

土肥研究室 (機械技術研究室)

Mechanical Engineering Laboratory



土肥研究室

Saitama Univ., Japan

「超精密ポリシング(研磨)技術と その高性能部品化への応用に関する研究」

土肥研究室(機械技術研究室)

1) 基礎研究

オプトメカトロニクス用機能性材料の超精密加工を実現するため、最適加工プロセスの設計と加工条件・加工メカニズムを追求する。

- ① 半導体結晶 (シリコン、化合物半導体、など)
- ② 薄膜下地基板用酸化物・誘電体・磁性体等の結晶材料・ガラスなど
- ③ 超LSI用配線金属材料 (Al, Cu, Wなど)
- ④ 超硬質 / 超軟質の特殊材料
- ⑤ その他

2) 応用研究

基礎研究をベースにして、実際の高性能部品・装置化のための応用研究を行っている。

- ① 超LSIデバイスの平坦化CMP (化学的機械的ポリシング) の研究実用化
 - ⊗ 層間絶縁膜、配線金属の平坦化 (Cu / Low-k材料のプラナリゼーションCMP)
 - ⊗ CMPによるデュアルゲマシ
- ② 新しいドラム式線接触型CMP装置、ベルジャー型加工雰囲気制御CMP装置の開発
- ③ その他

Saitama Univ., Japan

CMPスラリーの基本要素

砥粒

機械的除去
SiO₂, SiO₂F₂, Al₂O₃
などの微粒子

親水

砥粒の懸濁媒体・潤滑剤
の界面活性

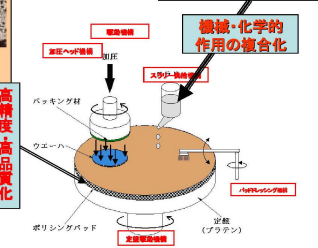
添加剤

化学的・物理的・
電気的性質の制御
腐食防止剤
界面活性剤
電解液調整剤

CMP用パッドの代表例

ベアシリコンエハ用パッド(軟質)


平坦化CMP用パッド(硬質)



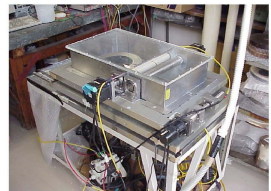
**機械・化学的
作用の複合化**

CMP(Cheical Mechanical Polishing)の加工方式と要素技術

Saitama Univ., Japan

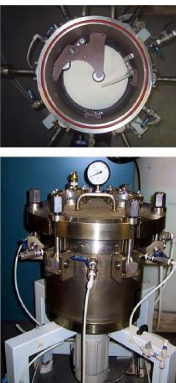
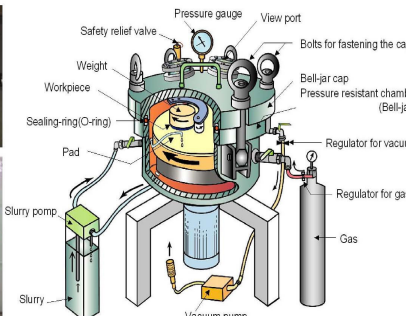


ドラム式線接触形ポリシング装置
(Single Type)



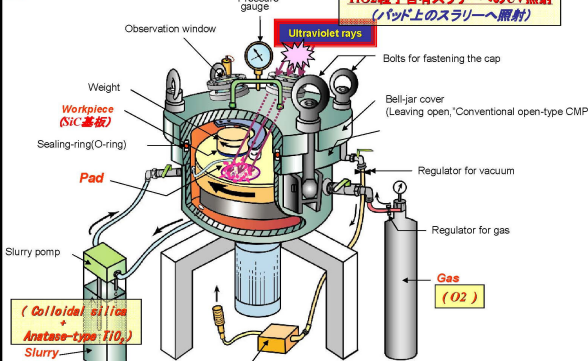
ドラム式線接触形ポリシング装置 (TwinType)

