

eFuse IC と従来ヒューズの特徴比較

アプリケーションノート

概要

eFuse IC は、半導体ヒューズや電子ヒューズとも呼ばれる保護 IC です。従来ヒューズとして、ガラス管入りヒューズが一般的ですが、電子回路基板上の保護素子としては、溶断タイプのワンショット型チップヒューズ、再利用可能なりセットブルヒューズなどが使用されています。eFuse IC は、これら従来ヒューズと比較してさまざまなメリットを備えた IC です。本ドキュメントでは、当社 eFuse IC と従来ヒューズとの保護特性について比較評価を行い、その特性の違いについて説明いたします。

目次

概要	1
目次	2
1. はじめに.....	5
2. 各ヒューズの基本仕様.....	6
3. 評価対象製品の仕様	7
4. 過電流保護特性の比較.....	9
4.1 評価方法	9
4.2 評価結果 $I_{OUT} = 5\text{ A}$ ($R_{LOAD} = 2.4\ \Omega$).....	10
4.3 評価結果 $I_{OUT} = 10\text{ A}$ ($R_{LOAD} = 1.2\ \Omega$).....	11
5. 短絡保護特性の比較	13
5.1 評価方法	13
5.2 評価結果	14
5.3 【補足】 ICの保護機能強化について（ショットキーダイオード（CUHS20S30）の追加）	17
6. まとめ.....	19
製品取り扱い上のお願い	20

目次

図 1	eFuse IC のタイミングチャート例	7
図 2	eFuse IC の評価基板と回路図	8
図 3	リセットブルヒューズの評価基板	8
図 4	ワンショット型チップヒューズの評価基板	8
図 5	eFuse IC の過電流保護評価回路図	9
図 6	リセットブルヒューズと、ワンショット型チップヒューズの過電流保護評価回路図	9
図 7	過電流 5 A の評価結果	10
図 8	過電流 10 A の評価結果 (Time: 1.0 s/div)	11
図 9	過電流 10 A の評価結果 (Time: 1.0 ms/div)	12
図 10	eFuse IC の短絡保護評価回路図	13
図 11	リセットブルヒューズとワンショット型チップヒューズの短絡保護評価回路図	13
図 12	各種ヒューズの短絡電流評価結果	15
図 13	リセットブルヒューズの短絡電流評価結果	16
図 14	出力側に SBD を接続した eFuse IC の短絡保護評価回路	17
図 15	eFuse IC の短絡電流評価結果 (SBD 有無)	18

表目次

表 1 各種ヒューズの比較表.....	6
表 2 各種ヒューズの主要特性 (TD 記載値).....	7
表 3 各種ヒューズの短絡時保護評価結果.....	15
表 4 評価結果まとめ.....	19

1. はじめに

電子機器への過電流を防止する保安部品として、ガラス管ヒューズ、ブレードヒューズなどが使われています。また最近の小型電子機器では、繰り返し使えるチップタイプのヒューズ（表面実装型のリセットブルヒューズ。以下、リセットブルヒューズ）が採用されています。

いずれも過電流により発生するジュール熱を利用した保護デバイスですが、遮断電流の精度が低く、かつ遮断するまでに時間がかかるという課題を抱えています。

さらに金属を熔断させるガラス管ヒューズや、再使用不可となるチップヒューズ（以下、ワンショット型チップヒューズ）などでは、いったん回路保護動作すると破壊してしまうため、再稼働するためにはヒューズ交換をしなければならないという課題があります。

上記課題に対応した新しいタイプの保護ヒューズとして、半導体ヒューズ（eFuse IC や電子ヒューズとも呼ばれる。以後、eFuse IC）が注目されつつあります。

eFuse IC は、半導体ならではの高速動作、高精度の過電流保護が可能となります。また、繰り返し利用でき、遮断後の復帰も容易です。

本ドキュメントでは、2 種類のチップヒューズと、弊社製 eFuse IC の特性比較した結果を紹介いたします。

2. 各ヒューズの基本仕様

各種ヒューズの特長を表 1 に示します。

eFuse IC と、繰り返し使えるリセット可能ヒューズ、いったん保護動作したら再使用不可となるチップヒューズ（以下、ワンショット型チップヒューズ）、そしてガラス管ヒューズの 3 製品を比較対象としました。

表 1 各種ヒューズの比較表

	ガラス管ヒューズ	ワンショット型チップヒューズ	リセット可能ヒューズ	電子ヒューズ eFuse IC
繰り返し性	×	×	△	◎
過電流保護の速度・精度	×	×	×	◎
その他保護機能	×	×	×	◎
周囲温度による影響	×	×	×	◎
単体実装面積	×	○	×	△
保護回路含むトータル実装面積	×	×	×	◎
部品単体コスト	△	○	×	△
機能・メンテナンス含むトータルコスト	×	×	×	◎

3. 評価対象製品の仕様

評価対象製品の主要特性を表 2 に示します。

eFuse IC と、繰り返し使えるリセット可能ヒューズ、そしていったん保護動作したら再使用不可となるワンショット型チップヒューズの 3 製品を比較対象としました。比較対象製品の定格電流は約 3 A で揃えました。

表 2 各種ヒューズの主要特性 (データシート記載値)

	eFuse IC (TCKE812NL)	リセット可能 ヒューズ	ワンショット型 チップヒューズ
メーカー	TOSHIBA	A 社	B 社
サイズ[mm]	3.0 x 3.0 x t0.7	7.3 x 7.7 x t1.1	1.0 x 0.5 x t0.5
定格電流	5.0 A	3.1 A (Hold Current)	3.0 A
出力制限電流	3 A ($R_{ILIM} = 35.7 \text{ k}\Omega$)	—	—
保護動作時間 ^{※1} (出力電流 5 A 時)	150 ns ^{※2}	> 13 s	> 3 s
オン抵抗	28 m Ω	13 - 36 m Ω	21 m Ω
過電圧保護機能	有	無	無

※1 保護動作時間とは、素子に過電流が流入した際に、経路を遮断するまでの時間です。

※2 eFuse IC の場合、Fast Trip times(ファストトリップ時間)に対応します。Fast Trip とは、図 1 のように出力電流 (I_{OUT})に $I_{LIM} \times 1.6$ 倍以上の電流が流れた際に、電流経路を素早く遮断させる動作です。

