

はじめに

心室細動を除去するために体内に植込まれる ICD は、日本での症例も増加している。製造メーカーは限られ、我が国ではメドトロニック社が 90%以上の占有率で、実質的に独占状態である。従って、電源関係の研究はメドトロニック社が発表している仕様、形状を基準として進める。

治療は心電図情報に基づき必要な電気エネルギーを心臓部位に与えることにより行われるが、医師の診断により 0.6 J ~ 30 J まで細かくプログラムが設定できるようになっている。1 J は 1 ワット × 1 秒で示されるエネルギーであり、加える電圧は最高 750 V という高圧である。

このように ICD に使われる電池は心電図機能測定など常時小電流で動作する機能と除細動治療に必要な断続的使用で短時間ではあるが、瞬時に 30 J を蓄える機能とに対応する必要がある。30 J を充電する時間も 6~7 秒と規定されており電池の内部抵抗を低くしなければ対応できない。

この電圧、およびエネルギーは 1 次電池 3.2 V の電圧を分岐して片方は制御用、片方は昇圧してコンデンサに蓄え、心電図診断に基づく制御指示により瞬時に心臓部位に放電している。

放電の途中でコンデンサの極性を逆転させ、二相式の放電が良好な治療効果が得られることから採用されている。

電池寿命は患者毎の除細動治療回数などによって異なり、電池電圧の低下警報が発生すれば手術を行い、機器の取替えを行う。メーカーは電池電圧の低下警報がでなくても 5 年以上経過したら、機器の取替えを推奨している。

本研究では電源関係の回路には多くの電子部品が使われているが、特に高電圧を発生させる高電圧発生回路、発生した高電圧エネルギーを蓄えるコンデンサ、および機器の使用寿命を決定する電池を取り上げることにする。

1. 高電圧発生回路

高電圧発生方式としては、1) 巻線トランスを用いる方法、2) 圧電トランスを用いる方法、3) 並列接続のコンデンサ低電圧を充電した後、直列にコンデンサ接続を切り替える方法などが考えられる。個々にそれらの方式を検討する。

1.1. 巻線トランスを用いる方法

最も多く使われる方式で回路構成は図 1 のようになる。

電池電圧は発振回路・増幅回路で交流信号に変換され昇圧トランスに加えられ、昇圧トランスは 1 次側・2 次側の巻き線数比によって昇圧電圧比が決定される。

この方式は多くの実績があり幅広く使われている。

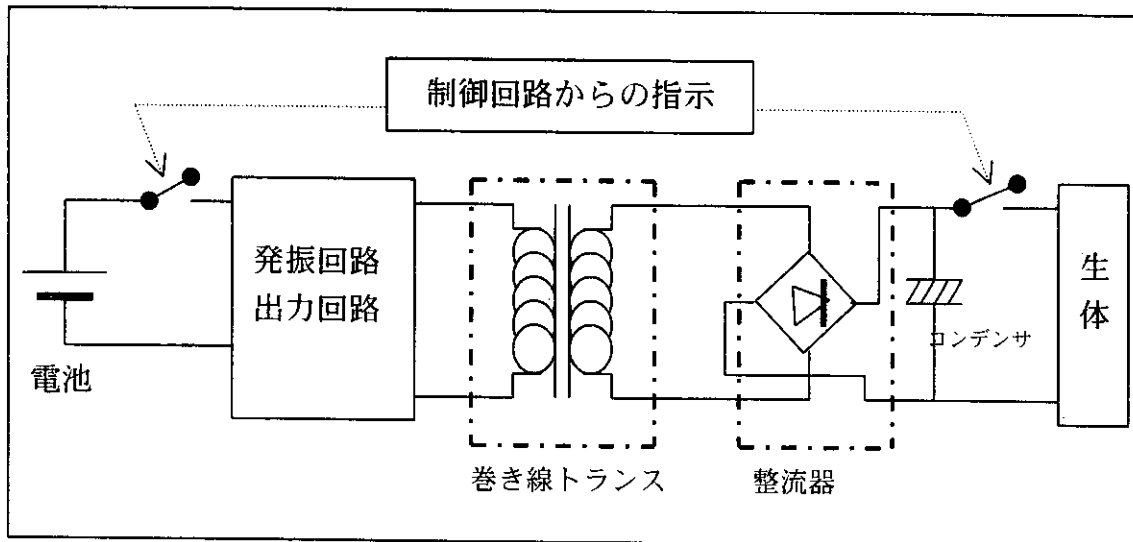


図1 ICD 高電圧回路構成図

情報端末機器の表示器として液晶表示が多く使われるようになったが、液晶は自己発光がないため、バックライトとして冷陰極蛍光灯（CCFL）が使われるが、CCFLは発光のため開放電圧1000V以上の高圧電源が必要であり、電池などの低圧よりインバーターにより高電圧を発生させ動作させている。

このインバーターに巻線トランスが使われて入るが、今なお小型化・高能率化の研究が継続していて、現時点では最も安定した方式である。

現在のICDにおいてもこの方式が採用されている。

1.2. 圧電トランスを用いる方式

圧電トランスを用いる方式はGEのローゼン氏が開発した方式で、当初はテレビのフライバックトランスに代わるものとして研究された。しかし当時は技術的課題、適切な圧電材料の入手が出来ず成功しなかった。その後、高圧用圧電材料の開発、工法の開発などによりCCFLのインバーターとして脚光を浴びてきた。特に小型化の要求に対して、巻線線を使う昇圧トランスは絶縁耐力の限界から使用が難しくなり、それに代わる物として圧電トランスが注目されてきた。圧電トランスの基本を図2に示した。

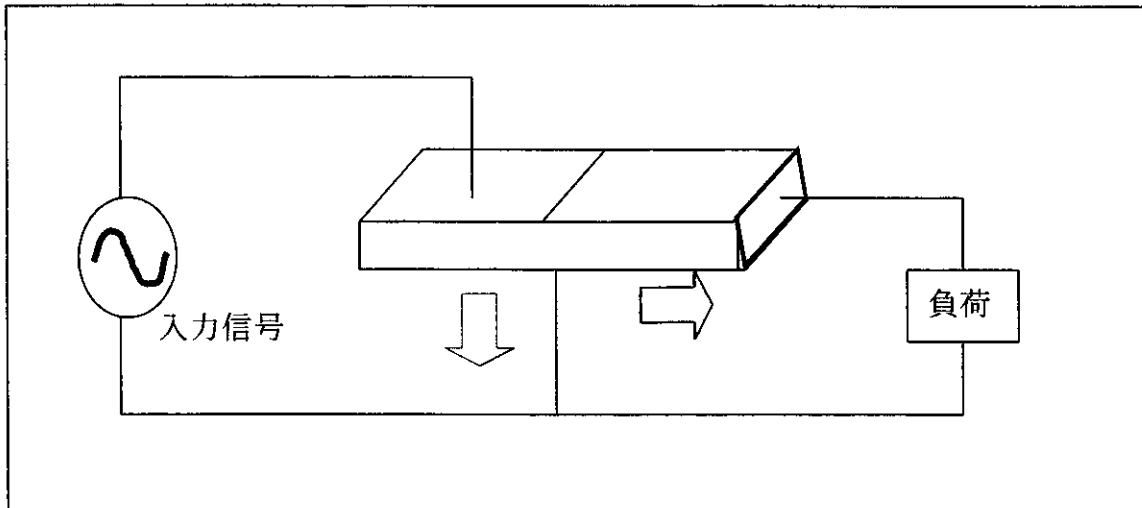


図2 圧電トランスの基本（矢印は分極方向を示す）

長さ方向半分の対抗面に入力電極をつくり、この入力電極の反対側の端面に出力電極を形成している。入力電極には圧電体の長さ方向に共振する信号を加えると圧電逆効果により機械的に大きく振動し、出力電極に圧電効果で電圧が取り出せる。圧電トランスを用いる方式と巻き線トランス方式とエネルギー変換方式を比較すると、図3のようになる。

