POWER ELECTRONICS

ヒートシンクとファンによる熱設計の基礎と実践

熱しやすく冷めやすい先進半導体の最高性能を引き出す

深川栄生[著]
Shigeo Fukagawa

ご購入はこちら。
https://shop.cqpub.co.jp/hanbai/books/46/46311.html

見本

CQ出版社

第1章 ヒートシンクの基礎知識

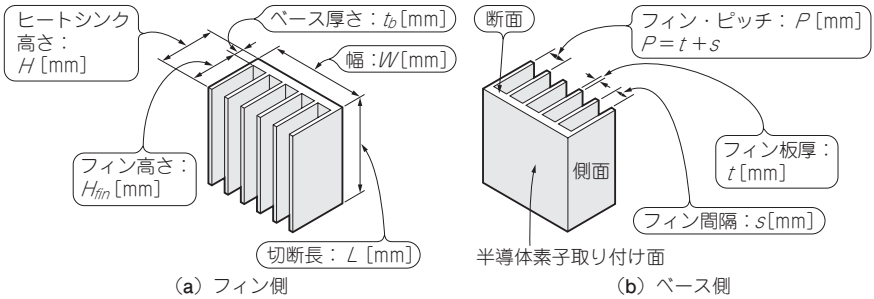
「ヒートシンク」を使えば，効率良く半導体素子の温度を下げることができます．
ただし，間違った選び方や使い方をすると，温度が下がらないばかりか，
さまざまなトラブルの原因になります．
本章では，ヒートシンクを選ぶために必要な「カタログ・データの見方」や
ヒートシンクを使うために必要な「熱設計の基本」について解説します．

1-1 カタログ・データの見方

● 垂直取り付けか？ 水平取り付けか？

本書では，**図1**に示すようにヒートシンクの各部名称を統一しています．

ヒートシンクの取り付け方向は，大きく「垂直取り付け」と「水平取り付け」の2つに分類されます．垂直取り付けとは，**図2**(a)に示すように，ヒートシンクの断面を上下にした取り付け方です．また，水平取り付けとは，**図2**(b)，**図2**(c)，**図**



[図1] ヒートシンクの各部の名称
フィン間隔sは，となりあうフィンの空間距離をいう．フィン間隔sにフィン板厚tをたした値がフィンピッチになる($p = s + t$)

出典：深川 栄生；まちがいだらけの熱対策 ホントにあった話30，アナログウェアNo.4，トランジスタ技術，2017年11月号，別冊付録，CQ出版社．

見本

第2章 伝熱の基礎と温度測定

本章では，ヒートシンクを使いこなすために必要な基礎知識について解説します．ヒートシンクを使いこなすためには，「冷却方式」や「伝熱」，「温度測定」に関する知識が必要になります．更に，「ヒートシンクの種類や特徴」に関する知識も必要です．

2-1 冷却方式

冷却方式やヒートシンクの種類を知らないと，熱設計をどのように進めてよいのか見当がつきません．放熱のことを考えずに設計を進めて，設計途中で半導体素子の温度が上がりすぎていることに気付き，ヒートシンクを追加しなければならなくなり，開発の遅れやコストアップにつながることがあります．

● 冷却方式の種類と特徴

冷却方式を知っていると，設計の初期段階において，冷却方式にあわせた装置構造を決められるので，効率よく設計を進めることができます．

ヒートシンクの冷却方式には，「自然空冷」，「強制空冷」，「強制液冷」があります．電子機器やプリント基板の放熱には，自然空冷と強制空冷がよく使われます．

▶自然空冷

自然に発生する対流を利用して冷却する方式です．ヒートシンクの温度が上がると，ヒートシンクの回りの空気が温められて軽くなり，自然に対流が発生します．冷却のために特別な装置は必要ありません．

