

本書は一般の方々の便宜のため有志により作成されたもので、Atmel社とは無関係であることを御承知ください。しおりの[はじめに]での内容にご注意ください。

QTAN0079

釐、摺動子、輪

感知部設計の手引き



目次

開始に際して	2
第1章 感知部設計に対する序説	8
1.1 序説	8
1.2 接触感知器	8
1.3 自己容量と相互容量の感知器	9
1.4 いくつかの重要な理論	9
第2章 一般的助言	11
2.1 QTouch採取法	11
2.1.1 序説	11
2.1.2 電荷転移	11
2.1.3 QTouch-ADC	12
2.2 部品	12
2.2.1 Csコンデンサ	12
2.2.2 直列抵抗	12
2.2.3 電圧調整器	13
2.2.4 部品配置	13
2.3 材料	13
2.3.1 基材	13
2.3.2 電極と相互接続材料	13
2.3.3 前面パネル材料	14
2.3.4 パネルへの基板接合	14
2.4 近くのLED	15
2.5 静電放電保護	15
第3章 自己容量釐	17
3.1 序説	17
3.2 平面的構成	17
3.2.1 序説	17
3.2.2 電極形状	17
3.2.3 接地布設	18
3.2.4 相互接続	19
3.2.5 照明効果	19
3.2.6 浮遊導電物	20
3.2.7 導電塗料	21
3.3 非平面的構成	21
3.3.1 印刷電極法	21
3.3.2 パネル接触	22
3.3.3 第2基材法	22
3.3.4 接地布設	22
3.3.5 照明効果	22
3.3.6 浮遊導電物	22
3.3.7 導電塗料	22
第4章 相互容量釐	23
4.1 序説	23
4.2 平面的な構造	23
4.2.1 序説	23
4.2.2 XとYの電極	23
4.2.3 接地布設	25
4.2.4 相互接続	26
4.2.5 照明効果	27
4.2.6 浮遊導電物	27
4.2.7 導電塗料	28
4.2.8 透明Y電極	28
4.3 非平面的な構造	28

4.3.1	充満X 2層法	28
4.3.2	2層に渡る分配のために平面的な構造を適応	29
4.3.3	接地布設	29
4.3.4	照明効果	29
4.3.5	浮遊導電物	29
4.3.6	導電塗料	29
第5章	自己容量の摺動子と輪	30
5.1	序説	30
5.2	一般的助言	30
5.2.1	接地布設	30
5.2.2	相互接続	30
5.2.3	手の影効果	30
5.2.4	浮遊導電物	31
5.2.5	導電塗料	31
5.3	代表的な空間補間法	31
5.3.1	序説	31
5.3.2	小さな摺動子または輪	31
5.3.3	中間/大きな摺動子または輪	32
5.4	代表的な抵抗補間法	33
5.4.1	序説	33
5.4.2	中間/大きな摺動子または輪	33
第6章	相互容量の摺動子と輪	35
6.1	序説	35
6.2	一般的助言	35
6.2.1	QMatrixチャネル	35
6.2.2	接地布設	35
6.2.3	浮遊導電物	35
6.2.4	導電塗料	35
6.3	代表的な空間補間法	35
6.3.1	序説	35
6.3.2	1層の小さな摺動子または輪	35
6.3.3	1層の中間/大きな摺動子または輪	38
6.3.4	2層の小さな摺動子または輪	38
6.3.5	2層の中間/大きな摺動子または輪	39
6.4	代表的な抵抗補間法	41
6.4.1	序説	41
6.4.2	1層の中間/大きな摺動子または輪	41
6.4.3	2層の中間/大きな摺動子または輪	42
追補A	用語集	43

開始に際して

次の事項に注意を払って、第1章の導入項を読むことによって開始してください。

- 1.3項 “自己容量と相互容量の感知器”
- 1.4項 “いくつかの重要な理論”

次に、第2章の感知部設計での一般的助言を読んでください。

- 2.1項 “QTouch採取法”
- 2.2項 “部品”
- 2.3項 “材料”
- 2.4項 “近くのLED”
- 2.5項 “静電放電保護”

では、この設計の手引き内のどの更なる項があなたの計画に関係するかを判断するには下の流れ図式を使用してください。

感知器の型

? どの感知器の型を設計しますか?

釦

▶ 4頁の”釦”へ行ってください。

摺動子

▶ 5頁の”摺動子または輪”へ行ってください。

輪

▶ 5頁の”摺動子または輪”へ行ってください。

釦

電荷転移技法

? 感知器はどの電荷転移技法を使いますか?

感知器制御器チップ(例えば、QTouch)への単方向接続

▶ 回路は自己容量回路です(第3章をご覧ください)。

電極と布線の位置

? 回路的に関連する各々(布線、LED、他の部品)と電極はどう配置されますか?

電極と布線は基材の同じ面で製作されます。

▶ 設計は平面です。3.2項の”平面的な構造”をお読みください。

電極はパネルの表面に置かれ、回路の残りは独立した回路基板です。

▶ 設計は非平面です。3.3項の”非平面的な構造”をお読みください。

感知器制御器チップ(例えば、QMatrix)への2接続

▶ 回路は相互容量回路です(第4章をご覧ください)。

電極と布線の位置

? 回路的に関連する各々(布線、LED、他の部品)と電極はどう配置されますか?

電極と布線は基材の同じ面で製作されます。

▶ 設計は平面です。4.2項の”平面的な構造”をお読みください。

電極はパネルの表面に置かれ、回路の残りは独立した回路基板です。

▶ 設計は非平面です。4.3項の”非平面的な構造”をお読みください。

摺動子または輪

電荷転移技法

? 感知器はどの電荷転移技法を使いますか?

感知器制御器チップ(例えば、QTouch)への単方向接続

▶ 回路は自己容量回路です(5.1項をご覧ください)。

序説と一般的助言

▶ 5.1項の”序説”を読んでください。5.2項の”一般的助言”を読んでください。

へ行く

5頁の”摺動子または輪:自己容量”へ行ってください。

感知器制御器チップ(例えば、QMatrix)への2接続

▶ 回路は相互容量回路です(6.1項をご覧ください)。

序説と一般的助言

▶ 6.1項の”序説”を読んでください。6.2項の”一般的助言”を読んでください。

へ行く

6頁の”摺動子または輪:相互容量”へ行ってください。

摺動子または輪:自己容量

摺動子/輪の大きさ

? 摺動子または輪の大きさは?、それとどれ位のチャンネルが利用可能(3または3より多い)?

3チャンネルでの小さな摺動子(21~26mm長)

▶ 空間補間された小さな摺動子または輪を使ってください。
5.3.2項の”小さな摺動子または輪”をお読みください。

3チャンネルでの小さな輪(直径12~20mm)

▶ 空間補間された小さな摺動子または輪を使ってください。
5.3.2項の”小さな摺動子または輪”をお読みください。

3チャンネルでの中間/大きい摺動子(20~60mm長)

▶ 空間補間された中間/大きい摺動子または輪を使ってください。
5.3.3項の”中間/大きい摺動子または輪”をお読みください。
注: 摺動子が規模の上限なら、これが構造をもっと易しくするため、抵抗補間された摺動子でより多くのチャンネルの使用を考慮してください。5.4.2項の”中間/大きい摺動子または輪”をお読みください。

3チャンネルでの中間/大きい輪(直径20~60mm)

▶ 空間補間された中間/大きい摺動子または輪を使ってください。
5.3.3項の”中間/大きい摺動子または輪”をお読みください。
注: 摺動子が規模の上限なら、これが構造をもっと易しくするため、抵抗補間された摺動子でより多くのチャンネルの使用を考慮してください。5.4.2項の”中間/大きい摺動子または輪”をお読みください。

3チャンネルよりも多い大きな摺動子

▶ 抵抗補間された中間/大きい摺動子または輪を使ってください。
5.4.2項の”中間/多きな摺動子または輪”をお読みください。

3チャンネルよりも多い大きな輪

▶ 抵抗補間された中間/大きい摺動子または輪を使ってください。
5.4.2項の”中間/多きな摺動子または輪”をお読みください。

摺動子または輪:相互容量

摺動子/輪の大きさ

? 摺動子または輪の大きさは?

小さな摺動子($n \times 6\text{mm} \sim n \times 8\text{mm}$ 長、5~50mm高)

▶ 6頁の”摺動子または輪:相互容量 – 小さな摺動子または輪”へ行ってください。

小さな輪(円周15~21mm)

▶ 6頁の”摺動子または輪:相互容量 – 小さな摺動子または輪”へ行ってください。

中間/大きな摺動子($n \times 6\text{mm} \sim n \times 8\text{mm}$ 長、50mm高よりも大きい)

▶ 6頁の”摺動子または輪:相互容量 – 中間/大きな摺動子または輪”へ行ってください。

中間/大きな輪(円周21mmよりも大きい)

▶ 6頁の”摺動子または輪:相互容量 – 中間/大きな摺動子または輪”へ行ってください。

大きな摺動子

▶ 7頁の”摺動子または輪:相互容量 – 大きな摺動子または輪”へ行ってください。

大きな輪

▶ 7頁の”摺動子または輪:相互容量 – 大きな摺動子または輪”へ行ってください。

摺動子または輪:相互容量 – 小さな摺動子または輪

小さな摺動子または輪

▶ 空間補間された小さな摺動子または輪を使用してください(6.3項をご覧ください)。

層数

? 何層(1または2)?

1層

▶ 6.3.2項の”1層の小さな摺動子または輪”を読んでください。

2層

▶ 6.3.4項の”2層の小さな摺動子または輪”を読んでください。

摺動子または輪:相互容量 – 中間/大きな摺動子または輪

中間/大きな摺動子または輪

▶ 空間補間された中間/大きな摺動子または輪を使用してください(6.3項をご覧ください)。

層数

? 何層(1または2)?

1層

▶ 6.3.3項の”1層の中間/大きな摺動子または輪”を読んでください。

2層

▶ 追加チャネルを加えて抵抗補間された設計を使ってください。
6.4.3項の”2層の中間/大きな摺動子または輪”を読んでください(6.4.1項もご覧ください)。

摺動子または輪:相互容量 – 大きな摺動子または輪

大きな摺動子または輪

 追加チャネルを加えて抵抗補間された設計を使ってください(6.4項をご覧ください)。

層数

 何層(1または2)?

1層

 6.4.2項の”1層の中間/大きな摺動子または輪”を読んでください(6.4.1項もご覧ください)。

2層

 6.4.3項の”2層の中間/大きな摺動子または輪”を読んでください(6.4.1項もご覧ください)。

第1章

感知部設計に対する序説

1.1 序説

接触制御を使う製品を設計するための手順はそれらの構造でどの材料が使用されるか、そして機械的と電氣的な必要条件がどう合うかのように、作られるのに多くの決定を持つ複雑な手順です。この手順に対する鍵は使用者とインターフェースを形成する実際の感知部(特に釦、摺動子、輪と接触画面)の設計です。

感知部設計は度々”魔法”と見做され、感知部間で電界の分布定数特性とその電氣的環境は、どうせ迷わせる感知部行動の簡単な”集中定数素子”近似にすることができます。それにも関わらず、いくつかの重要な規則に従うことにより、感知部が信頼に足り、一定の方式で動作することを保証する弾力性のある設計を生成することが可能です。

この設計の手引きはPCBまたは酸化インジウム錫(ITO:Indium Tin Oxide)のような他の導電材料で感知部図形を作成するのに使用することができる規則を記述します。勿論、感知部のようなものに対して多くの可能な形態設定があり、この手引きは徹底的にすることができませんが、接触が許される製品のための感知部の初期選択と構築を助け、素晴らしい開始点を提供するでしょう。

静電容量接触画面設計での概要のために「QTAN0032:Atmel静電容量接触画面ICでの製品設計」も参照すべきです。

注: 例えこの手引きでの原則が主に釦、摺動子、輪を制御する接触デバイスに関連するとは言え、この原則はmaXTouchシステムのチップにも適用され、流し込まれたX設計での助言は特に関連します。けれども、maXTouchチップはもっと精密な必要条件を持ち、Cxと充電時間のような或るパラメータがチップに対する範囲内に留まることを保証するために細心の注意を取られることが必要です。

1.2 接触感知部

Atmelの接触技術は以下の感知部を構築するのに使用することができます。

■ 0次元感知部

0次元感知部は単一点の接触を表すものです。0次元感知部の代表的な実装は釦です。

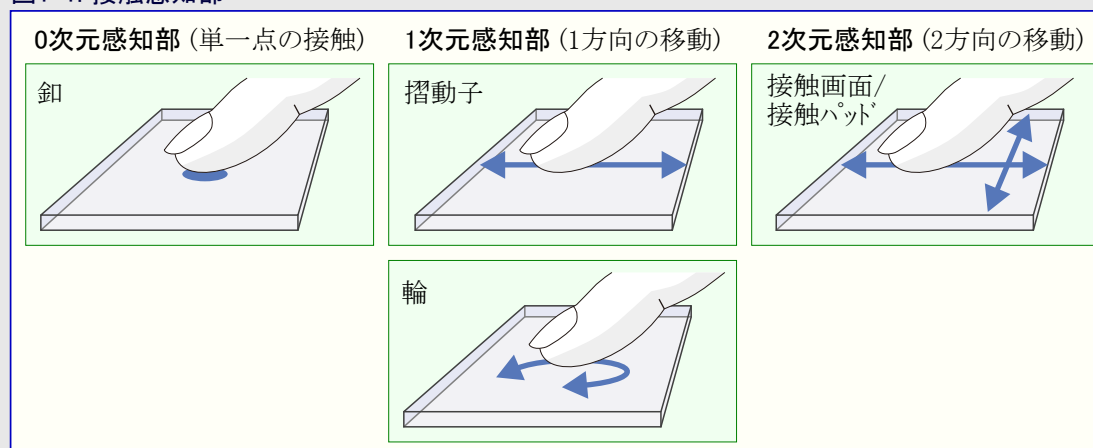
■ 1次元感知部

1次元感知部は接触中に指の直線的な(即ち、単一軸に沿う)移動を検出するものです。1次元感知部の代表的な実装は摺動子と輪です。

■ 2次元感知部

2次元感知部は2つの軸に沿って接触中に指の移動を検出するものです。2次元感知部の代表的な実装は接触画面と接触パッドです。

図1-1. 接触感知部



1.3 自己容量と相互容量の感知器

Atmel®接触制御器は各々2つの電荷転移容量測定形式の1つを用いて2つの感知器の系統を許します。

■ 自己容量感知部

自己容量感知部は感知部制御器への単方向接続だけを持ちます。これらの感知部は全ての方向で電界を放射する傾向にあり、このようなものが全く無指向性のため…。例えば静電放電(ESD)の理由⁽¹⁾のためにパネルが常に推奨されるとしても、それらは覆うパネルの有りまたは無しで動くことができます。この型の感知部はQTouch®感知部制御器で使用するための感知部を実装するのに適切です。

