



アモルファス圧粉コア応用電源 (省エネ型電源)

野村 隆範 李 舜生

2008年は、京都議定書の第一約束期間の開始、G8北海道洞爺湖サミット開催など地球温暖化防止に対する政府の枠組みが本格化し始めた年である。各企業における社会的責務が問われる中、エネルギー削減への要求がますます増え、電源はこれまで以上に電力変換効率の向上と、消費電力の削減が望まれている。近年では、電源の変換効率を示す指標として国際エネルギースタープログラムの他に、80PLUS（20%～100%の負荷環境下において、電源変換率が80%以上の基準を満たした製品に対する認証）という規格も制定されている。このような背景を受け、当社のコア技術であるアモルファス圧粉コアを改良し更なる省エネ化および適用アプリケーション拡充のための開発を行ったのでここに紹介する。

アモルファス圧粉コアとは

OKIテクニカルレビュー2007年第209号Vol.74で紹介したアモルファス圧粉コア（以下アモルファスコアという）は、当社が2006年にスイッチング電源トランスとして使用し、ドットインパクトプリンタ用電源での量産化に成功したものである。待機電力については従来比61%減を達成し、アモルファスコアがダイナミック負荷特性に優れ、また省エネ効果に優位性があることを実証した¹⁾。このアモルファスコアは、従来のフェライト素材に比べて以下の特性を持つ。

① ピーク負荷に最適

アモルファスコアの飽和磁束密度は10kGauss以上ありフェライトコアと比較し2倍以上である。磁気飽和し難いため、ピーク負荷を必要とするプリンタやモータ、アクチュエータ等の電源に適している（図1）。

② 直流重畳特性が良好

同一サイズコアを比べると、アモルファスコアは大電流を流してもインダクタンスを保持できるため、フェライトコアの2倍の電流を流すことが可能である（図2）。

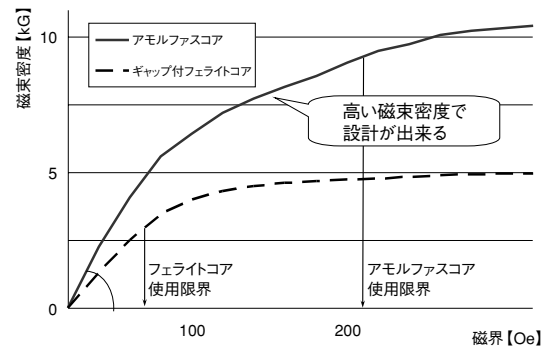


図1 直流BH曲線²⁾

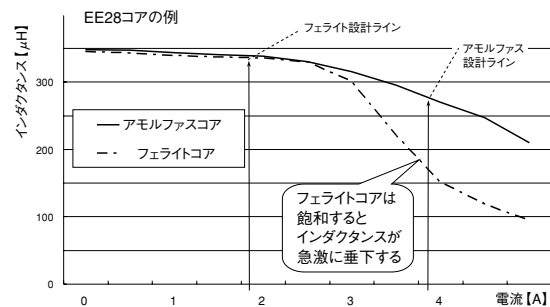


図2 直流重畳特性²⁾

③ 小型化、薄型化が可能

同一最大出力容量ではコア体積を1/2以下にすることができ、トランスの薄型化が可能である（写真1）。

アモルファス
圧粉コアトランス
24m×28m×26m

フェライトコア
トランス
27m×35m×47m

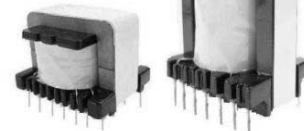


写真1 アモルファス圧粉コアトランス外観
(定格60Wピーク出力200W電源形状比較)

他アプリケーションへの応用課題

以上の特性によって、アモルファスコアはダイナミック負荷特性のあるドットインパクトプリンタ用電源への適用に合致していた。しかし、コアロス-周波数特性の課題として高周波帯域では損失が増えてしまうという欠点がありスイッチング周波数を高速化して、小型化を行うといった電源設計手法には不向きなため、他アプリケーションへの展開が進まなかった(図3)。