Saitama Univ., Japan

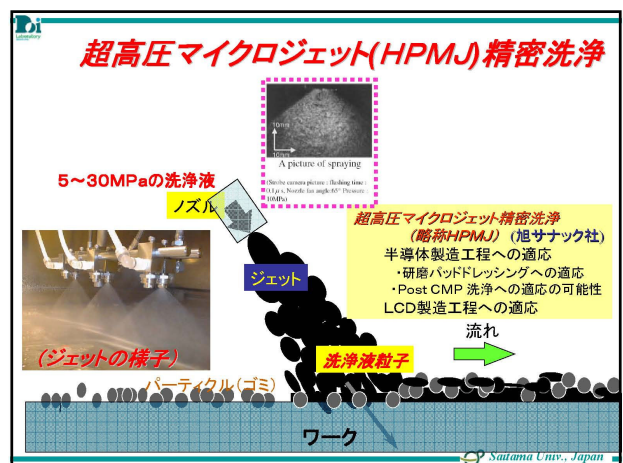
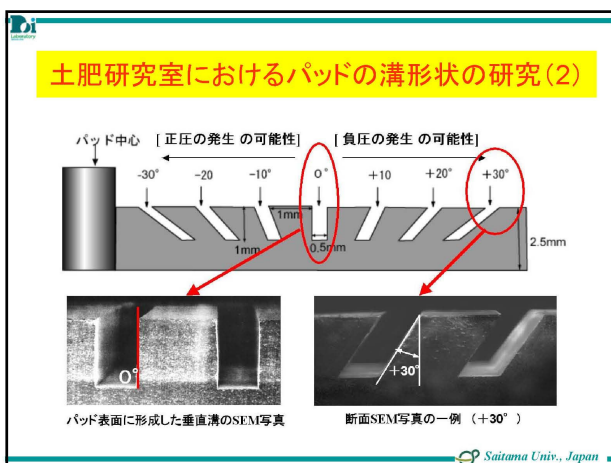
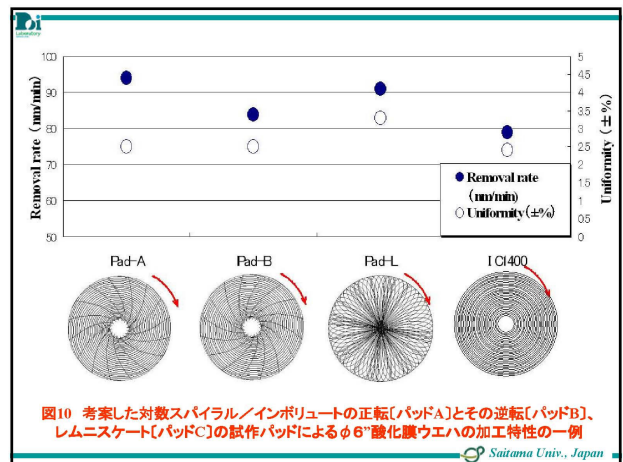
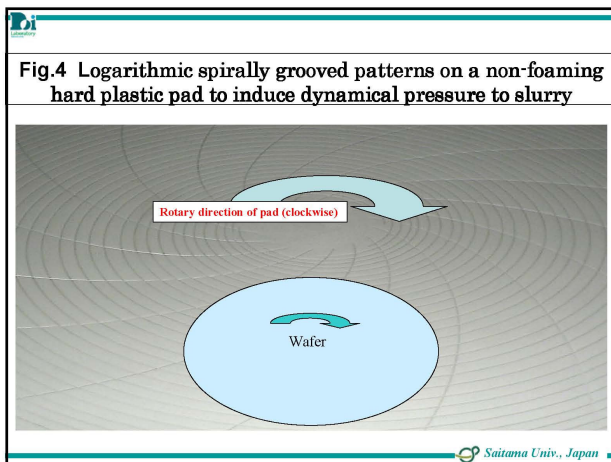
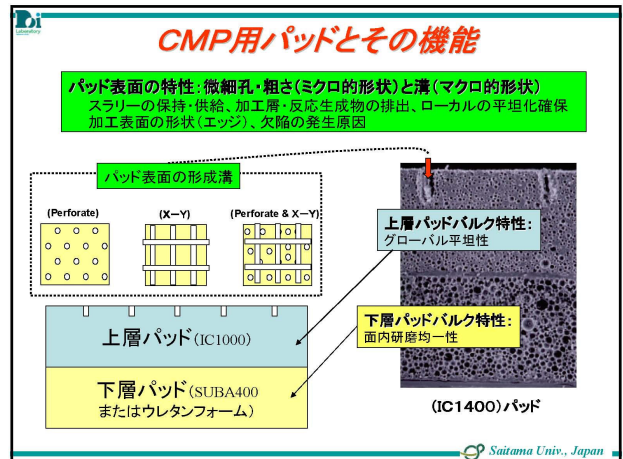
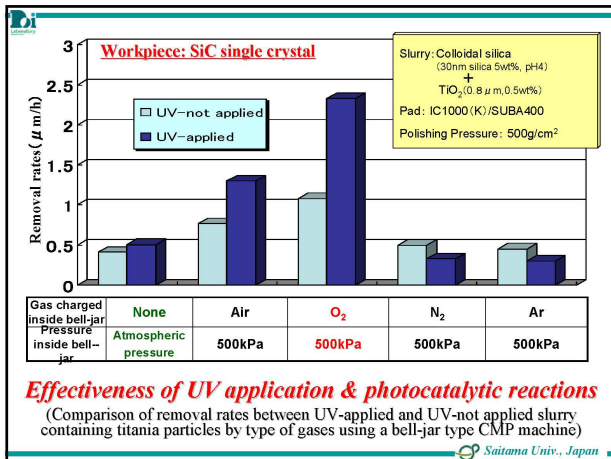
**考案・試作した“ベルジャー型CMP
装置”の構造模式図**