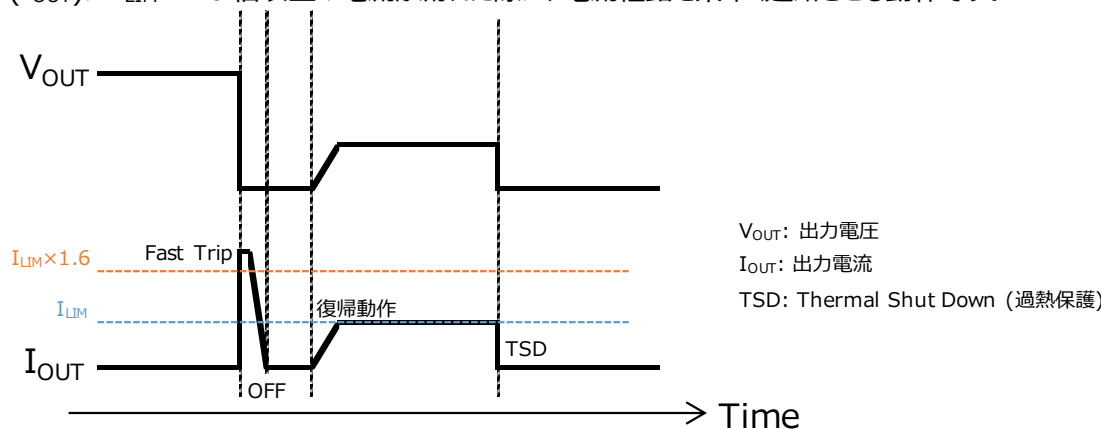


図 1 eFuse IC のタイミングチャート例

評価に使用した評価基板と回路図を図 2、図 3、図 4 に示します。

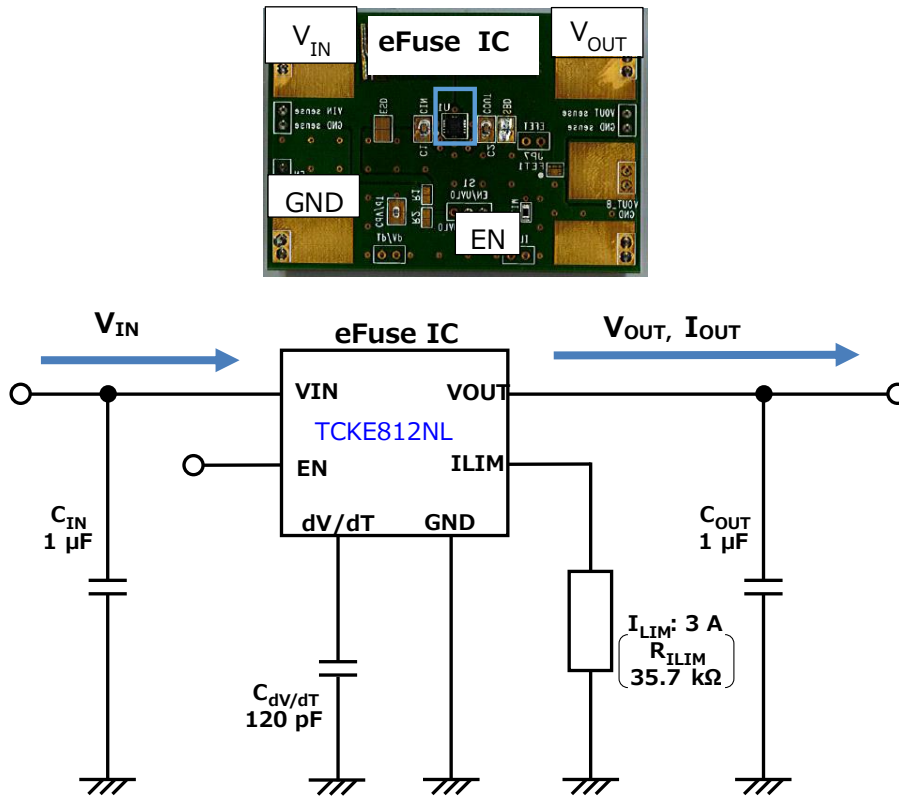


図 2 eFuse IC の評価基板と回路図

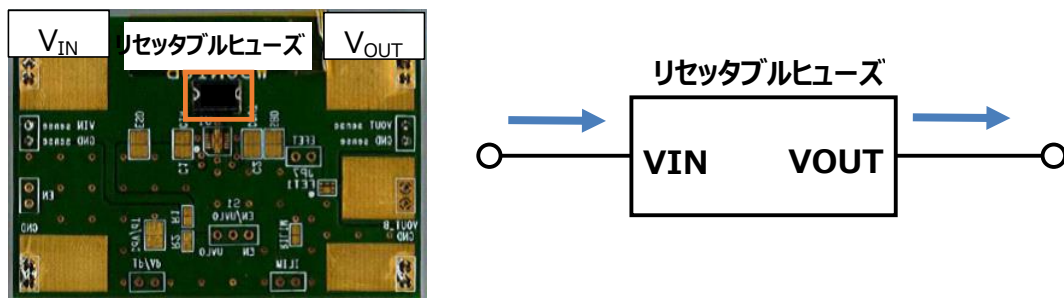


図 3 リセットブルヒューズの評価基板

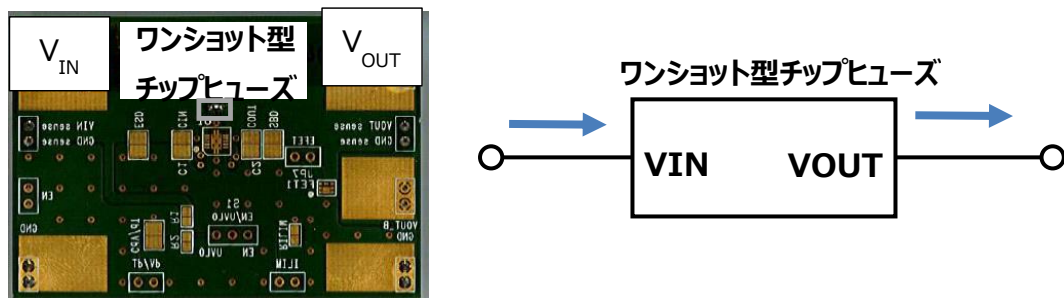


図 4 ワンショット型チップヒューズの評価基板

4. 過電流保護特性の比較

過電流保護 (OCP : Over Current Protection) は、出力側回路の短絡などにより、出力電流が想定以上に大きくなってしまった場合に、出力を停止する機能です。過大な電流が流れることによる、後段回路の特性の劣化、動作不具合、破壊などを防ぐことができます。

今回の過電流保護特性比較は、所定 (5 A および 10A) の電流を超える電流がヒューズに流入してから、遮断するまでの時間について実施しております。

4.1 評価方法

eFuse IC の評価回路を図 5 に、リセット可能ヒューズおよびワンショット型チップヒューズの評価回路を図 6 に示します。

過電流は負荷抵抗 R_{LOAD} の値により設定し、5A ($R_{LOAD} = 2.4\Omega$) と 10A ($R_{LOAD} = 1.2\Omega$) の 2 種類の場合について評価しました。評価手順は以下の通りになります。

- ・ヒューズの入力側は、電源を接続して直流電圧をかけた状態とする。
- ・スイッチ(SW)を開放 (OFF) から接続 (ON) にする。これにより、 R_{LOAD} に急激に電流 (過電流) が流れる。
- ・スイッチ(SW)を接続 (ON) してから、ヒューズが遮断 (保護動作) するまでの時間を測定する。

