

携帯電話に適したUSB2.0スイッチIC

USB Switch ICs for Cellular Phones Supporting USB 2.0 Hi-Speed Mode

片渕 文人

諏訪 芳統

水田 勝

■ KATAFUCHI Fumito

■ SUWA Yoshitoh

■ MIZUTA Masaru

近年携帯電話では、音楽の録音・再生、搭載カメラによる静止画や動画の撮影、更にテレビ(TV)放送の受信の機能も搭載されるようになり、信号処理されるデータ量が増大している。パソコン(PC)など外部機器とのデータ通信にはUSB(Universal Serial Bus)信号が使用されているが、USB2.0規格で最大伝送速度が12Mビット/sのFS(Full Speed)モードと480Mビット/sのHS(High Speed)モードのシステムが混在したり、USB信号とほかの信号がコネクタの同一端子で信号処理される場合もあり、これらの信号を切り替えるためのUSBスイッチICが必要となる。

東芝は、多機能化する携帯電話のニーズに適した、小型で低容量のUSB2.0 HSモードに対応するUSBスイッチIC TC7USBシリーズを開発した。静電気放電(ESD)保護素子の最適化、接合容量の低減、及びスイッチ多層アルミニウム(AI)配線の最適化を図ることでスイッチオン容量を低減した。また、パッケージにWCSP(Wafer Level Chip Scale Package)構造を採用することで、USBスイッチICとしては業界最小クラスの小型・薄型化を実現した。

With the increasing diffusion of cellular phones equipped with various functions in recent years, including music recording and reproduction, recording of still images and motion pictures by onboard camera, and reception of one-segment TV broadcasts, such phones must have the ability to process large amounts of data. These data are transmitted from cellular phones to external equipment such as notebook PCs via universal serial bus (USB) signals. However, systems for USB 2.0 full-speed mode and high-speed (Hi-Speed) mode coexist in some cellular phones, and USB signals and other signals are sometimes processed in the same terminal of the connector. In response to the multifunctionality needs of cellular phones, USB switch integrated circuits (ICs) of compact size and low capacitance are required.

Toshiba has developed USB switch ICs for cellular phones supporting the USB 2.0 Hi-Speed mode, featuring low switch on-capacitance through optimized electrostatic discharge (ESD) protection, optimal multilayer aluminum (Al) wiring, and reduction of depletion layer capacitance, as well as achieving the industry's smallest USB switch ICs applying a wafer-level chip scale package (WCSP) structure.

1 まえがき

最近の携帯電話では、音楽の録音・再生機能や、搭載カメラによる静止画や動画の撮影機能、更にはTV放送の受信・録画機能が搭載されるようになってきている。音楽では当初のMIDI^(注1)規格のものから、MP3(MPEG(Moving Picture Experts Group) Audio Layer-3)規格などの音声圧縮による音楽の録音・再生機能が付加されてきており、カメラでは高画素化が進んでいる。それに伴い、携帯電話内部で信号処理されるデータ量も増大している。外部機器との通信にはUSB信号が使用され、データ量の増大とともにUSB2.0規格のFSモード(12Mビット/s)からHSモード(480Mビット/s)へと、より高速化されてきている。携帯電話によってはFSとHSの両モードが混在している場合や、USB信号とほかの信号がコネクタの同一端子を介して通信される場合もあり、これらに対応するには信号を切り替えるためのUSBスイッチICが必要となる。

