認された。
- ・ラップに起因する加工変質層は、SEM 分析では評価が難しく、TEM 分析により解析を行った。
- ・上記より、1次ラップ及び2次ラップの適切なラップ量を把握することができた。

サブテーマ 3-3 : 最適なラップ定盤素材及び形状の検証

- ・平成23年度では1次ラップにおいて、定盤形状は定盤中心部が周辺より高い中凸形状とした。本定盤により1次ラップは問題なく行えた。
- ・平成24年度は2次ラップにおける定盤形状の検討を行った。やはり、1次ラップと同様、中凸形状が優れているとの結論を得た。

サブテーマ 3-4 : ラップ後ウェハーのデバイス特性の検証

- ・本項目については、2次ラップ後のウェハーを川下製造業者が評価し、問題はなかったとのコメントを頂いた。

1-4 当該研究開発の連絡窓口

住所 : 〒368-0004

埼玉県秩父市宮側町 1番7号

名称 : 財団法人 秩父地域地場産業振興センター

担当者所属・役職・氏名 : 総務課 課長 野原 和恵

電話 : 0494(25)0588

FAX : 0494(22)3384

E-mail: chichibu@jiba.or.jp

第2章 本論

2-1 ウェハー貼り付け技術の開発

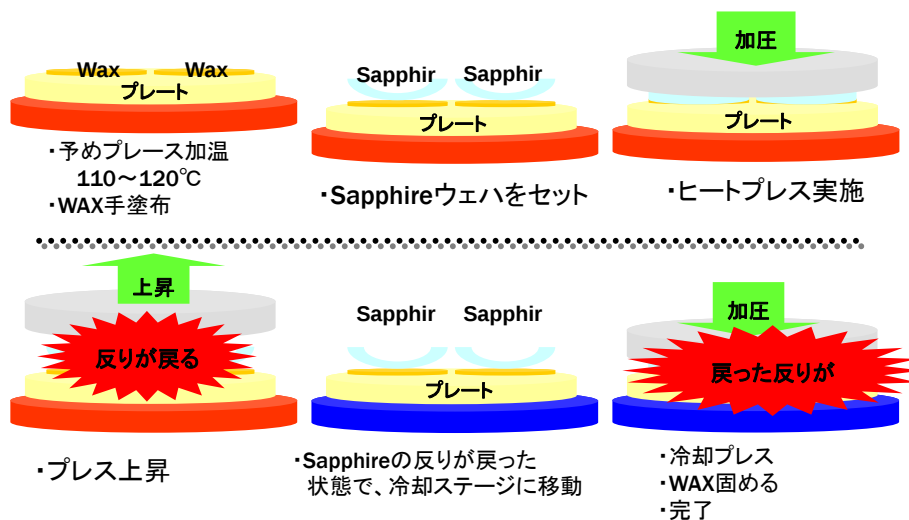
(1) 枚葉ウェハー貼り付け装置

平成23年5月に枚葉ウェハー貼り付け装置を導入した。以下に外観を示す。



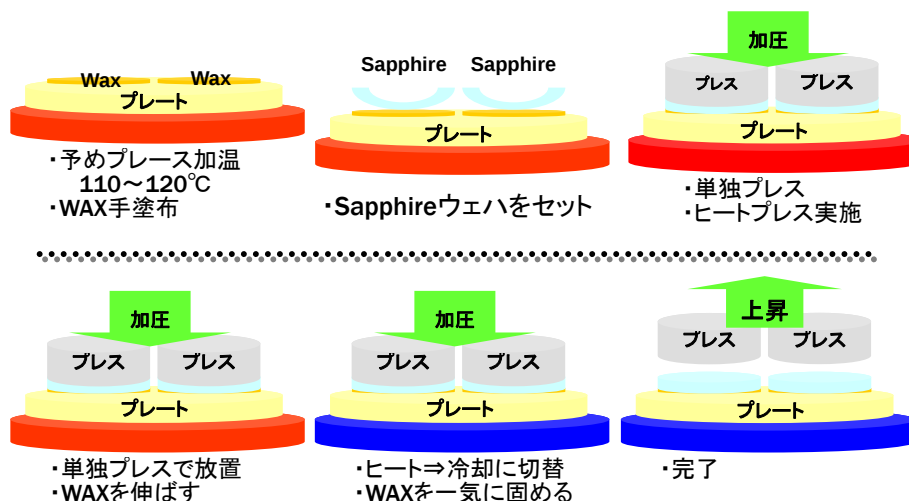
(2) 従来貼り付けフロー

従来の貼り付け方式では一括プレスで、且つヒートプレスと冷却プレスが別々に別れている装置であった。この構成では、 100μ の反りは矯正できず、貼り付け精度も高精度が得られなかった。以下に従来の貼り付けフローをしめす。