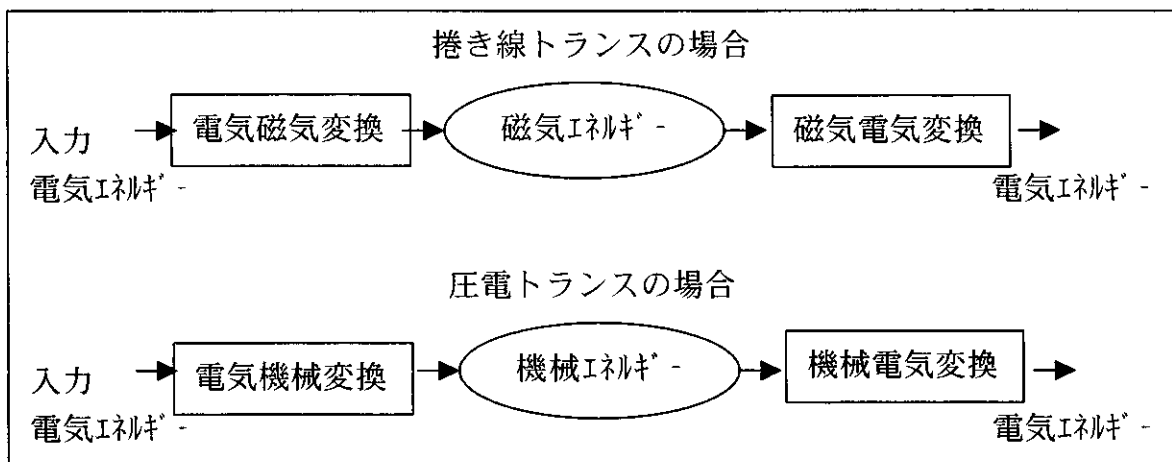


図3 エネルギー変換方式の比較

巻線トランスが磁気を介在して高圧を発生させるのに対して、圧電トランスは機械振動を介在させている。そのため機械振動をしている圧電体の保持などに色々工夫がされている。

特性は効率の良い材料の開発、工法としてシート状にした圧電材を積層化して、さらに効率を上げるなどの手段で入力電力4W、昇圧比60倍の製品が開発されCCFL用のインバーターとして多く使われるようになった。

圧電トランスによる高電圧発生方式は電極材料の白金化、新材料の開発によりさ

らに特性を向上させることはできるが、医療用としては安全性、信頼性、形状から実績はなく解決すべき課題は多い。しかし、治療エネルギーの減少が可能になれば期待できる方法である。

圧電トランスの製造方法は、図4のような工程で製作されている。

(圧電トランスの概要については、添付資料 3 昇圧トランス 参照のこと)

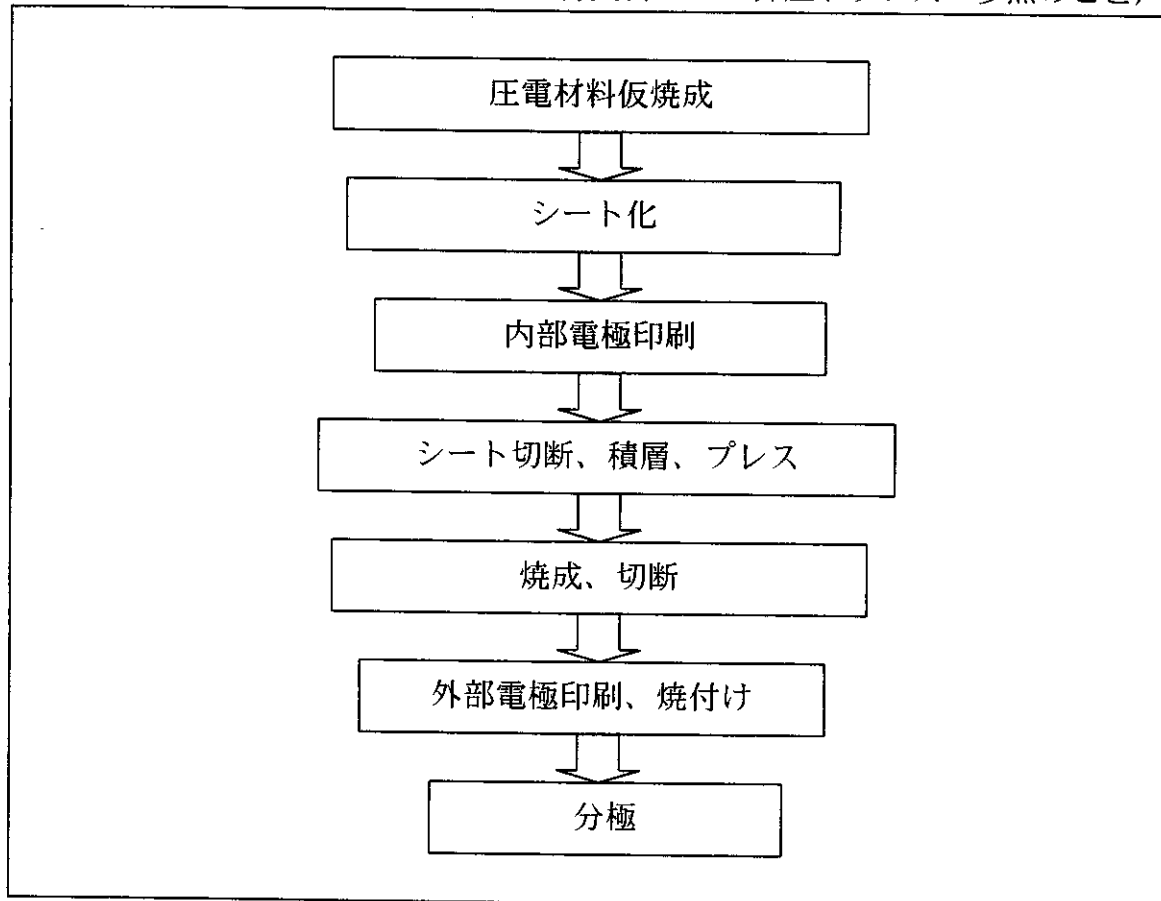


図4 圧電トランスの製造方法

1.3. コンデンサ積み上げ方式

並列に接続したコンデンサを充電し、充電完了後スイッチで直列接続に切り替え高圧を得る方法である。コンデンサの耐圧が十分でなかった頃、工業用などで超高圧を得る場合などで使われていたが、コンデンサの特性向上・スイッチなどの耐圧特性から一般には使われなくなった。低い耐圧のコンデンサ使用できるメリットがある。