Saitama Univ., Japan



ベルジャー型密閉CMP装置とSiC単結晶の紫外線照射による光触媒反応援用CMP

Saitama Univ., Japan



Conditioning of CMP-Pad by Applying HPMJ (High-Pressure Micro Jet) and Diamond-Dresser

(Courtesy of Asahi Sunac Co.)

(a) Original pad surface (Nitta-Haas IC1000) $\times 500$

(b) Pad surface after using CMP of ILD (Clogged pad)

(c) Pad surface after diamond conditioning

(d) Pad surface after applying HPMJ

A picture of spraying

(Strike camera picture - flashing time: 0.1 [μs], Nozzle (tan angle) 65° Pressure: 10 [MPa])

Diamond - dresser

Saitama Univ., Japan

不織布形ポリッシングパッドの表面写真 (HPMJの効果)

ASAHI SUNAC

ドレッシング 前

ドレッシング 後

Saitama Univ., Japan

Effect of Pad Cleaning/Conditioning by HPMJ in Si-CMP

(a) Original pad surface (SUBA 800)

(b) Pad surface clogged without cleaning/HPMJ

(c) Pad recovered by applying - HPMJ (4 min) after clogged pad

RRR ($\mu\text{m}/\text{min}$)

Number of Si wafer CMP without cleaning/HPMJ

HPMJ use

Saitama Univ., Japan

クリーンルーム内の風景

Saitama Univ., Japan

Chichibu - branch

Saitama Univ., Japan

CMP machine for 300mm (12inch) wafer

MAT-ARW-8C1M (MAT Inc.)