(3) 新規貼り付けフロー

1プレート3枚貼りの場合、それぞれのウェハーを1枚単位でプレスすることで、ウェハー間の厚み公差は影響しなくなった。又、ヒートプレスと冷却プレスを一体にすることで反りを矯正し、高精度の貼り付け可能となった。以下に新規貼り付けフローを示す。



(4) 新規貼り付けフローによる貼り付け精度の検証

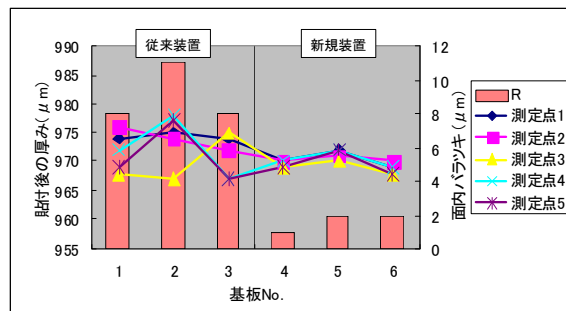
従来の貼り付け装置と今回開発した貼り付け装置で4インチウェハーを1プレートに3枚貼り付けた場合の測定値を以下に示す。

実験 1 新・旧貼り付け装置における貼り付け精度の比較

実験1:新旧装置での貼付精度比較

4インチサファイア基板×3枚貼り

	基板No.	測定点1	測定点2	測定点3	測定点4	測定点5	Ave	R
従来装置	No1	974	976	968	972	969	971.8	8
	No2	975	974	967	978	977	974.2	11
	No3	974	972	975	967	967	971.0	8
新規装置	No1	970	970	969	970	969	969.6	1
	No2	972	971	970	972	972	971.4	2
	No3	969	970	968	969	968	968.8	2



【考察】
枚葉ウェハー貼付装置では従来装置と比較して、面内バラツキも3 μ m以下に抑えられ目標であった面内バラツキ5 μ m以下を達成できた。

2-2 研削技術の開発

(1) 自動ドレス機構付き高剛性2段研削装置

平成22年10月に自動ドレス付き高剛性2段研削装置を導入した。以下に外観と内部の様子を示す。



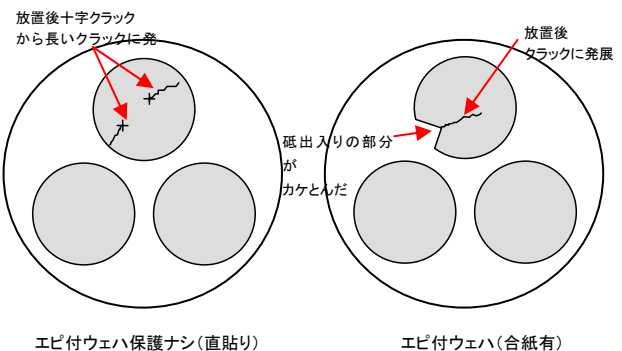
特色：
・高圧に耐える高剛性の実現
・粗研削、仕上げ研削を動じに行う為の2種類の砥石の装着可
・砥石の目詰まり防止の為の自動ドレス機構を備える

(2) メタル砥石による試作

従来から一般的に使用されているメタル砥石を使用し、上記の研削装置にて研削テストを行った。結果は以下に示すとおり、多くの研削条件にてテストしたが、全てにカケ、クラック等の不具合発生し、メタル砥石はサファイアウェハー研削の実用には適さないことが判明した。

(3) ビトリ砥石による試作

メタル砥石が不適切なことが判明した後ビトリ砥石にて実験を進めたが、結果良好であったため、更に詳細な処理条件を確立する為の実験を行った。



実験1 300 μ off テスト

目的： 研削速度を30 μ /分に設定して、300 μ offテストを実施した。

考察： ウェハー厚み 645 μ からスタートし、350 μ まで研削した。研削終了前50 μ の時点から同時ドレスを開始したが、仕上がり状態は良好であった。

【研削加工条件】

同時ドレス有無	有
ドレス量	50 μ m
送り速度 F1	30 μ m / 分
送り速度 F2	30 μ m / 分
送り速度 F3	30 μ m / 分
送り速度 F4	30 μ m / 分
元板厚み	645 μ m
仕上げ厚み(入力値)	350 μ m
仕上げ厚み(実測値)	350 μ m
加工結果判定	OK
コメント	仕上がり良好