2. 高電圧充電、放電

除細動の治療は、すでに述べた方法で発生させた高電圧をコンデンサに充電し、この充電したエネルギーをプログラムに従い放電することにより行われ、必要とする最大のエネルギーは750V、30Jである。

このエネルギーは次式で示される。

$$E = 1/2 C V^2$$

ここでE：エネルギー、C：静電容量、V：電圧を示す。

式より、エネルギー=30 J、電圧=750Vとすると静電容量は約110 μ Fと算出できる。

いまこの種のコンデンサで入手の可能性のあるのは、アルミ電解コンデンサしかない。

現行ICDにはアルミ電解コンデンサが使われているが、耐圧は400V、静電容量は約220 μ Fと推定される。2個のアルミ電解コンデンサを直列に接続し耐圧800V、静電容量110 μ Fを確保していると推定される。ICDに使われているアルミ電解コンデンサ角形でその体積は5,085mm³（幅43mm×長さ27mm×厚み5mm）である。

このアルミ電解コンデンサがいかに小型化されているかは、汎用のアルミ電解コンデンサと比較するとはっきりする。

市販品の450V、220 μ Fアルミ電解コンデンサの形状は円筒型の小型品で

$$\text{直径 } 30\text{mm} \times \text{長さ } 30\text{mm} = \text{体積 } 21,195\text{mm}^3$$

となり体積は4倍以上ある。

汎用のアルミ電解コンデンサは、別に示す製造工程で生産されるが、巻き取り工程での作業は円筒型に巻き取るのが効率よく、構造は一般に円筒形をしている。

現行ICDに使われているアルミ電解コンデンサは扁平構造をとっている。

これは筐体への組み込み時に、もっとも体積効率がよくかつ薄型に構成できるというメリットを生かすためである。

放電は良好な臨床効果が得られることで図6に示すように2相性放電特性が使われている。

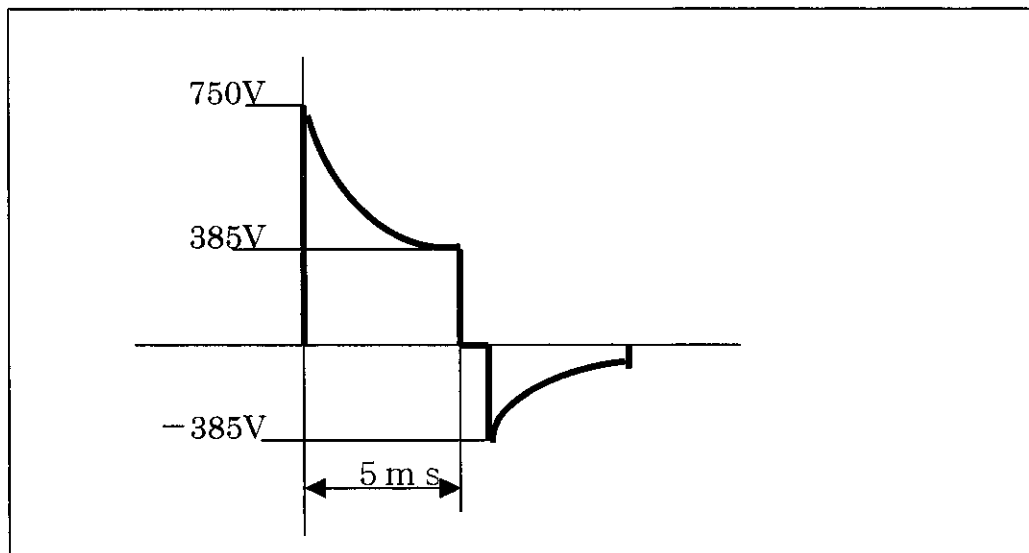


図6 2相性放電特性

この放電特性は放電の過程でコンデンサの極性をスイッチで反転させることで実現している。図7に2相性ブロック回路図を示す。

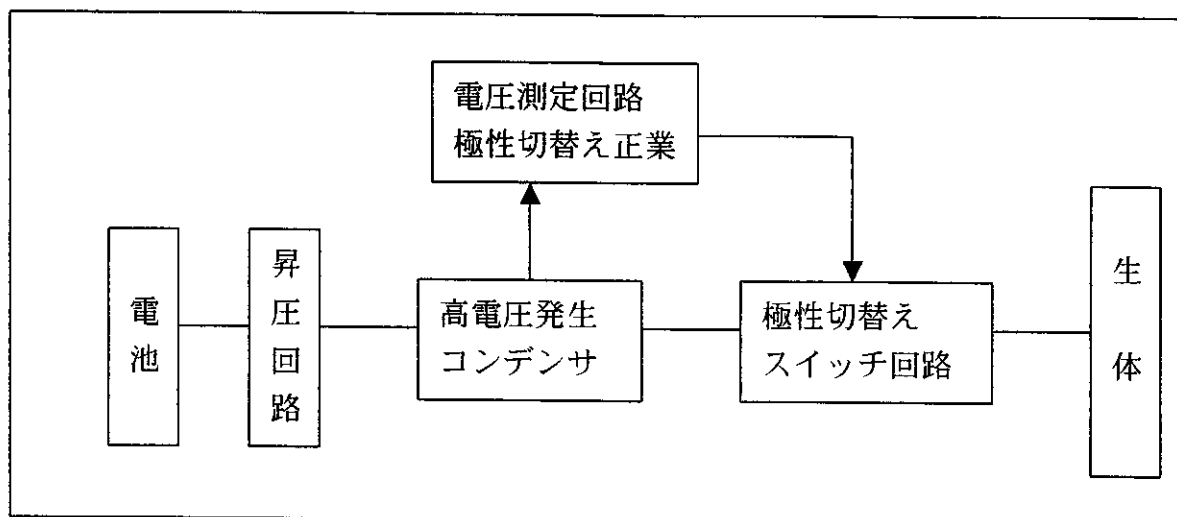


図7 2相性ブロック回路図

放電時間は静電容量：C と人体の抵抗：R で決まり

$$V(t) = V_0 \times \exp(-t/RC)$$

(V_0 ：初期電圧 t ：放電時間)

のカーブで示される。

このアルミ電解コンデンサにも課題がある。

アルミ電解コンデンサはアルミ箔の表面に形成される酸化アルミを誘電体として構成されている。この酸化アルミにより構成される誘電体は電圧がかからない状態で放置すると減少し、特性劣化をもたらしてしまう。そのためアルミ電解コンデンサは定期的に治療目的以外にも充電をする必要がある。これをアルミ電解コンデンサのリフォームというが、リフォームによる消費電流は当然電池の寿命が縮める。

