

半導体パッケージでの電磁波シールド技術

Electromagnetic Shielding Technologies for Semiconductor Packages

石田 正明 山田 啓壽 山崎 尚
 ■ ISHIDA Masaaki ■ YAMADA Keiju ■ YAMAZAKI Takashi

携帯電話やスマートフォンなどの携帯無線通信機器では、機器内で発生する電磁ノイズ（以下、ノイズと略記）が、内蔵する無線システムに干渉する“自家中毒”を回避することが設計上の課題になっており、機器メーカーは板金シールドによりノイズの放射を抑制している。しかし、板金シールドは機器の小型化や薄型化の阻害要因となるため、部品レベルでノイズを抑制することにより板金シールドをなくしたいという要求が強い。

東芝は、部品レベルでのノイズ抑制施策の一つとして、半導体パッケージでの電磁波シールド技術を開発している。これは、シールド構造の考案、及びシールド設計技術とシールド製造プロセスの開発から成り、放射ノイズの少ないパッケージの実現により、当社製半導体デバイスの付加価値の向上や他社製品との差異化に貢献することが期待される。

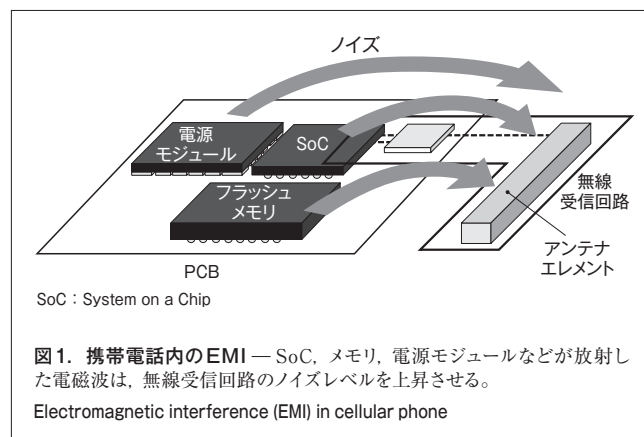
Electromagnetic noise generated in mobile devices such as cellular phones and smartphones is an important issue because it interferes with the built-in radio system. Mobile devices are therefore generally protected from such noise by metal plates. However, this metal plate shielding also hinders progress toward smaller and thinner designs, leading to demand for noise suppression technologies at the semiconductor package level rather than the use of metal plates.

Toshiba has been developing electromagnetic shielding technologies for semiconductor packages as a noise suppression method at the package level. These technologies, for the development of both shield design technologies and shield production processes, suppress electromagnetic radiation from packages and are expected to contribute to the realization of differentiated and high-value-added semiconductors.

1 まえがき

近年、携帯電話やスマートフォンでは、グローバル対応や高機能化のために、搭載される無線システムの数が増加する傾向が強い。一方、内蔵回路のクロック周波数やデータ伝送速度が速くなり、それらの無線システムで使われる周波数帯のノイズが発生しやすくなっている。これらのノイズが無線システムに干渉すると、無線システムの受信感度が劣化しやすくなる。この現象を“自家中毒”と呼ぶ。対策として、ノイズの発生源を含む回路を金属板で囲う板金シールドが従来から用いられているが、これは実装に必要な面積が大きいため、シールドする回路によっては高背化してしまい、機器の小型化や薄型化の阻害要因になっていた。この課題を解決するためには、無線モジュールの設計段階で、新しい実装技術を開発し、適用する必要がある。

