

氏 名 北田 良二

授与した学位 博士

専攻分野の名称 工学

学位授与番号 博甲第4265号

学位授与の日付 平成23年 3月25日

学位授与の要件 自然科学研究科 産業創成工学専攻

(学位規則第5条第1項該当)

学位論文の題目 特殊加工法による半導体パッケージ製造技術の高性能化に関する研究

論文審査委員 教授 宇野義幸 教授 塚本眞也 教授 藤井正浩 准教授 岡田 晃

学位論文内容の要旨

デジタル家電や携帯電話等の電気機器は今後も世界的に普及していくことは確実であり、半導体デバイスに対して、更なる高機能化、小型化、低コスト化が求められている。そして、半導体製造プロセスの後工程においても、半導体デバイスの発展に対応する更なる技術革新が必要とされている。

本研究は、半導体製造プロセスの後工程に関するものであり、次世代の半導体製造技術として、特殊加工法による半導体パッケージ製造技術の高性能化について3つの研究テーマに取り組んでいる。

第1の研究テーマである半導体パッケージの高品位レーザダイシング法では、複合材料である半導体パッケージの高品位レーザダイシング法として、Qスイッチシングルモードファイバーレーザを使用した高品位レーザ切断技術を提案している。その結果、加工試料の基板側からレーザ光照射を行い、レーザ光と同軸のアシストガスとして初期膨張部を持つラバルスロートノズルを使用して窒素ガスを噴射することで、切断溝幅 0.1mm 以下、切断面テーパ 50 μ m 以下の高品位な切断加工が可能となった。また、同軸アシストガスに窒素を適用し、切断部の後方から冷却ガスを噴射することで、熱影響層幅 0.1mm 以下、切断面表面粗さ 9 μ mRa 以下の高品位切断性状を得ることができた。これらの研究成果は実用可能性の高い要素技術であり、今後の実用化が十分に期待できる。

第2の研究テーマである大面積電子ビーム照射による焼結硬質材の表面特性向上では、大面積電子ビーム照射法を超硬合金およびセラミックス（アルミナ、ジルコニア）へ適用する基礎的研究を実施した。その結果、大面積電子ビーム照射により、超硬合金およびセラミックスの表面平滑化および表面改質が可能であることが明らかとなった。また、セラミックスのブラスト加工面に大面積電子ビームを照射することで表面の微細凹凸が熔融した滑らかな凹凸形状となり、成形樹脂の離型性を向上することができた。本研究により、大面積電子ビーム照射は、焼結硬質材の表面特性を向上できることが明らかとなった。

第3の研究テーマである放電加工面と成形樹脂との離型性に関する研究では、放電加工面と熱硬化性エポキシ樹脂との離型性を定量的に評価して実験的に考察した。その結果、汎用的な型彫り放電加工面の離型性に及ぼす因子は、放電加工表面の粗さプロファイルにおける凹凸形状の平均斜度であった。すなわち、平均斜度が大きくなることで剥離界面のせん断応力が支配的となり、離型力が低下することが明らかとなった。また、灯油系加工液を用いた放電加工仕上げ面の離型性は、汎用的な型彫り放電加工面の離型性と同様の傾向を示した。さらにシリコン粉末混入加工液を用いた放電加工面仕上げ面では、エポキシ樹脂と接着性の強いシリコン成分が含まれるために離型力が高くなることがわかった。これらの研究成果により、放電加工面における離型要因を解明することができ、樹脂成形金型の離型性を向上させる要素技術として実用展開が期待できる。

以上のような研究成果は、半導体製造プロセスの後工程に関する次世代の半導体製造要素技術として応用展開できるものと期待される。

論文審査結果の要旨

本研究は、半導体製造プロセスの後工程に関するものであり、次世代の半導体製造技術として、特殊加工法による半導体パッケージ製造技術の高性能化について3つの研究テーマに取り組んでいる。第1の研究テーマである半導体パッケージの高品位レーザダイシング法では、複合材料である半導体パッケージの高品位レーザダイシング法として、Qスイッチシングルモードファイバーレーザを使用した高品位レーザ切断技術の確立を提案している。その結果、加工試料の基板側からレーザ光照射を行い、レーザ光と同軸のアシストガスに窒素を適用し、切断部の後方から冷却ガスを噴射することで、熱影響層幅0.1mm以下、切断面表面粗さ $Ra=9\mu\text{m}$ 以下の高品位切断性状を得ることができた。第2の研究テーマである大面積電子ビーム照射による焼結硬質材の表面特性向上では、大面積電子ビーム照射法を超硬合金およびセラミックス（アルミナ、ジルコニア）へ適用する基礎的研究を実施した。その結果、大面積電子ビーム照射により、超硬合金およびセラミックスの表面平滑化および表面改質が可能であることが明らかとなった。また、セラミックスのブラスト加工面に大面積電子ビームを照射することで表面の微細凹凸が熔融した滑らかな凹凸形状となり、成形樹脂の離型性を向上することができた。第3の研究テーマである放電加工面と成形樹脂との離型性に関する研究では、放電加工面と熱硬化性エポキシ樹脂との離型性を定量的に評価して実験的に考察した。その結果、汎用的な型彫り放電加工面の離型要因は、放電加工表面の粗さプロファイルにおける凹凸形状の平均斜度であり、平均斜度が大きくなることで剥離界面のせん断応力が支配的となり離型力が低下することが明らかとなった。また、灯油系加工液を用いた放電加工仕上げ面の離型性は、汎用的な型彫り放電加工面の離型性と同様の傾向を示した。以上のような研究成果は、半導体製造プロセスの後工程に関する次世代の半導体製造要素技術として応用展開できるものと期待される。

本研究によって得られた成果は、今後の半導体製造産業における革新的な技術開発として有効な資料を提供するものであり、工学的・工業的価値が高い。よって本研究は博士（工学）の学位に値するものと認められる。