3. 放電用コンデンサの検討

3.1. アルミ電解コンデンサ

図7構成より、酸化皮膜は構成された金属が陽極となったときだけ電気絶縁性を示し誘電体の機能を果たすため、アルミ電解コンデンサは極性を持つことになる。電解液は酸化皮膜で発生する静電容量を取り出す役目を持ち、アルミ箔で構成されている陽極、陰極は外部との接続用である。

酸化被膜はアルミ箔を機械的加工および塩酸などで表面を粗面化し、表面積を増加させた後で電解液の中で電気化学的に生成し、これを化成処理という。

この酸化被膜は化成処理を行う電圧に比例し、1Vあたり13~14Åの割合で増加し約700Vまで自由に生成できる。

アルミ電解コンデンサの耐圧はこの工程でほぼ決定される。

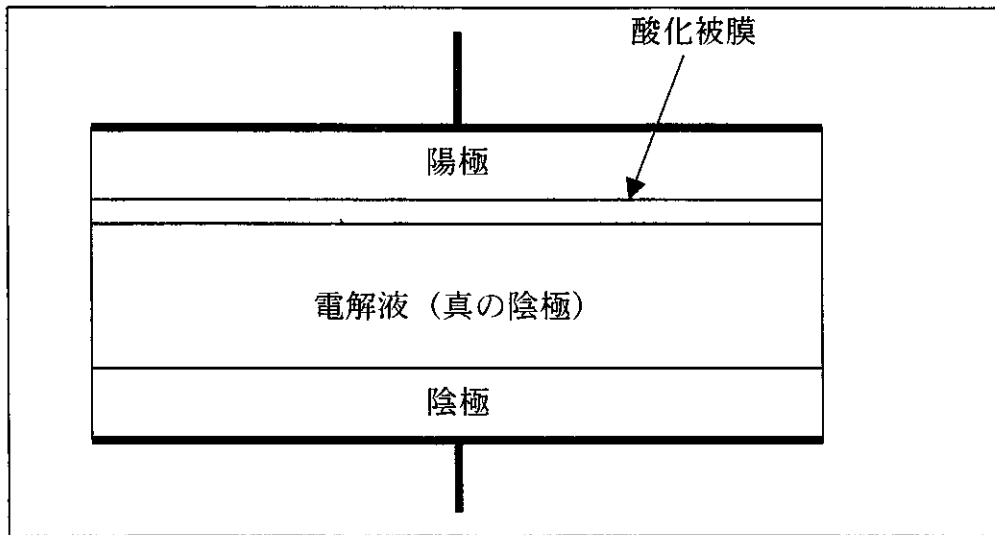


図7 アルミ電解コンデンサの構成

陽極、陰極ともアルミで構成され、陽極はその表面に誘電体となる酸化皮膜が生成されている。陰極もアルミで作られているが酸化皮膜は作られていない。耐圧は酸化皮膜に依存しているため、もし陰極に正の電圧を加えると真の陰極となる電解液間で短絡しガス発生に至る。図8に酸化皮膜の状態を図示する。

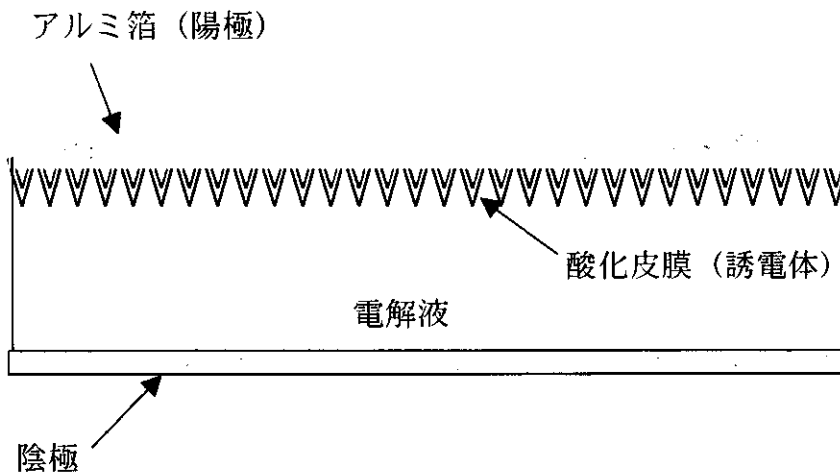


図8 酸化皮膜の状態

しかし、アルミ箔の表面を粗面にして実効表面積を拡大していても、耐圧を上げるために酸化皮膜の厚みを増す必要があり、そのために表面の凹凸が均一化され、実質表面積は減少する。結果的に酸化被膜を厚くしても静電容量が増加しなくなる。その限界は300V~350Vにあり、通常工法での耐圧の限界である。(図9)
100 μ F以上、350V以上のアルミ電解コンデンサを作るには材料、工法とも吟味する必要がある。汎用の円筒型アルミ電解コンデンサ製造工法を図10に示す。