実験2 研削量限界テスト

目的： 実験1で良好であったビトリ砥石を用い、一度に研削できる研削量の限界を確認するための実験を行った。ウェハーは元厚910 μ の基板を使用した。

考察： ウェハー厚910 μ からスタートし200 μ まで研削した。研削終了前50 μ の時点から同時ドレスを開始したが、仕上がり状態は良好であった。ビトリ砥石は一度に710 μ の研削量を確保することが検証でき、今後のサファイア研削用の標準砥石として採用することとした。

加えて目視レベルの確認であるが、20 μ ラップすることにより、研削痕が完全に消えたことから、1軸・2軸の2段研削ではなく、本砥石のみの一段研削でラップ工程に投入する可能性も見えてきた。

【研削加工条件】

同時ドレス有無	有
ドレス量	50 μ m
送り速度 F1	30 μ m / 分
送り速度 F2	30 μ m / 分
送り速度 F3	30 μ m / 分
送り速度 F4	30 μ m / 分
元板厚み	910 μ m
仕上げ厚み(入力値)	200 μ m
仕上げ厚み(実測値)	200 μ m
加工結果判定	OK
コメント	仕上がり良好

実験3 6インチウェハー1枚貼り加工テスト

目的： 実験2でビトリ砥石優れていること確認できた。しかし、実験2で使用した砥石径は280 ϕ であり、4インチウェハー3枚貼りの場合は問題なく研削できるが、6インチウェハー1枚貼りでは中心に不当当たりが生じてしまう。これを回避するため、砥石径250 ϕ の砥石のテストを行った。

一方250 ϕ の場合逆に4インチウェハー3枚貼りの場合に中心部分に不当当たりが発生する可能性あり、この点についても問題ないか検証する必要がある。

【研削加工条件】

同時ドレス有無	有
ドレス量	50 μ m
送り速度 F1	30 μ m / 分
送り速度 F2	30 μ m / 分
送り速度 F3	30 μ m / 分
送り速度 F4	30 μ m / 分
元板厚み	910 μ m
仕上げ厚み(入力値)	200 μ m
仕上げ厚み(実測値)	200 μ m
加工結果判定	OK
コメント	仕上がり良好

考察： 実験2と同様ウェハー元厚910 μ のウェハーを使用した。ウェハー厚200 μ まで研削したが、不当り、チッピング等の発生は無く仕上がり状態良好であった。

本実験の結果により、砥石径250 ϕ の砥石を使用すれば、1プレートに1枚貼りと多数枚貼りを同一の砥石で共用すること可能なこと検証できた。

(4) 同時ドレステスト

これまでは、砥石のドレスは研削後手動ドレスにて行っていた。このため、約40分程度研削を中断しなくてはならなかった。これを回避し作業効率を上げる為に、研削終了直前に研削と並行して同時ドレスを行機能の検証を行った。

実験1 同時ドレステスト

目的 同時ドレスは研削終了直前に入れるが、同時ドレスを開始するタイミングの検証を行う。

考察 研削終了前100 μ と50 μ の時点からドレス開始したが、いずれも仕上がり状態良好であった。ドレス量は少なければ砥石の摩耗量も抑えられることから、研削終了前50 μ の時点からドレスを開始するのを標準処理条件とする。

【研削加工条件】

	1回目	2回目
同時ドレス有無	有	有
ドレス量	100 μ m	50 μ m
送り速度 F1	60 μ m/分	60 μ m/分
送り速度 F2	40 μ m/分	40 μ m/分
送り速度 F3	30 μ m/分	30 μ m/分
送り速度 F4	30 μ m/分	30 μ m/分
元板厚み	640 μ m	640 μ m
仕上げ厚み(入力値)	400 μ m	400 μ m
仕上げ厚み(実測値)	400 μ m	400 μ m
加工結果判定	OK	OK
コメント	仕上がり良好	仕上がり良好

2-3 ラップ技術の開発

(1) 揺動機構付きラップ装置

平成23年6月に揺動機構付き1次ラップ装置を、平成24年8月には揺動機構付き2次ラップ装置(フェーシング機構付き)を導入した。それぞれのラップ装置の外観を以下に示す。



揺動機構付き1次ラップ装置



全体写真
揺動機構付き2次ラップ装置(フェーシング機構付)



フェーシング装置



装置内部

(2) 定盤素材

定盤の素材として銅と錫の検討を行った。銅定盤は材質が硬く研磨レートを向上させやすい性質をもっている。又、錫定盤は銅定盤と比較すると柔らかく、研磨レートは向上しない。