この課題を解決するためにコアロス特性の改善を図った。

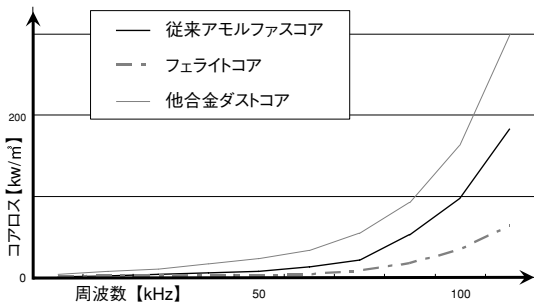


図3 コアロス特性

定し、仕上げ処理工程では樹脂含浸材料の見直しを行った結果、コアロス特性で優れたアモルファスコアが完成した。改善したアモルファスコアは従来に比べて約50%のコアロス低減を達成した(図4)。

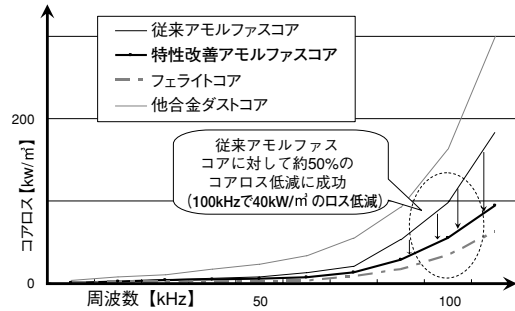


図4 特性改善後のアモルファスコアロス特性

コアロス特性改善

特性改善を行うために、アモルファスコア製造工程を見直し、改善ができる項目の洗い出しを行った(表1)。

表1 製造工程見直しによる特性改善策

製造工程	着眼点	期待効果	方策
原料	・組成比率	周波数特性、温度特性向上	混合材料の種類、比率を変える
溶解			
粉体化	・粒子径	コアロス低減	粒子の大きさを 変える
絶縁処理			
バインダー混合			
圧粉成型	・プレス圧	直流重量特性向上	常温でのプレス圧の 変更
	・形状	巻線効率向上	寸法、型の変更
熱処理	・熱処理温度	保磁力(Hc)減少	熱処理工程変更
仕上げ処理	・粒子結合方法	強度向上、 コアロス低減	含浸方法、 含浸材変更

絶縁処理 → バインダー混合 → 圧粉成型 → 熱処理までの工程は、既に最適化されており改善効果が期待できないため、粉体化および仕上げ処理工程の改善によって特性改善を図った。粉体化工程では粒子サイズを約1/3に設

特性改善コアの効果実証

改善したアモルファスコアの高周波帯域における効果を検証するため、20Wの小容量電源を試作検証した。この電源のスイッチング周波数は100kHzであり、40kW/m³のコアロスの低減によって0.4Wの損失削減から2%の効率アップが期待できる。試作電源の検証データを以下に示す(図5)。

① 効率

- 仕様
- ・定格容量：20W
 - ・最大出力容量：100W

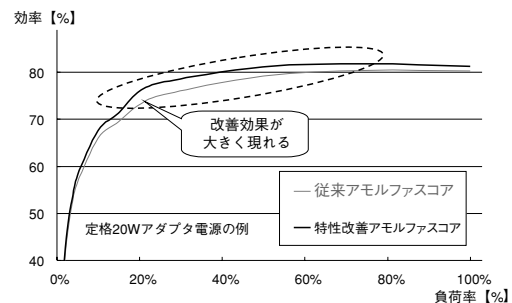


図5 試作電源の効率、主な仕様

新規アプリケーションの策定

一方、電源の変換効率を向上するための制御技術としてソフトスイッチング機能が採用されるようになってきており、その中で擬似共振制御方式に着目し、改善したアモルファスコアの適応を図った。

擬似共振制御方式の特徴

① ソフトスイッチング機能

共振現象を利用し、FETのターンオン時にゼロボルト

スイッチングを行うことでスイッチングロス低減を図る(図6)³⁾。

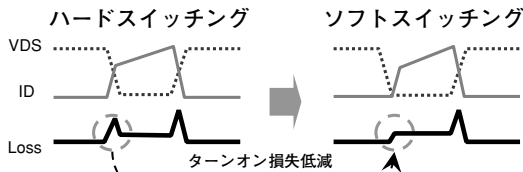


図6 擬似共振動作

② 周波数変調機能

従来の自動方式では、軽負荷時に周波数が高くなってしまいうためスイッチングロスが増大していた。擬似共振制御ICは負荷の変動に応じ、スイッチング周波数を低く抑えることで、スイッチングロスを低減できる(図7)。