Saitama Univ., Japan



Optical Profiler

Wyko NT3300 (Veeco)

Theory of measurement	Interferometry	
	Phase Shift Interferometry	Vertical Scan Interferometry
Resolution	1Å	1nm
Measurement range	1Å~100nm	1nm~1mm

CCDカメラ分解能 縦向き: 500μm×400μm 横向き: 200μm

測定速度: 約 100mm²/min

測定範囲: 50mm×50mm (100mm×100mmのレンジ)

最大傾斜角: 45°

Saitama Univ., Japan

今後の研究と教育についての理念

基本的考え方 - “研究と教育のリンケージ” -

オプトメカトロニクス用先端の機能性材料を主対象とし、ミクロの立場から材料加工メカニズムを追究し高効率の加工プロセス技術を確立。実際の事業ライン等で適用し得る研究成果、世の中のニーズに貢献。

教育の場において、“ものづくりの原点と基本”に立ち返り、その重要性を学生に認識させ、現場のプロセス等に興味を抱かせ得る刺激とヒントを与える教育プログラムを構築。

“研究と教育のリンケージ”による 具体的な成果を地域産業活性化に!

Saitama Univ., Japan

研究について(1/3)

「基礎研究」と「実用化研究」を並行させた先端的研究の展開

- ◎ 産業界等のニーズ対応の材料科学技術全般にわたる加工プロセス研究
- ◎ インパクトのある新奇な加工法・装置の考案と産業界への提案

大学の創造的研究とその先導性を発揮
学協会組織と産業界人脈のネットワーク活用

精密工学会
「プラナリゼーションCMP委員会」(参加企業120社)の活用 (委員長: 土肥)
次世代半導体デバイス関連の国内外の研究開発企業を集結
「ポストシリコンデバイスと将来加工プロセス研究会」(委員長: 土肥)
結晶(機能性)材料とその加工プロセス、デバイスプロセスに至る幅広い新研究分野開拓。
民間企業/研究機関との共同研究

“材料加工プロセスの先端的研究拠点”
を目指す

Saitama Univ., Japan

Committee for the Post-SI Device & Future Manufacturing Process

シンポジウム
新しい半導体デバイス技術のサステナビリティ俯瞰とそのアプローチ
—ポストシリコン・デバイスと将来加工プロセス研究—

Committee for the Post-SI Device & Future Manufacturing Process

Committee for the Post-SI Device & Future Manufacturing Process

シンポジウムの
新しい半導体デバイス技術のサステナビリティ俯瞰とそのアプローチ
—ポストシリコン・デバイスと将来加工プロセス研究—

2017年11月8日(水) 13:30~17:30 (後3時以降は定員確保7:30以降)

開催の場(2日実行委員会)

本委員会に関する内容

1. キーノート「開幕式」(産業界と大学の連携と今後のデバイス技術の展望) 13:30~14:00
2. 7分ポスターセッション(10分発表)として90分 産業界の最新技術発表(14:00~14:30)

—第一部 (14:30~15:30)—

3. 「開幕式」(産業界と大学の連携と今後のデバイス技術の展望) 14:30~15:00
4. 「80Cバースト」(産業界と大学の連携と今後のデバイス技術の展望) 15:00~15:30

—第二部 (15:30~16:30)—

5. 「80Cバースト」(産業界と大学の連携と今後のデバイス技術の展望) 15:30~16:00
6. 「80Cバースト」(産業界と大学の連携と今後のデバイス技術の展望) 16:00~16:30

—第三部 (16:30~17:30)—

7. 「80Cバースト」(産業界と大学の連携と今後のデバイス技術の展望) 16:30~17:00
8. 閉会式(17:00~17:30)

開催の場(1日) 17:45~18:30

開催場 (1日) 18:30~19:00

Saitama Univ., Japan

「超精密ポリシング(研磨)技術とその高性能部品化への応用に関する研究」

土肥研究室(機械技術研究室)

