

室温貼り合わせ時点では、SiO₂ 同士の接合同程度の接合強度を示し、積層体を加熱することで接合エネルギーが増大した。150℃以上の温度で熱処理した場合には、永久接合の指標となる 2.5 J/m² を大きく上回る値を示した。接合の想定機構としては、室温貼り合わせにより新規接着材料表面の官能基と SiO₂ 表面のシラノール基の間で水素結合が形成され、熱処理によって共有結合に変換され永久接合が達成されることが考えられる。また、新規接着材料同士の接合、SiCN や SiN などの無機材料に対する接合においても同様の接合特性を示すことが分かった。更に、新規接着材料は接合前の活性化処理不要であるものの、接合前に表面にプラズマ処理を施すことにより、室温貼り合わせ時点での接合強度が大幅に増大するという結果も得られている¹⁸⁾。

3.2 ダイシング加工性の評価

ダイシングプロセスにおける新規接着材料の適合性を評価した。2.8 μm 厚の新規接着材料膜付きシリコンウェハをダイシングテープ上に固定し、ブレードダイシングにより 3 mm × 3 mm 角チップに個片化し、二流体洗浄を行った。図 3 にブレードダイシング後のチップ表面の光学顕微鏡画像を示す。チップ端部で接着材料の割れ、剥がれなどの欠陥が無く個片化されており、接着材料表面に Si の切削屑などの異物の残存は見られず、洗浄により異物除去可能であることが分かる。

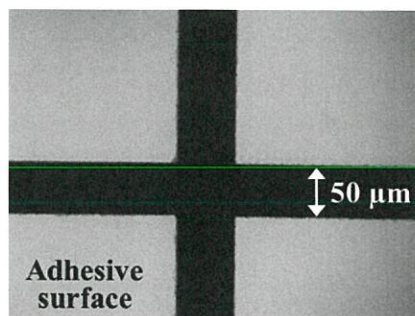


図 3 ブレードダイシング後の新規接着材料付き Si チップ表面の光学顕微鏡画像

3.3 CMP 加工性の評価

次に、新規接着材料の CMP 加工性を評価した。4 インチ Si ウェハ上に塗布、硬化した新規接着材料を市販のコロイダルシリカスラリー（粒径 40 nm）で研磨した結果、CMP 前後で SiO₂ に対する接合特性に変化は見られなかった。

続いて、Cu 電極（直径 20 μm、高さ 2.8 μm、40 μm ピッチ）が形成された基板を準備し、Cu 電極上にスピコートで新規接着材料を塗布、硬化させた。次に、CMP により接着材料を除去して Cu 電極を露出させた。洗浄には市販の塩基性の CMP 後洗浄液を使用した。CMP 前後の光学顕微鏡による観察画像を図 4 に示す。CMP により Cu 電極が露出して光沢が生じていることが分かる。CMP 後の表面の SEM-EDX により分析したところ、Cu 電極上へ接着剤由来の

第6章 「Tough Plasma」による接着力向上技術

①ポリプロピレン (PP)

PPは自動車業界をはじめ、様々な分野で広く使用されている樹脂材料である。一方で、難接着性材料として知られており、接着工程においては前処理が不可欠であることから、従来より前述した各種前処理工法が多く用いられてきた。このPPに対してTough Plasmaを照射した結果、図4に示すように表面の濡れ性が向上する事が確認された。

②アルミダイカスト (ADC12)

ADC12は、铸造性、機械的強度、被削性(切削加工性)、熱伝導性のバランスに優れることを特長とし、特に自動車分野をはじめとする各種産業分野で広く使用されているアルミニウム合金である。一方で、表面に形成される酸化膜や加工状態、ならびに油膜の残存などの影響により、接着工程においては前処理が必要となるケースも多い。ADC12に対してもPPと同様にTough Plasmaを照射した結果、図5に示すように表面の濡れ性が大幅に向上する事が確認された。