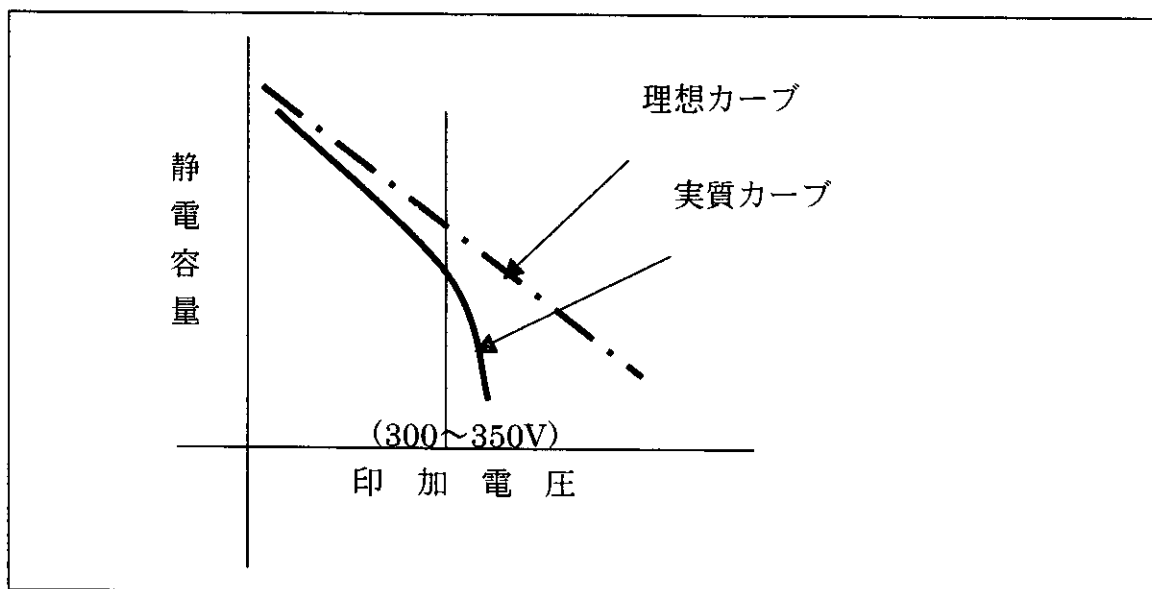


図9 印加電圧対静電容量の関係図

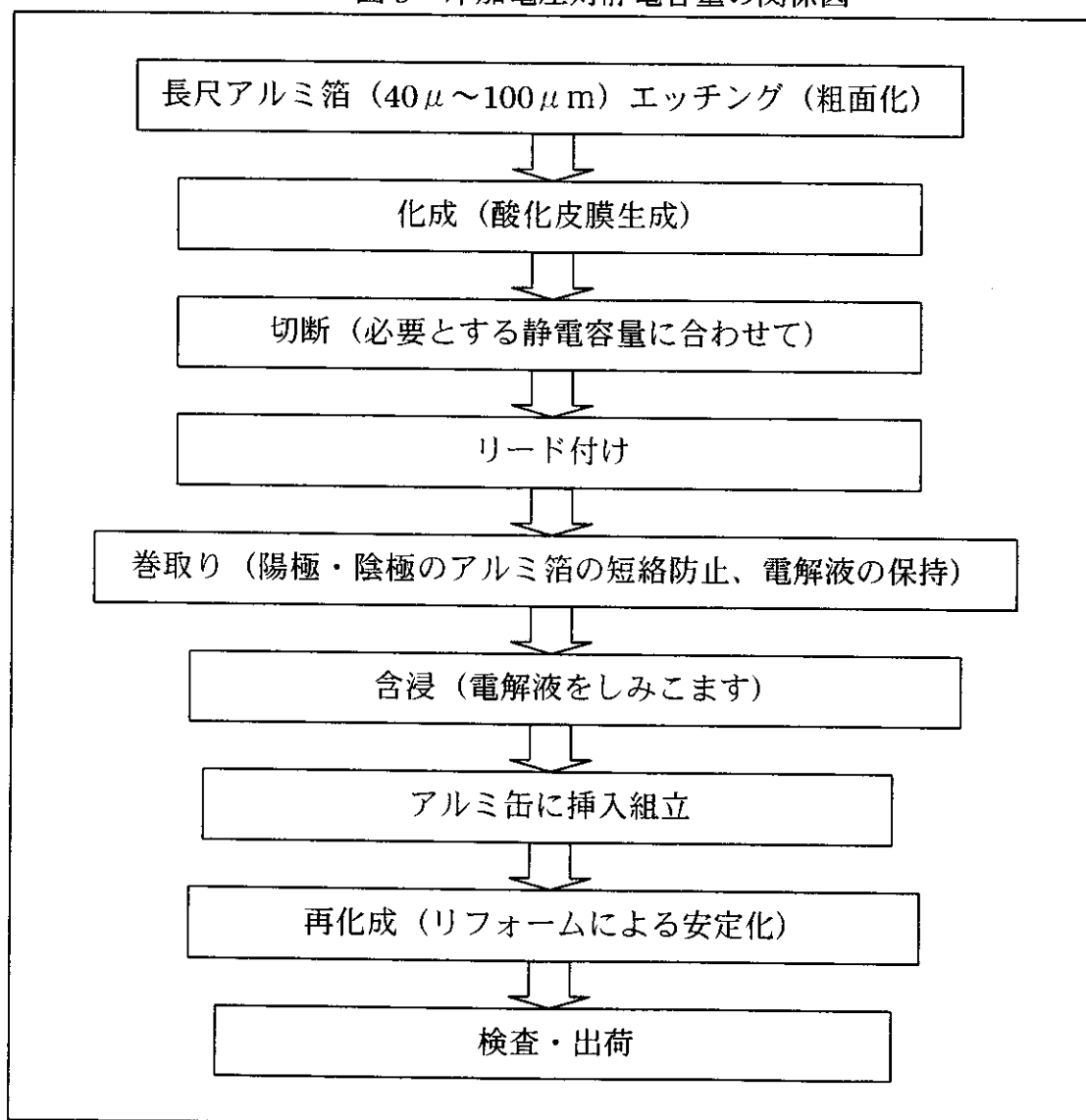


図10 円筒型アルミ電解コンデンサ製造工法

形状は製造上の容易さから円筒形が主流であるが、プリント基板実装から考えると扁平型にした方が空間使用率もよく、高密度実装が要求される業界から強い要請が出ている。同一特性で約10%空間使用率が向上するとの報告がある。

同じ電解コンデンサにはタンタル固体電解コンデンサがあるが、耐電圧が低いためICDでは制御回路に多く使われている。

3.2. セラミックコンデンサ

最近、セラミックコンデンサは容量拡大・耐圧向上・小型化の進歩で急速に需要が増大している。電池ドライブの情報端末機器ではアルミ電解コンデンサからの切替えが急速に進んでいる。ICDにおいても同様に、低電圧で動作する制御回路はセラミックコンデンサが採用されている。

これは積層型のセラミックコンデンサ開発が大きく寄与している。

現在 $10\mu\text{F} \cdot 50\text{V}$ 程度まで開発が進み実用化されているが、除細動治療に使う高圧・高容量(400V耐圧、 $200\mu\text{F}$)の領域には遙かに届かない。

しかし、除細動治療方法の進歩で、より低電圧・低エネルギーで治療効果を発揮することができるようになれば、アルミ電解コンデンサと比較してセラミックコンデンサの寿命は長く、更にリフォームが不要になり、小型軽量化に貢献するなどその影響は極めて大きい。特にリフォームが要らないことは電池容量の低減に繋がる。

以上充放電用コンデンサについて検討を進めたがアルミ電解コンデンサ以上の特性を持つ物はなく、ICD用にはアルミ電解コンデンサのさらなる改良に取り組むのが適切である。

4. 電池

4.1. 現行ICDの電池解析

ICDを動作させるのに必要な電流容量を想定し、用途に適切な電池を選ばなければならない。

1) 条件として

- ・ 高電圧発生は巻線トランス方式とし、効率は60%とする。
- ・ 電流容量は公称規格の80%まで使えるとする。
- ・ 電圧は3.2Vとする。(平均電池電圧は2.8Vとする)

2) 消費電流は

- | | |
|-------------------|-------------------------------|
| ・ 心電図機能(基本制御機能)測定 | 20 μA (常時) |
| ・ ペーシング治療 | 1000 μA (6分×5回/月) |
| ・ 除細動治療 | 30J(6回/年) |
| ・ コンデンサリフォーム | 30J(6回/年) |
| ・ プログラマーとの通信 | 1000 μA (30分×4回/年) |