▶強制空冷

ファンなどを使って強制的に空気を流して冷却する方式です．自然空冷よりも放熱性能が上がるので，ヒートシンクを小さくできます．

▶強制液冷

ポンプなどを使って強制的に液体を流して冷却する方式です．強制空冷よりも放

見本

第3章 まちがいだらけの熱設計 ホントにあった話

温度分布や空気の流れは目に見えないため，
間違った熱設計をしても気付かない場合があります．
熱設計が正しかったとしても，実装方法や温度の測り方を間違えると，
設計が正しいかどうかの判断がつきません．
ここでは，多くの失敗事例をあげて，
熱設計と熱評価のポイントについて解説します．

自然空冷 / 強制空冷共通

ここでは，自然空冷と強制空冷に共通する失敗例を紹介します．

［自然空冷 / 強制空冷共通］

3-1 カタログ･データの測定条件を確認しないで，ヒートシンクを選んだ

● 要点

ヒートシンクの放熱性能は，測定条件によって変わります．カタログ・データの測定条件よりも厳しい環境でヒートシンクを使うと，放熱性能が足らなくなり，ヒートシンクの選び直しになることがあります．

● カタログにおけるヒートシンクの測定条件

自然空冷の場合は，ヒートシンクの取り付け方向や熱源のサイズ，温度の測定場所，基板の有無などがあります．

強制空冷の場合は，風速の測定場所や風洞サイズなどがあります．

● カタログ・データの理解がヒートシンク選定の基本

測定条件によって放熱性能は変わります．カタログに掲載されているデータの測定条件を把握することが，ヒートシンクを選ぶ上での基本となります．

見本

第4章 パワー半導体の熱設計とヒートシンクの選定

**DC-DCコンバータ，モータ・インバータ，充電器など，
大電流を扱う電子回路を設計するときは，
パワー半導体を冷やすことを真っ先に考える必要があります．
できるだけ小さなヒートシンクを選ぶためには，
半導体内で生じた熱の量や，
熱の伝わりやすさを定量化し，計算で求めるのが近道です．
ここでは，熱の伝わりにくさを表す「熱抵抗」を使った
ヒートシンクの設計法を紹介します．**

4-1 温度が上がると半導体の寿命は短くなる！

スマートフォンやタブレット端末，モバイル・バッテリなど，モバイル機器に使われるバッテリの大容量化に伴い急速充電への需要が高まっています．また，モバイル機器の複数所有者が増え，1台の充電器で複数のモバイル機器を充電する需要も高まっています．

急速充電や複数台同時充電をするためには，出力電流の大きい充電器が必要になりますが，設計する上で，注意しなければならない点があります．それは半導体素子の温度です．

半導体素子は，出力電流が大きくなるほど発熱量が増えて，温度が上がります．半導体素子の温度は，絶対最大定格で規定されるので，出力電流の上限も温度の絶対最大定格から規定されます．ただし，ヒートシンクを取り付けて，半導体素子の温度を下げれば，出力電流を増やすことができます．

ヒートシンクは，放熱効果を高める工夫がなされているので，半導体素子の温度を効率良く下げられます(**写真1**)．

見本

第5章 ヒートシンクを活用した熱対策

**Digilent社(現ナショナル インスツルメンツ)が開発したZYBOボードは,
ザイリンクス社のZYNQ-7000を搭載し,
SDRAMや各種のインターフェースを備えた,
FPGAによるディジタル・システム開発用のボードです.
本章では,このZYBOボードを例に放熱対策の実例を紹介します.
まず,赤外線サーモグラフィ・カメラでZYBOボード全体の温度を測定し,
具体的な放熱対策を考えます.
次に,放熱条件(取り付け方向,ヒートシンクの表面処理,
ZYNQ-7000とヒートシンク間の接触熱抵抗)を変えた場合の
放熱効果の違いを実測により確認します.**

5-1 放熱効果の確認方法

● 測定の準備

放熱性能の測定に必要な実験機材を**写真1**に,ZYBOボードの外観を**写真2**と**写真3**に示します.ZYBOボードにパソコンを接続し,ザイリンクス社が提供する開発環境VIVADOを使って動作させます.