東芝は、スイッチオン容量の低減によりUSB2.0 HSモード

の高速伝送に対応し、小型・薄型パッケージを実現したUSBスイッチIC TC7USBシリーズを開発した。ここでは、その概要及び特長について述べる。

2 携帯電話におけるUSB信号の流れ

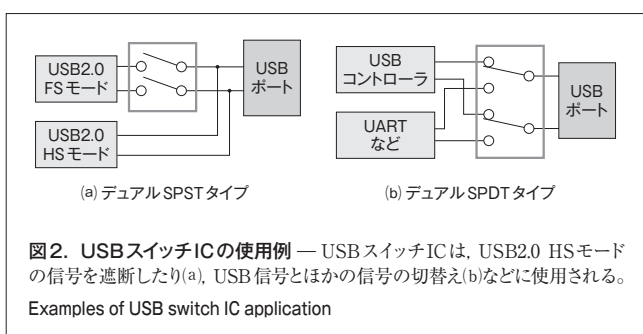
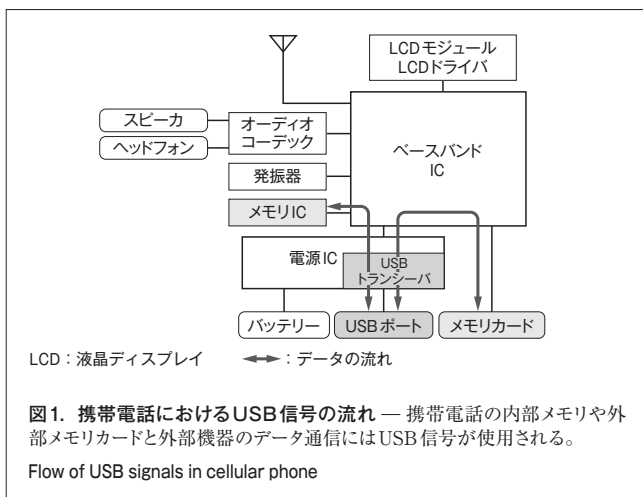
携帯電話のシステム構成の中で、USB信号の流れを図1に示す。音楽データ、画像データ、及びTVの動画データは、内部のメモリや外部メモリカードなどに保存される。保存されたデータを外部機器とやり取りする際には、コネクタを介してUSB信号によってデータ通信される。

USBスイッチICの使用例を図2に示す。(a)のデュアルSPST(単極単投)スイッチはUSB2.0 HSモードとFSモードの信号切替えに、(b)のデュアルSPDT(単極双投)はUSB信号とUART(Universal Asynchronous Receiver Transmitter)などの信号の切替えに使用される。

USBスイッチICには、信号を切り替える機能に加えて、以下のことが要求される。

(1) 最大伝送速度480Mビット/sのUSB2.0 HSモードに

(注1) MIDIは、(社)音楽電子事業協会(AMEI)の登録商標。



準拠した信号を伝送できること

- (2) 携帯電話では小型・薄型化の要求が強いため、パッケージの実装面積が小さく、かつ薄型であること

3 スイッチオン容量の低減化と小型・薄型化

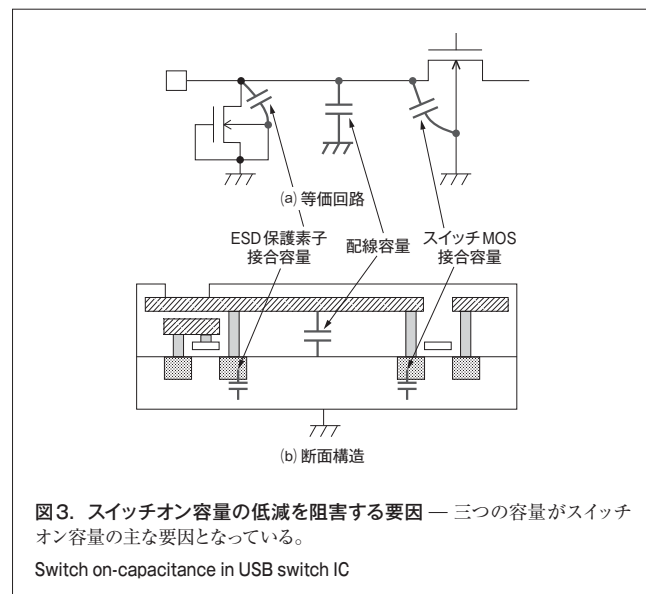
3.1 スイッチオン容量の低減化

USB2.0 HSモードの伝送速度を実現するためには、スイッチオン抵抗及びスイッチオン容量の低減が必要になる。スイッチオン容量とは、スイッチの信号端子と接地間の寄生容量のことで、データの伝送速度に影響する。スイッチオン抵抗の低減は、スイッチ部に使用するMOSFET(金属酸化半導体型電界効果トランジスタ)(以下、スイッチMOSと略記)のゲートサイズを大きくすることで実現できるが、それに伴いスイッチオン容量も大きくなる。このため、伝送速度を高速化するためには、スイッチオン抵抗を増やさずにスイッチオン容量を低減させることが有効である。