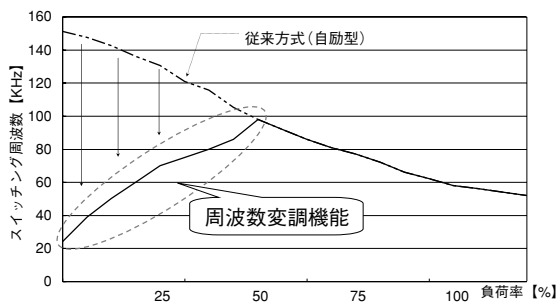


図7 スwitching周波数の変化

③ バースト制御機能(間欠動作モード)

さらに負荷が減少し、無負荷状態に近くなった時にスイッチング動作を一旦停止させ、消費電力を低減する。

以上の機能を持った擬似共振制御ICを今回採用した。以下の点に留意してアモルファスコアのトランス設計を行った。

- 1) アモルファスコアのコアロス特性から、スイッチングロスが大きくなるようにするため、周波数変動範囲を40kHz~80kHzに設計した。
- 2) ピーク電流を取ることができるよう、設計磁束密度範囲を1500Gauss~4500Gaussに設計した。
- 3) アモルファスコアの透磁率に合わせたトランス設計を行い、インダクタンス値を190μHに定めた。

擬似共振方式電源の試作

試作電源の仕様は、ATM等メカトロ系への応用を考慮し出力電圧を24Vとした。差異が確認できるようにフェ

ライトバージョンとアモルファスバージョンをそれぞれ試作することとし、下表の目標仕様を設定した(表2)。

表2 試作電源目標仕様

目標仕様	アモルファスバージョン	備考
入力電圧	100V	フェライトと同仕様
出力仕様	24V-3.2A	
最大電流	8.4A	フェライトの2倍
ピーク電流	12A	フェライトの2倍
周波数変動範囲	40~80kHz	フェライトは 50~100kHz
使用磁束密度範囲	1500~4500G	フェライトは 1500~2500G
変換効率 定格時 20%負荷時	88% 84%	フェライトと同等の目標仕様
待機時消費電力	0.5W以下	フェライトに対し0.2W電力削減
インダクタンス値	190μH	フェライトは360μH
使用コア	EE28 (EE25)	フェライトはEER28を使用
高さ	25mm	フェライトに対し30%薄型化

また、高効率化を図るため半導体素子についても見直しを行った(図8)。

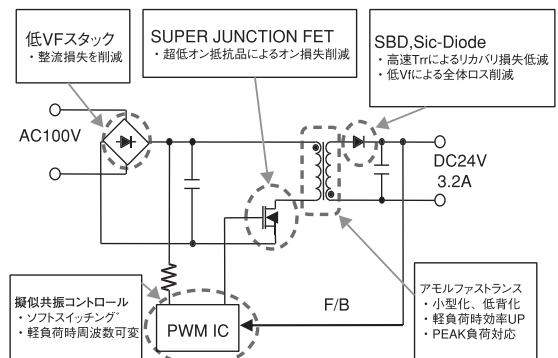


図8 回路ブロックと設計ポイント

試作電源評価結果

① 効率

アモルファスバージョンは、フェライトとほぼ同等の効率となり、20%負荷時において84%以上の変換効率を得られた。従来の電源と比較すると、負荷率75%以下における効率が大幅に改善した(図9)。