■ 相互容量感知部

相互容量感知部は感知部の2つの部分、X(送信)電極とY(受信)電極への2つの接続を持ちます。XからYへの相互容量は感知部制御器によって測定されます。この型での感知部での場の閉結合特質のため、かなりの空隙や泡が全く存在しないように覆うパネルへ接着される時にだけ使用に対して適切で、覆うパネルはXからYへの場に対する重要な導管を形成します。この型の感知部はQMatrix®感知部制御器で使用するための感知部を実装するのに適切です。

Atmelの静電容量感知法の背景情報はwww.atmel.comで見つけることができます。

3章～6章は自己容量と相互容量の釦、摺動子、輪を設計する方法を記述します。接触画面設計はこの手引きによって網羅されず、より多くの情報についてはAtmelの接触技術部門にお問い合わせください。

1. 感知部での直接接触は制御チップ®に対してESD損傷の危険増加を伴います。

1.4 いくつかの重要な理論

この資料を読む時に以下の項目を把握することが必要です。

- C_x : どの寄生容量からも分離された、電極の本来の容量
- ϵ_r : 覆うパネル材料の非誘電率 (図1-2をご覧ください。)
- ϵ_0 : $8.85 \times 10^{-12} \text{F/m}$ として定義される、空区間のメートル(m)毎の容量
- T : mでの覆いパネルの厚さ (図1-2をご覧ください。)
- A : m^2 での接触される領域の面積 (図1-2をご覧ください。)
- C_p : C_x と並列に追加される全ての寄生容量
- SNR : 信号対雑音比: 容量測定の品質の基準

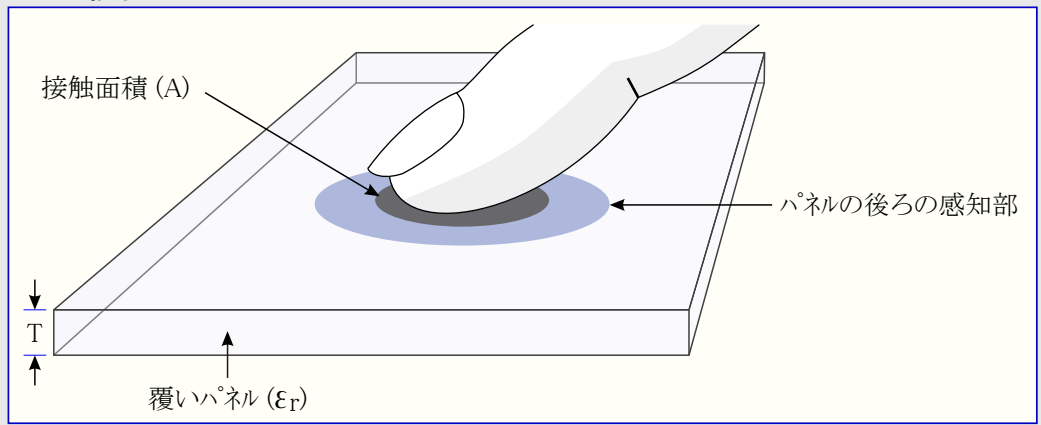
容量(C)は式1-1.で定義されます。

従って、より薄いパネルとより高い誘電率の材料が接触中により高い容量変化を生成し、故により高い利得とより良いSNRであることを明確にする必要があります。14頁の「2.3.3 前面パネル材料」項はパネルの厚さとそのSNRでの影響を検討します。

式1-1. 容量

$$C = \frac{\epsilon_0 \times \epsilon_r \times A}{T}$$

図1-2. 接触画面パネル



静電容量感知器の文脈では、SNRが式1-2.として定義⁽²⁾されます。接触信号水準の定義については図1-3.をご覧ください。

2. これが最悪の場合のため、この定義が接触中に現れるRMS雑音を使用することに注意してください。

式1-2. SNR

$$\text{SNR(dB)} = 20\log(\text{接触の強さ}/\text{接触雑音RMS100})$$

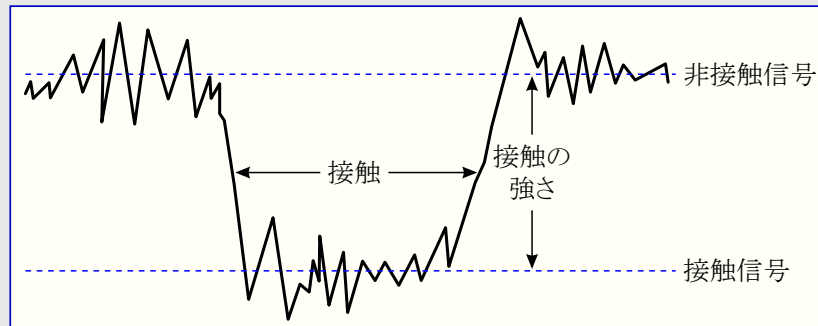
$$\text{接触の強さ} = \text{接触信号AVG100} - \text{非接触信号AVG100}$$

$$\text{接触雑音RMS100} = \sqrt{\frac{\sum_{n=0}^{n=99} (\text{信号}[n] - \text{接触信号AVG100})^2}{100}}$$

ここで、

- AVG100は一般的に2秒の期間に渡って均等の間隔を取られた100個のデータ点の単純な数値平均を意味します。
- RMS100は基準線としてAVG100数を用いて、一般的に2秒の期間に渡って均等の間隔を取られた100個のデータ点の二乗平均平方根を意味します。

図1-3. 接触信号の水準



2.1 QTouch採取法

2.1.1 序説

電荷転移とQTouch-ADCの2つの採取法があります。

2.1.2 電荷転移

Atmelの静電容量感知器は電荷転移と呼ばれ原理で動きます。これはそれが接触された時に感知部の容量で相対的な変化を評価するのにスイッチ コンデンサ技法を使います。

電荷転移は未知の容量 C_x と電荷集積コンデンサの C_s の直列接続に電圧パルス印加することによって動きます。複数回のパルス繰り返しにより、正に数fF⁽¹⁾の容量での変化を検出することができる高分解能測定システムを実現することができます。

安定で再現可能な結果を達成するために、電圧パルスが正しく定着して、故に C_x と C_s に電荷を全て移転するのを許されることが重要です(図2-2をご覧ください)。

C_x と C_s が通常は同じ量の直列抵抗で接続されるため、そのように形成されたRC時定数はこの定着処理を遅くする傾向にあります。

従って、直列抵抗の量が維持される静電容量接触システムを設計する時に C_x (感知部の容量)の大きさととの組み合わせを考慮してください。

直列抵抗は通常、電磁干渉(EMI)とESDの動きを改善するために意図的に導入されます(推奨直列抵抗についてはデバイスのデータシートをご覧ください)。いくつかの設計に対して、感知部に接続する布線の抵抗分、または電極材料それ自身の抵抗分のために重要な追加抵抗が持ち込まれ得ます。これは通常、酸化インジウム錫(ITO)、PEDOT⁽²⁾、または高 Ω/sq 値を持つ炭素のような材料を使う設計に対してだけ真実です。けれども、意図的な追加抵抗の追加が難しいESD状況を持つ設計で最も著しく有益で有り得る状況、または放射が非常に低い水準に制御されなければならない状況があります。10k Ω の直列抵抗は良い選択になり得ます。どちらの場合でも、RC時定数は電荷転移処理を劣化し得て、故にいくつかの予防処置が取られなければなりません。

全ての設計に対して、それが確実に動くのに充分速いことを保証するために電荷転移パルスの定着時間を測定することは良い習慣です。これはオシロスコープを使い、覆っているパネルの上部で小さな貨幣を使用して、または代わりに銅箔テープの小さな断片を使用して、監視探針を感知部電極容量⁽³⁾に結合してパルスを観測することによって行うことができます(図2-1をご覧ください)。

図2-1. 電荷転移パルス測定

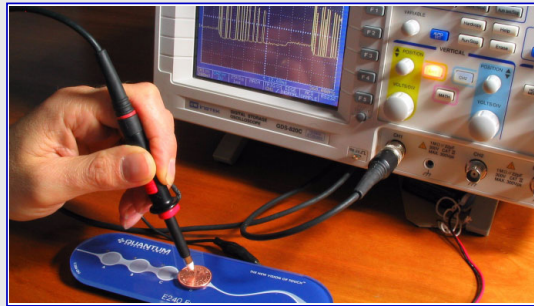
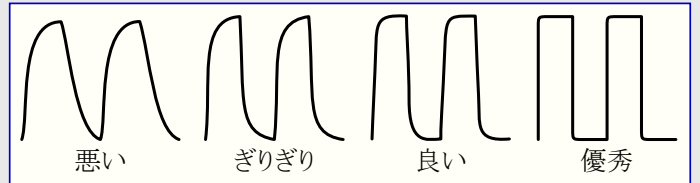


図2-2. 良い/悪い充電パルス



1. 1fF(フェムト ファラッド)はpF(ピコ ファラッド)の1/1000です。
2. PEDOTはポリマーに基づく印刷可能導電インクです。高い開始抵抗分とこの抵抗分がそれをUV、熱、湿気(と他の全ての酸化性物質)に曝すのに依存して寿命と共に増すとして知られる事実のため、感知部構造に対してこの材料の適合性を評価する時に注意が払われるべきです。
3. 感知部を直接的に探針することは探針の容量を追加し、故に非現実的な波形を与えます。

規則として、感知器チップ近くに最低 $1k\Omega$ の直列抵抗で保護を試みると同時に、各感知部の全体RC時定数はできるだけ減らされるべきです。良い経験則は**式2-1**で与えられます。

式2-1. RC時定数用経験則

$$R_{series_total} \times (C_x + C_p) \leq T_{charge}/5 \quad (1)$$

ここで、

- R_{series_total} は感知器チップのピンから感知部の最遠点への総直列接続です。
- $C_x + C_s$ は感知部に対して感知器チップが検出する総容量(即ち感知部それ自身と寄生容量の加算)を表します。これを測定することは1次近似のために商用の容量ブリッジを用いて行うことができます。もっと現実的な方法は先に記述されたようにパルス形状を測定することです。
- T_{charge} は感知器チップ毎に多少変わりますが、良い推定は鉤に対して $1\mu s$ 、摺動子と輪に対して $1\mu s$ 、接触画面に対して $2\mu s$ です。

11頁の**図2-2**での”ぎりぎり”例は概ね時定数3を表し、”良い”例は概ね時定数5を表します。

2.1.3 QTouch-ADC

QTouch-ADCはいくつかのAtmel QTouch製品で実装されつつある新しい接触採取の方法です。この方法は接続された感知部の容量と接触が確認された時のその感知部の容量での変化を正確に測定するのにマイクロコントローラのA/D変換器(ADC)の使用を必要とします。

QTouch-ADCは静電容量接触採取の代替法で外部の積分コンデンサ(C_s)を必要としません。積分はデジタル領域で行われ、単一パルスに対する電荷転移はADC内部の採取/保持(C_{SH})コンデンサを使用して達成されます。

QTouch-ADC法は単一ピン採取法です。最初に、測定されつつあるキーが完全に充電され、この電荷が内部の C_{SH} と共有されます。この内部 C_{SH} での電圧がその後測定されます。

次に、内部 C_{SH} が充電されます。この電荷は測定されつつある外部感知部と共有されます。 C_{SH} で残る電圧がその後測定されます。

感知部での接触は感知部の容量に寄与し、パルスの各々に対して測定された電圧での変化を作成します。

2.2 部品

2.2.1 C_s コンデンサ

電荷転移は C_x での変化を測定するのに積分コンデンサ(C_s)を使います。 C_s コンデンサは多数の電荷転移パルスに渡って充電を累積します。最終的に、 C_s での電圧は測定の基準として使用されます。明らかにその後、一過して再現可能な測定を達成するために C_s の安定性が重要です。一般的に、 C_s がX7RまたはX5R型のコンデンサであることを保証することによってこれを容易に達成することができます。可能なら、それらが最高の安定性を持つため、COG型を使用してください。とは言え、実際には、これが C_s を約 $0.001\mu F$ に制限し、度々 C_s がより高い、時々 $0.1\mu F$ 程の必要があります。この場合、X7RまたはX5R型コンデンサを使ってください。

全てのAtmel静電容量感知チップは C_s での緩やかな速度温度変化に対して補正するための変動補償法を使用します。より速い速度の変化はこの方法で補償することが不可能で、この理由のために決してY5R型コンデンサを使用しようとすべきではありません。それらは単に不安定すぎます。