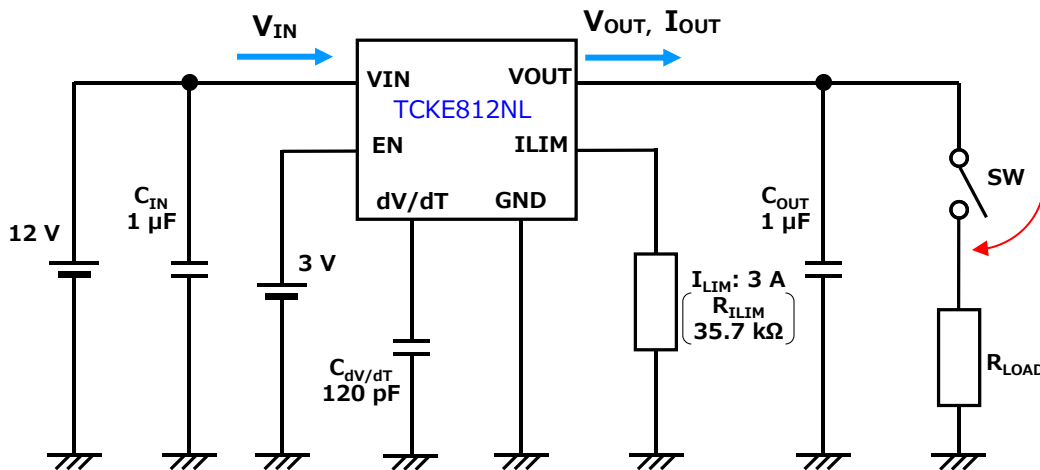


図 5 eFuse IC の過電流保護評価回路図

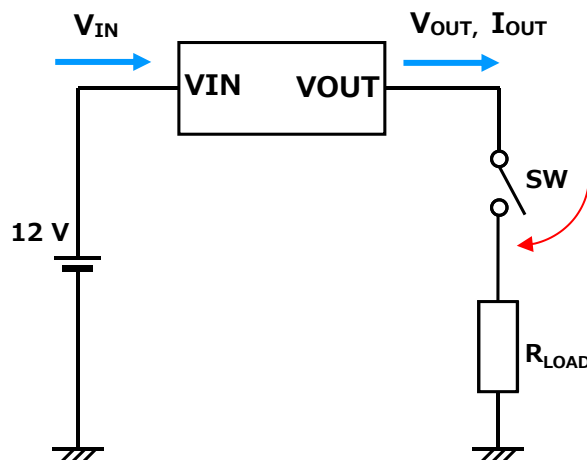


図 6 リセット可能ヒューズと、ワンショット型チップヒューズの過電流保護評価回路図

4.2 評価結果 $I_{OUT} = 5\text{ A}$ ($R_{LOAD} = 2.4\ \Omega$)

過電流 5 A のときの各種ヒューズの動作を図 7 に示します。

eFuse IC は瞬時に経路を遮断しましたが、リセットブルヒューズとワンショット型チップヒューズは、定格に対して 167 % の過電流を 8 s 流し続けても経路を遮断せず、図中の時間内では保護機能が動作しませんでした。

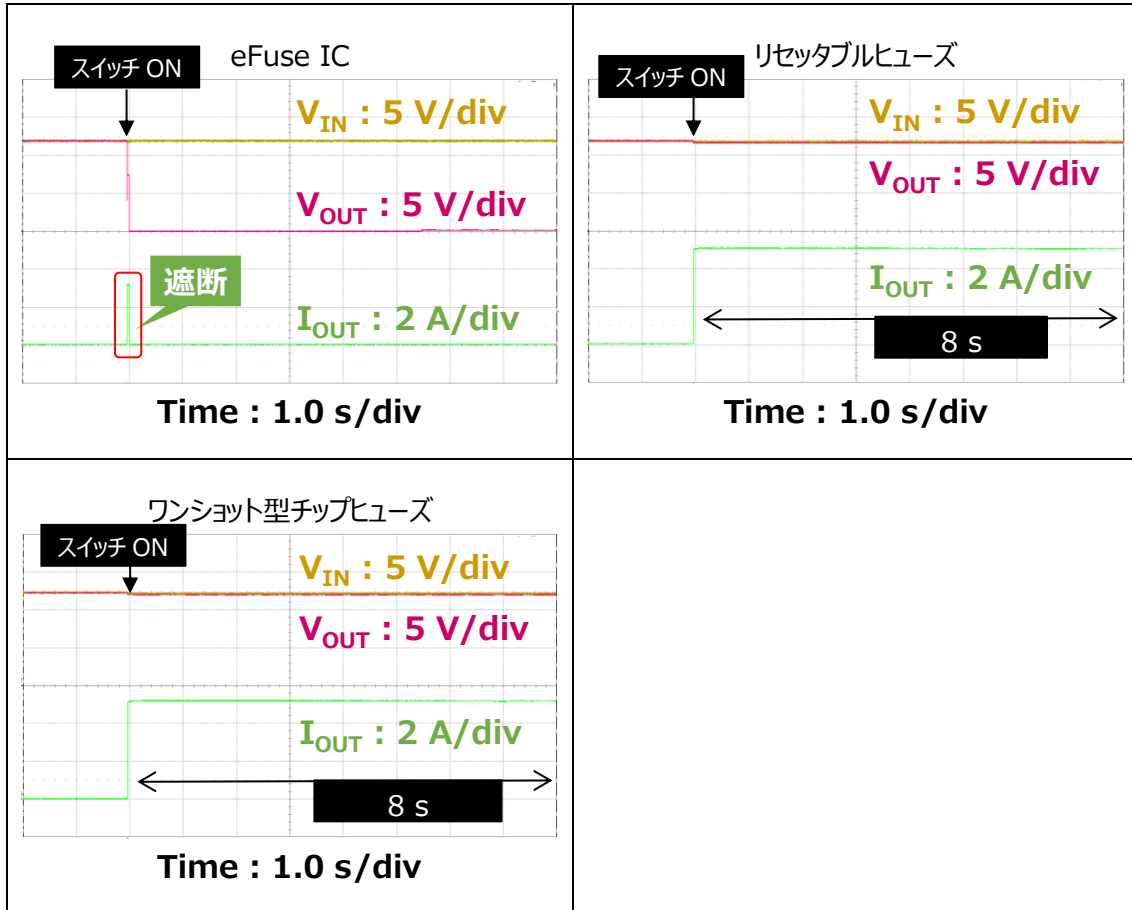


図 7 過電流 5 A の評価結果

4.3 評価結果 $I_{OUT} = 10\text{ A}$ ($R_{LOAD} = 1.2\ \Omega$)

過電流 10 A に設定したときの各種ヒューズの動作を図 8 に示します。

eFuse IC とワンショット型チップヒューズは過電流 5 A 時と同様に瞬時に経路を遮断できましたが、一方、リセット可能ヒューズは経路遮断に 2.6 s かかりました。