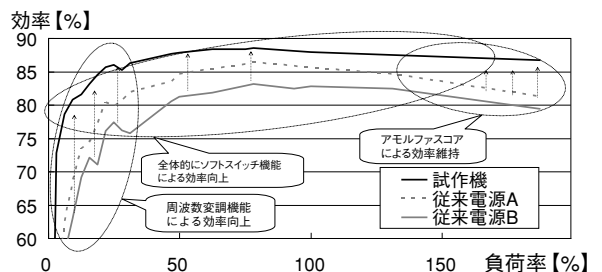


図9 試作電源の効率

② ダイナミック負荷特性

フェライトコアでは6.2Aのピーク電流でトランス飽和状態に達するのに対し、アモルファスコアでは12.2Aの電流を流しても飽和しない（図10）。

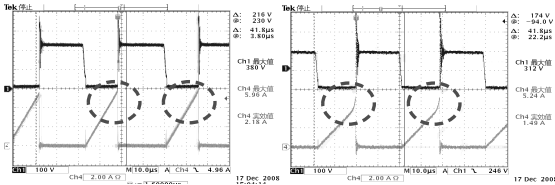


図10 ピーク負荷時スイッチング波形

③ 無負荷時消費電力

擬似共振Cのバースト制御機能によって、消費電力0.5W以下を実現した（図11）。

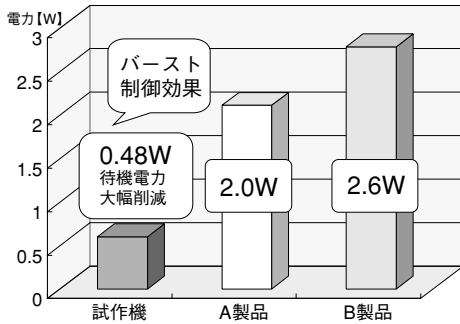


図11 無負荷時消費電力

④ 試作機形状

試作機は、同一容量でコア体積を減少できるアモルファスコアの利点を生かして薄型化することができ、フェライトバージョンと比較すると23%薄型化が実現した（写真3）。

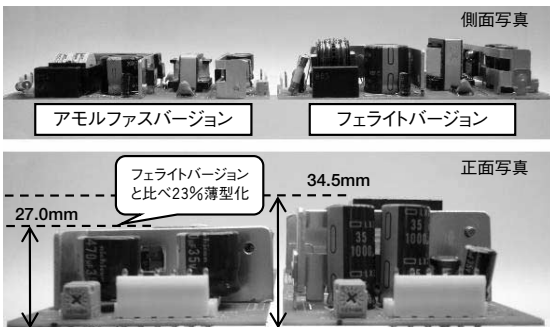


写真2 試作機形状

目標達成状況を以下の表に示す（表3）。

表3 アモルファスバージョン目標達成状況

	目標仕様	実機仕様	達成状況
入力電圧	100V		仕様通り
出力電圧	24V		
出力電流	3.2A		
最大電流	8.4A	8.4	目標達成
ピーク電流	12A	12.2A	目標達成
動作周波数	40~80kHz	40~80kHz	仕様通り
設計磁束密度範囲	1500~4000G	1500~4000G	仕様通り
変換効率 定格時	88%	87.8%	目標に0.2%及ばず 目標の0.5%以上の成果
20%負荷時	84%	84.5%	
待機時消費電力	0.5W以下	0.48W	目標達成
インダクタンス値	190 μH	210 μH	仕様変更
使用コア	EE28 (EE25)	EE28	初期設計通り
高さ	25mm	27mm	目標に対し2mm及ばず

試作電源の課題

今回試作した電源では、アモルファスバージョンは薄型化した分、放熱的に厳しいといった問題がある。またトランスは小型化の分、巻線が細くなったため電流密度増大による損失が大きい。今後、巻線とインダクタンスのトレードオフについて改善を行わなくてはならない。

開発成果とまとめ

擬似共振方式とアモルファスコアトランスを組み合わせることによって、薄型化・高効率・ピーク負荷対応・低待機時消費電力という点でほぼ目標仕様の性能を得ることができた。今回の試作電源は75Wの容量であったが、ATM等で要求されるスペックに対応するよう大容量化を行いアモルファスコアのダイナミック負荷特性の優位性をより高めていきたい。

そして今後もアモルファスコアトランスの改善および開発を継続し、より省エネ効果の高い商品開発を目指していくことで、お客様や社会の要求に応えていきたい。

参考文献

- 1) 佐藤, 小林: 省電力電源装置の開発, 沖テクニカルレビュー 209号, Vol.74 No.1, pp.22-25, 2007年1月
- 2) 紛体アモルファスの特長, 古河電子株式会社
- 3) トランジスタ技術, 2007年3月, CQ出版

筆者紹介

野村隆範: Takanori Nomura. 沖パワーテック株式会社 技術企画部

李舜生: Li Shunsheng. 沖パワーテック株式会社 技術企画部