- 1) 基礎研究

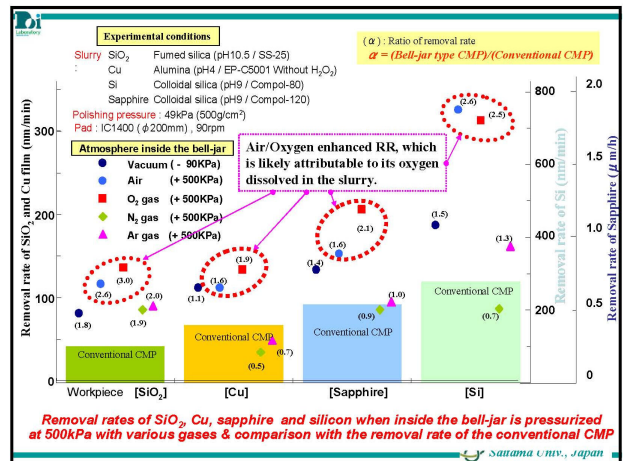
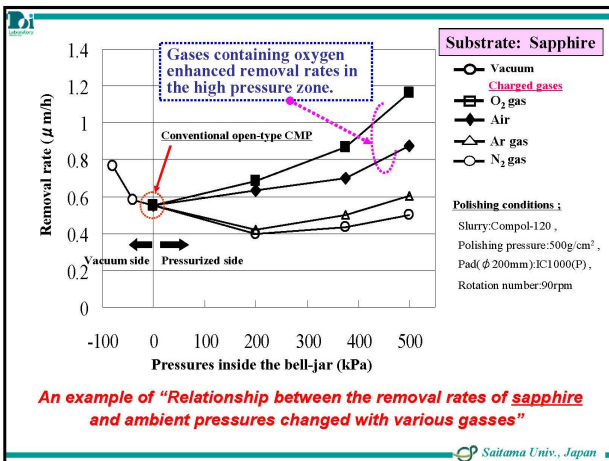
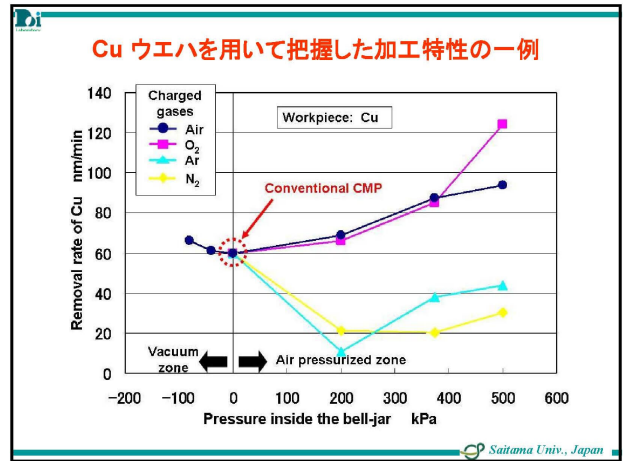
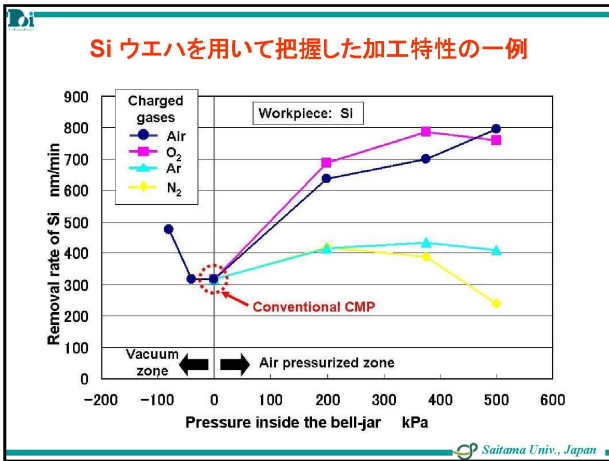