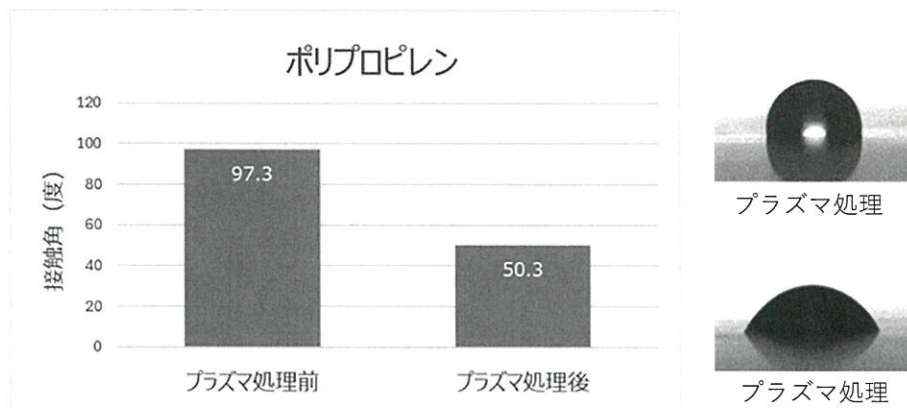


図4

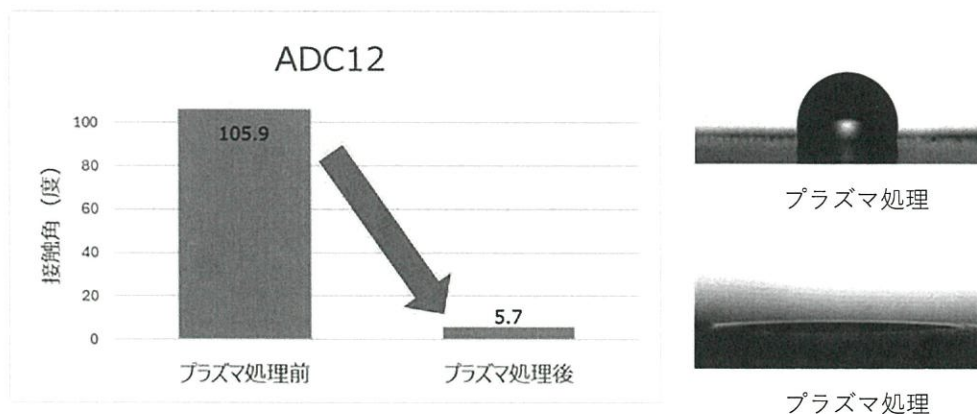


図5

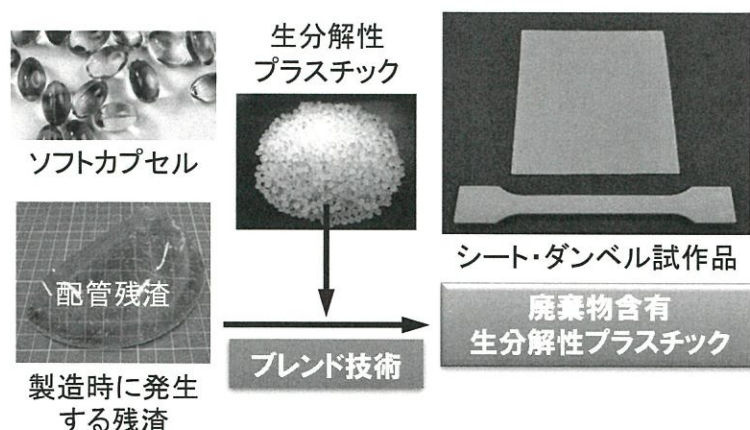


図2 熱可塑ゼラチンを用いた生分解性プラスチックの開発

3 バイオポリマーの熱可塑化とホットメルト接着剤への展開

生分解性プラスチックの利用が拡大するにつれ、それらを接合する接着剤についても、生分解性や解体性を備えた材料設計が不可欠となる。構造材が生分解性であっても、接着剤が非分解性であれば、製品全体としての分離性や循環性は確保できない。特に異種材料を接合する用途では、接着剤がリサイクルや分解工程の障害となることが多く、生分解性プラスチックが主流となる時代を見据えると、生分解性接着剤の開発は重要な技術課題である。

筆者らは熱可塑化したバイオポリマーを用いることで、ホットメルト接着剤として機能する生分解性材料の設計を検討してきた。対象とした材料は、動物由来タンパク質であるゼラチンと、植物由来多糖であるデンプンである。いずれも多数の親水性官能基を有し、生分解性を備える材料であるが、単独では熱可塑性に乏しく、ホットメルト接着剤としての利用は困難である。

これらのバイオポリマーにグリセリンを可塑剤として添加し、熱可塑化することで、加熱下で熔融流動性を示す材料が得られる。実際、熱可塑デンプン単独であっても、金属や生分解性プラスチックに対して一定の接着力を示すことが確認されている。一方で、接着強度の向上や接着挙動の安定化、さらには異種材料接着への適用を考慮すると、界面相互作用を補強する材料設計が有効となる。

そこで、熱可塑化したゼラチン (GEL) と熱可塑デンプン (ST) を組み合わせたブレンド設計が検討された (図3)。ゼラチンはアミノ基、カルボキシル基、水酸基を併せ持つ高極性材料であり、金属表面や極性高分子との相互作用に優れる。一方、デンプンは多糖類としての凝集力を有し、接着層内部の力学特性に寄与する。両者を熔融混練することで、熱可塑 GEL/ST ブレンド接着剤が得られる。このブレンド材料は加熱により熔融し、冷却により固化する明確なホットメルト挙動を示し、シート状に成形することが可能である。一定厚みの接着層として被着体間に配置し、加熱・加圧することで接着が行われる。接着特性の評価では、アルミニウム同士の接