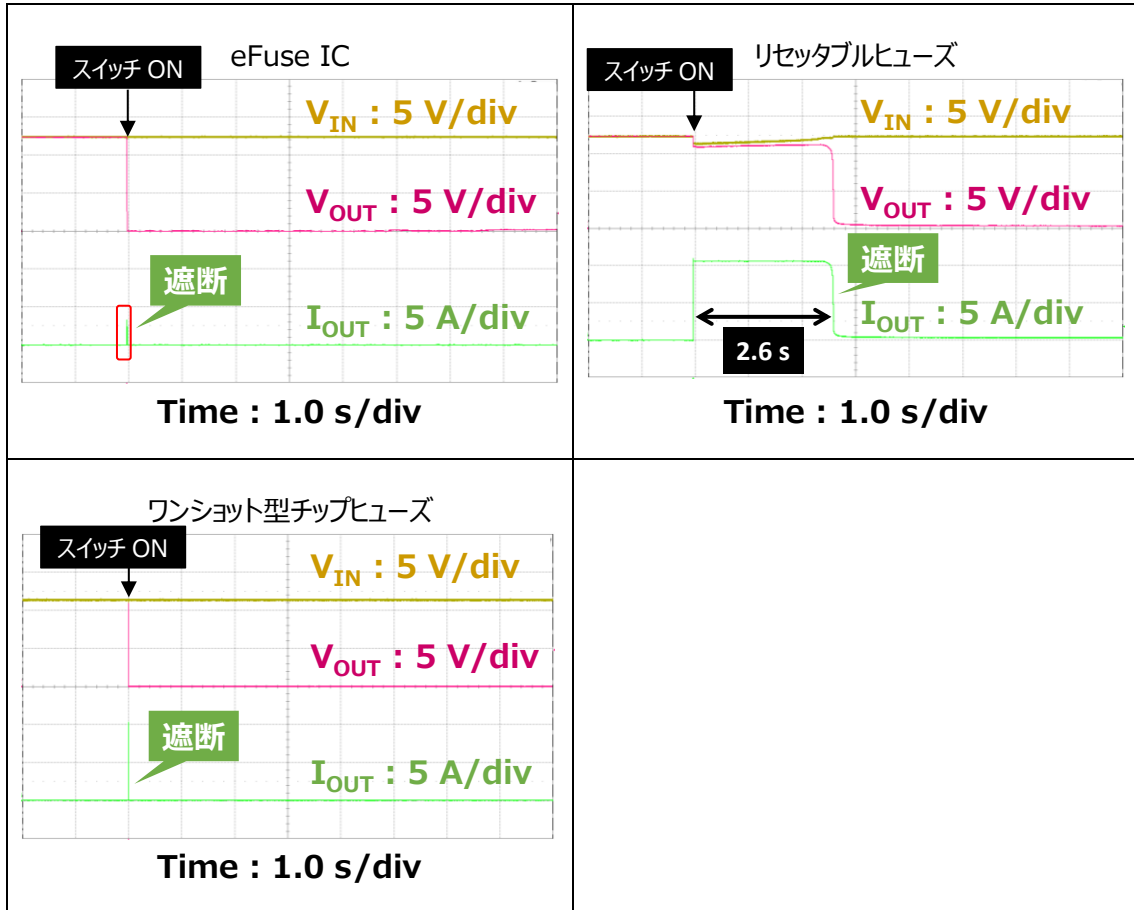


図 8 過電流 10 A の評価結果 (Time: 1.0 s/div)

eFuse IC とワンショット型チップヒューズは、図 8 では遮断時間が非常に短く、より詳細に比較するため、時間軸を 1.0 ms/div にした測定結果を図 9 に示します。

結果、eFuse IC は瞬時（図 9 左の①緑色枠内）に電流経路を遮断したのに対し、ワンショット型チップヒューズは 3.7 ms 経過後に経路を遮断しました。

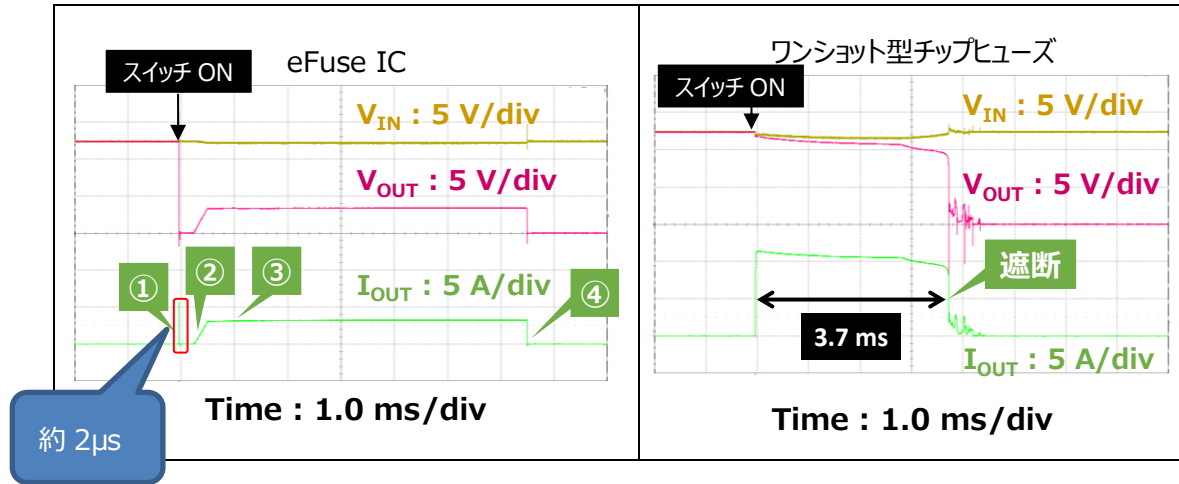


図 9 過電流 10 A の評価結果 (Time: 1.0 ms/div)

なお、今回の 10A 設定の評価では、従来ヒューズが電流経路を遮断できたことを確認しましたが、遮断までの時間は、電流以外に周囲温度などによっても変動いたします。5A 設定の場合についても、周囲温度などによっては短時間で遮断する場合がございます。

一方、eFuse IC については周囲温度などによらず、あらかじめ設定した電流値を超えたらすぐに電流経路を遮断することができます。

後段回路を保護するために、正確かつ即時に電流経路を遮断することをご希望される場合は、efuse IC がおすすめです。

過電流保護機能が動作した後の eFuse IC の振る舞いについて説明します（図 9 左側）。

- ・過電流発生時の eFuse IC は、電流を検知後、電流遮断(図 9 中①の赤色枠内)。
- ・その後、数 100µs 後に電流経路の遮断を解除（導通）(図 9 中②の箇所)。
- ・このとき、過電流が解消されていない場合は過電流制限機能により I_{OUT} が 3 A (I_{LIM}) で制限される(図 9 中③の箇所)。
- ・eFuse IC が 3 A を流している状態が続くと、放熱環境によるが、チップ温度が上昇し過熱保護(TSD)により再度経路が遮断される(図 9 中④の箇所)。

以上のように、eFuse IC は過電流発生後に、入力電流が正常な範囲に戻っているかを確認してから復帰します。

製品の詳細動作については、右資料（アプリケーションノート）をご参照ください。

→

[Click Here](#)

5. 短絡保護特性の比較

短絡保護機能とは、電源ラインや負荷が何かのエラーで短絡(ショート)した際に過大な電流が流れるのを防ぐ機能です。

今回の短絡保護特性比較は、ヒューズの出力側を短絡してから、電流を遮断するまでの時間、および瞬間的に流れる電流の最大値について実施しております。

5.1 評価方法

短絡保護特性について、eFuse IC 評価回路を図 10 に、リセット可能ヒューズ、ワンショット型チップヒューズの評価回路図を図 11 に示します。

評価手順は、以下の通りになります。

- ・ヒューズの入力側に直流電源を接続して直流電圧をかける。
- ・ヒューズの出力側 V_{OUT} と GND 間をスイッチ(SW)で接続し、SW は OFF (オープン) 状態にする。
- ・スイッチ(SW)を OFF (オープン) から、ON (ショート) にすることでヒューズの出力側を短絡状態にする。
- ・スイッチ(SW)が ON (ショート) になってから、ヒューズが経路を遮断(保護動作)するまでの時間およびヒューズ出力に流れる電流を測定する。

