

ESD 保護の内蔵による、より堅牢なLEDデバイスの実現

ソニー・ブラウン

静電気放電 (electrostatic discharge: ESD) 保護をセラミック基板に組み込む新しい技術により、温度変動と ESD に対する LED デバイスの耐性が向上する。電子部品は非常に繊細で ESD の影響を受けやすく、その耐用期間が尽きるよりもはるか以前に損傷を受ける可能性がある。

LED ベースの固体照明 (Solid State Lighting: SSL) システムは、スマートフォンからカメラのフラッシュ、自動車のヘッドライト、家庭用照明に至るまで、あらゆる種類の電子機器に一般的に用いられている。米エネルギー省 (Department of Energy: DOE) によると、2018年には建物内外の新しい照明設備の13%近くがLEDで、2年前の3%から増加したという (<http://bit.ly/2FQF8pI>)。LED技術は、照明システムに関しては最先端とみなされており、設計エンジニアにとっての重要な機会となっている。

LED照明はソリッドステート技術に基づくため、いくつかの利点と欠点がある。基本的な利点としては、信頼性、長寿命、性能、節電効果などが挙げられる。LEDの予測耐用期間 (初期輝度の80%以上を維持する期間) は5年、または連続使用時間で5万時間である。この性能パラメータは光束維持率と呼ばれており、LM-80は、北米照明学会 (Illuminating Engineering Society: IES) が定める、光束の低下を測定するための方法としてよく知られており、TM-21は、データを基に長期的な性能を予測する方法を説明した技術文

書である (<http://bit.ly/2FTU4DA>)。ソリッドステート技術に基づくため、LEDは白熱電球のように「焼き切れる」ことがなく、他の光源よりも信頼性が高い。また、他の照明システムと比べてはるかに節電効果が高い。

こうした利点にもかかわらず、LEDには3つの大きな欠点がある。まず、すべての半導体と同様に、静電気放電 (ESD) に敏感である。また、過電圧スパイクの影響を受けやすい (<http://bit.ly/2FMQJ9v>)。3つめとして、過熱に対する保護が必要である (<http://bit.ly/2FN81mQ>)。