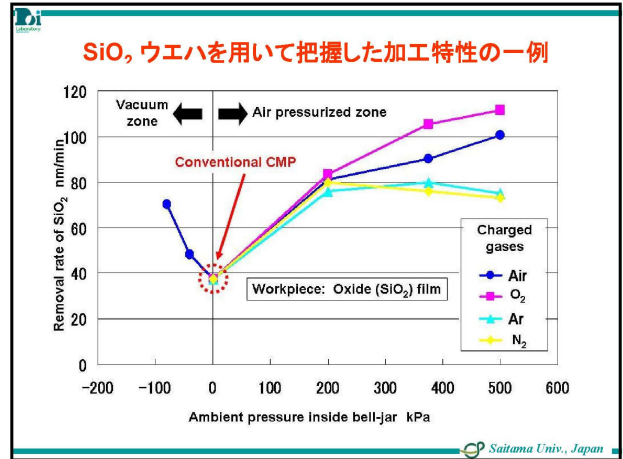
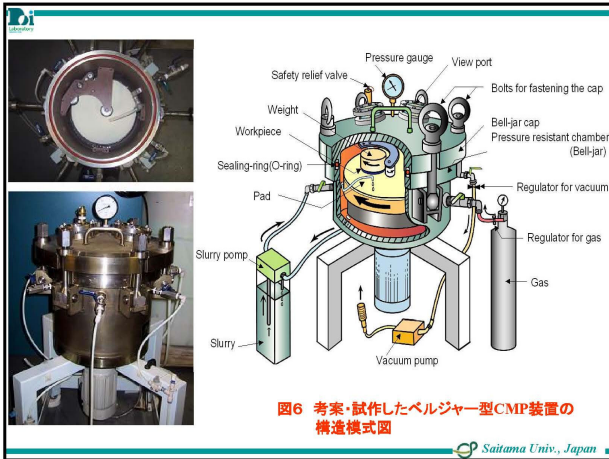
オプトメカトロニクス用機能性材料の超精密加工を実現するため、最適加工プロセスの設計と加工条件・加工メカニズムを追求する。

