

エピフィルムボンディング技術 の実用化

株式会社 沖デジタルイメージング
代表取締役社長 菊地 曠

株式会社 沖データ
代表取締役社長 前野 幹彦

(株) 沖デジタルイメージング 開発部	部長	萩原 光彦
(株) 沖デジタルイメージング 技術第2部	部長	小泉 真澄
(株) 沖デジタルイメージング 製造部	部長	石丸 真人
(株) 沖デジタルイメージング 技術第1部	次長	南雲 章
(株) 沖デジタルイメージング 開発部	課長	藤原 博之
(株) 沖デジタルイメージング 開発部		鈴木 貴人
(株) 沖データ NIP 事業本部	技師長	伊藤 克之

はじめに

薄膜化した半導体材料を異なる材料に、接着剤を使わずに独自のナノ製造技術を用いて材料間の分子間力により接合一体化する「エピフィルムボンディング技術」を開発した。このような異なる機能を持った異なる材料を1つのデバイスに一体化する技術開発は世界中の研究機関やメーカーで研究されていたが、製品としての実用化の報告はない。今回我々は、分子間力により接合一体化する今までにない半導体技術を開発し、駆動回路と発光層を一体化した世界で初めてのデバイスの量産に成功した。

開発のねらい

電子写真式プリンタの書込み光源であるLEDヘッドは、印刷幅に複数のLEDが配置されていることが特長で、例えばA4サイズの600ドット/インチの密度を持つLEDヘッドは、4992ドットのLEDで構成されている。ここで従来のLEDヘッドでは、LEDアレイとドライバICの2種類のチップを各々配線基板上に実装する領域が必要であるため、基板サイズの縮小に限界があり、更なる小型化に課題があった。また生産物量が増えるに伴い高価な生産設備であるダイボンダ及びワイヤボンダの投資が必要であり、償却費の低減ができなかった。さらにワイヤボンダ方式は機械

的な接続であるため、約 $80\mu\text{m}$ 以上の接続ピッチが必要で、実装の高密度化に限界があり課題となっていた。

一方、LEDアレイの材料である化合物半導体はシリコン半導体に比べ高価である。従来のLEDアレイはウエハから切り出した幅が $370\mu\text{m}$ であるが、発光する機能として使用する領域は $20\mu\text{m}$ である。すなわち本来発光する機能を得るために高価な化合物半導体を使用しているが、配線及びワイヤボンディング実装の領域がチップ幅のほとんどを占めるため、材料の利用効率が悪く、低コスト化に課題があった。

従ってカラープリンタがスモールオフィスのような新たな市場で普及を拡大するためには、LEDヘッドには更なる小型化と高密度化の性能面の向上ばかりでなく、低コスト化と要求物量に応じられる生産性の向上が必要であった。

装置の概要

図1に開発したエピフィルムボンディング技術により駆動回路と発光層を一体化したデバイスの外観写真を示す。今回我々は、プリンタの書込み光源であるLEDヘッド用に発光ダイオードの材料であるAlGaAs（アルミ・ガリウム・ヒ素）の厚み数マイクロメートルの薄膜をGaAs（ガリウム・ヒ素）ウエハ基板から剥離し、シリコン集積回路上に分子間力を用いて接合一体化したデバイスの量産に世界で初めて成功した。発光部であるLEDのサイズは $20\times 20\mu\text{m}$ でピッチは $42.3\mu\text{m}$ 、1チップの集積度は192ドットである。