一方、面粗さでは同じ砥石の粒径を比較すると錫定盤の方が面は細かく仕上がる。このように、研磨レートを稼ぐには銅定盤が、面粗さを細かくするには錫定盤が優れている。このため、1次ラップ用としては銅定盤を、2次ラップ用としては錫定盤を使用することとした。

写真1: 銅定盤(Cu)



写真2: 錫定盤(Sn)



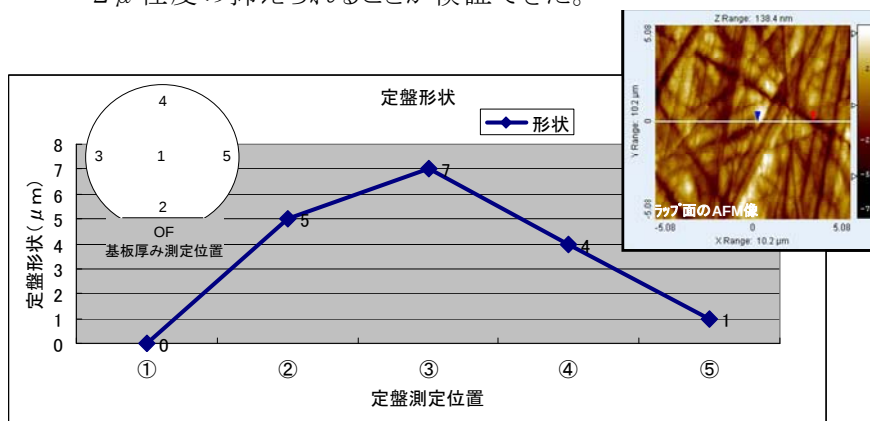
(3) 定盤形状と形状変化

中凸定盤が平坦度の観点からはすぐれていること検証できた。以下にその実験結果を示す

実験1 中凸定盤におけるウェハー平坦度(1プレートウェハー3枚貼り)

目的: 1プレートに4インチウェハー3枚はり、中心部が 7μ 凸形状の定盤を使用し、それぞれのウェハーのラップ後の平坦度を確認する。

考察: 7μ の中凸形状の定盤を使用することにより、ウェハー内の平坦度のバラツキを $0\sim 2\mu$ 程度の抑えられることが検証できた。



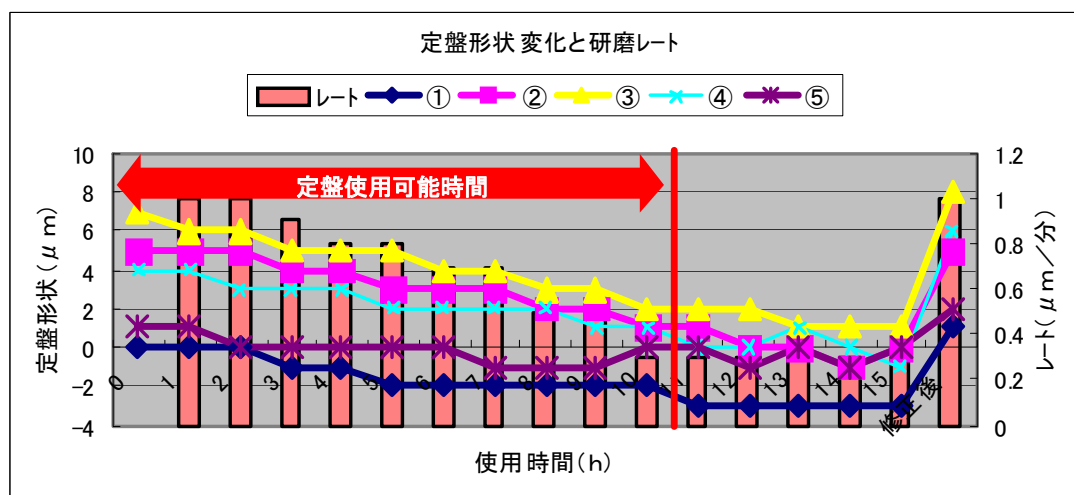
	ウェハー No.	測定点 1	測定点 2	測定点 3	測定点 4	測定点 5	Ave	R	面粗さ (Ra)	研磨 レート
中凸 形状	No1	250 μ m	250 μ m	250 μ m	250 μ m	250 μ m	250.0 μ m	0 μ m	20.7nm	0.5 μ m /分
	No2	250 μ m	250 μ m	250 μ m	249 μ m	250 μ m	249.8 μ m	1 μ m		
	No3	250 μ m	250 μ m	251 μ m	249 μ m	250 μ m	250.0 μ m	2 μ m		