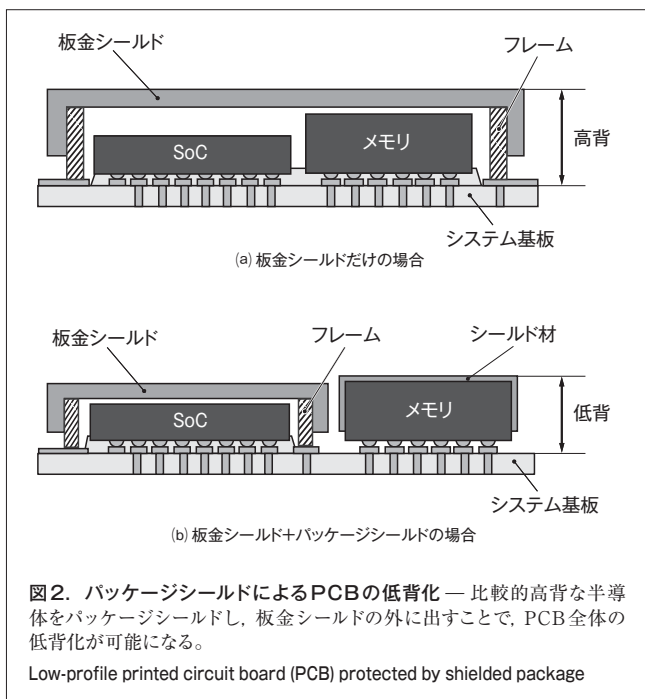
そこで東芝は、ノイズ源である電子部品そのものをシールドする部品レベルでのシールドにより、電子部品からの放射ノイズを低減し板金シールドを削減してPCB (Printed Circuit Board: プリント配線基板) 全体を小型・低背化する技術の開発を進めている。今回、BGA (Ball Grid Array) タイプの半導体パッケージを対象に、シールド構造の考案、及びノイズの抑制量（シールド量）を向上させるシールド設計技術と従来の



半導体製造の後工程に整合するシールド製造プロセスの開発を行なったので、以下にその概要を述べる。

2 携帯無線通信機器内部の電磁干渉問題とシールド小型化の要求

図1は、携帯電話内のEMI (Electromagnetic Interference: 電磁干渉) を模式的に示したものである。ノイズがアンテナに到達すると、受信信号のノイズレベルが上昇し、受信感度の劣化や受信障害を引き起こす。伝搬するノイズを遮断す



るためには電磁波シールドが不可欠になる。

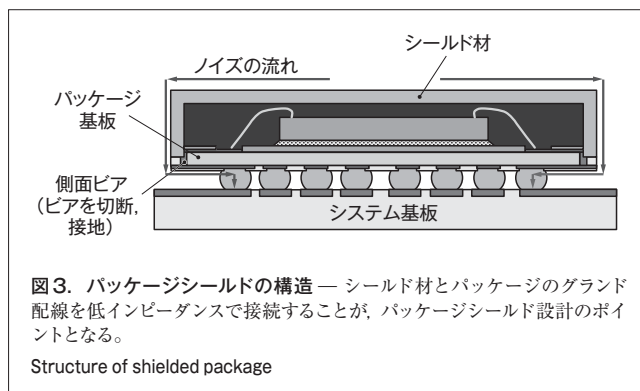
現在販売されているほぼ全ての携帯電話には、板金シールドが搭載されている。板金シールドを用いたPCBの断面模式図を図2(a)に示す。

一般的な携帯電話の場合、シールドがないときと比べて20～30 dB（電力で1/100～1/1,000）のシールド量を確保することが求められ、それを板金シールドで囲うことにより実現している。しかし、システム基板への板金シールドの搭載はほとんど付で行われるために、システム基板にパターンやパッドが必要になり、板金シールドの形状に応じてシステム基板の面積が増大するという側面もある。また、板金シールドに内蔵する部品が高背だと、必然的に板金シールドも高背化してしまう。

そこで当社は、図2(b)に示すように、高背な部品をパッケージレベルでシールド（以下、パッケージシールドと略記）することによりノイズを低減し、板金シールド外に実装することで板金シールドの小型・低背化を図ることとした。パッケージシールドにより放射ノイズが低減した半導体部品は、システム基板内での配置の自由度が増えるなど、付加価値の向上や他社との差異化が期待される。