ZYBOボードの消費電力を段階的に上げる回路を作ります(1).その回路の最小単

[写真1]
実験機材
VIVADOを使ってZYBOボードの消費電力をコントロールしている

見本

第6章 電子回路シミュレータLTspiceを活用した熱設計

「定常状態」とは，熱の移動がなくなり時間が経過しても
温度に変化がない状態をいいます．
「非定常状態」とは，時間の経過とともに温度変化がある状態をいいます．
実際の回路における消費電力(熱損失)は，ほとんどの場合，
時間とともに変化する非定常状態です．非定常状態の温度変化を計算で
求めようとすると大変ですが，シミュレータを使えば計算を意識することなく
容易に求めることができます．
ここではアナログ・デバイセズ社が開発した
電子回路シミュレータ「LTspice」を活用した熱設計の手法を解説します．

6-1 時間とともに変化する温度「非定常状態」を理解するためには，まず「定常状態」を理解すべし

● 熱等価回路の基礎を「定常状態」で学ぶ

回路知識がない状態で交流回路を学ぼうとする場合，いきなり交流回路から入ると，目に見えない上に時間とともに変化する電流や電圧をイメージすることが難しく，理解するまでに時間がかかります．

まずは直流抵抗回路で，抵抗にかかる電圧と流れる電流から，抵抗と電圧と電流の関係，いわゆる「オームの法則」をイメージできるようになってから，C(キャパシタンス)やL(リアクタンス)のふるまいを理解し，交流回路に進むほうが，結果的に早く理解できます．

熱についても同じです．LTspiceを使って非定常状態における熱等価回路を理解するには，定常状態で熱等価回路の基本をイメージできるようになってから，非定常状態を学んだ方が，結果的に早く理解できます．

まずは，定常状態で熱抵抗と消費電力と温度の関係をイメージできるようになることが重要です．

熱を電気に置き換えて考える場合は，**図1**に示すように「熱抵抗」が「電気抵抗」，

見本

第7章 熱計算の要「熱伝達率」を求める

本書を読んで，ヒートシンクの使いかたや選びかたを理解された方のなかには，「自分で熱設計をしてみたい」と思われる方がいらっしゃると思います．熱設計の第一歩は，表1に示す3つの伝熱基本式を使って伝熱量を求められるようになることです．計算ができれば，どのような物理量がどのように影響を与えるかがわかり，伝熱についての理解が深まります．熱設計の計算ができるだけではなく，実験結果や熱流体解析結果の検証にも役立ちます．

7-1 「熱伝導」と「熱放射」は求めやすい

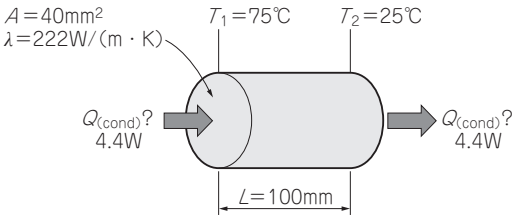
3つの伝熱方式「熱伝導」，「対流熱伝達」，「熱放射」のうち，「熱伝導」と「熱放射」は，比較的容易に計算で求めることができます．実際に求めてみます．

●「熱伝導」による伝熱量の計算例（1次元定常状態）

図1のようなアルミ丸棒の伝熱量$Q_{(\mathrm{cond})}$を求めます．

【計算条件】

材質：A1100



[図1] アルミ丸棒の熱伝導による伝熱量

式(1)から「熱伝導率が大きく」「断面積が広く」「温度差が大きい」ほど熱伝導による伝熱量は大きくなり，「距離が長い」ほど小さくなることをイメージできる

見本

ISBN978-4-7898-4631-8
C3055 ￥3200E
CQ出版社
定価：本体3,200円（税別）
9784789846318
1923055032002

「ヒートシンク」を使えば，効率良く半導体素子の温度を下げることができます．ただし，間違った選び方や使い方をすると，温度が下がらないばかりか，さまざまなトラブルの原因になります．
本書では，ヒートシンクの正しい選び方や使い方，放熱性能の確認方法について実例をあげて解説します．プリント基板や筐体など，ヒートシンク以外の熱設計にも応用可能な内容になっています．

見本