実験2 ラップ定盤の形状変化と研磨レート

目的 1プレートに4インチウェハー3枚貼り、定盤の使用時間と形状の崩れを確認する。
又、定盤の形状の崩れと研磨レートの関係についても検証する。

考察 使用前の定盤形状は中凸状であったが、使用時間が増加するに従ってフラットに近い形状となる。又、それと並行して研磨レートも下降する。定盤使用時間が15時間の時点で、開始時の研磨レートが1.0 μ /分であったのが、0.2 μ /分まで低下した。この時点でフェーシングを行い、定盤形状を元の中凸状に戻したら研磨レートも回復した。

以下のグラフより、定盤使用時間は10時間程度でフェーシングを行うのが適切と考える。

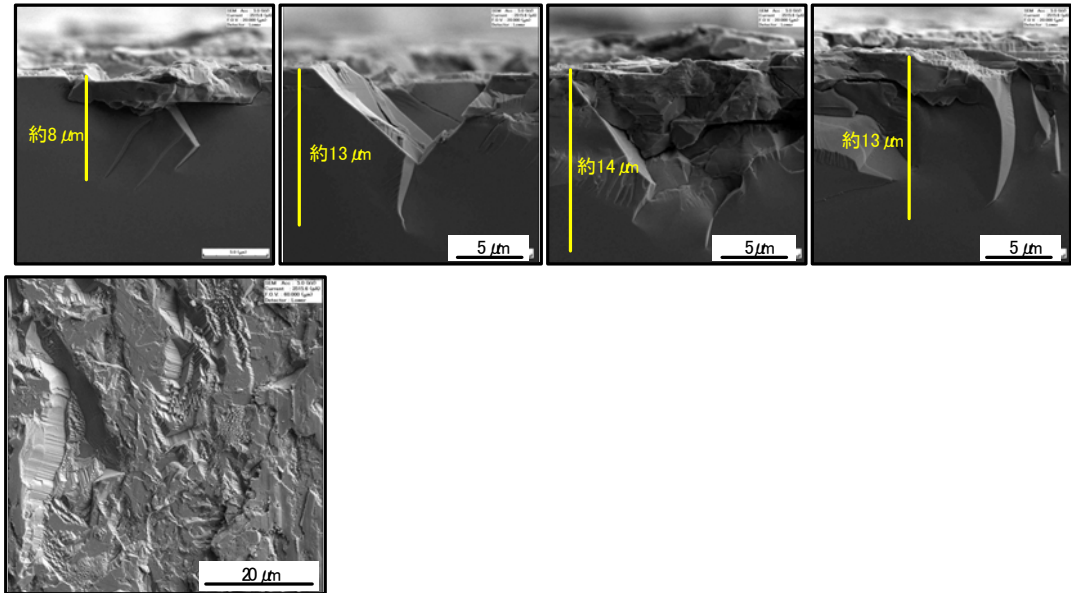


(4) 最適なラップ量の検証

最適なラップ量を検証する前提として、研削後及び1次ラップ後のそれぞれの加工ダメージ層の分析を行った。