高めた利得を用いて時々感知部の観測をすることができる C_s での短期変化は誘電体吸収として知られる効果です。これは電荷がコンデンサの誘電体格子に於いて不連続で”囚われ”になり、それによる複雑な物理的な構造です。これはコンデンサでの以前の電圧履歴の関数である C_s の値での変化として現れます。誘電体吸収は現実で稀に観測されますが、時々計画を崩壊させるかもしれず、感知器チップが休止動作から抜け出すために背面読み出しで移動を引き起こします(2)。この影響が休止動作でだけで現れ得て、継続走行動作で決し見られないことに注意してください。この種の影響が疑われる場合、 C_s に対して別の品質のコンデンサに変えてみてください。いくつかの最近のHi-K超小型X5Rコンデンサ(例えば、大きさ0201)はこのような動きを証明することを示しています。けれども、大きさ0402,0603,0805の部品に対するかなりの効果はAtmelによって調べられていません。

QTouch-ADC : 採取/保持測定コンデンサ(C_{SH})の安定性は重要ではありません。これは C_{SH} でのどんな小さな変化も単一測定周回に渡って C_{SH} と C_x 間で共用する切り替え充電によって補償される採取法の2重積分特性のためです。

2.2.2 直列抵抗

直列抵抗は重要ではなく、特別な特性を全く持ちません。10%またはより良い公称誤差は充分で、一般的に200ppm/°Cは充分以上に安定です。

1. 5の係数は各電荷転移パルスが99%よりも良く定着して、 R_{series} 値、チップ出力駆動力等々のような2次的影響のために充電対象の丁度1%を残します。
2. 即ち、 C_s での充放電活動なしの或る区間、それは僅かな値の変化を引き起こします。

2.2.3 電圧調整器

感知器チップ[°]へのVDDに対して良好な品質の直線調整された供給を用いてください。VDDでの長期変化は内部変動算法によって補償されますが、VDDでの短期変化や尖頭が問題となり得ることを憶えて置いてください。

2.2.4 部品配置

(Cs参照基準コンデンサと関連する抵抗のような)静電容量感知器に関連する全ての受動部品はEMC準拠を支援するために物理的に可能な限り制御チップ近くに配置されるべきです。この視点に於ける配置での妥協を避けてください。そのような部品をチップ近くに配置することが常により良いことです。

これらの部品がチップから離れて配置される場合、深刻な雑音の問題と不安定性が起こり得ます。共通する誤りは直列抵抗をチップ[°]の代わりに実際の釦位置に配置することです。チップから受動部品までの布線長はチップから実際の釦までの距離と同じ位重要です。

チップ近くの受動部品配置は釦からチップ[°]への布線の長い組を持つと同時に、長い布線がRFのアンテナとして働くため、望む結果を無効にします。直列抵抗は感知器回路の入出力両方でRF結合を減らように働きます。けれども、回路はチップと抵抗間の長い布線でチップに結合したRF信号に於いてこの機能を実行することができません。

2.3 材料

2.3.1 基材

基材は電極を乗せる基本材料です。

基材として殆どどの絶縁する材料も使用することができますが、低損失基材は一般的にPCB材料(FR4、CEM-1、2、3例を挙げるとポリアミドとカプトン)、ポリエチエン テレフタレート(PET)やポリカーボネート(PC)様のアクリルのようなものが好まれます。硝子も優れた材料です。

一般に、検討中の基材が電子部品組み立てに共通して使用されるなら、静電容量感知にも上手く動きます。これが実質的に環境条件で変わること ϵ_r にさせ得るため、紙に基づくそれらのような強い吸湿性の材料を避けるように気を付けてください。

前面パネルと感知部基材を作り上げる材料の積み重ねを考慮する時に、感圧や光学透明粘着テープ[°]、または別の適切な接着剤を用いて基材を前面パネルに接着することが常に勧められます。接着材内の小さい(直径1mm未満)や稀な気泡は一般的に受け入れられますが、大きい(直径2mm超え)や頻繁な泡は大量生産に対して望まれない感度での低下と1個毎の相違を引き起こし得ます。

個別間での一貫した感知器性能を達成することが難しいため、前面パネルに向かって基材を単に押し上げることは決して推奨されません。更にまた、水分が2つの層間に閉じ込められて感度での変化を引き起こすかもしれず、光学的に目障りなニュートン リング⁽¹⁾で終わるのは非常に簡単です。

基材に頼らずに感知器を構築することが可能です。それらはこの資料の独立した項下で記述されます。

2.3.2 電極と相互接続材料

一般的な電極材料には銅箔、炭素、銀インク、PEDOT、ITOを含みます。

RC時定数の制御をもっと容易にするため、材料の Ω/sq 抵抗がより小さい方がより良くなります。 Ω/sq 評価の選択は内部的に電極の形状と大きさに結合されます。長く薄い電極や布線は例え相対的に低い抵抗率でも、極めて迅速に抵抗を蓄積します。

それらが本質的に長くて薄い傾向があるため、相互接続は通常、低い Ω/sq 材料から形成されます。100mm長で0.5mm幅である $1\Omega/\text{sq}$ で印刷された銀インクは200k Ω の抵抗を持ちます。

相互接続として働くためにフレキシブルPCBまたはFFC/FPC⁽²⁾を使用することは受け入れ可能ですが、製品の意図する使用に対して機械的に安定であるとの確信を確実にしてください。曲がりを走る布線は接触感知器の一部で、故に1mmの何分の1さえ曲がりが変わる場合、その周辺の容量が確実に変わって重要かもしれず、偽接触または感度低下を引き起こします。金属筐体や他の信号に対して近接で、または雑音が多い回路の上を渡って曲がりを走らせることは問題も引き起こし得ます。

1. 層間の薄いフィルムとして閉じ込められた水分、油、または他の汚染物質の分光の中心周辺に広がる色とりどりの回折効果。

2. FFC=平たいフレキシブル導体、FPC=フレキシブル印刷回路

2.3.3 前面パネル材料

一般的な前面パネル材料には硝子、プレキシガラス(アクリル硝子)、ポリカーボネート、PMMA(ポリメタクリル酸メチル樹脂)を含みます。落下と安全性の試験に通るために硝子の前面パネルは飛散防止層を必要とするかもしれませんが、これは度々硝子に接着される追加のPETフィルムであることを憶えて置いてください。一般に、基材に適用されるのと同じ規則が前面パネルにも適用されますが、勿論、共通する必要条件は素晴らしい透明性と化粧用の品質をも提供することです。

パネル厚と誘電率(ϵ_r)は制御パネルの表面で電界の強さを決めることで大きな部分を演じます。金属電極が基材の内側表面なら、基材の厚さと ϵ_r も要因です。

硝子は大概のプラスチックよりも高い ϵ_r を持ちます(表2-1をご覧ください)。より高い数値はより効果的に通って伝搬することを意味します。故に8の ϵ_r を持つ5mmのパネルは、他の全ての要素が等しい4の ϵ_r を持つ2.5mmのパネルに対する感度に於いて同様に演じます。

10mm厚までのプラスチック パネルはかなり使用に適し、釘の間隔と大きさに依存します。回路感度はパネル厚、誘電率、電極の大きさに対して補償するために開発中に調節される必要があります。

与えられた材料がより厚い程、SNRが悪くなります。この理由のため、前面パネル材料の厚さを減らして試みるのが常により良いことです。相対的に高い誘電率を持つ材料もそれらがSNR増大に役立つため、前面パネル用に好まれます。

表2-1. 材料の相対誘電率

材料	誘電率(ϵ_r)	材料	誘電率(ϵ_r)	材料	誘電率(ϵ_r)
真空	1(定義上)	シリコン ゴム	3.2~9.8	PET(ポリエチレン テレフタレート)	3
空気	1.00059	シリコン成形化合物	3.7	パイレックス硝子	4.3~5.0
硝子	3.7~10	紙	2	石英	4.2~4.4
サファイア硝子	9~11	プレキシガラス	3.4	ゴム	3
雲母	4~8	ポリカーボネート	2.9~3.0	FR4(ガラスファイバー+エポキシ)	4.2
ナイロン	3	ポリエチレン	2.2~2.4	PMMA(ポリメチル メタクリレート)	2.6~4
シリコン	11~12	ポリスチレン	2.56	代表的PSA(感圧接着剤)	2.5~4.5

異なる厚さと材料のパネルを扱う時の有用な測定基準は式2-2.によって与えられる感度係数(S)です。

式2-2. 感度係数(S)

$$S = \epsilon_r / t$$

ここで、

- t は質問に於ける層の厚さです。
- ϵ_r は質問に於ける層の誘電率です。

材料の重ね合わせの場合、重ね合わせ全体に対して結合された ϵ_r は式2-3.で与えられます。

式2-3. 材料の重ね合わせに対する誘電率(ϵ_r)

$$1/S_{STACK} = \text{Sum}(1/S_{LAYER}[n])$$

ここで、

- n は層(LAYER)の番号です。
- Sumは全の項の合計です。

見られるように、非常に厚いパネルは感度係数を大幅に減らします。考慮した通常の慣行の何かよりも厚い材料の使用を必要とする場合(例えば、20mm硝子パネルや10mmアクリル パネルを通しての感知を必要とする場合)、感知部の後ろに対する寄生負荷を増すどれにについても十分注意してください。これのより多くは後の項にあります。

塗られた前面パネルの設計時、いくつかの塗料と仕上げがかなりの導電性かもしれないことに注意してください(より多くの情報については「QTAN0021:Atmel静電容量接触パネル用の材料と皮膜加工の選択」を参照してください)。

2.3.4 パネルへの基板接合

基材とパネル間の良好な接触は信頼に足る性能のために重要です。指によって触れた後でさえも100ミクロン変わり得る信頼できないインターフェースは、容認できない信号変動を引き起こし得ます。これらの問題を確実に克服するために接着や加圧を使うことができます。非接着解決策は例えば、完全な表面接合を保証するために、共に締め具で固定される時に予め荷重を加えられた圧力下に置かれる共同凸表面の使用を必要とするかもしれません。

熱かしめプラスチック柱、ネジ、超音波溶接、パネ留め具、後ろから押す非導電性発泡ゴムなどを含み、機械的に電極基材をパネルに留めるのに様々な方法が使用されています。

電極の最も一般的な形式は鉤絵に対する形状で、大まかに対応するPCBの銅箔で満たされた丸や四角形です。PCBは通常、操作パネルの内側に両面アクリルシートのような工業用接着剤で接合されます(1)。

2.4 近くのLED

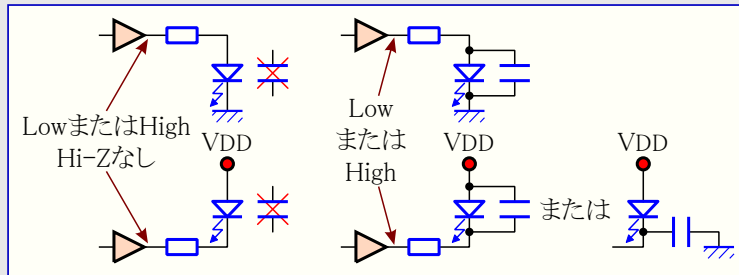
LEDが静電容量感知部に近い(即ち、4mm未満しか離れていない)場合、ONとOFFの状態(とLED駆動部出力インピーダンスの有り得る変化も)間の容量でのそれらの変化に対していくつかの考慮を払わなければなりません。それらの駆動回路の特性での変化を考慮することも必要です。

LEDの容量での変化と関連する駆動回路が接触感知部電極に結合する場合、不安的な検出やLEDが状態を変える時のONまたはOFFのどちらかで動けなくなる接触キートを引き起こすことが起こり得ます。

一般則として、LEDのどちらかの端が何れかの点で非低インピーダンス状態に変化する場合、近いと判定されたLEDは $0.001\mu\text{F}$ (2)の代表値を持つコンデンサで迂回されなければなりません。これはONに切り替えるために引き下げ、または引き上げを行うLEDに対して特に重要ですが、OFFの時の浮きは許されます。

この迂回コンデンサは物理的にLEDそれ自身に近い必要がないことに注意してください。例えばコンデンサがLEDから数cm離れても、未だその目的を果たします。これは感知部周辺空間に関する窮屈な配置を助けるかもしれません。

図2-3. LED回路



例えば制限抵抗を通していても、VDDまたは接地(GND)のどちらかに既に常時接続されるLED端末もこのような迂回の必要はありません。定常的に駆動される(例えば、丁度常時背面照明用)LEDは、通電で制御チップがそれ自身を校正する機会を与えるのに先立って、それらのLEDが駆動される限り、通常は迂回する必要がありません。多重化されたLEDは通常、1つの端末で迂回することが必要とされますが、多重化された線が2つ以上のLEDを駆動するため、LED毎に1つの迂回コンデンサ数が必要ではなく、共通駆動線毎に1つのコンデンサだけが必要とされます。

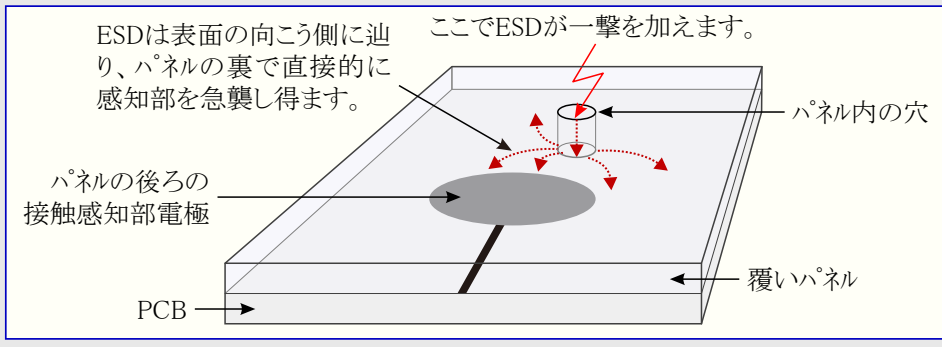
インピーダンスを変える他の種類の信号布線も偽検出を引き起こし得ます。”浮き”と”固定”の状態間を切り替える近くのどの布線も、通常、僅かに明白な容量変化を引き起こし、迂回されるべきです。押し引き駆動される布線はそれらが決して3状態(Hi-Z)にならない限り、迂回を必要としません。