3 パッケージシールドの構造

試作したパッケージシールドの断面構造を図3に示す。封止樹脂の上面及び側面には導体から成るシールド材を密着させている。このシールド材の電気抵抗率を厚さで割った値をシート抵抗と言ひ、この値が低いほうがシールド効率の高い材料であることが知られている⁽¹⁾。低コスト化のためには、薄



いシールド材で十分なシールド効果が得られるよう、電気抵抗率の低いシールド材で覆うことが重要である。

また、高いシールド効果を得るためには、シールド材、パッケージのグラウンド（接地）配線、及びシステム基板のグラウンド配線を低インピーダンスで接続する設計も重要になる。なぜなら、シールド材からシステム基板のグラウンド配線までのインピーダンスが高いと、シールド材の内部に励起されたノイズの誘導電流は行き場を失い、結果としてシールド材から電磁波を再放射するからである。

したがって、試作したパッケージのシールド材は封止樹脂側面にも成膜し、パッケージ基板のグラウンド配線に接続することが重要である。当社は、パッケージ基板の端部に側面ビアを数mmピッチで複数配置することでこの接続を実現した。この側面ビアは、パッケージ基板端部で外部に露出するため、両者の接続面積が増大し、接触抵抗を低下させる効果がある。更に、側面ビア列によりパッケージ基板の端部から放射されるノイズを抑制する効果もある。

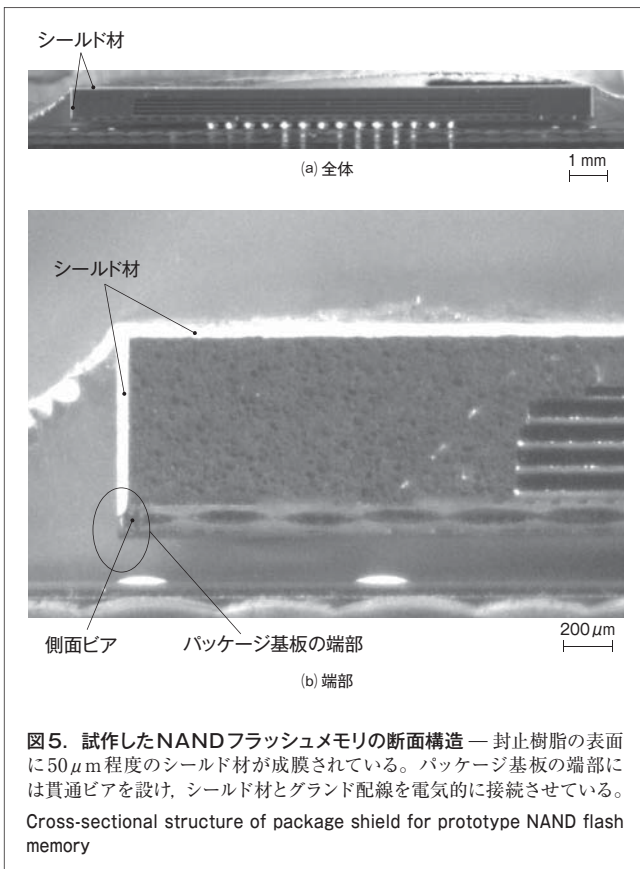
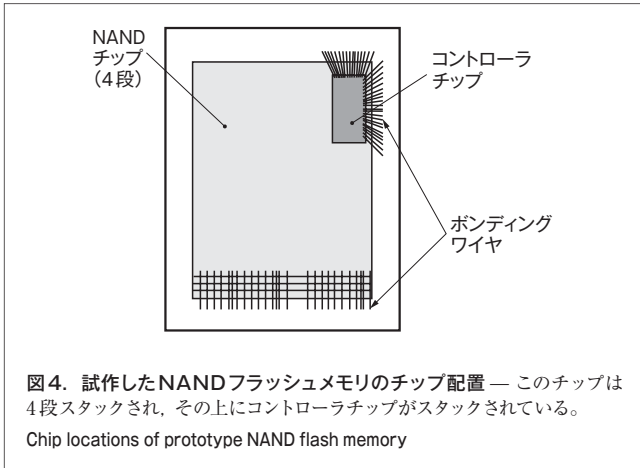
このように、従来のパッケージ構造やパッケージ基板構成を大幅に変更することなくシールドの設計を行うことにより、半導体から放射されるノイズの低減を実現した。