スイッチオン容量の低減を阻害する要因として以下の三つが挙げられる(図3)。

- (1) ESD保護素子の接合容量
- (2) スイッチMOSの接合容量
- (3) 配線容量

スイッチオン容量の低減を図るため、以下の施策を実施した。



3.1.1 ESD保護素子に対する施策

ESD保護素子として、従来のMOSFET型保護素子に代えてサイリスタ型保護素子を採用した。サイリスタ型保護素子は、MOSFET型保護素子に比べてサージ吸収能力が高いため、端子に接続される拡散面積を小さくすることができる。更に、MOSFET型保護素子では拡散層とシリコン(Si)基板間の接合容量であるのに対し(図4(a))、サイリスタ型保護素子では、拡散層とウェル層間、及びウェル層とSi基板間の接合容量が直列接続されることから(図4(b))、容量低減の効果が得られる。

3.1.2 スイッチMOSに対する施策

電源電圧が3.3V世代のプロセスの中でシュリンク(チップサイズの小型化)効果が最大に発揮できるゲートサイズのCMOS(相補型MOS)プロセスを採用することで、スイッチMOSの容量低減化を図った。更に、スイッチMOSの拡散層周辺へ、MOSFET部のウェル層と相対するイオン種を注入(Implant)してプロファイルの最適化を行い、拡散層底面の空乏層を広げることで接合容量の低減化を図った。

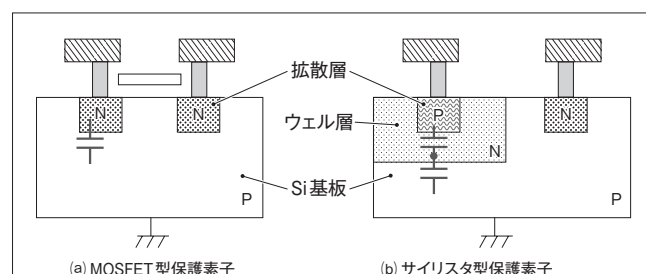
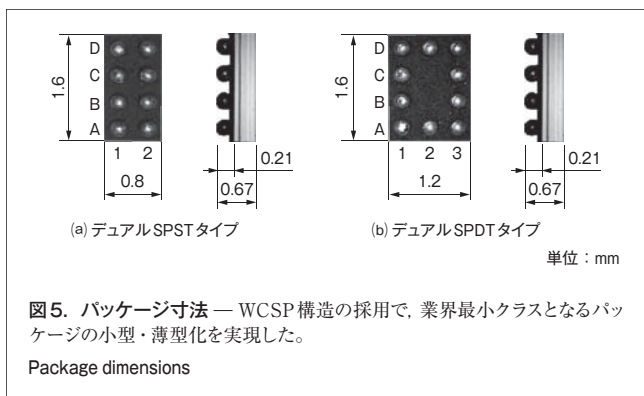


図4. サイリスタ型保護素子による効果 — サイリスタ型保護素子は拡散層とウェル層間、及びウェル層とSi基板間の接合容量が直列接続になるため、同一の拡散面積のMOSFET型保護素子に比べ容量を低減できる。

Comparison of ESD protection of metal-oxide semiconductor (MOS) type and thyristor type devices



3.1.3 配線に対する施策 配線容量は配線面積に比例するため、配線面積を小さくすることで低減効果が得られる。配線面積を小さくするためのもっとも簡単な方法は配線幅を細くすることであるが、配線抵抗が高くなりスイッチオン抵抗特性が劣化する。