 - ① 半導体結晶 (シリコン、化合物半導体、など)
 - ② 薄膜下地基板用酸化物・誘電体・磁性体等の結晶材料・ガラスなど
 - ③ 超LSI用配線金属材料 (Al, Cu, Wなど)
 - ④ 超硬質 / 超軟質の特殊材料
 - ⑤ その他
- 2) 応用研究

基礎研究をベースにして、実際の高性能部品・装置化のための応用研究を行っている。

 - ① 超LSIデバイスの平坦化CMP (化学的機械的ポリシング) の研究実用化
 - ◎ 層間絶縁膜、配線金属の平坦化 (Cu / Low-k材料のプラナリゼーションCMP)
 - ◎ CMPによるデュアルダマシン
 - ② 新しいドラム式接触型CMP装置、ペルジャー型加工雰囲気制御CMP装置の開発
 - ③ その他

Saitama Univ., Japan



Polishing characteristics in Bell-jar type CMP

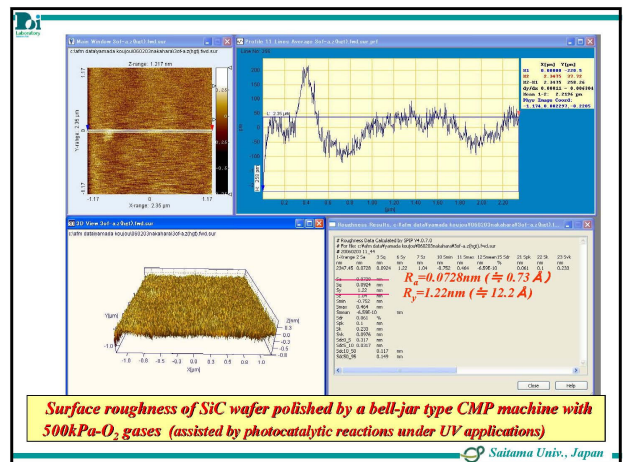
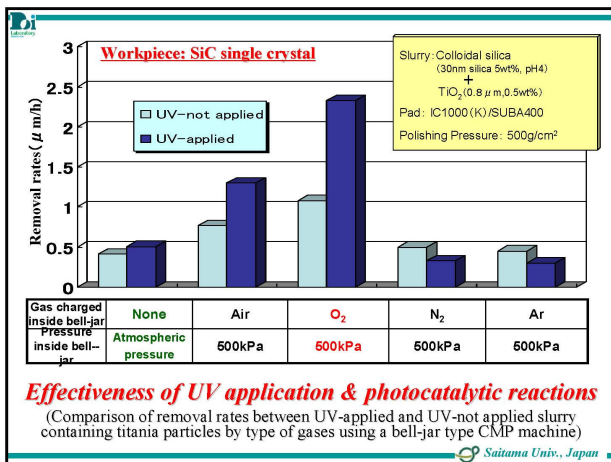
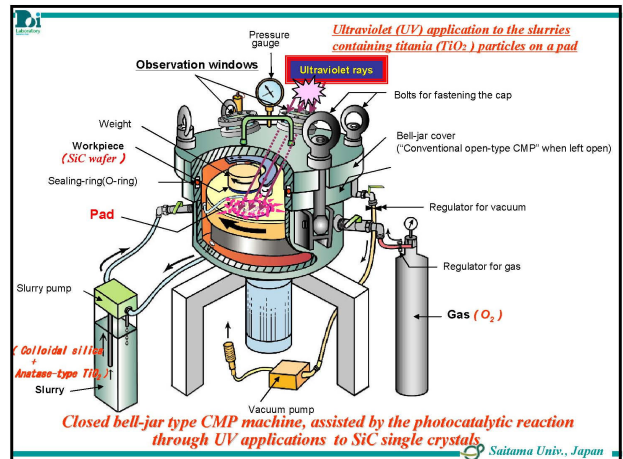
- Increase of polishing rates with oxygen gas inside the bell-jar
 ⇒ *Oxidization by oxygen*
- Invariability of polishing rate with inert gases inside the bell-jar
 ⇒ *Oxidization subdued by inert gases*

Effect of oxidizing reactions by oxygen gas is large on the removal rates

An idea → **“Photocatalytic reaction assisted-CMP method under high-pressure oxygen gas atmosphere”**

Generation of oxygen radicals by Ultraviolet (UV) ray application to titania(TiO₂) particles added into colloidal silica slurry

Saitama Univ., Japan



Processing mechanism by the photocatalytic reactions of SiC

A sequence of processing mechanism of SiC

- ① Photocatalytic reactions induced by UV applications and titania particles, produce active oxygen (radical) in the slurry
- ② The strong oxidization phenomenon helped bond of “Si-C” being easily cut off
- ③ The photocatalytic reactions assisted-CMP brings out its maximum effectiveness under high-pressure oxygen gas

Interior lattice bonds inside the SiC crystal becomes weak, causing the bond to be broken.
 ⇒ **“Acceleration of processing rates”**

Saitama Univ., Japan

continued-

Conclusions

- 4) Photocatalytic reaction assisted Bell-jar type CMP for a difficult material, SiC single crystal;
 - UV application to slurry, to which small amount of titania are added, can induce photocatalytic reactions.
 - Photocatalytic reactions are intensified when bell-jar is filled with high pressure oxygen gas, contributing to promoting effect of polishing.
 - SiC removal rate is 4.5 times as high as that of conventional CMP

Bell-jar type CMP method is anticipated to be a next generation polishing technology

Thank you for your attention !