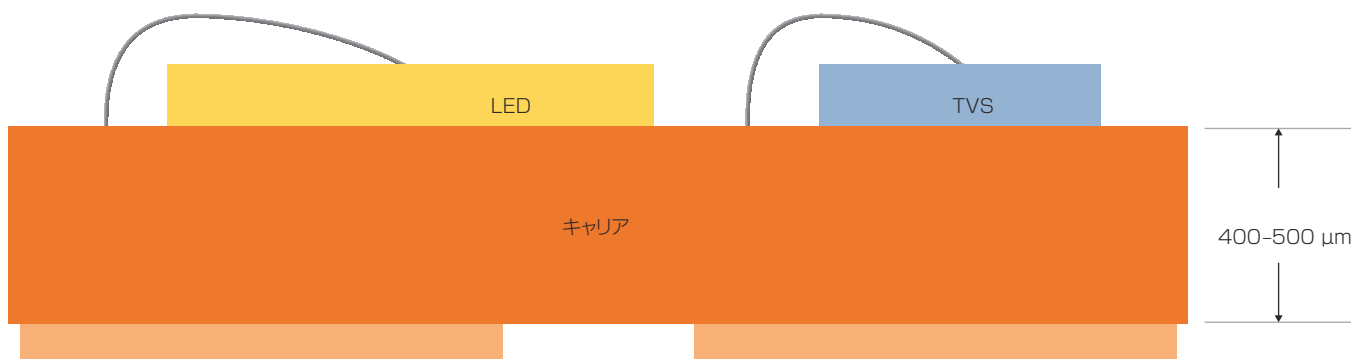


図1 従来のLED照明製品設計では、ESD保護部品 (TVS ダイオード) が基板上のLEDの横に配置されている。

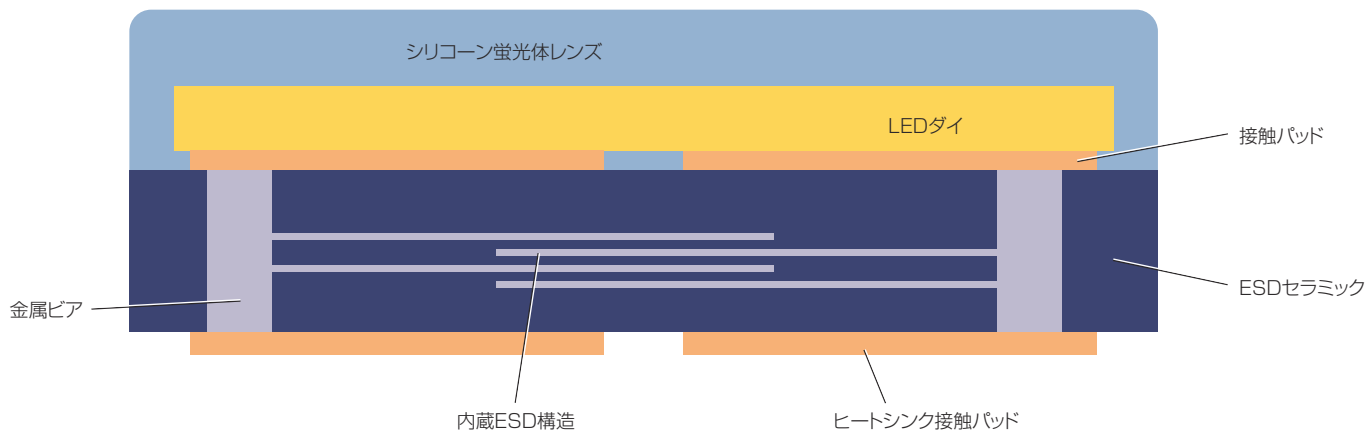


図2 LEDの下の基板にESD保護機能が直接組み込まれたLEDユニットの構造図。CSPにより、高い実装密度を達成することができる。

LEDにおけるESDの防止

このような理由に基づき(主にESD対策として)、個々のLEDが直列接続か並列接続かに応じて、従来はディスクリートを保護部品が、LED照明システムを保護するために使用されてきた。過渡電圧抑制(Transient Voltage Suppressor:TVS)ダイオードは、低電圧クランプ機能によってそのような保護を提供し、電圧が低く保たれることを保証する。TVSダイオードがなければ、電圧の急激な増加によってSSLシステムに障害が引き起こされる恐れがある。従来のLED照明では、TVSダイオードがESD保護部品として基板上のLEDの横に配置されている(図1)。

この10年間で、積層バリスタという代替策が登場した。積層バリスタはコンパクトで安価であるだけでなく、LEDをESDから保護する能力に優れている。ディレーティングすることなく125°Cまでの温度に耐えられる表面実装部品(Surface Mount Device:SMD)であるため、TVSダイオードよりもはるかに優れた温度ディレーティング特性を示す。また、積層バリスタならば、プリント回路基板(Printed Circuit Board:PCB)

上の複雑なワイヤーボンディングの代わりに、単一のはんだ付けプロセスによって取り付けることができる。

基板への保護機能の内蔵

そして現在、3つめの代替策が開発されている。CeraPadと呼ばれる、LEDシステム用に明示的に設計された超薄型セラミック基板は、ESD保護が組み込まれた多層構造を持ち、ディスクリートのESD保護部品が不要である。

この方法を採用すれば、ディスクリート部品や積層バリスタを使用する場合よりも、光源によるPCB表面の利用効率を高めることができる。LEDによって生成される光の最適な放射が、保護部品によって妨げられることがなくなり、LEDの発光効率が高まる。このセラミック基板は、用途の要件に合わせてカスタマイズし、PCB実装用に顧客に供給することができる。

ディスクリートのESD部品を追加する必要がなくなれば、LEDの実装密度はさらに増加する(図2)。それは、コスト削減、基板表面のより効率的な利用、信頼性の向上につながる。また、TVSダイオードとボンドワイヤーが不

要になり、それに伴うコストのかかる部品配置や処理工程も不要になれば、製造効率、品質、そして部品の全体的な堅牢性が高まる。TVSダイオードと直接比較することはできないが、ESD耐性の高さが、シリコンベースのツェナーダイオードよりもこの技術がLEDに対して優れている理由の1つである。また、この種のTVSダイオードがLEDの保護に最もよく使用される理由の1つでもある。

この機能性CeraPadウエハは、30kVまでのESD耐性を有する安定したLED基板である。ツェナーダイオードのわずか8kVと比べると、その耐性は3倍以上である。CeraPadは、CSP0707からCSP1515までの標準的なLED素子用にカスタマイズされた、高い実装密度を達成するチップスケールパッケージ(Chip Scale Package:CSP)の実装も可能である。またCeraPadは、熱膨張率がシリコンベースのLEDとほぼ同じで6ppm/Kと低いため、熱に対する保護を追加する必要がない。