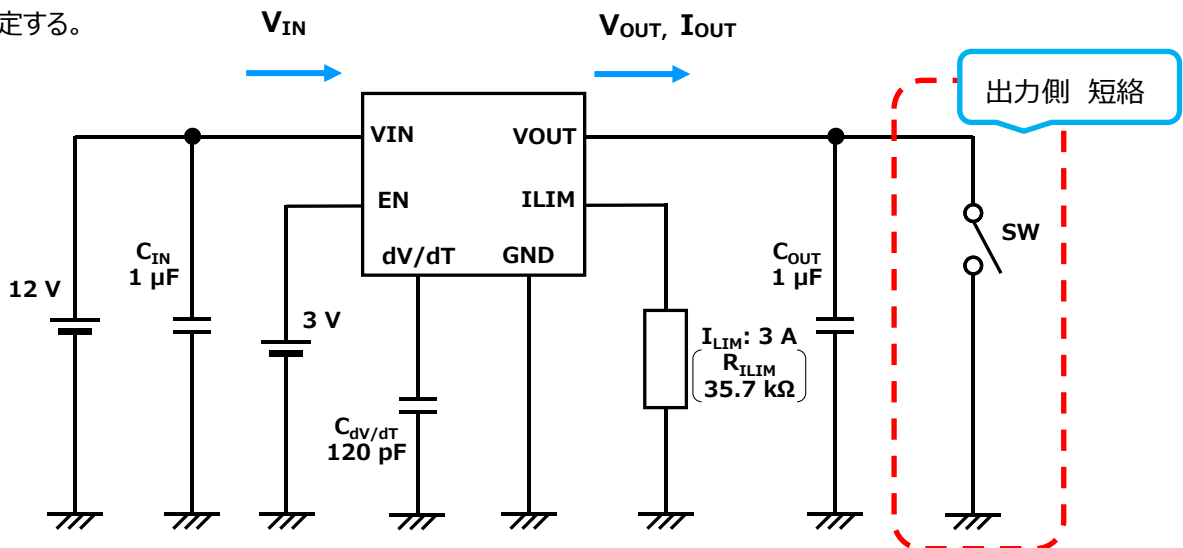


図 10 eFuse IC の短絡保護評価回路図

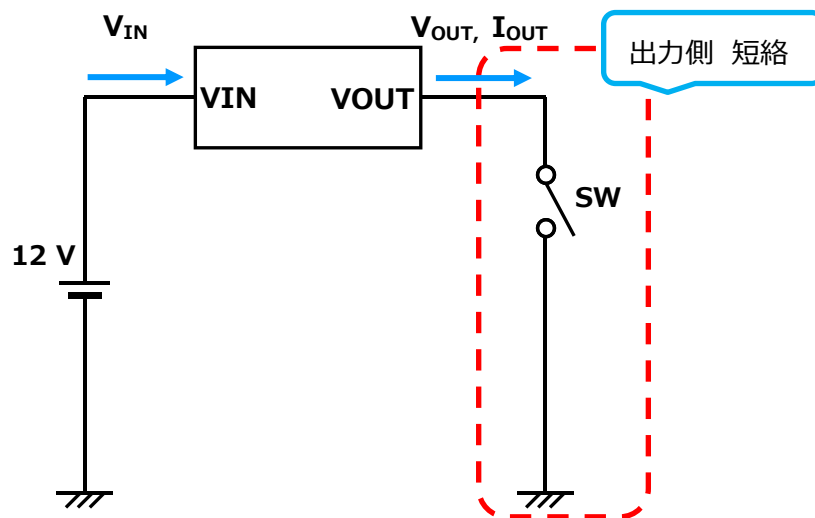


図 11 リセット可能ヒューズとワンショット型チップヒューズの短絡保護評価回路図

5.2 評価結果

各種ヒューズの評価結果を図 12 に示します。リセット可能ヒューズは図 12 においては電流経路遮断までの時間が観測できなかつたため、時間軸を広げた評価結果を図 13 に示します。