2.5 静電放電保護

一般に、Atmel静電容量感知器はそれらの電極や布線に追加のESD保護を必要としません。通常、接触感知部は1mmの厚さ毎に10kVの破壊電圧を持つ絶縁パネルの後ろに置かれます。

ESDからの唯一最大の脅威はパネル内の隙間や穴がある場所、特にパネルの縁で起こりがちです。これらの状況で”沿面”として知られる効果は絶縁する表面を渡って辿って感知部や相互接続する布線に直接的に接続することをESDに許し得ます(図2-4.)。

図2-4. ESD沿面の影響

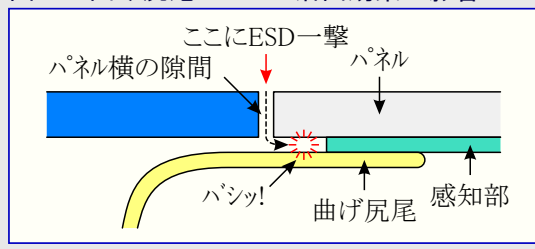


1. アクリル接着シートの1例は3Mの467MP型を含みますが、より適合性を示すかもしれない他の供給業者と型があります。
2. 重要でない値。理想は単にLEDの両端で、感知部によって見られるように一定の低インピーダンス経路を提供することです。低いのは100kHzで1kΩ未満を意味します。

ESD沿面を待ち構える場所はフレキシブルな回路や尻尾がパネル隙間近くを通る領域も含まれます(図2-5をご覧ください)。追加ESD保護が追加されなければならない極端な状況下(1)では制御チップの近くに非常に低い容量(1pF以下)のバリスタまたは過渡消去器装置の配置を考慮してください。

ESDが感知部に出会う前に沿面経路が”中断”された場合、例えば、表面周辺と重なる電極で接着材があれば、これが沿面効果を防ぎます。一般的に、沿面効果は絶縁する一様な非散逸表面でだけ起こります。これは考慮されるべきですが多分、分析し過ぎた研究の複素場で、簡単な予防で通常充分です。

図2-5. 曲げ尻尾でのESD沿面効果の影響



1. これらは直接感知部接触やこのような隙間が逃れられない状況を含みます。

3.1 序説

本章は自己容量実装を用いて釦(またはキー)をどう設計するかを記述します(1.3項と1.4項をご覧ください)。これらの形式の感知器は代表的にQTouch感知部制御器と共に使用するためのキーを実装するのに使用されます。

自己容量感知器を構築するための指針は構造が平面的(即ち、感知部を形成する電極と布線が同じ絶縁基材である)、または非平面的(即ち、電極がパネルの内部表面で、主回路基板から分離された)かどうかによって依存します。これら2つの構成形式が以降の項で検討されます。

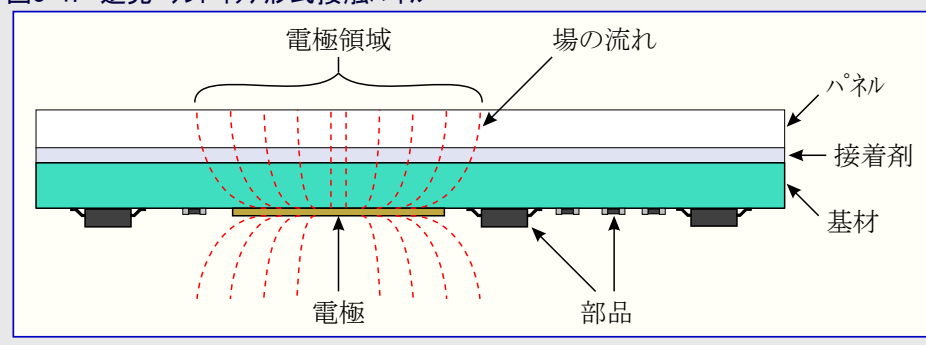
3.2 平面的構成

3.2.1 序説

平面的構成では、感知部用の電極と布線が絶縁基材(例えば、PCBまたはフレキシブルPCB)の同じ面で作り上げられます。

この様式の構成について何が興味深いかはPCBが使用者の指から離れた側で部品と電極の両方を持つ片面でできることです。電極”逆発”その電界はPCB、接着層、パネルを通ります。Atmelの接触制御器は厚いパネル構造を通して検出するために十分な信号範囲を持つことで独特で、未だ非常に信頼に足りて敏感なままです(10mmがQT感知器回路に対する一般的な積み重ね厚です)。これは非常に安価な接触パネルに帰着します。

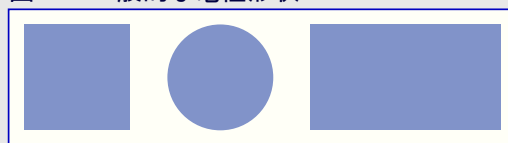
図3-1. “逆発”サントイッチ形式接触パネル



3.2.2 電極形状

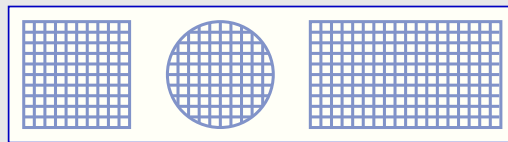
電極は単に感知部を形成する基材上の導電材料の小片です。一般的な形状は満たされた円盤、正方形、長方形です(図3-2をご覧ください)。

図3-2. 一般的な電極形状



望むなら、電極に対して(50%網目塗り潰しのような)網目様式を使用することも可能です(1)(図3-3をご覧ください)。これはキーの本来の容量を減らす傾向がありますが、接触で相互作用する領域も等しく減らし、故にいくらか感度を落とします。

図3-3. 50%網目塗り潰しでの電極



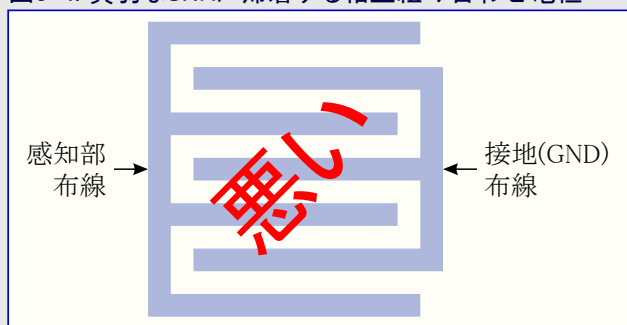
電極形状とパネル上の図形的なキー記号が同じであるべきとの仮定は共通的な誤りです。実際には、縁でキー感度が落ちるため、特に小さなキーの大きさを持つ図形よりもより大きな電極を作ることが度々より良く、大きすぎる電極はこれを補うだけでなく、良い応答での中心を外れた接触も許します。一般的に、図形記号を2~3mm超えて電極形状を拡大することが良い考えです。勿論、これは、例えば、密集した空間のパネルで、常に可能ではありません。規則として、電極形状は信頼に足る操作のためにパネル厚の最低4倍の最小寸法を持つべきです。例えば、2mmのパネル厚では、電極が最低8mm×8mmを必要とします。

1. 網目様式は美的または視覚の理由に対していくつかの利点を持ちます。

接地(GND)とで感知部電極を互いに組み合わせることによって実装される電極(図3-4.)は容量の”浪費”とも見做され得てSNRを低下し、明瞭且つ簡単な電極がほぼ常により良くなります。

自己容量感知器では感度が接触物と相互作用する電極の領域に由来し、他の場所ではありません。従って、風変わりな形状を持つ電極は推奨されません(例えば、長い、細い電極、または複雑で”先の尖った”境界を持つ電極)。

図3-4. 貧弱なSNRに帰着する相互組み合わせ電極



3.2.3 接地布設

この形式の感知器はこのような負荷が直接Cxに加わるため、接地布設に非常に敏感で、故に感知器の利得を減らします。電極の下または近くを走るとの信号または電力の線路はそれの利得を減らします。この文脈での接地は電極の視点からAC接地のように見える何かで、従って近くにある殆どどの回路要素や機能も含むことに注意してください。

同じチップの他の感知チャネルからの布線がデバイスに依存して接地として働き得ることに注意してください。

いくつかのQTデバイスは同時に単一のチャネルでだけ群発(取得)し、チャネルが群発していない時にそれは接地(GND)に固定されます。故に、並行して群発を行わない共に配置された2つの電極は、他の取得中に別の1つが接地電位になるため、お互いに対して電界整形部として働きます。キー1に通じる布線が例えばキー2の先に配線された場合、キー2はそれの群発中にその傍の接地布線を”見ます”。

他のQTデバイスは同時に少数のキーが群発(集中)する”並行群発”を使用し、これらの布線の信号は群発中に同電位で、それらを”自己遮蔽”、故に互いに関して非接地と干渉にします。

取得しない時の電極は接地電位に保持され、従って隣接して取得する電極での接地面として働き、特に端で全体感度を落とします。Csの値を増すことによってこれらの影響を克服することができる一方で、例えそれらがパネル設計の制限のために改善することができなくても、何故それらの影響が起こるかを理解することが未だ役立ちます。

時々、裏へ移した部品からの偽検出を防ぐため、または(電界発光背面照明や駆動部回路からのように)高電圧AC信号からの干渉を防ぐため、その裏側で電極を遮蔽することが望まれます。電極の後ろの個体金属面での能動遮蔽または裏の接地(GND)面のどちらかを使用することができます。接地面が使用される場合、それでの相対的な電圧尖頭を持たない綺麗な接地を提供するために接地はチップのVSSピンに直接的に接続されるべきです。また、電極と接地面は最大距離の空気または可能な厚さの絶縁体によって分離されるべきです。

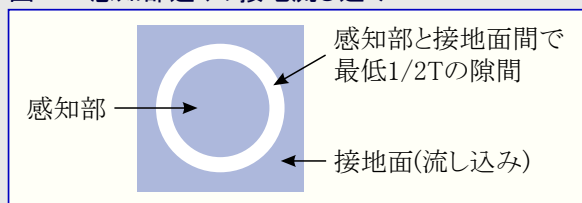
(多分、逆側の接触感度を止めるために)感知部の後ろに流し込み面が絶対的に必要とされる場所で、流し込み面が妥当な距離で離れた層(多分、1.6mm FR4 PCBの裏面)なら、感度低下と望む動作間の二律背反が容認できるかもしれません。この場合、これが寄生負荷を減らすため、一様なものよりもむしろ50%網目流し込みの使用を常に考慮してください。

電極はパネル材料と更にキー領域周辺の外側に場を伝搬します。これらの場はキーの縁からの距離で徐々に低下し、時々、これはキーそれ自体からある程度離れた距離でのキー検出に帰着し得ます。従って、電極と同じ層で電極のそれら自身の近く、理想的には約1/2T(1)離れて流し込みを止める、網目または一様の接地(GND)流し込みを配置することが役立つかもしれませんが(図3-5.をご覧ください)。接地流し込みは、これがより好都合なら、重ね合わせに於いて更に下の層であるかもしれませんが、それが優れた遮蔽を提供する傾向があるため、より上の層が好まれます。

図3-5. で示される接地流し込みは効果的な方法である一方で、キー近くの接地領域が容量負荷(Cx)も増し、それによって接触に対する感度も下げることが記憶されるべきです。例えこの影響が採取コンデンサ(Cs)を増すことによって補償され得るとは言え、信号対雑音比(SNR)での全体低下と電力消費での増加が起こります。

妥協は3~5mmの隙間で電極の周りに接地輪を配置することです。電界はキーでの容量性負荷が未だ最小化されるこの隙間を渡って急激に終結します。力線がパネル表面から離れて短絡されるため、電極近くの接地面はキーにその縁近くで感度低下を引き起こします。接地面の幅も問題で、電極の傍の細い接地布線は広いベタ接地よりも小さな影響を持ちます。

図3-5. 感知部近くの接地流し込み



1. より近くでの停止も受け入れられますが、幾許かの感度損失が観測されます。最善の妥協にするのに実験が必要とされます。

小さな電池給電装置については、接地面の追加が製品の自由空間戻り経路を大いに助け、故に実際に感知部を全体的にもっと敏感にします。それは浮遊緩衝場と感知部それ自身からの場を制御するのに役立ち、感知部を雑音に対してもっと耐性にして、その敏感な領域に関してもっと集中されます。

この接地面の1つの欠点はそれが水滴に対して橋渡しのための非常に容易な経路(1)を提供し、通常接触に良く似て見える容量変化を引き起こします。従って、水分感度が重要な応用については、この接地面法を避けるのが最良です。

何れかの場合で、接地面や接地布線が特別な目的のために最後の手段としてキー領域を定めるのにだけ使用されるべきであることに注意してください。キーの場合は電極端からの距離で自然減衰し、場の力でのこの低下は通常、キー境界を定めるのに充分です。

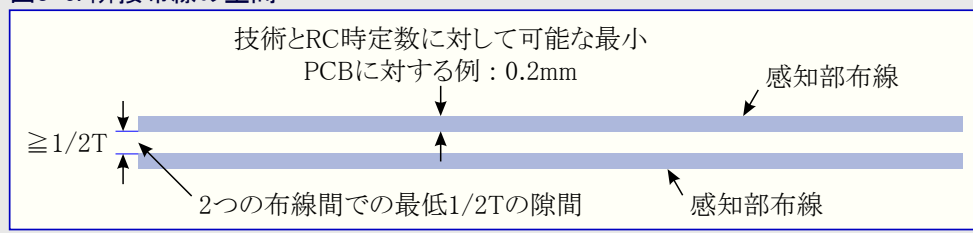
3.2.4 相互接続

この型の感知器はRC時定数の影響を観察しながら、可能な限り細い導電布線を用いて制御器へ接続されるべきです。150mmよりも短い相互接続が推奨されます。より長い布線は感度を落とす雑音と寄生容量を結合し得ます。