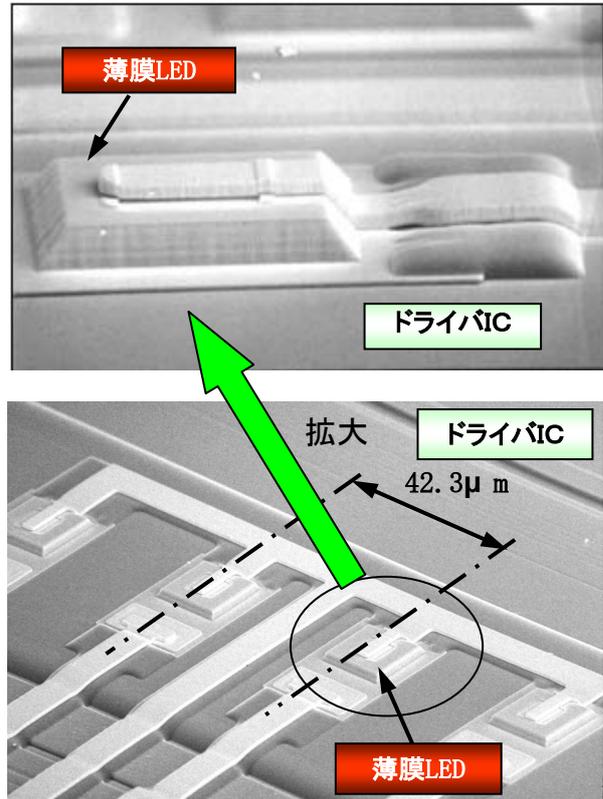


図1 新型LEDアレイの外観写真

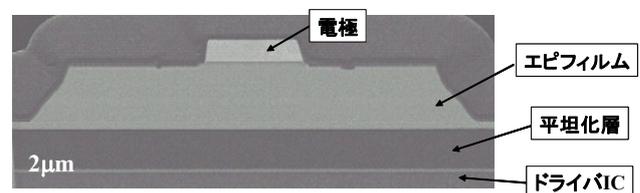


図2 新型LEDアレイの断面拡大写真

技術上の特徴

開発のキー技術は独自ナノ製造技術の「エピフィルムボンディング(EFB)技術」である。

ここで重要な課題は、図2の新型LEDアレイの断面拡大写真に示されているように、エピフィルムとドライバIC間の分子間力を高め、エピフィルムに欠損、クラック、浮きがない良好な接合状態を大量生産の工程の中で維持することである。この課題を解決するため、独自の構造

及び、ナノメートル単位を制御する製造プロセスを新たに開発した。

図3にエピフィルムボンディングの工程を示す。第1の工程はLED半導体層のエピフィルムを形成する工程である。第2の工程はGaAs基板から厚み数 μm のエピフィルムを剥離する工程である。第3の工程は室温でエピフィルムに荷重をかけ、分子間力でドライバIC上に接合する工程である。第4の工程は半導体プロセスを用い、接合したエピフィルムをエッチングして個々のLED素子に分離し、各LED素子とドライバ素子間の配線を形成する工程である。

ここで課題解決のための第1のポイントは、第1の工程でエピ構造にエッチングされやすい犠牲層を導入したことと、第2の工程で剥離容易性を向上させ、かつハンドリング性を上げるための支持体を設けたことである。これらにより剥離したエピフィルムは、量産時にも数ナノメートルの平坦性を維持できるようになった。

第2のポイントは、ドライバIC上の平坦性を得るために、第3の工程の前工程としてドライバIC上の接合面を平坦化し、数ナノメートルの平坦性を得るようにしたことである。このナノメートル単位を制御する製造プロセスを行うことで、エピフィルムとドライバICの接合力は強固となり、第4の工程で半導体プロセスを施しても接合面への薬液の浸透やエピフィルムの剥離は発生しない。

実用上の効果

図4は実用化された新型LEDアレイを用いたLEDヘッドと従来LEDヘッドを比較した図である。従来LEDヘッドに比べ新型LEDアレイを用いたLEDヘッドでは、デバイスチップを配線基板に実装するとき、搭載チップ数は1/2、ワイヤ数は1/5で良いため、現在保有している実装装置で2倍以上の実装組立てを行うことが可能となり生産性が2倍以上に向上した。また配線基板