3) 年間消費電流の算出

- ・心電図機能測定（基本制御回路を含む）
 $20 \mu\text{AH} \times 24 \text{時間} \times 365 \text{日} = 0.176\text{AH}$
 - ・ペースング治療
 $1000 \mu\text{AH} \times 5 \text{回} \times 12 \text{月} \times 6/60 = 0.006\text{AH}$
 - ・除細動治療
 $30 \text{J} \div 0.6 \text{（効率）} \div 2.8 \text{（平均電池電圧）} = 17.9 \text{A秒}$
 $17.9 \div 60 \text{秒} \div 60 \text{分} \times 6 \text{回} = 0.03\text{AH}$
 - ・コンデンサリフォーム
 $30 \text{J} \div 0.6 \div 2.8 = 17.9 \text{A秒}$
 $17.9 \div 60 \div 60 \times 6 \text{回} = 0.03\text{AH}$
 - ・プログラマーとの通信
 $1000 \mu\text{AH} \times 4 \text{回} \times 0.5 \text{時間} = 0.002\text{AH}$
- まとめると表1のようになる。

No.	項目	1年分 電流値 (AH)	5年分 電流値 (AH)
1	心電図等の小電流回路	0.184	0.92
①	心電図機能測定	0.176	0.88
②	ペースング治療	0.006	0.03
③	プログラマー通信	0.002	0.01
2	除細動等の大電流回路部	0.060	0.30
①	除細動治療	0.030	0.15
②	コンデンサリフォーム	0.030	0.15
	合計 (1年間)	0.244 (AH)	1.22 (AH)

表1 1年間の消費する電気量

5年間の消費電力は1.220AH (0.244AH×5年) となる。

ICDの新機能として心収縮機能の測定研究が進められているが、現在使用されている心室容積測定装置では、測定電流は30μA程度であり、これを加えて見ると1年間の消費電流は0.508AH{0.244AH+ (30μA×24時間×365日=0.264AH)}で、5年間の消費電流は2.54AHとなり現行の2AHの電池では5年間の使用には耐えない。

現在ICDに用いられている電池の性能を表2に示す。

No.	項目	スペック
1	電池形態	・1次電池
2	材料	・リチウム酸化バナジウム銀電池
3	電圧	・3.2V
4	電流容量	・2AH
5	内部抵抗	・大電流が取り出せるように内部抵抗が少ない。

		・使用経過での内部抵抗の増加も少ない。
6	電気エネルギー	・30 J
7	充電時間	・6～7秒で充電完了
8	寸法	・幅36mm×長さ25.6mm×厚み7.9mm
9	体積	・7,280mm ³

表2 現在ICDに用いられている電池の性能

この特性は酸化バナジウム銀の結晶構造を改良して高性能化に成功したといわれている。

特に注意が必要なことは7秒以内に30Jの充電を完了させ、不可なら充電を停止させるように規制されている。これは、1つには発熱によるガス発生を防止するため、電池選択で最も重要な安全項目である。

4.3. 代替の1次電池の検討

汎用のコイン型リチウム電池はメモリ電流保持用として非常に多く使われているが、2つのタイプについて表3に記す。

	寸法/体積	電圧	電流容量
タイプA	Φ23mm・t7.7mm / 3,197 mm ³	3 V	1 AH
タイプB	Φ23mm・t5mm / 2,076 mm ³	3 V	0.62A

表3 汎用のコイン型リチウム電池の特性

上記表3よりタイプBで現在ICD使用されている電池に比較して29%の大きさであるが、メモリのバックアップ用に開発されて、数μAの一定電流消費が基本であり、使用は不向きである。

市販品で入手できる大電流用電池は、カメラ用に作られている円筒型1.5AH型がある。体積は3,2924mm³（直径28.4mm、長さ52.0mm）となり現行品の約4.5倍の体積となる。

0.85AHの小型品では体積は5,158mm³（直径15.6mm、長さ27.0mm）であるが電流容量に余裕がない。

このように1対1の比較では現在使われている電池に匹敵するものは見あたらない。

しかし、すでに前述した如く（表1に）ICDの必要電流は、

・心電図測定など小電流消費： 0.92AH

・除細動治療など大電流消費： 0.30AH

となっており、この電流消費を前提に小電流用に作られたメモリ保持用電池と大電流用をハイブリッド方式で2個の電池の組み合わせで、それぞれの得意分野を分担させると表4のようになる。

用途	電池の種類	定格	体積
制御回路	コイン型リチウム電池	3V、 0.62AH	2,076mm ³
除細動回路	カメラ用リチウム電池	3V、 0.85AH	5,158mm ³
		合計	7,234mm ³

表4 ハイブリッド方式で2個の電池の組み合わせ

となり現在使われている電池の体積 7,280mm³と比較して同等の大きさとなる。電流容量も使用できる範囲になる。

しかしながら、カメラ用電池はフラッシュ用として大電流放電を行っているが、ICDでの使用のようにコンデンサを急速の充電させるために瞬間的に数アンペアの大電流に耐えうるのか、医療用としての安全性を満足するのかなど課題は残る。電池価格の引き下げ、入手の容易さなどメリットも大きく、検討を進める価値があるのではないかと思われる。

もちろん筐体への収容効率を上げるため扁平角形化の対策も必要である。

さらに、薄型の電池が必要となればリチウムポリマー系の電池が開発されている。ペーパー電池といわれるほど薄くできるが、電流容量は当然ながら少なく特別な用途となる。大手電池メーカーが開発にしのぎを削っているので思わぬ電池の開発があるかもしれない。

4.3. 2次電池

2次電池は充電可能な電池であり、現在使われている1次電池では緊急時に電池電圧が低下した場合、体外表皮からの除細動による衝撃か、緊急取替え手術しか選択肢がないことに比べ緊急充電により、患者個人で危機を脱することが出来る大きなメリットがある。

モバイル用機器の開発、特に情報端末機器は携帯電話を中心に膨大な市場を作っているが、このモバイル機器はすべて電池で駆動され、それもリチウムイオン電池が充電可能でかつ電気容量が大きいことから主力となっている。研究開発も大手メーカー・研究機関を中心に研究開発が続けられている。材料の開発、工法の開発などでますます高性能となった電池が発表されることが予測できる。充電式のイメージ図を図11に示した



図 11 充電方式のイメージ図

4.3.1. リチウムイオン電池

現在携帯電話用として最も多く使われている電池であり、小形角形品の平均的な特性は、

- ・形状 厚み 5.4×幅 30.0×高さ 50.0=7792mm³
- ・電圧 3.6V
- ・電流容量 0.75AH

であり、充電可能ということを考えてみるとICDに使用可能な特性を持っているといえる。ただし、このタイプは瞬時に2Aの電流を放電できるが、それ以上は十分な確認実験が必要とされている。除細動治療に使えなければ意味がないが、最近の技術の進展から考えると不可能とは思えない。

リチウムイオン電池の起電力の化学式は電池全体で



となりリチウムイオンの移動で起電力を発生している。

リチウムイオン電池の容量は0.75AHあり、先に計算した年間使用電流（表1）が約0.3AH程度とすれば、1回／年の充電で充分まかなえる。余裕をみても半年に一度の充電で使用可能となる。可能充電回数は約250回あり寿命の問題はない。図12に充電回路を示す。