相互接続布線が接触感応で単に感知部それ自身に対する延長を形成することに注意してください。接触から最も遠いPCBや基材層で感知部布線を走らせ、一方で感知部が接触に最も近い層であることは良い事例です。

隣接感知部からの布線は実用的に可能な限り遠く離れて距離を保たれるべきです。良い経験則はそれらの間の隙間がパネル厚の最低半分($T/2$)であるような隣接布線距離を保つことです(図3-6をご覧ください)(2)。

図3-6. 隣接布線の空間



特に面に対する間隔が小さい時(例えば、布線と接地または電力の層が多層PCBの隣接層の時)に可能であれば相互接続布線が接地や電力の層の上を走るべきではないことに注意することが重要です。そのようにすることはキーを素早く鈍感にすることができます。感知部布線が他の無関係な信号近くを走らなければならない場合、結合を減らすために並行でそれらを布線することを避けてください。それらが交差する場所では、同じ理由のためにそれらを90°で交差してください。

ケーブルの束の一部として相互接続を走らせることはどんな状況でも良い考えではありません。けれども、低容量同軸ケーブルの内側で感知部布線を走らせることが最終手段として行えますが、低感度なキーを予測します。

3.2.5 照明効果

非常に感知部に近いLEDは15頁の「2.4 近くのLED」項で記述されるように迂回されるべきです。

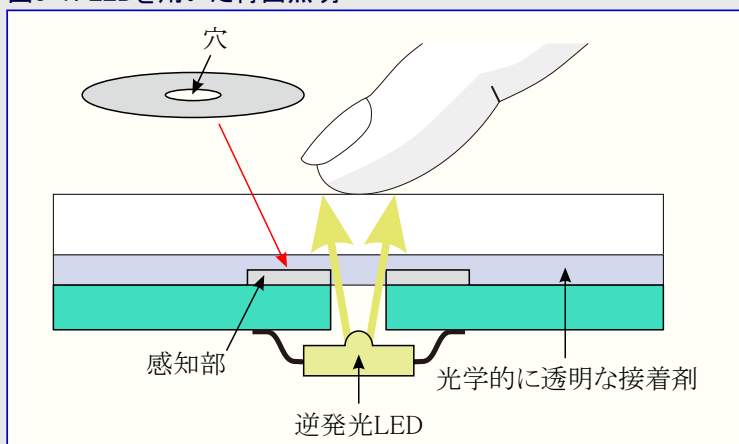
背面照明は透明な感知部材料を使うことによって、または後ろから通して照らすことを光に許すために感知部それ自身に小さな穴を作ることによって達成することができます(20頁の図3-7をご覧ください)。この方法は図形記号を背面照明するためのキー領域の簡単で安価な背面照明を許します。適切に構築された結果は中央でさえ非常に敏感なキーでしょう。

十分な結合を提供するために銅箔の幅は最低パネルの厚さと同じ幅であるべきで、電界は内側に”集中”するためにパネル材料を貫き、一方で接地面によって輪から外側で終端されます。この方法は内側の場を伝導するためにパネル材料が充分厚い(そして充分高い ϵ_r を持つ)場合にだけ上手く動きます。穴を小さく保つことを覚えて置いてください。より大きな穴はもっと感度は失われます。中央の穴が大きすぎる、そして/またはパネルが低い ϵ_r を持つそして/または薄すぎる場合、中央の場は弱く、キーは意図するように機能しないでしょう。

また、LEDが接地布設のように見え、そしてそれを迂回することを覚えていた場合に一定のもので、そしてこれが更に感度を下げることが覚えて置いてください。

1. 人間が製品と”自由空間”経路で製品それ自身を接触する間を含む戻り経路(即ち、製品を人体に結合する容量経路で戻る電流)
2. これらの感知部布線が同じチップから駆動されると仮定

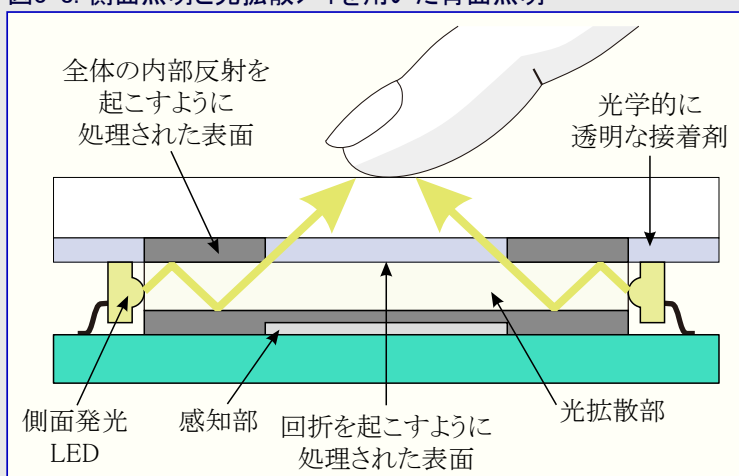
図3-7. LEDを用いた背面照明



背面照明の別の一般的な方法は側面照明とキーの上で制御された光漏れ領域を持つ光拡散シートを使用することです(図3-8.をご覧ください)。これは非常に薄い照明構造をもたらすことができます。

電界発光灯もAtmelの静電容量感知器と共に上手く使用されますが、これは更にもっと複雑な話題でこの使用の範囲外です。

図3-8. 側面照明と光拡散シートを用いた背面照明

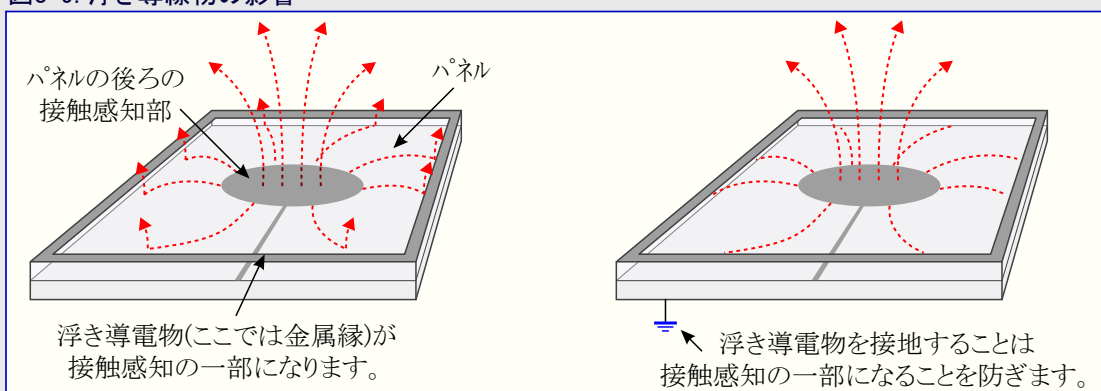


3.2.6 浮遊導電物

この型の感知部に近接する(即ち端から端が10mmより近くて)浮いている金属の領域や他の導電材は感知部の電界を再放出する傾向にあり、故にそれら自身が接触感知になります。どの金属が接触したかに依存してキー検出で奇妙な動きを引き起こし得るため、通常、これは望まれません。近くの浮き金属のような接触は偽キー検出も引き起こし得ます。

常に近くの導電領域を接地してください。これは共通電源へ直接線を接続するか、または共通給電へ戻す0.047 μ Fの方法によって達成することができます。

図3-9. 浮き導線物の影響



3.2.7 導電塗料

導電塗料と皮膜剤の選択の詳細については(機密保持契約下でだけ利用可能な)「QTAN0021:Atmel静電容量接触パネル用の材料と皮膜加工の選択」を参照してください。

3.3 非平面的構成

非平面的構成法の基礎をなす原理は、電極から離れて主静電容量接触回路基板上で接触感知回路の残りを持ち、接触パネルの内部表面で電極を形成することです。

この非平面手法はいくつかの利点を提供することで好まれるかもしれません。

- 接触感知回路は傾斜した、または曲がった前面パネル下に置かれる必要がないため、製品の形状と大きさでより多くの柔軟性と創造性を許します。
- 感知部と前面パネルの物理的な分離は製品で容易に組み入れられることをLEDに許します。
- 感知部組み立てと回路組み立てが独立項目として構築して検査されるため、製品の組み立てと検査で助けることができます。

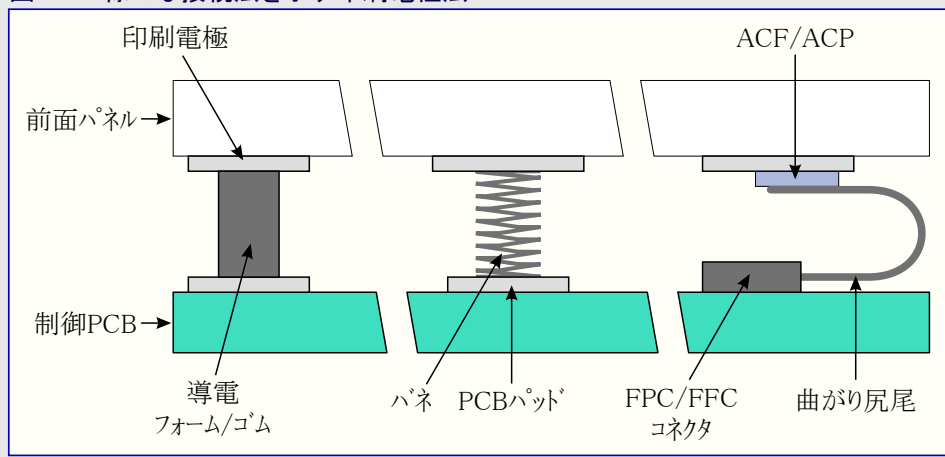
相互接続布線に対する規則は19頁の「3.2.4 相互接続」項で既に記述されたそれらと同じです。けれども、相互接続用の方法は構成の方法と密接に結合され、故に回路の2つの2分割が共にどう接続されるかについて慎重な考慮が与えられなければなりません。

3.3.1 印刷電極法

1つの任意選択は前面パネルの内側表面に電極配列を印刷することです。この場合では電極形状の規則が17頁の「3.2.2 電極形状」項で記述したとおりで、材料は13頁の「2.3.2 電極と相互接続材料」項で記述されたとおりです。感知部はパネ接触(1)、導電フォームや導電ゴム、ACF/ACP(2)を用いて取り付けた曲げ尻尾を使用して接続することができます(図3-10をご覧ください)。

この技法では相互接続が作られる領域も接触感知であることを憶えて置いてください。

図3-10. 様々な接続法を示す印刷電極法



1. 特に感知部材料を引っ掻いて剥がし得る振動が存在するかもしれない場所でのこれらのパネ端の平均寿命を調べてください。異種金属も酸化のために早すぎる(抵抗での)Ωに関する接触の故障を引き起こすかもしれません。これらの理由のために気密接合を与えるようにPCBを制御するため、パネを”圧着”または半田付けすることが賢明です。
2. ACF/ACP=異方性導電膜(Anisotropic Conductive Film)/異方性導電糊(Anisotropic Conductive Paste)。これは小さな銀または金の粒子で満たされた”接着剤”の配合で、2つの回路を共に電氣的に接合と結合をする手段です。この粒子はそれらが隣接するそれらに接触しないように拡散されますが、共に温められて押された時に”Z”軸で配置されたどの回路とも接触します。

3.3.2 バネ接触

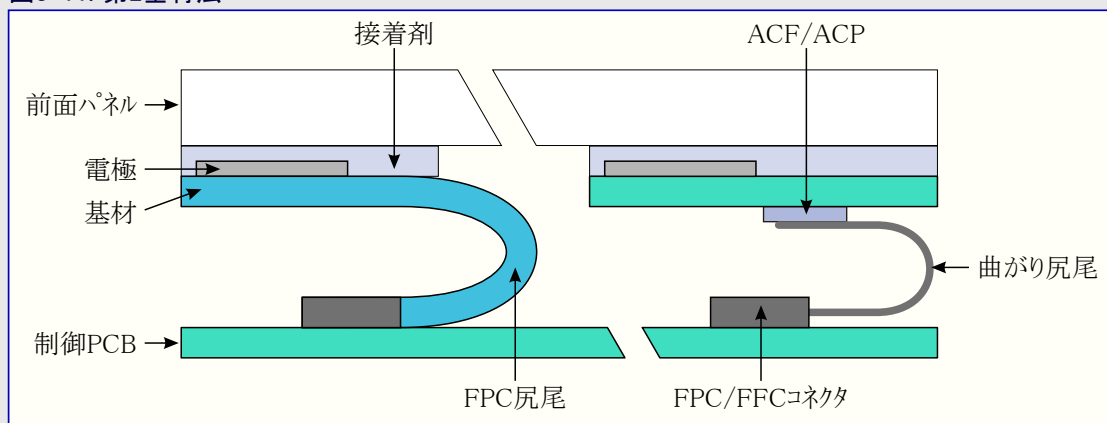
バネは感知部を制御PCBに接続するのに使用することができます。この場合、接触時にバネは押し縮めることを意図されず、常に押し縮められた状態で維持されることに注意してください。このバネは接触パネルと部品PCB間の隙間を橋渡しする静的電極を形成します。

バネがその押し縮み下に置かれる時にPCBの接触パッド上で未だ正しく接触することを確実にしてください。バネが広がって近くの布線や接地領域に重なり、感度の低下や断続する障害を引き起こすことが知られています。加えて、パッドがバネ自体と同じ位電極構造の一部であることを覚えて置いてください。従って、接触できないCx増加を避けるために接触パッドの領域を最小にし、寄生容量(Cp)を減らすためにこのパッドから接地面を離して維持すべきです。