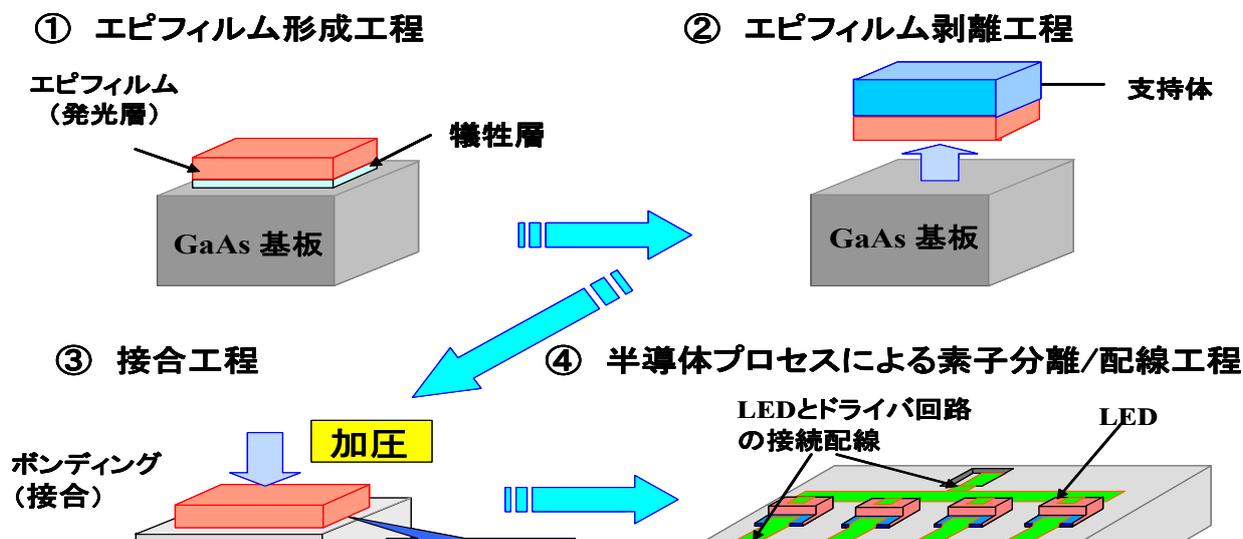


図3 エピフィルムボンディング工程の説明図

上に1種類のチップを実装すれば良いため、基板幅を2/3にすることができた。さらに新型LEDアレイではエピフィルムの幅は配線及びボンディング実装する領域は不要のため1枚の化合物半導体基板から取れるチップの数は従来LEDアレイに比べ約4倍以上となった。これによりデバイスの生産性が上がると共に、低コスト化が達成できた。

この新しいデバイスとヘッドの実用化で、LED材料の最大活用とワイヤボンディング数の大幅削減や実装チップ数の削減により生産性が向上すると共に、生産工数や材料が削減され、従来技術で課題であったヘッドの低コスト化と小型化を実現した。

また今後の更なる高密度化に対しても、機械的な接続方式であるワイヤボンドではなく半導体プロセスのフォトリソグラフィ技術が使えるため、デバイスとヘッドの小型化・高密度化が期待できる。

開発したLEDヘッドは2006年4月から生産を開始しており、主にタンデム型カラープリンタ

に搭載されている。この新型LEDヘッドの実用化により、10万円を切る価格でコンパクトなカラープリンタを市場に投入することができ、新たな市場であるスモールオフィスへの波及が進んでいる。この新型ヘッドが搭載されたプリンタは2007年3月までに約20万台が販売され、およそ240億円の経済効果を生み出している。

工業所有権の状況

本開発品の装置に関する特許登録は、2007.4.10時点で、国内出願計18件、国内公開計33件、米国出願計21件、米国登録計7件の実績である。

むすび

エピフィルムボンディング技術は異なる機能を持った異なる材料を1チップに集積できる新しい半導体技術のため、従来にない新しい機能や性能を持ったデバイスを創出することが可能である。

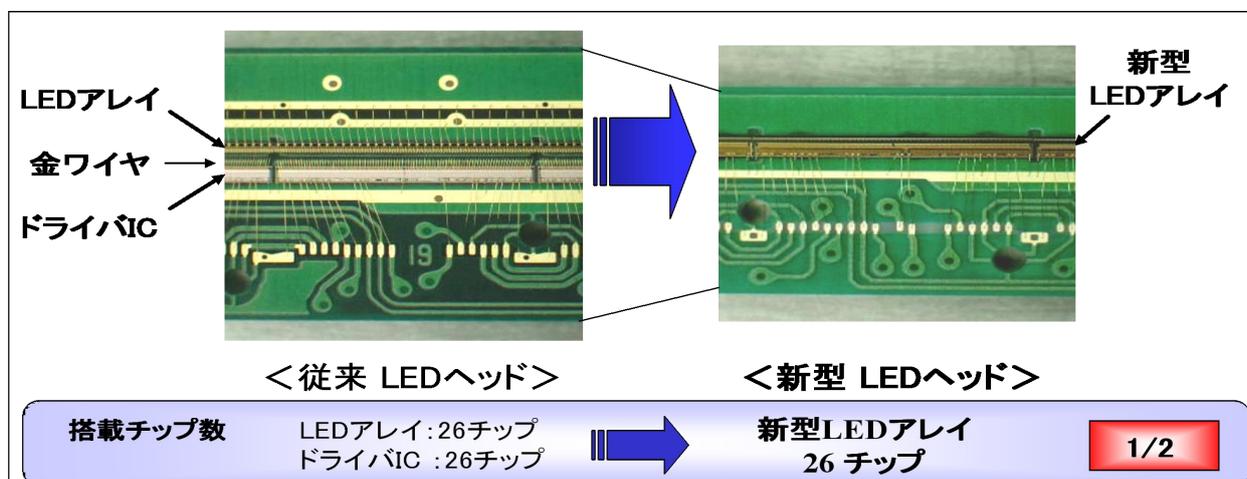


図4 従来ヘッドと新型ヘッドの比較