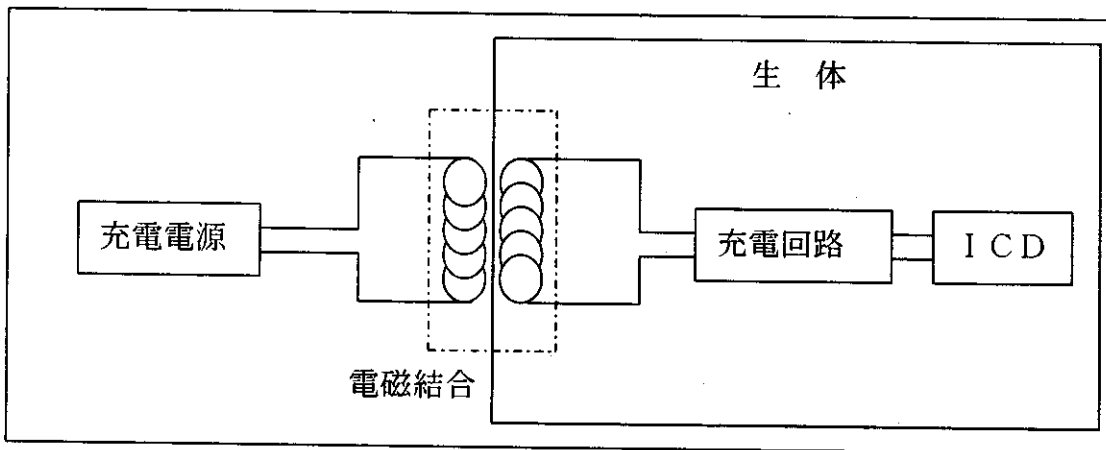


図12 充電回路

小形品もあるが瞬時大電流の放電が出来なく、除細動治療の用途には向かない。課題は安全性確保である。充電の方式が定電流、定電圧方式であり過電圧、温度上昇監視など安全装置を十分に検討しなければならない。

データ通信と異なり電力の送信となれば金属ケース経由の電磁誘導は損失が大きく実用化が困難である。

- ・ 充電装置（特に送電側）が大きくなる可能性
- ・ 経皮での電磁誘導技術

- ・ 生体内での電磁誘導技術
- ・ ICDケース材質による充電効率
- ・ 充電時の生体へ及ぼす電磁波の影響

等解決すべき設計上の問題もある。

解決策の一つは電池部だけを別ケースとしてICD本体から切り離し、電磁誘導が容易に出来るような部材で電池ケースを作ることが考えられる。

特長は、1) 電池寿命に対して電池のみ交換することで経費が削減できる。

2) 電池容量が少なくとも実用化が出来るのではないかと。

1次電池使用時も同様に研究を進める価値は合うと思われる。

図13にイメージ図を示す。

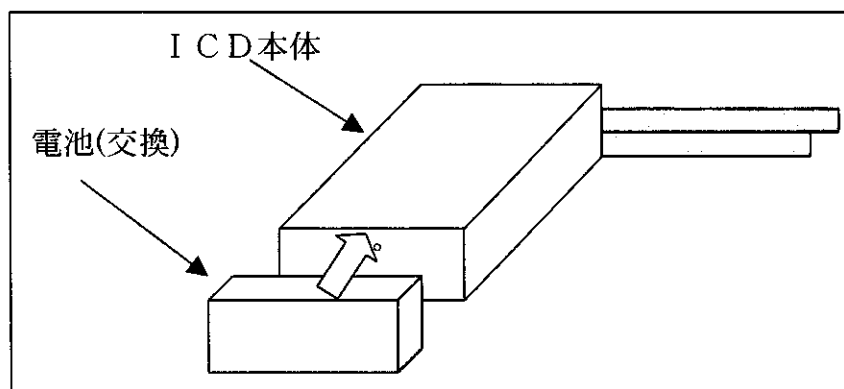


図13 電池交換イメージ図

4.3.2. 電気2重層コンデンサ

2次電池ではないが、大容量の静電容量を持ち蓄電能力が高いコンデンサが電気2重層コンデンサである。化学反応による起電力を持たないので、電荷を蓄電することにより電池の役目を果たしている。

構成は活性炭と有機電解液との境界に発生する静電層（これを電気2重層という）を作りだし、この状態を誘電体の機能として利用している。そのため物質としての誘電体は持ってない。静電容量は対向する面積で決まるが、耐圧は使用する有機電解液の分解電圧で決まる。

- ・ 有機電解液の分解電圧は約3V
- ・ 耐圧は3V
- ・ 使用できる電解液は3V以下が多い
- ・ 容量大きくでき2,000Fまで実用化されている

用途は

- ・ 小型品はICメモリーのバックアップ用
- ・ 大型品はソーラー電池の蓄電用・車などの補助エネルギー用

である。

コイン型の形状は電池サイズであるが、小電流のメモリーバックアップを目的に作

られており耐圧 5 V 静電容量 1.5 F が上限である。内部抵抗も 30 オーム (1.5 K H にて) あり大電流放電が出来ず除細動治療には使えない。
構造は図 14 のようになっている。

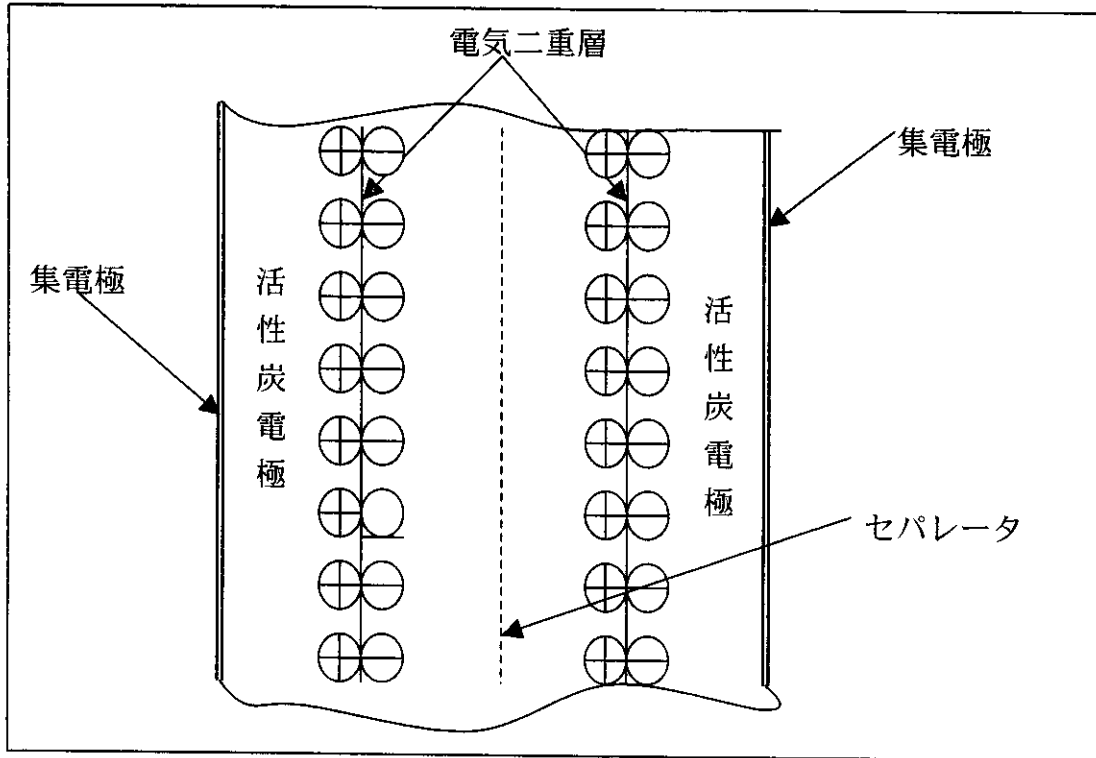


図 14 電気二重層コンデンサ模型

使用できる電流は、(Q : 充電電荷量)