バネの先頭の低い表面領域のためにバネ使用が低感度キーと貧弱なSNRに帰着するかもしれないことに注意してください。

3.3.3 第2基材法

図3-11. 第2基材法



別の任意選択は第2のPCB、曲げ、または同様の基材で電極を形成することです。これはその後前面パネルに接着され、ACF/ACP接続を用いて独立した曲がり尻尾によって、または基材それ自体への延長から形成された尻尾によって制御チップに相互接続されます。基板間コネクタも可能です。

3.3.4 接地布設

平面的手法とは異なり、この形式の感知器は接地布設に対して鈍感です。これに対する理由は(例えば、内部の筐体部品と他の回路からの)接地布設が電極から遠く離れる傾向にあり、従ってそれ程電極を鈍感にしないためです。

3.3.5 照明効果

感知器構造に対する非平面的手法は感知部と前面パネル間で物理的に分離しがちであることを意味します。これは設計に於いてもっと容易に組み込むことをLEDに許す副次的な利点を持ちます。

別の一般的な照明を提供する方法は19頁の「3.2.5 照明効果」項で平面的な構造用に記述されるように、光拡散部と導光部の形式です。

LEDに対する全般的な規則は15頁の「2.4 近くのLED」項で記述されます。

3.3.6 浮遊導電物

20頁の「3.2.6 浮遊導電物」項で記述された浮遊導電物の使用に関する考察が適用されます。

3.3.7 導電塗料

21頁の「3.2.7 導電塗料」項で記述された導電塗料の使用に関する考察が適用されます。

4.1 序説

本章は相互容量実装を用いて釦をどう設計するかを記述します(1.3項と1.4項をご覧ください)。これらの形式の感知器は代表的にQMatrix感知部制御器と共に使用するためのキーを実装するのに使用されます。

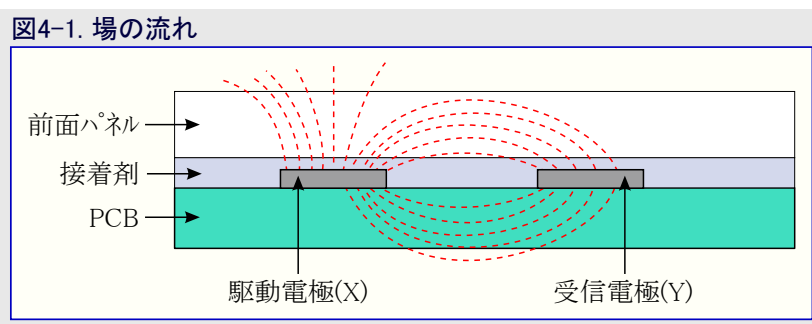
自己容量釦と同様に、相互容量釦を構築するための指針は構造が平面的かまたは非平面的かに依存します。これら2つの型の構造が以降の項で検討されます。

4.2 平面的構成

4.2.1 序説

平面的構成では、感知部用の電極と布線が絶縁基材(例えば、PCBまたはフレキシブルPCB)の同じ面で作り上げられます。

場の伝搬は結合する場の流れの殆どが水平のため、重なるパネルに大いに依存します(図4-1をご覧ください)。感知部が接着剤でパネルにしっかりと張り合わされることが、張り合わせ中に気泡が避けられることが重要です。大きすぎや多すぎの泡は重要な単位部品毎の変化を起し得ます。

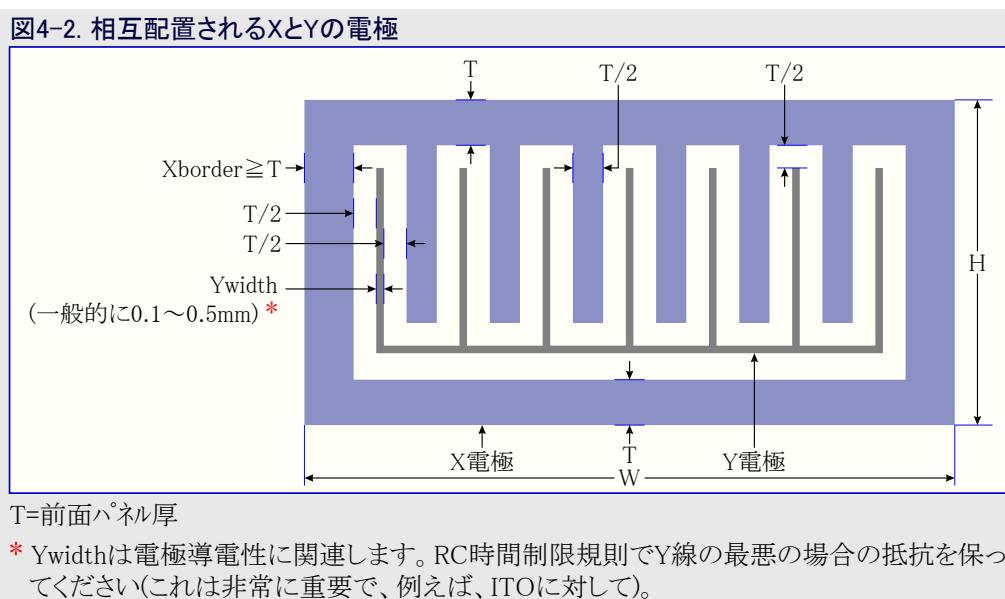


XとYの電極は重なるパネルを通して結合する電界の分配を最適化するように設計されます。接触する物(代表的に指)がこの電界結合を混乱させて接触を検出させる最大の機会を持つため、これは接触感度を最大にします。

4.2.2 XとYの電極

4.2.2.1 XとYの電極の相互配置

XとYの電極は一般的に相互配置され、即ち、それらは嵌合する”指”を形成します。代表的に2つの間で場を含むのに役立つため、X電極はY電極を取り囲みます(図4-2をご覧ください)。



4.2.2.2 Y電極の幅

これは接触中に感知部への雑音結合の可能性を最小にするため、Y電極はY指状に対して可能な最も細い布線(例えば、0.1~0.5mm)を使用すべきです。例え過去の助言がTの関数として提唱されたY布線幅を持っても、広範囲に及ぶ実地試験はより良いSNRはより細い布線を使用して達成されることを示しています。

4.2.2.3 X電極の幅

X電極については、それらがY布線用の部分的な遮蔽として働くため、より広い電極が一般的に好まれます。それらは小さな電池駆動製品の自由空間結合の最大化にも役立ちます。

X電極用のX指状の幅は重ねるパネルの厚さから計算されるべきです。一般的に、23頁の図4-2.で示されるように関数T/2が使用されます。

4.2.2.4 電極間の間隔

X電極の幅と同様に、XとYの電極の間隔は重ねるパネルの厚さ(T)から計算されるべきです。再び、23頁の図4-2.で示されるように一般的に関数T/2が使用されます。

4.2.2.5 結合長

この相互嵌合設計の目的はキーに対して割り当てられた空間の制限内でXとYの電極間の結合長(1)を最大にすることによってSNRを最適化することです。結合長はXとYの指状の数、それらの個別の幅、それとそれらの間の間隔の組み合わせによって決められ、多数の細い指状は少数の広いものよりもより長い結合長を意味し、より良いSNRに帰着します。

4.2.2.6 X電極用計算

与えられたYとXの布線の幅で、最低T幅での隣接を許す嵌合した電極に合致するX指状(Xfingers)数を計算する必要があります。指状の数が計算された後に残るどの未割当幅も間隔に追加されなければならず、故に間隔の幅(Xborder)も計算されなければなりません。

式4-1.はXfingersとXborderを計算するのに使用することができる式を与えます(定義については23頁の図4-2.をご覧ください)。

式4-1. XfingersとXborder用計算

$$\begin{aligned} Xfingers &= \lfloor (W - 3T - Ywidth) / (1.5T + Ywidth) \rfloor \\ Xborder &= (W - T - Ywidth - Xfingers(1.5T + Ywidth)) / 2 \end{aligned}$$

ここで、

■ $\lfloor \sim \rfloor$ はその数よりも大きくない最大整数として定義されるFLOOR演算子で、即ち、最も近い整数に切り捨て丸めます。例えば、 $\lfloor 6.6 \rfloor$ は6です。

4.2.2.7 計算例

以下の寸法が使用される場合、

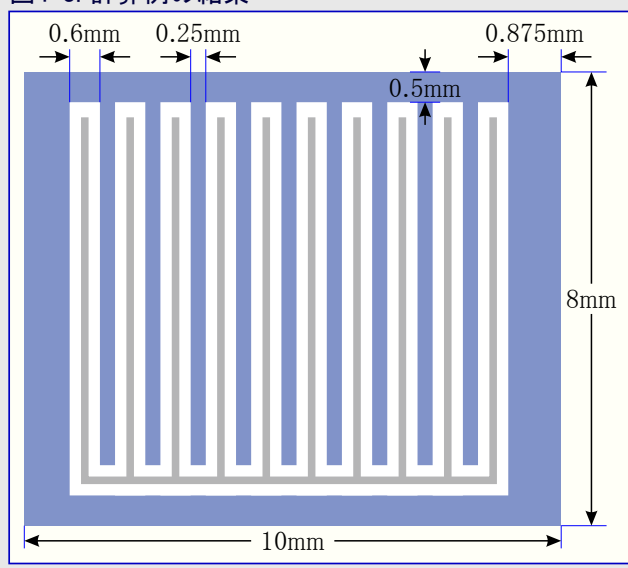
T=0.5mm
W=10mm
H=8mm
Ywidth=0.1mm

式4-1.を用いる計算は次の通りです。

$$\begin{aligned} Xfingers &= \lfloor (10 - 1.5 - 0.1) / (0.75 + 0.1) \rfloor \\ &= \lfloor 8.4 / 0.85 \rfloor \\ &= \lfloor 9.88 \rfloor \\ &= 9 \\ Xborder &= (10 - 0.5 - 0.1 - 9 \times (0.75 + 0.1)) / 2 \\ &= (9.4 - 7.65) / 2 \\ &= 0.875\text{mm} \end{aligned}$$

この様式での結果は図4-3.で示されます。

図4-3. 計算例の結果



1. 即ち、XとYの電極間で縁に直面する合計長

4.2.2.8 少ない相互嵌合に帰着する設計

既に述べたように、非常に少ない指状の数に帰着する設計は、そのような設計が悪いSNRに帰着するので避けられるべきです。

例えば、[式4-1](#)で以下の寸法が使用される場合、

$$T=1.5\text{mm}$$

$$W=8\text{mm}$$

$$H=8\text{mm}$$

$$Y\text{width}=0.1\text{mm}$$

計算は次の通りです。

$$\begin{aligned} X_{\text{fingers}} &= \lfloor (8 - 4.5 - 0.1) / (2.25 + 0.1) \rfloor \\ &= \lfloor 3.4 / 2.35 \rfloor \\ &= \lfloor 1.45 \rfloor \\ &= 1 \end{aligned}$$

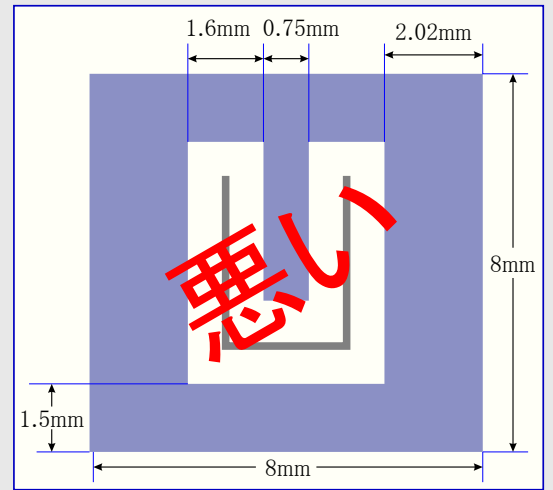
$$\begin{aligned} X_{\text{border}} &= (8 - 1.5 - 0.1 - 1 \times (2.25 + 0.1)) / 2 \\ &= (6.4 - 2.35) / 2 \\ &= 2.02\text{mm} \end{aligned}$$

この様式での結果は[図4-4](#)で示されます。

キーの大きさとパネルの厚さのため、結果のキーは理想から遠く、不足した相互嵌合を持ち、1つのX指状だけがあります！。少ない程度の相互嵌合は非常に低いキーCxと感度不足をもたらします。その設計をもっとY線でのCpに影響を受け易くする傾向にもあります(1)。

この例から見られるように、より小さなキーとより厚いパネルを持つ設計は指針に従う時に効果的な相互嵌合を非常に難しくします。このような場合、隙間を僅かに近づけて $(0.75 \times T/2) \times X$ 領域を細くすることによって指針を破ることがより良いことです。示唆された妥協については18頁の「[3.2.3 接地布設](#)」項もご覧ください。

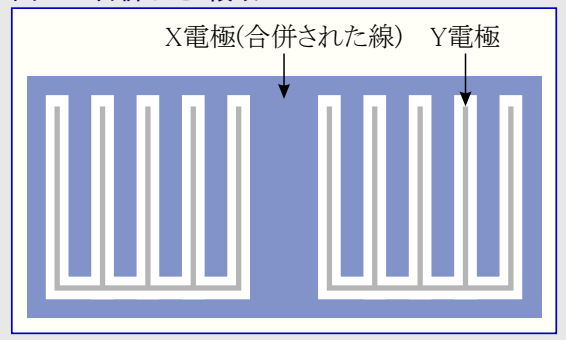
図4-4. 少ない相互嵌合に帰着する例



4.2.2.9 X領域合併

同じX線を共用するキーについては、[図4-5](#)で示されるようにX領域を合併することができます。

図4-5. 合併したX領域



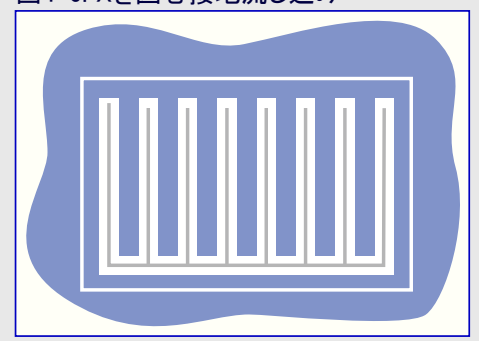
4.2.3 接地布設

相互容量感知器の1つの大きな利点はXからYへの容量結合が測定されるため、XまたはYでのどの寄生の影響も、それらが自己容量電極での時ほど深刻ではありません。

このような感知部の非接触側に接近して接地面を配置することはキーを鈍感にするため未だ避けられるべきです。けれども、全体の影響は自己容量感知器よりも劇的にずっと少なくなります。

