

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 玉井光一

本論文は高精細液晶ディスプレイにおける実装技術と実装システムの開発と題し、7章からなる。

第1章の「諸論」では、液晶ディスプレイ全体の製造工程と今回の開発対象である液晶ディスプレイ実装工程の動向について述べている。さらに今後、フラットパネルディスプレイの中で、液晶ディスプレイが重要な位置を占めるための要件として、市場の要求と技術開発の方向性を整理している。それらを整理する中で、本開発の目的と意義について述べている。

開発の目的が、液晶ディスプレイの高精細化と低価格化を実現することであり、その施策について述べている。高精細化の課題に対して、液晶駆動 IC の接続部材に導電体の微細化が可能な金属被膜付き樹脂粒子を均一分布した異方性導電膜を考案し、高密度実装の可能性の実証を提案している。低価格化の課題に対しては、異方性導電膜を接続部材とした複数の液晶駆動 IC を一個ずつ実装するのではなく、一度に一括で実装する方式を考案し、その可能性と生産性の実証を提案している。

第2章の「液晶ディスプレイ実装工程における本研究の位置付けと課題の概要」では、実装工程順にその技術内容と技術動向を整理し、その中で本研究の位置付けを述べている。開発に関連のある主要部材として液晶駆動 IC の内容を示し、その変遷から高密度化対応の接続部材として異方性導電膜の必要性を述べている。また、開発課題である液晶ディスプレイの高精細化と低価格化の2件について、課題解決の具体策を提案している。

第3章の「異方性導電膜の開発」では、液晶ディスプレイの高精細化に伴い、高密度化した液晶駆動 IC と液晶基板を電氣的に接続する異方性導電膜について述べている。異方性導電膜の原理を明確にすると同時に、従来の異方性導電膜の限界を明らかにし、新たに開発した高精細化に対応可能な異方性導電膜について述べている。実用化に関して導電体として、従来、用いられていたカーボンファイバおよび金属粒子の限界を明らかにすると共に、変形量を大きくできる金属被膜付き樹脂粒子により、接続ピッチおよび信頼性の限界が大幅に改善されることを示している。

液晶駆動 IC の実装信頼性に異方性導電膜の接着部材が重要な関わりがあることを示し、従来の熱可塑性樹脂を熱硬化性樹脂に変更した経緯と熱硬化性樹脂の優位性を述べている。

第4章の「異方性導電膜による高密度実装技術の開発」では、液晶ディスプレイの高精細化に伴って、液晶駆動 IC の実装精度を向上させる必要があることを

示し、その具体的な施策について述べている。実装精度を劣化させる要因を整理する中で、各部品の線膨張係数の違いが実装精度に影響していることを明確にしている。特に実装時の加熱・加圧により、液晶駆動 IC のポリイミドフィルムの伸びが実装精度に大きく影響していることを証明し、その伸びのメカニズムを解明している。これらの内容から、液晶駆動 IC、異方性導電膜、液晶基板の線膨張係数の差からくる実装のずれ量を明確にし、線膨張係数が最も大きい液晶駆動 IC の接続ピッチをあらかじめ短くしておき、熱圧着後、液晶基板の接続ピッチと同一になる方法を提案している。

第 5 章の「ボンディングツールの開発」では、生産性の向上を図るため、複数枚ある液晶駆動 IC を一度に実装するボンディングツールの開発を提案している。課題は、ボンディングツールの長尺化で、その実現のためにはボンディングツール先端の温度の均一化と平面度の高精度化が必要であることを述べている。この解決方法として、設計段階でボンディングツールの温度の均一性を同定する手法を提案している。従来の有限要素法だけでは解析できない隣接部品の熱伝導や空気の放射伝熱を有限体積法の熱・流れ解析で解析できるようにし、解析精度を向上させている。さらにボンディングツール先端が 553K の高温化でも平面度が出せる機構を開発しており、この 2 件で温度が均一 ($553\text{K} \pm 5\text{K}$) で高精度な平面度 ($3\mu\text{m}$ 以内) を有する長尺ボンディングツールを実現している。

第 6 章の「全自動実装システムおよび装置要素技術の開発」では、生産性の向上を図るために開発した自動化技術について述べている。自動化のために開発した要素技術として、液晶基板の電極を検出する光学系と画像処理技術、液晶駆動 IC の実装精度を向上させる振動絶縁技術、高剛性化技術および実装システムの小型軽量化技術の 4 件について述べている。これらの 4 件を代表とする装置要素技術の開発で、液晶ディスプレイ実装工程の全自動化を実現している。

第 7 章の「総括」では、本開発で得られた成果と明確になった技術内容について述べている。最後に液晶ディスプレイの次世代の実装技術と実装システムの指針について、その内容を明らかにしている。

以上、本論文は、異方性導電膜という実装部材の導入による、液晶ディスプレイの高精細化の実現と、液晶駆動 IC を液晶基板に全自動で実装する装置技術を完成させたことによる、液晶ディスプレイの低価格化の実現について、その技術開発の全貌を示したものである。これらは液晶産業界を発展させると同時に高度情報社会の進展にも寄与している。さらに技術成果としてあきらかになった知見は、工学、工業の両面において価値の高いものである。

よって、本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。