$$Q = C \times V \quad (C : \text{静電容量、} V : \text{印加電圧—使用下限電圧})$$

$$Q = I \times T \quad (I : \text{負荷電流} \quad T : \text{通電時間})$$

$$C \times V = I \times T$$

現在、静電容量 30 F、耐圧 2.3V で大きさは直径 18mm、長さ 35mm のものが HDD モーターなどの補助エネルギー供給用として使われている。これを 5 V 用にするには 2 個を直列にする必要があり体積が倍になり容量は半分の 15 F になる。内部抵抗がまだ 0.1Ω あり大電流用としては使う限界である。

静電容量は 30 F であり、このコンデンサを定格 5 V のコンデンサの電圧を 2.5 V まで使い負荷電流が 10 μ A とすると

使用可能時間は、

$$\begin{aligned} T &= 15 \text{ F} \times (5 - 2.5) \text{ V} \div 10 \times 10^{-6} \\ &= 3.75 \times 10^6 \text{ 秒} \\ &= 1,040 \text{ 時間} \\ &= 43 \text{ 日} \end{aligned}$$

40 日毎に充電すれば 10 μ A が常時使えることになる。図 15 に充放電カーブを示す。

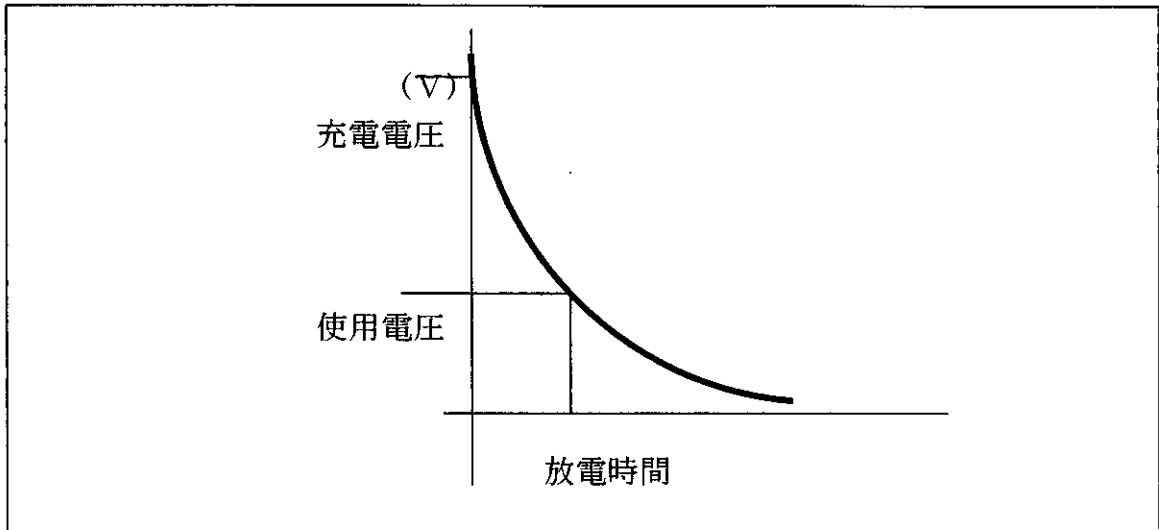


図 15 充放電カーブ

材料、工法の開発は日夜進んでおり耐圧：5 V、静電容量：15 F、内部抵抗：10mΩ 台の製品が開発されると大電流の放電が出来るようになり、先に計算した15F 容量になれば40 日程度の使用可能となり、1 月に一度の充電で除細動治療もできるようになる。

技術的には補助動力用を目的に大電流放電用電気 2 重層コンデンサも開発されている。用途の主たる目標がハイブリッドカー用であるため高能率、高信頼性ではあるが形状は大きい。

メモリ保持用、動力補助用と用途別の開発が進み中電流用製品の開発は今後の課題である。

耐電圧の変更が難しいが静電容量は大きくすることが出来るので、工法開発で小型化の目途がつけば展開は急速に進むと思われる。

5. まとめ

ICD に使われる部材で電池と、アルミ電解コンデンサは除細動治療のための主要部材で、占める体積の割合は約55% になる。この部材の小型化・軽量化は全体に大きな影響をもたらすが、関係する回路を含め考察する。

1) 昇圧回路

巻線トランス方式、圧電トランス方式、コンデンサ積み上げ方式の検討を行ったが、要求される仕様からおよび実績から巻線トランス方式が適切であると思われる。

2) 充電回路、放電回路

除細動治療に必要なエネルギーを蓄電できるコンデンサはアルミ電解コンデンサ以外になく、また現在ICD に使われているアルミ電解コンデンサに匹敵するものを市販品から探し出すことは出来なかった。

3) 電池

すでに述べたようにICD は小電流を常時必要とする機能と除細動治療のように

瞬時大電流を必要とする機能とを満足する電池は見つけることは出来ないが小電流用電池、大電流用電池と2個の電池を使えば電流容量、収納可能体積とも使用可能な範囲にはいることを見いだした。

2次電池についても充電方法の技術開発により使用可能な方法を検討したが、さらに少ないエネルギーにより治療できるとなると検討の選択肢は拡大する。治療方法等の改良から少ないエネルギーで治療効果を上げうる研究開発が待たれる。

4) 電池ケース

2次電池の充電方式で考えた電池ケースを別にしてICD本体から切り離す方法も検討に値すると思われる。これは電池寿命で5年ごとに取り替え手術時に、心臓に挿入したリード線及び制御機器をそのままにして、電池のみを取替えれば手術時間の短縮、静脈内のリード線をさわらないこと、更に機器の費用が削減可能になり保険費用、個人負担の低減に繋がるとと思われる。

植込み型除細動器
I C D技術動向調査
特許調査

松下電器産業株式会社

目次

はじめに

1. 特許選出方法
2. 選出結果
3. 技術動向調査
 - 3.1. 年代別特許出願動向
 - 3.2. 国別特許分類
 - 3.3. 企業別特許分類
 - 3.4. 機能要素別特許分類
 - 3.4.1 除細動器の機能要素ブロック
 - 3.4.2 機能要素別特許分類
 - 3.4.3 主要企業の技術動向

最後に

特許選出資料

1. 選出特許（337件）の一覧表
2. 重要特許（14件）の要約およびコメント
3. 重要特許全文
4. 選出特許抄録