4 NANDフラッシュメモリへの適用

携帯電話向け組込み型NANDフラッシュメモリにパッケージシールド技術を適用し、シールド量を確かめた。

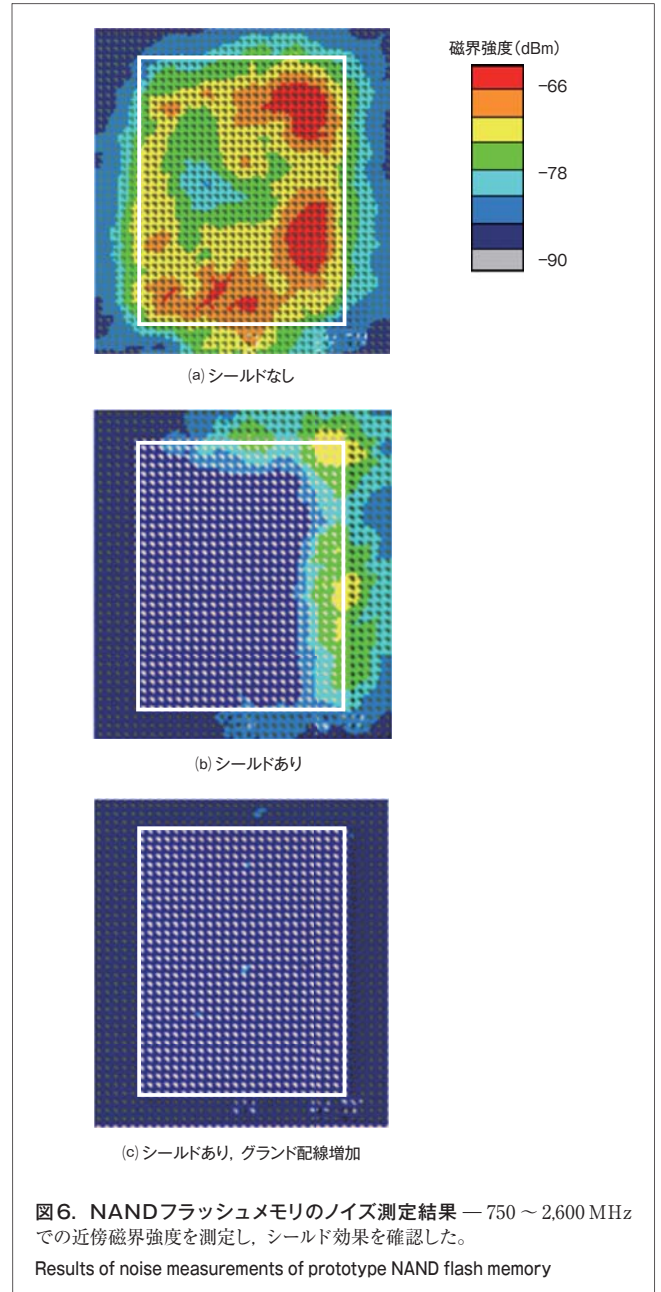
試作したNANDフラッシュメモリのチップ配置を図4に示す。このチップは4段スタックされ、その上にコントローラチップがマウントされている。試作したパッケージは、従来のBGAパッケージの製造工程を踏襲し、シールド材の成膜工程を付加することにより製作した。シールド材には抵抗率の低い銀ペーストを用いた。