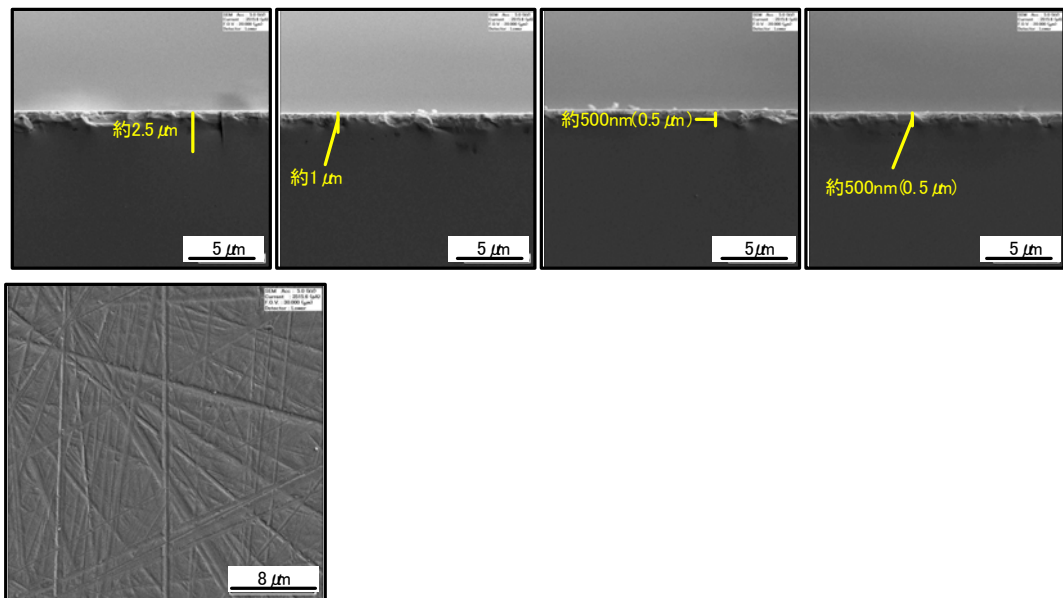
実験1 研削加工後の加工ダメージ層の把握

SEM分析の結果、加工ダメージ層は $8\sim 14\mu$ 存在していた。以下にSEM写真を示す。



実験2 1次ラップ後の加工ダメージ層の把握

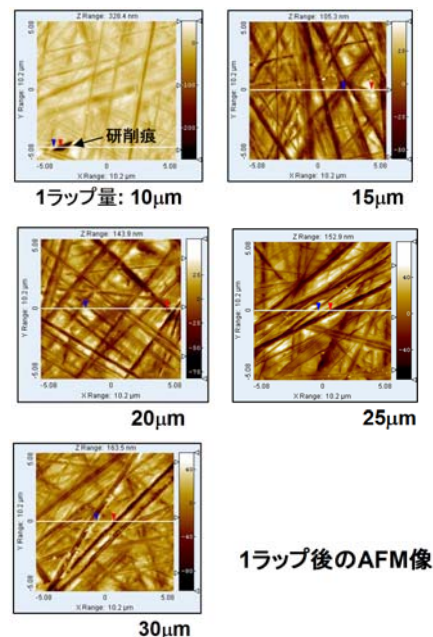
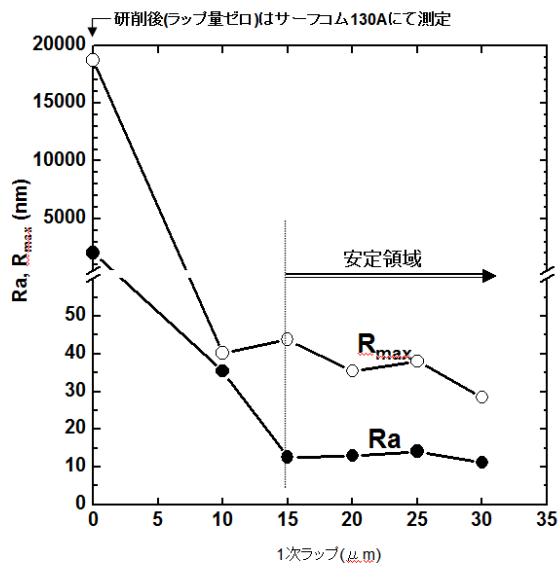
SEM分析の結果、加工ダメージ層は $0.5\sim 2.5\mu$ 存在していた。以下にSEM写真を示す。



更に、面粗さの改善の観点から研磨量と面粗さの改善度合いの関係を実験した。

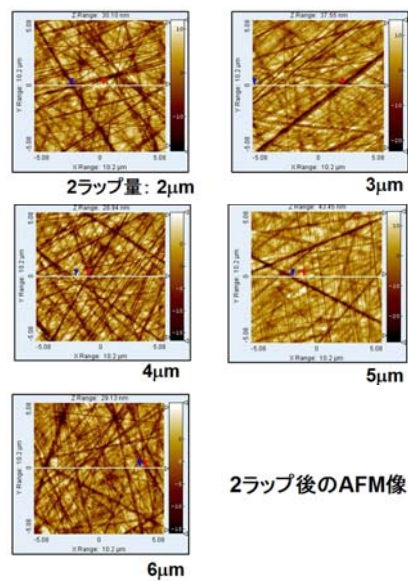
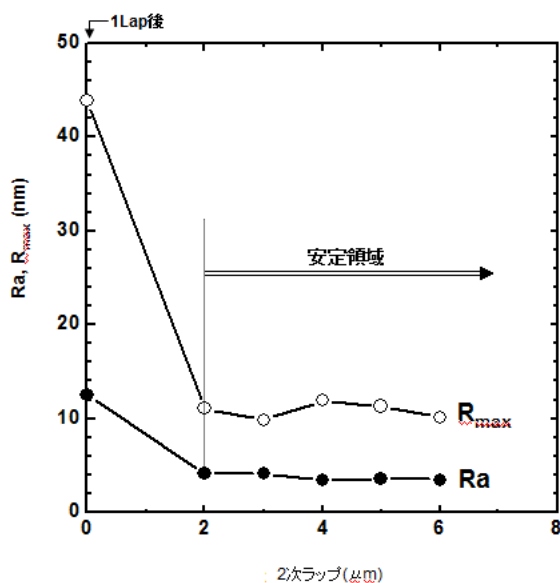
実験3 1次ラップ加工 (off) 量と面粗さ