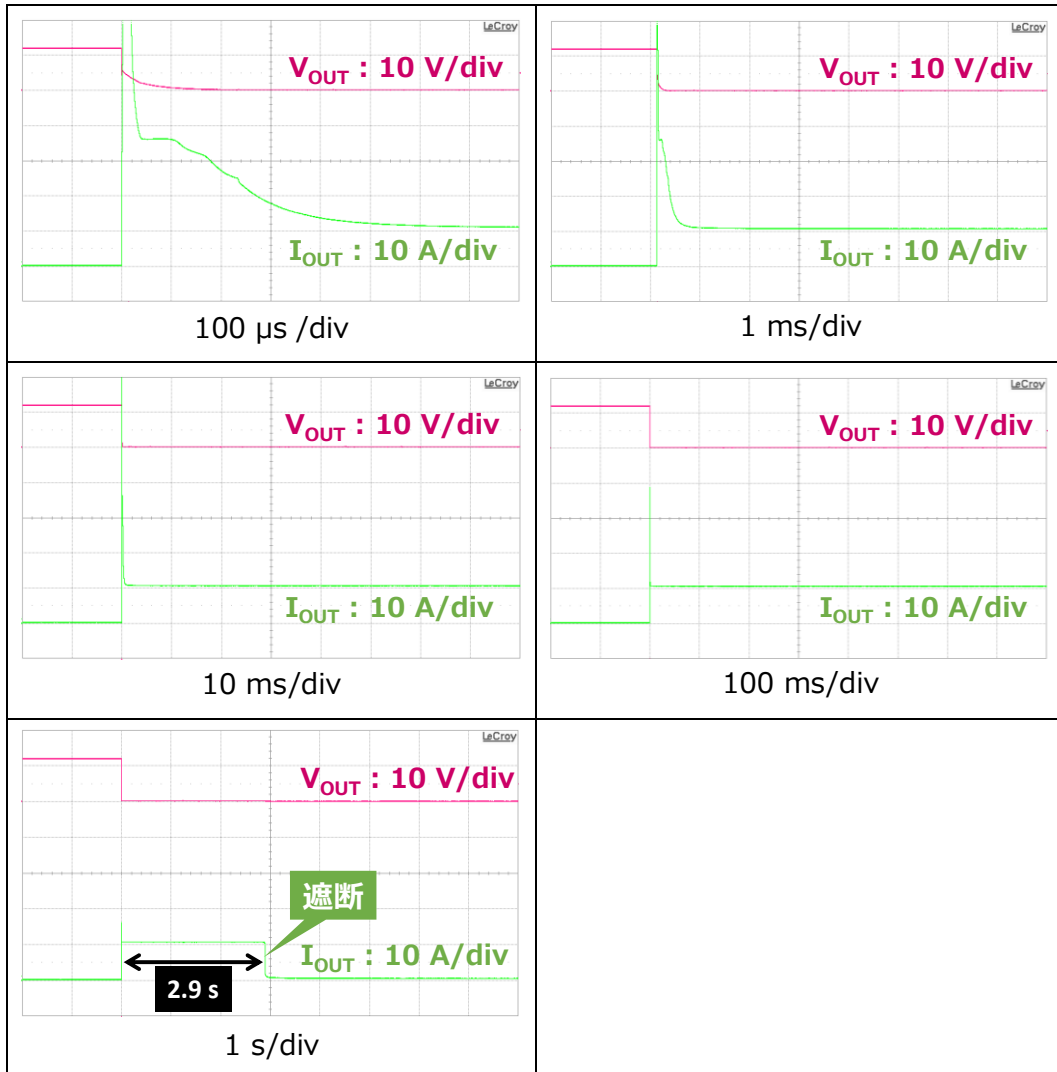


図 13 リセット可能ヒューズの短絡電流評価結果

表 3 には、短絡状態から電流経路が遮断されるまでの時間と、 I_{OUT} の最大値を示します。

eFuse IC は従来ヒューズと比較して、短絡時の経路遮断時間が短く、かつ I_{OUT} の最大値が低く、保護性能が優れていることが確認できました。

リセット可能ヒューズは短絡時に 70 A 以上の大電流が流れましたが、約 500 μ s 後には I_{OUT} が 10 A 程度に抑えられています。これは、リセット可能ヒューズの電流制限機能ではなく、評価に用いた電源の影響と考えられます（電源の電流定格が 10 A であり、定格以上の電流を流すことができないためです）。短絡後、2.9s 後に遮断しました。ワンショット型チップヒューズも、短絡時 70A 以上の大電流が流れました。

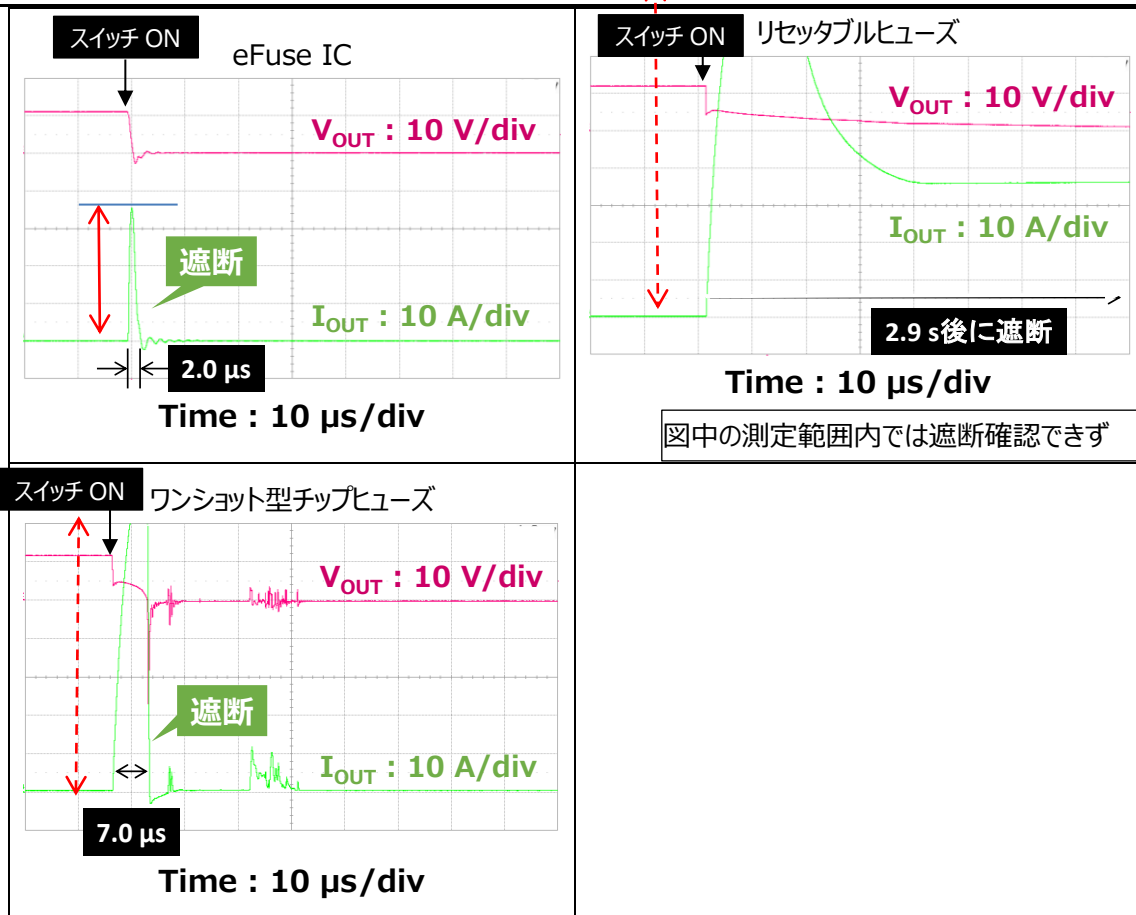
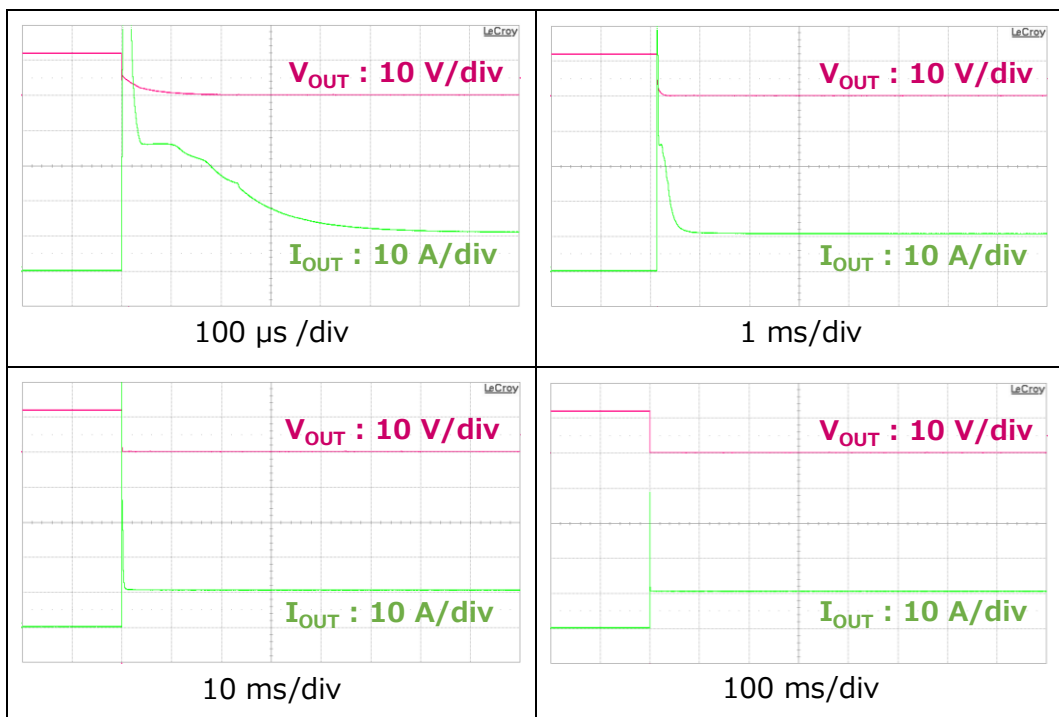