試作したNANDフラッシュメモリの断面を走査型電子顕微鏡（SEM）で観察した結果を図5(a)に示す。シールド材は切れ目なく、ほぼ同じ厚さで全体に成膜されていることがわかる。シールド材の厚さは、シート抵抗を一定値以下に抑えるた



めに、上面、側面共に30 μm以上の厚さを確保している。また、図5(b)にはパッケージ端部を拡大した写真を示す。パッケージ基板端部には貫通する側面ビアが形成され、銀ペーストと接続していることを確認できる。

ノイズの測定結果を図6に示す。近傍磁界強度測定装置を用い、1 mm角の解像度で、パッケージの上面(天面)から1 mm上の位置で垂直磁界強度を測定した。(a)はパッケージシールドをしていない従来のメモリである。また、(b)と(c)はパッケージシールドをしたメモリで、両者はパッケージ基板でのグラウンド設計が異なり、(c)はシールド効果が高くなるようグ



ランド配線を増やしている。シールドなしの場合、天面からのノイズが大きいことがわかるが、パッケージシールドをすると天面からのノイズは抑制され、側面からのノイズの回り込みが支配的になる。

これらのノイズ量については、測定装置の校正により絶対値を算出できる。携帯無線通信機器内のノイズ量を規定する国内及び国際的な規格はなく、搭載する無線システムやアンテナの配置によって要求値が異なるため、機器メーカーが独自の仕様を設定している。今回の評価結果から、シールドなしの場合は、機器メーカーのノイズ量に関する仕様に対し約10 dB超過しているが、パッケージシールドを行った場合は、図6(b)に示すように、シールドなしの場合に比べて約10 dB

抑制できることがわかった。更に、グラウンド配線を増やすことで、シールドなしの場合に比べて約25 dB抑制できることが実証された。

5 パッケージシールド技術開発のまとめ

DFM (Design for Manufacturability) の観点から、次の2点を目標にパッケージシールド技術の開発を進めた。

- (1) シールド設計技術の確立 実際の半導体製品の開発においては、コストや高速伝送特性など優先する項目があるため、その中でパッケージシールド設計の最適化を図らなければならない。そこで、3次元電磁界解析技術によるパッケージシールド量のシミュレーション技術を確認し、パッケージシールド量に影響を与える設計パラメータの抽出とデータベース化を行った。これを基にパッケージシールド設計の指針を作成し、構想設計段階で活用することで、試作回数の削減及びシールド設計の効率化が可能になる。
- (2) シールド製造プロセスの確立 シールド効果の高いパッケージシールド構造を考案し、それを具現化するために、従来の半導体製造工程への整合性を考慮したパッケージシールド製造プロセスを開発した。

6 あとがき

シールド設計技術とシールド製造プロセスの開発を連携させることで、トータルコストの削減が可能なパッケージシールド技術の開発を進めた。この開発により、サイズを大型化することなく放射ノイズの少ないパッケージが実現でき、当社製半導体デバイスの付加価値の向上や他社製品との差異化が期待される。

今後、パッケージシールド製造プロセスの低コスト化及び高信頼性化を進めるとともに、今回開発した電磁波シールド技術をBGA以外の半導体パッケージへも展開していく。

文 献

- (1) 清水康敬 他. 最新電磁波の吸収と遮蔽. 東京, 日経技術図書, 1999, 716p.



石田 正明 ISHIDA Masaaki

生産技術センター 実装技術研究センター主任研究員。
高周波回路の開発設計業務に従事。電子通信学会会員。
Electronic Packaging & Assembly Technology Research Center



山田 啓壽 YAMADA Keiju

生産技術センター 実装技術研究センター。
高周波回路の開発設計に従事。
Electronic Packaging & Assembly Technology Research Center



山崎 尚 YAMAZAKI Takashi

セミコンダクター&ストレージ社 メモリ事業部 メモリパッケージ開発部主務。各種メモリパッケージの開発に従事。
Memory Div.