以下に示すとおり、1次ラップの加工量は 15μ 以上研磨すれば、Raは11~14nmで安定することが検証できた。



実験4 2次ラップ加工 (off) 量と面粗さ

以下に示すとおり、2次ラップの加工量は 2μ 以上研磨すれば、Raは3~4nmで安定することが検証できた。



考察 上記実験1~4により、1次ラップ、2次ラップとも面粗さが改善するところまで研磨を行えば、必然的に加工ダメージ層は除去できることが確認できた。従って、1次ラップのoff量は 15μ 、2次ラップのoff量は 2μ を標準プロセスとする。

(5) デバイス特性の検証

川下製造業者からは「本ラップ技術を用いたウェハーでデバイス作成した時に得られた電気特性には問題が無かった」とのコメントを頂いた。

第3章 総括

3-1 研究開発の実施状況

平成22年度から24年度まで3年間技術開発進めてきたが、サブテーマ毎の目標と達成状況を以下に示す。

(1) ウェハ貼り付け技術の開発

平成23年度に枚葉式ウェハ貼り付け装置を導入し、各サブテーマ毎に研究開発を進めた。又、以下に装置の写真を示す。



①-1 枚葉式ウェハ貼り付け装置の開発

目標 反りの大きい(100 μ 以上)ウェハに対応できる貼り付け装置の開発を行う。貼り付け精度は5 μ 以下。

達成度 1プレート4インチウェハ3枚貼り、貼り付け精度5 μ 以内を達成できた。また、平成24年度には川下製造業者からの新規の要求として反りが400～500 μ のウェハ貼り付け技術を開発し、やはり、貼り付け精度5 μ 以内を達成できた。

①-2 貼り付け用WAXの開発

目標 反りの大きいウェハを保持するに当たり、十分な接着強度を持ち、且つ剥離洗浄性に優れたWAXの開発を行う。

達成度 平成22年から継続でテストしている新たに開発したWAXが量産においても支障のないこと確認できた。

①-3 デバイス面保護方法の開発

目標 デバイス構造に最適な保護方法の開発を行う。

達成度 クッション材をウェハとプレートの間に挟み、又エピクラウンを吸収するために特殊な加工を施したプレートとの組合せで量産において支障のないこと確認できた。

(2) 研削技術の開発

平成22年度に自動ドレス付き高剛性2段研削装置を導入し、各サブテーマ毎に研究開発を進めた。又、以下に装置の写真を示す。



- 特色：
- 高圧に耐える高剛性の実現
 - 粗研削、仕上げ研削を動じに行う為の2種類の砥石の装着可
 - 砥石の目詰まり防止の為の自動ドレス機構を備える

②ー1 自動ドレス付き高剛性2段研削装置の開発

目標 高速研削を実現するための高圧力に耐えうる高剛性の研削装置の開発を行う。

達成度 平成22年10月に導入以降、実験を重ね、量産においても問題無く機能すること確認できた。

②ー2 2段研削における砥石の組合せの最適化

目標 研削、ラップ双方の処理時間を最少にする最適な砥石の組合せを確立する。

達成度 2段研削の実験を多くの砥石の組見合せにより実験したが、最終的に新たに開発した砥石により1段研削で目標の厚み(200 μ)まで研削可能となった。これにより、2軸同時に同じ砥石で並行してウェハ加工可能となり、生産性は2倍に向上した。

②ー3 自動ドレス最適条件の確立

目標 ドレス材の材質も含めて、砥石の研削能力回復度を勘案しながら最適条件を確立する。

達成度 新たに開発した砥石に対して、複数の異なった粗さのドレス材をテストした。最終的にドレス量50 μ で量産条件確立した。本自動ドレス機構により研削中のドレスが可能となり、生産性の向上に大きく寄与した。