図 12 各種ヒューズの短絡電流評価結果



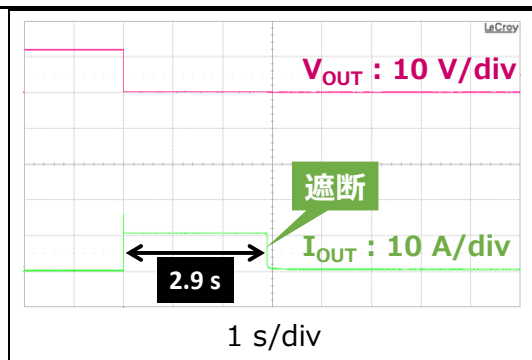


図 13 リセットブルヒューズの短絡電流評価結果

表 3 各種ヒューズの短絡時保護評価結果

	eFuse IC	リセットブルヒューズ	ワンショット型チップヒューズ
保護機能動作時間	2.0 μ s	2.9 s	7.0 μ s
出力最大電流	35 A	> 70 A	> 70 A

以上から、eFuse IC、従来ヒューズともに電流経路を遮断することが確認できました。

短絡発生時に、より短時間で出力側の最大電流値をなるべく低く抑えたい場合には、eFuse IC が最適です。

5.3 【補足】 IC の保護機能強化について (ショットキーダイオード (CUHS20S30) の追加)

eFuse IC の短絡保護機能が発動後、V_{OUT} にマイナスのスパイク電圧が発生する場合があります。これは eFuse IC に大電流が流入した際に、経路遮断され V_{OUT} が急減すると、配線のインダクタンス成分の逆起電力により出力側にマイナスのスパイク電圧が発生するためです。

マイナスのスパイク電圧の発生は、後段 IC の誤動作、製品破壊につながるリスクがあります。

このマイナスのスパイク電圧を抑制するために、出力側にショットキーバリアダイオード(SBD:CUHS20S30)を接続し、短絡特性の評価を行いました。評価回路を図 14 に示します。

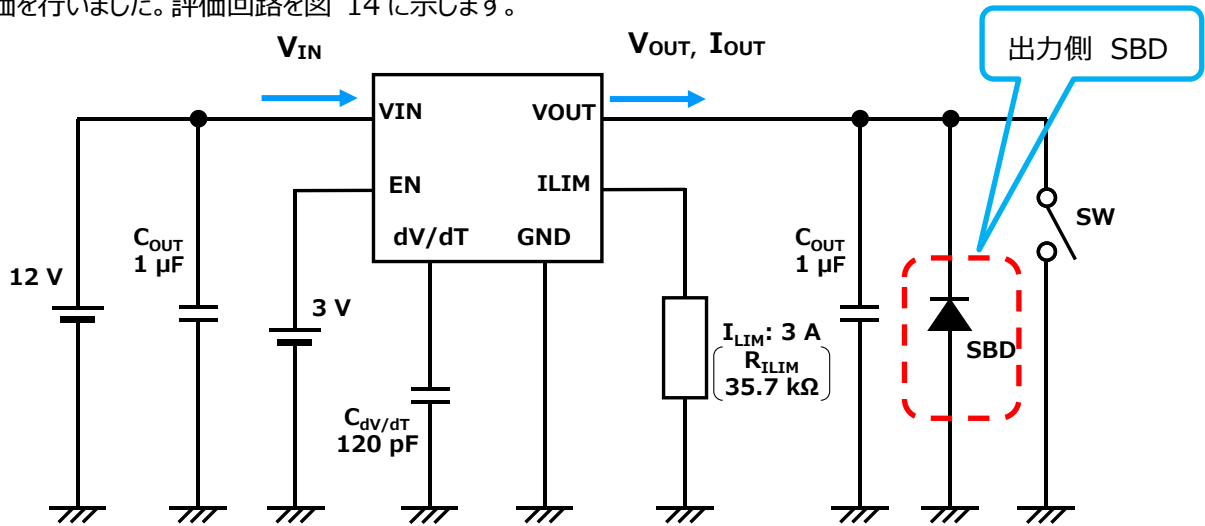


図 14 出力側に SBD を接続した eFuse IC の短絡保護評価回路

評価結果

出力側 SBD の有無による比較評価結果を図 15 に示します。

SBD 無しの場合（図 15 の上図：ヒューズ出力側に SBD を接続していない場合）、 V_{OUT} には -2.7 V のマイナスのスパイク電圧が発生しています。

一方、SBD 有りの場合（図 15 の下図：ヒューズ出力側に接続している場合）、 V_{OUT} のマイナスのスパイク電圧は -1.1 V となっており、抑制されていることがわかります。

ただし、短絡状態から電流経路を遮断するまでの時間は、SBD 無しの場合は 2.0 μ s でありましたが、SBD 有りの場合は 4.0 μ s 程度となりました。

これは、SBD がキャパシタンス成分となる影響と考えられます。

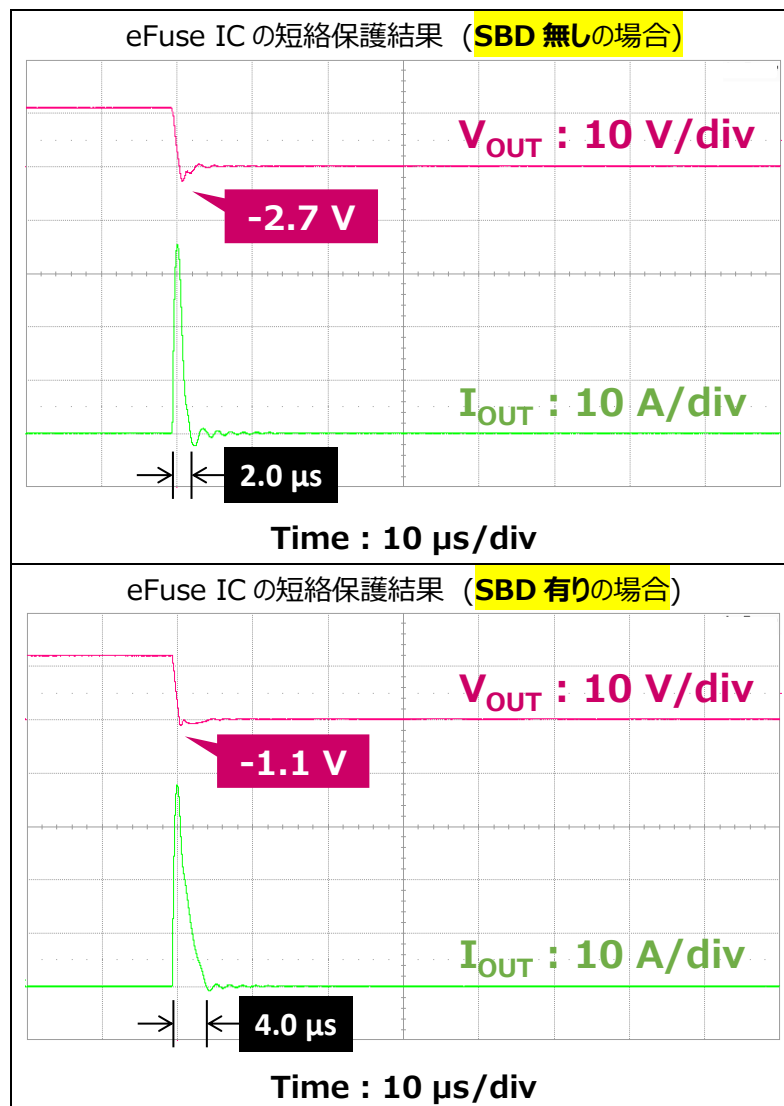


図 15 eFuse IC の短絡電流評価結果 (SBD 有無)