Saitama Univ., Japan

Conclusions

A new concept "Bell-jar type Controlled Atmosphere CMP system" was proposed, and CMP experiments were conducted on various optoelectronics materials, achieving excellent results as follows:

- 1) 2 – 3 times higher removal rates with bell-jar type CMP than with conventional open-type CMP
- 2) Polishing characteristics vary largely depending on gas and substrate (workpiece).
- 3) Polishing mechanism;
 - Vacuum side:**
 - Sealing effect of the friction heat generated on the processing interface promotes chemical reactions
 - Pressurized side:**
 - Chemical reactions are induced and controlled by the atmospheric pressures and gases on the processing interface
 - Slurry-soaked pads become compressed, and
 - Slurry penetration into pad is enhanced
 - Actual polishing pressure increased

研究について(2/3)

当面考える先端的材料と新加工法の一例

非晶質(特殊ガラス): 次世代LSIデバイスにおける層間絶縁膜(とくにスーパーLow-k材料)の材料物性と材料加工特性/超平坦化ポリッシング(CMP)

多結晶: 光通信部品としての機能性セラミックス(ガラス、ジルコニア、アルミナなど)の材料特性に基づく効果的表面創製技術とその体系化

単結晶: 各種基板あるいは薄膜用下地基板(SiC, GaN, ダイヤモンド, MgO, InP, などの単結晶)の極限的平滑鏡面ポリッシング技術と加工面/薄膜の評価

金属材料: デバイス配線用関連金属(Al, Cu, カーボンナノチューブ)、合金

考案「ベルジャー(チャンパー)密閉型CMP装置」による高圧酸素下における光触媒反応アシストあるいは電解アシストCMP法をベースに、とくに難加工材料の加工プロセスの実用化を目指す。

研究について(3/4)

早急に行うことは、……

「新しい電解/光触媒反応援用の加工環境コントロール型CMP原理とその装置化技術」の研究(科研究費に応募中)

- ◎ より進歩させた新しい考え方・手法(電解と光触媒反応を効果的に発揮し得る条件)を導入し、とくにSiC単結晶基板の基本的加工特性と加工面評価を行うこと、
- ◎ 実用的な装置の設計・試作を行うこと、
- ◎ 各企業の独立独歩的な研究開発を結集すること、

“ポストシリコンデバイス&将来加工プロセス研究会”(現在立ち上げ中)における「結晶製造～加工プロセス～デバイスプロセス」に関わる企業とともに、日本のポストシリコンデバイス開発について考え、**世界に権威発信**する。

“材料加工の研究拠点”モデル形成の第1歩

教育について(1/2)

一般的今日の学生は…、このままでは活力のない日本に……?

ものづくりに関心が少ない、中味を聞こうとしない、好奇心が旺盛ではない、実際の現場を知らない、講義に面白くない(教員の責任でもある)、卒業研究等の立ち上がりが悪い、担当テーマの研究の背景・重要性などの理解度が低い、勉強していることが産業界にどう生かされているのか無知のものが多い、……

これまで日本は活力を維持してきた背景: 単純模倣でない**“三つの力”**の存在
日本人の**知的**の好奇心の強さ、**実利・実用**に対する**関心度の高さ**、**教育の奨励**

本来的には、日本人は**“ものづくり”が好きである筈**。
“振り返れば未来”

“ものづくりの原点”に立ち寄り、技術の歴史(技術史)教育にも目を!
学生にもものづくりの重要性を認識させ、もっと現場のプロセス等に**興味を!**

ものづくりに対する興味抱かせ
“刺激とヒント”を与え得る教育プログラム構築。

教育について(2/2)

実務型の“教育と研究”の連携 “研究と教育のリンケージ”

企業との共同研究に関するほとんどの打ち合わせには出席させ、機会あるごとに企業現場に同行・派遣(インターンシップの一環)させ、ものづくりの重要性を認識させる。教育の場では座学のみではなくものづくりに関心を示すような教育を心がけていきたい。

- + 自己の能力レベルを向上させ、その能力を最大限発揮させること
- + 好奇心旺盛な具体的なアイデアでもって解決する努力させること
- + 問題解決能力を身につけた一流の研究者・技術者に養成すること。