②ー4 クラック防止技術の開発

目標 ウェハーに対する砥石の出入りを回避する砥石形状の開発を行う。

達成度 新たに開発した砥石が、ウェハーに対する砥石の出入りを防ぐとともに、研削効率も良く、最適砥石と判断した。

②—5 1 プレートウェハー複数枚貼り高速研削に適した砥石の開発

目標 サファイア高速研削に適した、高耐圧で目詰まりしにくい砥石の開発を行う。

達成度 ②—4 と同様

(3) ラップ技術の開発

平成23年度に揺動機構付き1次ラップ装置、平成24年度に揺動機構付き2次ラップ装置を導入し、各サブテーマ毎に研究開発を進めた。又、以下に装置の写真を示す。



揺動機構付き1次ラップ装置



揺動機構付き2次ラップ装置(フェーシング機構付)全体写真



フェーシング装置



装置内部

③—1 揺動機構付きラップ装置の開発

目標 1次ラップにおいては、平坦度 5μ を実現し、又仕上げ厚み 140μ まで対応可能なラップ装置の開発を行う。2次ラップにおいては、面粗さ $Ra10nm$ 以下、仕上げ厚み 80μ まで対応可能なラップ装置の開発を行う。

達成度 平成23年6月に1次ラップ装置、平成24年8月に2次ラップ装置を導入し、実験を重ね、量産においても問題無く機能すること確認できた。

③—2 最適なラップ量の検証

目標 研削及び1次ラップに起因する破碎層の深さ方向の解析を行う。これにより最適な1次ラップ及び2次ラップ量の把握を行う。

達成度 電子顕微鏡観察等により破碎層深さ方向の解析に成功し、適切なラップ量が把握できた。

③—3 最適なラップ定盤素材及び形状の検証

目標 2次ラップ後の平坦度 5μ 、面粗さ $Ra10nm$ 以下を目標に、1次ラップ、2次ラップにおいて最適な定盤素材の検証、最適な定盤形状等について検証する。

達成度 定盤形状については、中凸形状の定盤が最適であること検証できた。

③—4 ラップ後ウェハーデバイス特性の検証

目標 2次ラップ後、ウェハー上に形成されたデバイス特性に問題のないこと検証する。

達成度 川下製造業者よりデバイス特性に問題ないとの報告を受けた。

3-2 研究開発後の課題・事業化展開

平成22年度から24年度まで3年間技術開発進めてきたが、研究開発後の課題及び事業化展開について以下に述べる。

(1) 研究開発後の課題

当初想定した技術開発目標はほぼ達成した。しかし、LED市場の劇的な変化（特に価格）により、4インチサファイアウェハーから6インチサファイアウェハー或いはGaN on Si ウェハーへのシフトが急激に起こっており、この変化への対応が急務である。6インチサファイアウェハーの裏面研磨については、本プロジェクトで開発した技術が直接応用でき、研削及びラップ条件の見直しで十分対応できると考える。

一方、本研究開発で開発した技術の応用として、SiC（炭化ケイ素）及びGaN（窒化ガリウム）ウェハーの研磨を計画している。これらの素材はパワー半導体に使用されるものであり、今後日本の半導体産業を支える大きな柱として期待されている。これらの素材を使用してパワー半導体を作成した場合、シリコンウェハーを使用した場合と比較してスイッチング損失を大幅に低減できる、チップサイズを小さくできるあ等大きなメリットがある。又、技術のノウハウも含めてパワー半導体は半導体分野において日本が世界に対して優位にたてる唯一の分野である。

SiC及びGaNについては、研削における砥石の最適化が必要である。又、仕上がりの研磨面もラップ面ではなくCMP面が求められている。このため、CMP研磨技術及びそれに続く洗浄技術の確立が急務である。特に洗浄については、研磨後のウェハーを再度ウェハープロセスに投入することから重金属フリー洗浄が必須であり、重金属を完全に除去する洗浄技術の確立も不可避である。

(2) 研究開発後の事業展開

上記のとおり、川下製造業者も4インチサファイアウェハーによる事業化を断念し、GaN on Si ウェハーによる高輝度LEDデバイスの作成に方向転換した。GaN on Si ウェハーの研磨については、弊社で従来行っていたシリコンウェハーの研磨技術が応用でき、対応可能であり、現在試作を進めている。

一方6インチサファイアウェハーでLEDを実現するデバイスメーカーに対しても現在積極的にアプローチしている。上記のとおり6インチサファイアウェハーの処理については、本研究開発の延長上であり技術的に大きな問題は無いと考える。

パワー半導体用のSiC及びGaNウェハーの研磨については、CMP研磨及び洗浄について技術立ち上げ中であるが、既に複数の会社と試作を開始している。

以上、今後の事業展開について述べたが、平成26年には約1000万円／月、平成27年には約1600万円／月、平成28年には約2600万円／月の加工売上を想定している。