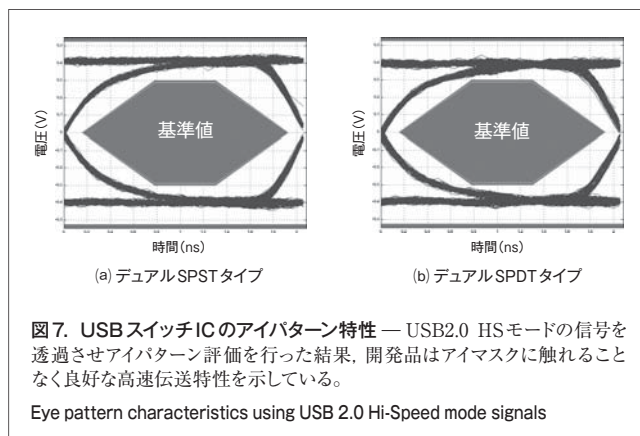
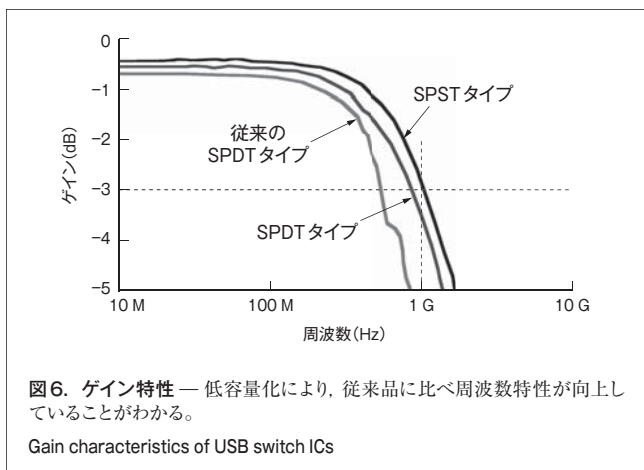
今回、もっとも配線幅の広い最上層配線を厚膜化することにより、配線抵抗には影響を与えずに配線幅を細くし、配線容量の低減を実現した。同時に、最上層配線と対向する次下層部配線との層間膜を厚くし、かつ膜質を最適化することで、平行平板容量の削減を図った。

3.2 小型・薄型化

パッケージの小型・薄型化を実現するために、実装面積がチップと同一サイズになる、WCSP構造を採用した。図5に示すように、デュアルSPSTタイプで1.6×0.8×0.67mm、デュアルSPDTタイプで1.6×1.2×0.67mmと、USBスイッチICとしては業界最小クラスとなる小型・薄型化を実現している。

4 特性

今回開発したUSBスイッチICのゲイン特性の測定結果を図6に示す。従来のデュアルSPDTタイプで-3dB特性が510MHzであったのに対して、低容量化を図ったことで、開発



したデュアルSPDTタイプでは820MHz、デュアルSPSTタイプでは1,000MHzを実現した。

また、連続した信号波形をオーバラップさせてグラフ表示するアイパターンテストを行った結果を図7に示す。従来品では基準となる中央の六角形部分（アイマスク）に信号が触れ不合格となる領域が存在するが、開発品はともにアイマスクに触れることなく良好な高速伝送特性を示している。

5 あとがき

ESD保護素子及びプロセスの最適化などによりスイッチオン容量の低容量化を図り、USB2.0 HSモードに対応したUSBスイッチICを開発した。また、パッケージにWCSP構造を採用することにより業界最小クラスとなる小型・薄型化を実現した。

現在、USB3.0規格の策定が進められており、また、ほかの機器でもデータ通信の高速化が進展している。USB信号と音声信号という異なる規格の信号を切り替えるスイッチのニーズも出てきており、今後の市場動向を見極めながら開発を更に進めていく。



片瀨 文人 KATAFUCHI Fumito

セミコンダクター社 ディスクリート半導体事業部 小信号半導体応用技術部主務。ロジックICの商品企画及び開発に従事。

Discrete Semiconductor Div.



諏訪 芳統 SUWA Yoshito

セミコンダクター社 ディスクリート半導体事業部 先端集積デバイス開発部主務。ロジックICの開発に従事。

Discrete Semiconductor Div.



水田 勝 MIZUTA Masaru

セミコンダクター社 ディスクリート半導体事業部 先端集積デバイス開発部主務。ロジックICの設計に従事。

Discrete Semiconductor Div.