このセラミック基板は熱伝導率が高く、銀のサーマルビアによってさらにそれを高めることができるため、温度

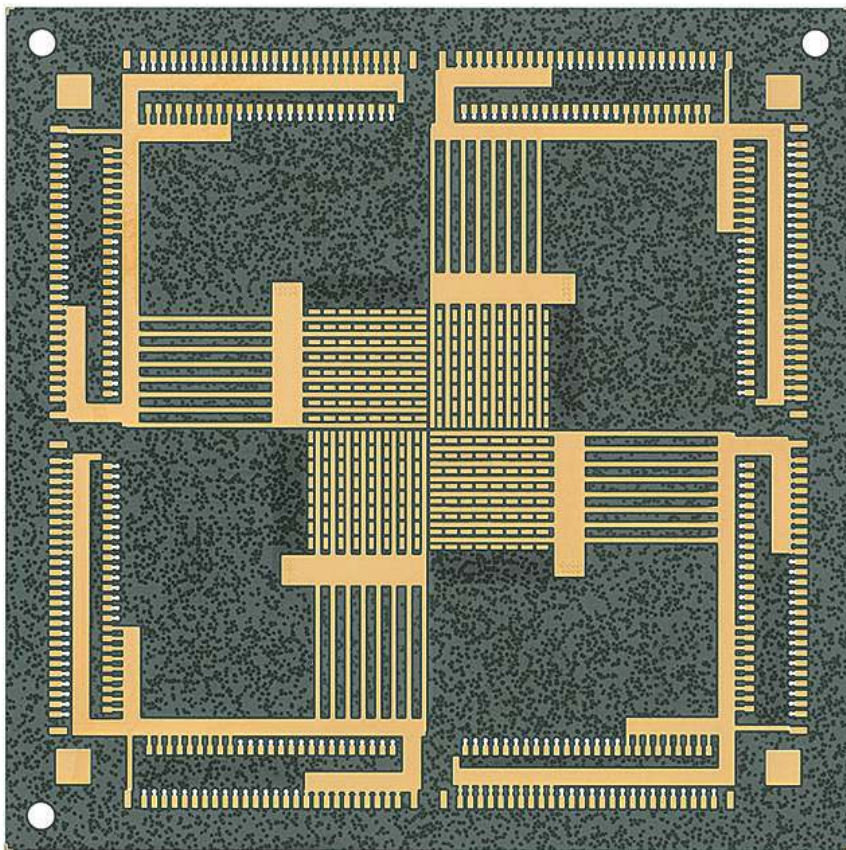


図3 CSP0707 LEDで構成された16×16のLEDアレイを実現するCeraPad設計。これをカスタマイズすることにより、個別に制御可能なLEDを最大1000個、密集して配置することが可能である。

変化時の基板とLED間の機械的ストレスはほとんどない。基材の厚さがわずか300～400 μ mの場合で、CeraPadは250MPaという高い曲げ強度を持つ。低い熱膨張率、高い熱伝導率、高い曲げ強度を併せ持つことから、カスタマイズ可能なCSPの実装が可能である。

応用分野

積層ESD保護部品と低温同時焼成セラミック(Low Temperature Co-fired Ceramic: LTCC)基板が組み合わされたこの技術は、従来のPCBのように再配線層として使用することもできる。熱性能を損なうことなく、このような再配線層を最大10層実装できることが試験によって実証されている。従来型の分離金属基板(Isolated

Metal Substrate: IMS)を使用する場合は、層が増えるにつれて熱伝導率が低下し、5層までしか熱性能を損なうことなく再配線層を実装することはできないため、その差は歴然である。

CeraPad基板は、個別に制御可能なLEDを最大1000個、密集して配置することが可能である。本質的に、電力保護は既に基板に組み込まれているため、電力サージの危険性に備えてドライバを追加する必要はない。

この技術を利用すれば、スペースに制約のある用途において高解像度の照明効果を実現することができる。その例としては、スマートフォンにおける

複数のLEDフラッシュ、自動車の内装照明システム、自動車の適応型ヘッドライトなどが挙げられる。特にこのようなコンパクトな設計において、このセラミック基板の高いESD保護レベルは、さらに高い品質基準を満たして耐用期間を延長するための手段を製品開発者に提供する。

自動車のヘッドライトについては、このセラミック基板技術を採用することで自動車メーカーは、ヘッドライトマトリクス内の各LEDを個別に制御することができ、環境やその他のプログラムされた信号に適応させることができる(<http://bit.ly/2FMTS9j>)。一例として、対向車が近づいているときや、車両が角を曲がる時に、自動的に照度を下げるヘッドライトを設計することが可能である。また、追加のLEDパターン制御により、近づいてくる他の車両のヘッドライトが存在しない場合に、照度を上げることができる。

結論

改修や修理にかかる費用はできれば避けたいものだが、かかった費用は通常、部品の耐用期間を通した長期的なコスト削減によって相殺される。CeraPadはカスタマイズ性が高いため、費用は実装ごとにまちまちで、層や使用するLEDの個数によって異なる。

積層ESD保護部品とLTCC基板の組み合わせは、集積回路(IC)の高感度化という技術的課題に対応しつつ、LEDモジュールの小型化を推進し続けるエンジニアの取り組みを支援する。これによって、LEDの照明効率を高めつつ、革新的で最適化されたSSLを設計することが可能となる。

著者紹介

ソーニャ・ブラウン(SONJA BROWN)は、TDK(TDK Electronics Inc.)の圧電および保護デバイス担当シニア製品マネージャー。URL:www.tdk-electronics.tdk.com