感知部のX電極近くに接地の流し込みや布線を持って来ることは感度での影響を殆ど持ちません。これは近くの強い電磁界からの干渉から下の層のXとYの布線を遮蔽するのに役立つため、殆どの場合で有利です。接地流し込みはXの非常に近くに作ることができます。別の利益は接地流し込みが自由空間全体の戻り経路を改善するのに役立つことで、それは特に小型電池駆動装置に対して重要です。

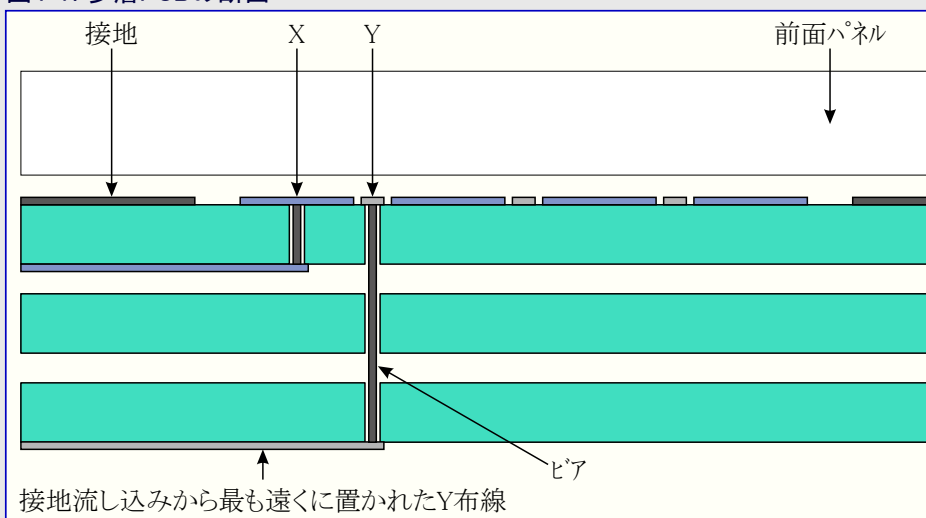
図4-6. Xを囲む接地流し込み



1. Cpyに対するCxの比率は累積され得るQMatrix端末最大電圧がこの比率に直接比例するため重要です。比率が小さすぎる場合、受け入れできるキー性能を達成することが不可能かもしれません。

Yの近くに接地の流し込みや布線を持つて来ることは寄生容量(C_p)を追加して感度の低下を引き起こし得ます。キー周辺に流し込む時にこれを憶えて置いてください。流し込みの下層で相互接続するY布線はいくつかの追加 C_p 負荷を被ります。流し込みから最も遠い層にY相互接続を保つことを試みてください(図4-7をご覧ください)。薄いPCBやFPCBで接地流し込みを追加する時に、層間での減らされた間隔のためにYで増やされた C_p が実在し得るため注意してください。

図4-7. 多層PCBの断面



4.2.4 相互接続

4.2.4.1 X配線

X配線はRC時定数の規則が観測される限りかなり平凡です。kHzの周波数¹⁾で切り替える大きな遷移を持つ近くの無関係な信号は、それらが電荷転移を邪魔し得るためX布線から充分離して配線されるべきです。考慮する回路の例はD級増幅器信号、LCDやLEDの駆動信号を含みます。

X配線は接触に敏感でなく、故にX布線は接触に最も近い側を含み、PCBのどの層でも容易に配線することができます。けれども、X配線はY配線も考慮しなければなりません。

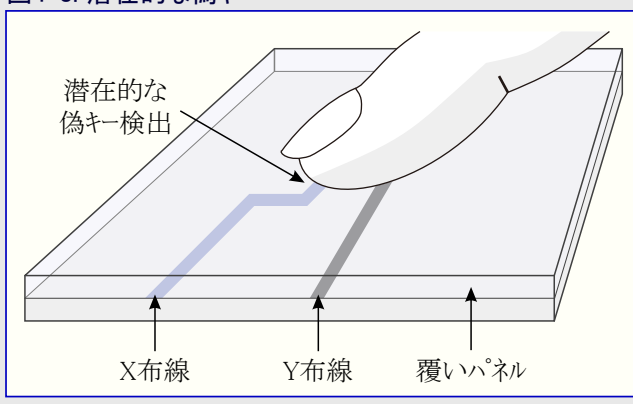
4.2.4.2 Y配線

Y配線は C_p 増加と偽キー検出と呼ばれる影響を避けることが必要なためより注意深く考慮されなければなりません。Y配線は非常に弱い接触感受性だけで、故に接触から遠い層でY布線を走らせることが良い慣行です。

最初の要素の C_p 増加は接地面(または他の電力面)上または近くにY布線を配線することを避けることによって容易に対処されます。

2つ目の要素の偽キー検出はX布線とのY布線の相互作用がある場合はいつでも起き得ます。XとYが近く(10mm未満)になる場所とそれらの間の場が接触によって影響を及ぼされることを許す何処でも、潜在的なキーまたは少なくとも意図しない接触に敏感な区域を持つことを憶えて置いてください(図4-8をご覧ください)。

図4-8. 潜在的な偽キー



1. 特に高いkHzから数百kHz

4.2.4.3 偽キー検出回避

偽キーを避けるため、以下の策略のどれかを使ってください。

- XとYの布線の交差は可能な限り少しにして90°だけにしてください(図4-9.aをご覧ください)。
- XとYの布線が距離に関して互いに平行で走らなければならない場合、その布線を接地布線で分離してください。可能ならば、布線と布線の間隔の2倍の幅の接地布線を使用してください(図4-9.bをご覧ください)。
- 接地面の後ろのX布線の配線を考慮してください(1)。これは例えばY布線が接地流し込みに隣接するX布線近くを走る場合でも、XとYの布線間の場が最小にされることを意味します(図4-9.cをご覧ください)。
- 必要ならばY布線を完全にX布線の後ろに(2)、またはXとYの布線をそれらが相互作用しないように上手く離して配線してください(図4-9.dをご覧ください)。

加えて、以下の全般的な指針を守ってください。

- 可能ならばXとYの布線を細く保ってください。
- 可能ならばY布線を接触から最も離して配線してください。
- 一般に、全てのX布線を一緒に、全てのY布線を一緒にしてください。このようにして潜在的な偽キーの数が実質的に減らされます。

図4-9.a. 90°交差

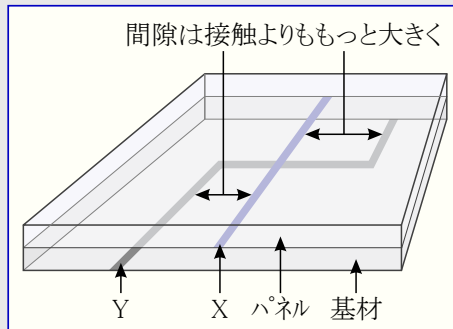


図4-9.b. 接地布線分離

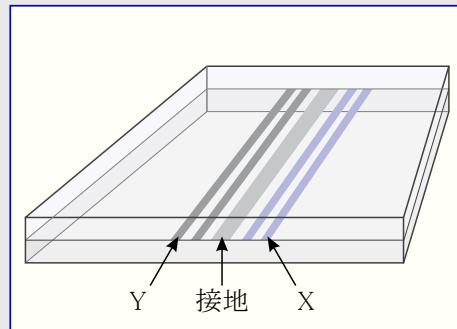


図4-9.c. 接地布線下のX

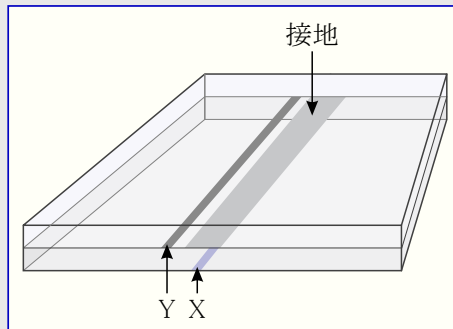
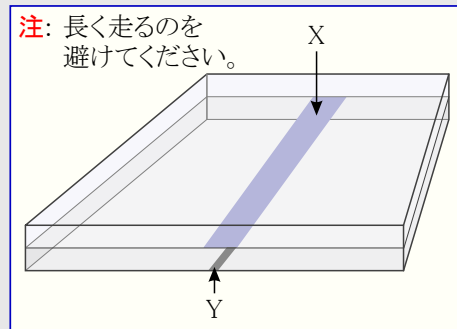


図4-9.d. X下のY



4.2.5 照明効果

相互容量型電極の平面的構造では19頁の「3.2.5 照明効果」項でもっと記述されるように、光源に漏らすことを許すために電極のX部分で穴を作ることで大丈夫です。LEDの規則は15頁の「2.4 近くのLED」項で記述されます。

X領域を過度に削除しようとししないでください。さもなければ敢えてキーで死点を作ることになります。

透明な電極材料も、RC時定数制限(11頁の「2.1 QTouch採取法」項をご覧ください)に合うように注意を払う場合にこの型の監視器で上手く動きます。

4.2.6 浮遊導電物

相互容量型感知部は自己容量型としての浮遊金属に対してはるかに少ない感受性です。この理由は測定される場がXとY間に限られることです。けれども、20頁の「3.2.6 浮遊導電物」項で記述されるように、このような危険を避けることは未だ良い慣行です。

1. 時定数に注意してください。
2. 接触の視野の点からの後ろ

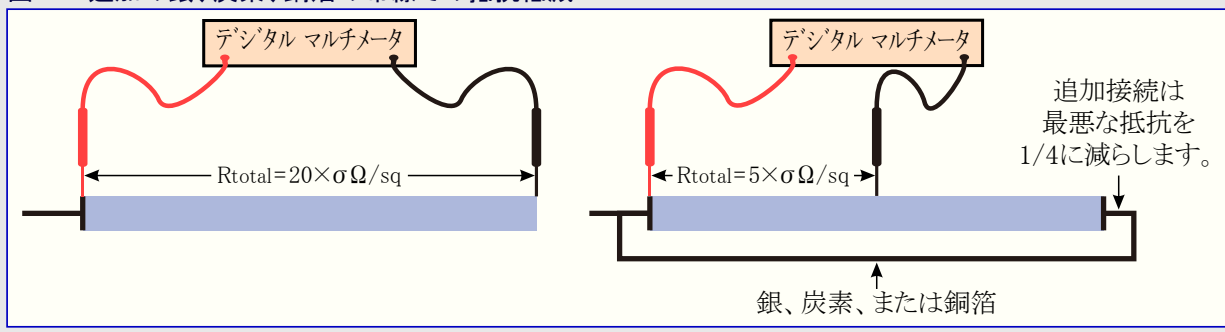
4.2.7 導電塗料

21頁の「3.2.7 導電塗料」項で記述される導電塗料の使用についての考慮が適用されます。

4.2.8 透明Y電極

透明Y電極はITOやPEDOTのような材料から作る場合に著しい直列抵抗に終わり得ます。これは過大なRC遅延のために問題で有り得ます。より低い抵抗のために、可能ならば、1つの接続点よりもっと追加するように印刷の銀または炭素の布線、または銅箔布線の使用を考慮してください(図4-9をご覧ください)。(勿論、必要とする透明領域の外側で)電極の先頭に渡る銀や銅箔の選択的使用が可能です。

図4-9. 追加の銀、炭素、銅箔の布線での抵抗低減



4.3 非平面的構成

4.3.1 充满X 2層法

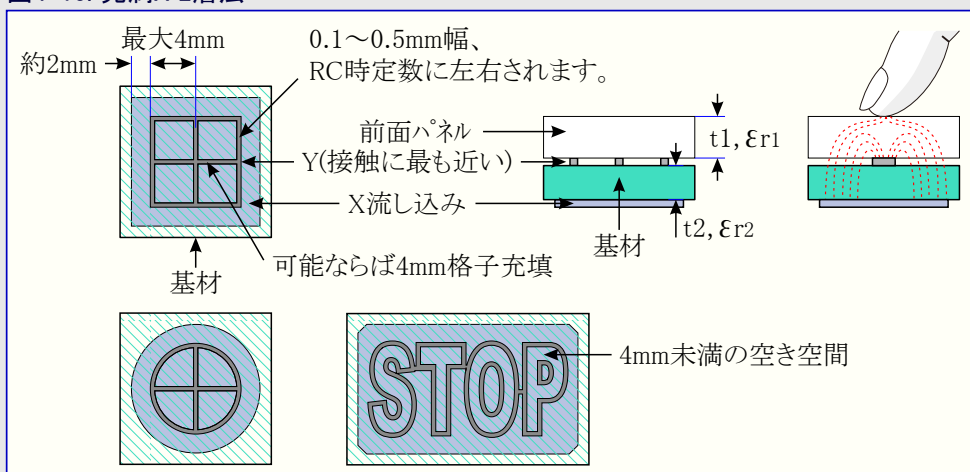
充满X 2層法は基材の2つの層に渡ってXとYの電極を分配します。この形式は小さなキーに対する感度の面でいくつかの大きな利点を持ち、いくつかの良好な本質的雑音排除能力を持ちます。別の有用な特性はX電極が後ろからY電極を完全に遮蔽するため、感知部は後ろからの接触感受性がないことです。場の動きは先に言及したのと同じです。

