

博士論文審査結果の要旨

博士論文審査委員会

主 査 本間 哲哉

審査委員 小池 義和

審査委員 上野 和良

審査委員 石川 博康

審査委員 高木 茂行

氏 名	土屋 均
論文題目	レーザ光を用いた集積回路接合材料，ディスプレイ蛍光材料の流動制御に関する研究
〔論文審査の要旨〕	
<p>本論文は、デジタル機器用集積回路の接合材料やディスプレイ用蛍光材料の、レーザ光を用いた非接触流動制御に関するものである。</p> <p>第1章では、研究の背景、目的、意義、論文構成と概要を述べている。集積回路接合材料や蛍光材料の流動制御は、生産性向上には重要な課題であった。本研究では、集積回路接合のためのはんだペーストの4辺同時レーザ光スキャン加熱装置・プロセス、蛍光体ペーストのディスペンス塗布装置・プロセスを提案している。</p> <p>第2章では、4辺同時レーザ光スキャン加熱プロセスについて述べている。4辺同時のスキャンレーザ光形成のため、レーザ発振器、4分岐光学系、レーザスキャン機構で構成する装置を提案している。QFP(Quad Flat Package)-IC接合部の吸熱・放熱による昇温現象をシミュレーションし、スキャンライン上の中央と端の昇温特性が均一となるスキャン振幅条件を明らかにしている。</p> <p>第3章では、はんだペーストとQFP-ICの供給と4辺同時レーザスキャン加熱が可能な自動はんだ付けシステムを提案している。溶融はんだ材の流動制御のため、はんだペースト供給量、レーザ出力・光径、接合部昇温特性、接合部のギャップ矯正を評価している。最適プロセス条件ではんだ付けを行い、高い接合部信頼性を確認し、量産適用への可能性が高いことを明らかにしている。</p> <p>第4章では、蛍光体ペーストのディスペンスノズルとガラス基板とのギャップ制御をレーザ変位計で行うディスペンス塗布装置と、塗布形状測定装置を提案している。また、塗布シミュレーションにより、塗布断面積が均一となる塗布ノズル径、塗布圧力、ギャップ制御範囲を明らかにしている。</p> <p>第5章では、シングルノズルを用いたときの蛍光体ペーストの流動制御を行うため、ガラス基板と、蛍光体ペーストが含有する butyl carbitol acetate (BCA)の付着張力、塗布圧力、塗布幅、塗布厚さ、蛍光体含有量と塗布厚さなどを実験で明らかにし、black matrix (BM)開口部内に仕様寸法で蛍光体層の形成が可能であることが判明している。</p> <p>第6章では、生産性向上のため、16本のノズルから成るマルチノズルユニットによる蛍光体ペーストの流動制御プロセスについて述べている。圧力と流速のシミュレーション</p>	

と実験により、各ノズルの塗布量の変動を調べている。ノズル位置の違いによる圧力変化で変動する塗布量のばらつきをギャップ制御により抑制し、塗布厚さのばらつきを低減できることを明らかにしている。さらに、複数のマルチノズルユニットを搭載するマルチノズルヘッドを提案し、混色発生がない塗布ピッチ条件を明らかにしている。

第7章では、本研究の結論と今後の課題、将来展望について述べている。本研究の成果は、3次元実装や3次元造形などへの技術展開も期待できる。

最終審査では、予備審査での指摘を基に修正・加筆を行った論文について、約70分間の発表（公聴会，出席者20名）があり、多数の有意義な質疑応答がなされた。引き続き開催した審査委員会では、予備審査での修正・加筆部分の説明があり、不十分な部分の修正・加筆を行うように指示があった。再度、加筆・修正を行うことを前提に、可否の判定を行った結果、博士学位論文として十分な内容であり、審査委員5名全員が合格と判定した。

本研究に関する論文・学会発表

査読付き論文（英文） : 2編
投稿中（査読付，英文） : 1編
国内学会口頭発表 : 6件

以上

論 文 要 旨

2016年 1月 12日

※報告番号	第 号	氏 名	土屋 均
主論文題名			
レーザ光を用いた集積回路接合材料，ディスプレイ蛍光材料の流動制御に関する研究			
内容の要旨			
<p>本論文は，デジタル機器の集積回路やディスプレイの製造工程において，レーザ光を用いて，接合材料や蛍光体材料の流動制御を非接触で行い，生産性を向上させる研究に関するものである。</p> <p>高度な情報ネットワークと連携した，身近なヒューマンインターフェースである，大型テレビやタブレット，スマートフォンには，機能デバイスである集積回路基板やディスプレイが必ず搭載されている。この機能デバイスの製造工程のひとつに，ペースト材料を供給し，熱熱処理する工程がある。集積回路基板では，はんだペーストを使用した接合工程，ディスプレイパネルでは，蛍光体ペーストを使用した蛍光体層形成工程があり，ペースト材料の流動制御による歩留まり向上，多数個一括生産や大型デバイス生産の対応に課題があった。</p> <p>集積回路基板の接合工程は，はんだペーストの供給と加熱を，それぞれ一括処理するプロセスが主流となっている。しかし，搭載する高集積回路部品の中には，熱ストレスによるパッケージのダメージや静電気による回路の損傷，接合部の微細化によるはんだ付け不良などの問題があり，一括プロセスでははんだ付けができなかった。</p> <p>本研究では，独自に考案した4方向同時レーザスキャン加熱プロセスによる，接合材の流動制御について述べている。局所かつ全接合部の同時加熱により，接合部全体の均一昇温が可能な条件を見出した。この効果は，接合信頼性の確保と部品への熱ストレス低減だけでなく，セルフアライメント効果による接合位置精度の向上や接合リードのコプナナリティの矯正を可能とした。開発した全自動はんだ付けシステムは，接合部の信頼性試験の結果から，集積回路基板の量産実装工程に適用されている。</p> <p>蛍光体ペーストの塗布工程は，印刷方式による蛍光体ペーストの供給と，露光，剥離，熱処理を行う一括処理プロセスが主流となっている。しかし，印刷方式は，被印刷対象と供給機構での接触による不純物の混入や混色の不良が，問題であった。プラズマディスプレイ (Plasma Display Panel, PDP) の蛍光体ペースト塗布は，蛍光体パネル基板上にワッフル型の隔壁があるため，ディスペンス塗布方式が導入されている。しかし，電界放電型ディスプレイ (Field Emission Display, FED) は，画素ごとの隔壁は無いため，独自の蛍光体ペーストの制御プロセスが必要であった。</p> <p>本研究では，独自に考案した，レーザ光計測を用いたディスペンス塗布プロセスと，塗布後の厚さ維持のプロセスによる，FED パネル用の蛍光体ペーストの流動制御について述べている。前者はギャップ制御によるディスペンス塗布安定化，後者はBlack Matrix (BM) の前処理による塗布ペーストの厚さ維持で，露光，剥離，熱処理後のBM開口部内に，厚さ $8\pm 1.5 \mu\text{m}$ の蛍光体層を形成する条件を見出した。また，16本のマルチノズルユニットは，塗布ピッチ間隔が $210 \mu\text{m}$ 以上であれば，混色が回避できた。得られた結果から，複数のマルチノズルで構成するマルチノズルヘッドを考案し，塗布工程後の露光，剥離，熱処理工程を3回から1回に削減できるという指針を示した。本研究は，3次元実装や3次元造形などへの技術展開も期待できる。</p>			
以上			