ショットキーダイオード (SBD) の製品紹介ページはこちら →

[Click Here](#)

ショットキーダイオード (SBD) CUHS20S30 の詳細ページはこちら →

[Click Here](#)

6. まとめ

従来ヒューズ（定格電流が 3 A）と、eFuse IC ([TCKE812NL](#)) の I_{LIM} を 3 A と設定した際の、過電流保護特性、短絡保護特性を評価しました。

本評価で得られた結果を表 4 に示します。

eFuse IC は過電流 5 A, 10 A 時、短絡時すべてにおいて瞬時に電流経路を遮断できており、従来ヒューズより過電流に対する保護素子として安全性に優れていることが確認できました。

従来ヒューズも、遮断時間が許容範囲内であるならば、十分に保護特性を持っていると考えます。

表 4 評価結果まとめ

	eFuse IC	リセット可能なヒューズ	ワンショット型チップヒューズ
過電流時の素子動作	5 A : 遮断 10 A : 遮断	5 A : 導通 10 A : 遮断	5 A : 導通 10 A : 遮断
短絡時の保護動作時間	2.0 μ s	2.9 s	7.0 μ s
短絡時の出力最大電流	35 A	> 70 A	> 70 A

製品安全が強く求められる今、多彩な保護機能と、それらを機能含むトータルの実装面積、高速な保護特性を考えると、eFuse IC はヒューズ選定の有力候補であると考えます。

本資料では、eFuse IC と従来ヒューズの保護特性について比較評価を行いました。eFuse IC は、活線挿抜など電源が ON の状態で配線を接続する場合に、後段の回路（電子デバイス）を保護するのに非常に有効な製品です。

eFuse IC をご使用いただく際には、本アプリケーションノート等をご参考の上、是非弊社ラインアップをご検討いただくと幸いです。

eFuse IC のパラメトリックサーチはこちら → [Click Here](#)

eFuse IC ご紹介ページはこちら → [Click Here](#)

eFuse IC のFAQはこちら → [Click Here](#)

eFuse IC のeラーニングページはこちら → [Click Here](#)

eFuse IC のご購入はこちら → [Click Here](#)

ショットキーダイオード（SBD）のパラメトリックサーチはこちら → [Click Here](#)

ショットキーダイオード（SBD）のご紹介ページはこちら → [Click Here](#)

ダイオードのFAQはこちら → [Click Here](#)

ショットキーダイオード（SBD）のご購入はこちら → [Click Here](#)

* 社名・商品名・サービス名などは、それぞれ各社が商標として使用している場合があります。

製品取り扱い上のお願い

株式会社東芝およびその子会社ならびに関係会社を以下「当社」といいます。

本資料に掲載されているハードウェア、ソフトウェアおよびシステムを以下「本製品」といいます。

- 本製品に関する情報等、本資料の掲載内容は、技術の進歩などにより予告なしに変更されることがあります。
- 文書による当社の事前の承諾なしに本資料の転載複製を禁じます。また、文書による当社の事前の承諾を得て本資料を転載複製する場合でも、記載内容に一切変更を加えたり、削除したりしないでください。
- 当社は品質、信頼性の向上に努めていますが、半導体・ストレージ製品は一般に誤作動または故障する場合があります。本製品をご使用頂く場合は、本製品の誤作動や故障により生命・身体・財産が侵害されることのないように、お客様の責任において、お客様のハードウェア・ソフトウェア・システムに必要な安全設計を行うことをお願いします。なお、設計および使用に際しては、本製品に関する最新の情報（本資料、仕様書、データシート、アプリケーションノート、半導体信頼性ハンドブックなど）および本製品が使用される機器の取扱説明書、操作説明書などをご確認の上、これに従ってください。また、上記資料などに記載の製品データ、図、表などに示す技術的な内容、プログラム、アルゴリズムその他応用回路例などの情報を使用する場合は、お客様の製品単独およびシステム全体で十分に評価し、お客様の責任において適用可否を判断してください。
- 本製品は、特別に高い品質・信頼性が要求され、またはその故障や誤作動が生命・身体に危害を及ぼす恐れ、膨大な財産損害を引き起こす恐れ、もしくは社会に深刻な影響を及ぼす恐れのある機器（以下“特定用途”という）に使用されることは意図されていませんし、保証もされていません。特定用途には原子力関連機器、航空・宇宙機器、医療機器（ヘルスケア除く）、車載・輸送機器、列車・船舶機器、交通信号機器、燃焼・爆発制御機器、各種安全関連機器、昇降機器、発電関連機器などが含まれますが、本資料に個別に記載する用途は除きます。特定用途に使用された場合には、当社は一切の責任を負いません。なお、詳細は当社営業窓口まで、または当社 Web サイトのお問い合わせフォームからお問い合わせください。
- 本製品を分解、解析、リバースエンジニアリング、改造、改変、翻案、複製等しないでください。
- 本製品を、国内外の法令、規則及び命令により、製造、使用、販売を禁止されている製品に使用することはできません。
- 本資料に掲載してある技術情報は、製品の代表的動作・応用を説明するためのもので、その使用に際して当社及び第三者の知的財産権その他の権利に対する保証または実施権の許諾を行うものではありません。
- 別途、書面による契約またはお客様と当社が合意した仕様書がない限り、当社は、本製品および技術情報に関して、明示的にも黙示的にも一切の保証（機能動作の保証、商品性の保証、特定目的への合致の保証、情報の正確性の保証、第三者の権利の非侵害保証を含むがこれに限らない。）をしておりません。
- 本製品、または本資料に掲載されている技術情報を、大量破壊兵器の開発等の目的、軍事利用の目的、あるいはその他軍事用途の目的で使用しないでください。また、輸出に際しては、「外国為替及び外国貿易法」、「米国輸出管理規則」等、適用ある輸出関連法令を遵守し、それらの定めるところにより必要な手続を行ってください。
- 本製品の RoHS 適合性など、詳細につきましては製品個別に必ず当社営業窓口までお問い合わせください。本製品のご使用に際しては、特定の物質の含有・使用を規制する RoHS 指令等、適用ある環境関連法令を十分調査の上、かかる法令に適合するようご使用ください。お客様がかかる法令を遵守しないことにより生じた損害に関して、当社は一切の責任を負いかねます。

東芝デバイス&ストレージ株式会社

<https://toshiba.semicon-storage.com/jp/>