充满X 2層法では、Y電極が接触に最も近くで、XとYの電極が互いに重なるように設計されます。X電極はY電極の下にのり距離で分離され、より大きな塗り潰し(即ち、流し込み)でなければなりません。

Y電極は代表的に0.1mmと0.5mmの間で細くあるべきで、勿論、電極材料抵抗増加と最小Cx必要条件によって引き起こされる制限を覚えて置いてください。X電極はY電極と同じ基本形状であるべきですが、全ての側面で約2mm、より大きくなります。

Y電極は多かれ少なかれどの形状にもすることができ、それは照明に対していくつかの興味ある可能性を開くキーの図形の外形形状にさえすることができます。只、最大空間隔は4mmより大きくないことを確実にし、さもなければキー感度で死点があるかもしれません。手引きのように、Y電極を箱のように簡単な外形形状にして、その後に概ね4mm程度の線の格子で隣接した領域を埋め尽くしてください。5×5mmより小さいキーは一般的に小さすぎです。

図4-10. 充满X 2層法



理想的なXからY層分離は**式4-2**に合致します。

式4-2. XからY層分離

$$2 \leq (S_{YtoXStack}/S_{TouchToXStack}) \leq 12$$

ここで、

■ Sは14頁の「**2.3.3 前面パネル材料**」項で定義されるような様々な材料積み重ねに対する感度係数です。

実現するための1つの重要なことは感知器がそれらの限度の外側で動作を急に止めないことです。比率5にした場合、例えば、より低いSNRを得ることを期待することができます。SNRは概ねこの比率に比例して劣化します。比率を2未満にする場合、1つの潜在的な副作用はXとY間で結合する場が伝搬することを覆いパネルにもっと大きく依存し始めることで、これは水分の影響のためにキーをより敏感にし得ます(1)。

感度係数は各種のXとYの分離のために前面パネルを通す容量性場の放射の相対的な尺度です。これは最適なパネル性能を与えるためにXとYの間隙と前面覆いの厚さ間の最適比率を提供します。これは接触時の信号や差の絶対値を与えません。

例えば、28頁の**図4-10**で示される重ね合わせで、

$$S_{YtoXStack} = \epsilon r_2 / t_2$$

$$S_{TouchToXStack} = \frac{1}{\left(\frac{t_1}{\epsilon r_1} + \frac{t_2}{\epsilon r_2} \right)}$$

勿論、Y電極以外、X流し込みの真上の領域にどの布線も配線しないでください。布線はそれらの信号が過度に雑音が多くない限り、X流し込みの真後ろに配置することができます(2)。Y電極に接続するY布線はビアを用いてX流し込みの真下を離れて下へ逃げるすることができます。代わりに、布線は単純に電極それ自身と同じ層で抜け出て、近くのどのX領域や布線からも離れて直接配線することができます。

相互接続用の方法は構造の方法と密接に結び付けられます。相互接続する布線の規則は26頁の「**4.2.4 相互接続**」項で既に記述されたそれらと同じです。いくつかの制限は緩和され得ますが、配線に使用される基材のために布線はもはや接触(面)に近くありません。

4.3.2 2層に渡る分配のために平面的な構造を適応

完全のため、23頁の「**4.2 平面的な構造**」項で詳述される平面的な構造は、望まれたなら、2つの層に渡って分配することができ、例えば、配置と相互接続をより簡単にすることも可能です。一般に、Y層を接触(面)に最も近く保って、YとXの層をXとYの間隙の10%以上垂直に離すことを避けてみてください。

4.3.3 接地布設

非平面的構造法は近くの接地装着からの信号損失に対して低い可能性を持つ傾向にあり、故に一般的に平面設計よりずっと少ない感受性です。流し込まれたX形式の感知部はX駆動が低インピーダンスを持つため、この点については特に良好です。これはRC時定数が懸念になる前に相対的に高い寄生容量の量を布設し得ることを意味します。

一般に、25頁の「**4.2.3 接地布設**」項の考慮が適用されます。

4.3.4 照明効果

照明に対する問題は22頁の「**3.3.5 照明効果**」項で提示されるそれらと非常に類似しています。

4.3.5 浮遊導電物

27頁の「**4.2.6 浮遊導電物**」項で記述される浮遊導電物の使用に対する考慮が適用されます。

4.3.6 導電塗料

21頁の「**3.2.7 導電塗料**」項で記述される導電塗料の使用に対する考慮が適用されます。

1. QMatrix測定はそれがXとY間を結合するように分離された水滴を配置する有用な特性を持ち、実際に通常の接触に反する結合を増やします。これは抗接触として知られます。結果として、QMatrixは本質的に水分除去特性を持ちます。けれども、覆いパネルがXとY間を結合する重要な役割を演じる場合、水玉を持ち込むことは比例するより大きな抗接触効果を持ちます。この抗接触が制御器チップ(或る期間の経過、または校正指令で直ちにのどちらか)によって補償される場合、(多分、パネルを拭き取ることによって)抗接触は取り去られ、感知器は接触に向かって飛躍して動かないキーを引き起こし得ます。従って、大筋として積み重ねを制御することによって水分感度を減らすことが望まれます。
2. これでの厳しい規則はありません。X流し込みの後ろに非常に活発な信号を配線する場合に設計手順に於いて注意といくつかの反復で進めてください。



第5章

自己容量の摺動子と輪

5.1 序説

本章は自己容量実装を用いて摺動子と輪をどう設計するかを記述します(1.3項と1.4項をご覧ください)。これらの形式の感知器は代表的にQTouch感知部制御器と共に使用するための摺動子と輪を実装するのに使用されます。本章で記述される全ての場合で3つの活性チャネルが使用されることに注意してください。

この形式の感知器は通常、平面型構造法でだけ使用されます。構造の考え方については21頁の「印刷電極法」項と22頁の「第2基材法」項をご覧ください。

次の2つの形式の感知器が考慮され得ます。

■ 空間補間

この形式は感知部上の電極を空間補間するのに電極の形状を使用します。

■ 抵抗補間

この形式は電極を電氣的に補間するのに物理的な抵抗を使用します。この形式の感知器はより簡単な電極設計を許します。より大きな感知部を組み立てることも許します。

本章は両方の形式の感知器を検討します。

5.2 一般的助言

5.2.1 接地布設

摺動子と輪で憶えて置く最も重要なことの1つはそれらが全てのチャネルに渡って上手く平衡した感受性を持つ時にそれらが最も良く動くことです。感知部の下で一様でないまたは過度の接地布設はそれらを役立たずにするため、摺動子と輪の下での接地布設を避けてください。適度な、または一様な接地布設は動くかもしれませんが、出力の分解能が減らされます。

一般的に言えば、摺動子や輪の感知部の下に無関係などんな布線や部品も走ることを避けてください。

5.2.2 相互接続

摺動子と輪の感知部用布線を設計する時に以下の指針に従うべきです。

- 常に3つ全てのチャネル接続を共に集団として走らせ、それらを雑音源と接地布設から充分離してください。
- できるだけ短く且つ細く布線を保ち、布線幅に等しい間隙で布線を配置してください。
- 電極から布線を配線する時に、各電極に対して可能ならば基板の非接触側に布線を落として配線するためにビアを使用し、この層で布線を離して走らせてください。

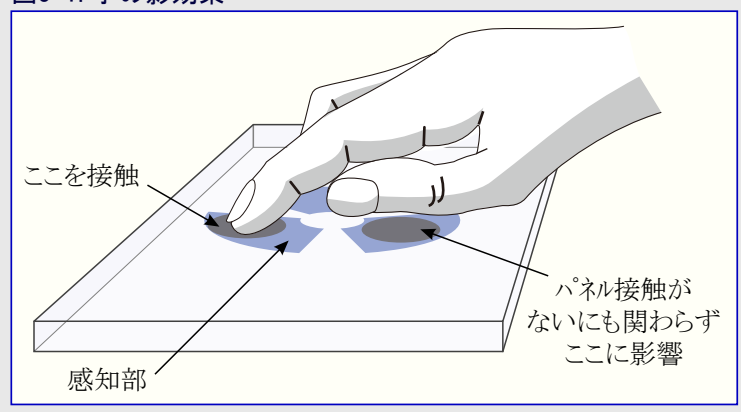
これが不可能で、布線接続が電極それら自身と同じ層で配線されなければならない場合、できるだけ早く接触領域の外に布線を逃がして、感知器チップへのそれらの経路に対して3つの布線を再集団化してください。いくつかの場合で接触に対してそれらを鈍感にするためにそれらの逃げた布線に並べて細い接地布線を走らせることが有用で有り得ます。通常、多少の実験が必要であることに注意してください。

5.2.3 手の影効果

感知部が手に比例して特に大きい時に、使用者の指からよりもむしろ感知部上で保持されるような手から検出される誤った接触が考えられます。これは手の影効果として知られます(図5-1をご覧ください)。

この影響は自己容量形式の電極を使用する大きな摺動子や輪に対して特定の問題を提示します。これらの電極は一般的に全てのチャネルが同時に測定されるように走査され、それは全てのチャネルを等しい接触感受性にします。

図5-1. 手の影効果



5.2.4 浮遊導電物

20頁の「3.2.6 浮遊導電物」項で記述される浮遊導電物の使用に対する考慮が適用されます。

5.2.5 導電塗料

21頁の「3.2.7 導電塗料」項で記述される浮遊導電物の使用に対する考慮が適用されます。

輪と摺動子が特に導電塗料と仕上げ剤によってひどく影響を及ぼされ得ることに注意してください。これに対する理由は、接触位置の計算が様々なチャネル間の信号での違いを信頼し、そして導電塗料がチャネルを共に異種結合させる傾向を持つためです。結果は感知部の分解能のかんりの劣化です。

5.3 代表的な空間補間法

5.3.1 序説

空間補間された輪と摺動子は全てが直接感知部チップに接続される3つの電極を使用します。電極の形式は摺動子や輪の全体の大きさに依存します。

この項で示される設計は半分に分割した最高チャネル(チャネル2)を持つ”2つ+2つの半分”法を使用します。これはこれらが算法の視点から33頁の「5.4 代表的な抵抗補間法」項で記述される空間補間された摺動子技法と対応することを意味し、故に同じ感知器チップはどちらの電極形式も駆動することができます。

注: チャネルに対する順番は感知部が増加かまたは減少のどちらかで単に方向を決めます(摺動子に対して左/右または上/下、輪に対して時計回り/反時計回り)。チャネル順の特定必要条件については特定チップのデータシートを参照してください。

5.3.2 小さな摺動子または輪

この資料の文脈で、小さな摺動子は21~26mm長で小さな輪は直径12~20mmです。

摺動子や輪が代表的な指と比較して小さいため、感知部での直線性と使用可能範囲は単純な電極形状のために妥協されます。小さな摺動子は単純な矩形電極(図5-2をご覧ください)を使用し、小さな輪は単純な楔形電極(図5-3をご覧ください)を使用します。

この設計はチャネルを補間するために接触する指と前面パネルの両方に依存します。これらのより小さな電極が低い感度を持つことを期待して1.5mm以下のアクリル前面パネル用に計画してください。

図5-2. 小さな摺動子 (空間補間)

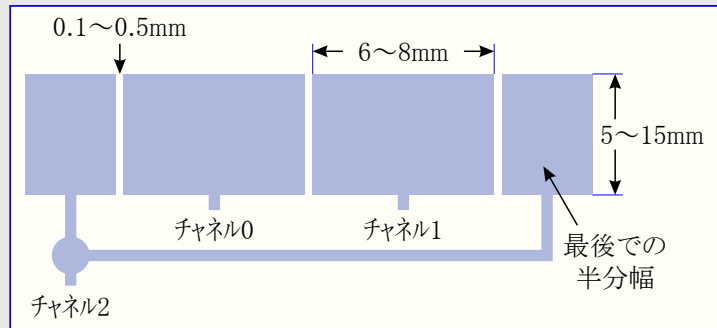
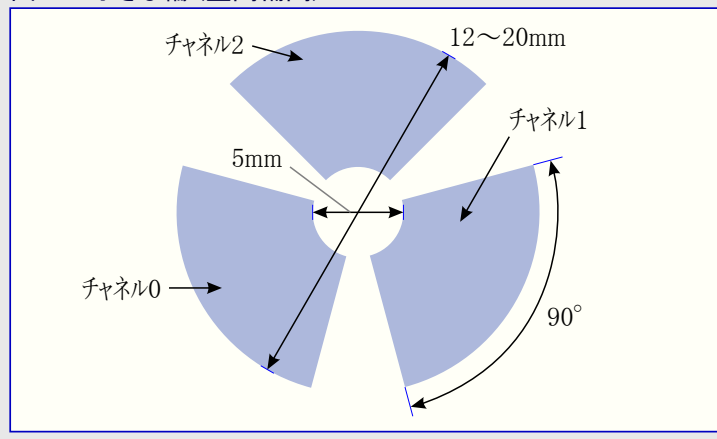


図5-3. 小さな輪 (空間補間)



5.3.3 中間/大きな摺動子または輪

この資料の文脈で、中間/大きな摺動子は26～60mm長で中間/大きな輪は直径20～60mmです。

中間/大きな摺動子や輪は指が感知部を渡って(即ち、摺動子の長手軸または輪の放射軸に沿って)移動するように空間的な容量変化を補間するために鋸波状電極を使用します(図5-4と図5-5をご覧ください)。いくつかの報告される位置の横切る方向の変化は避けられません(1)が、区分を(3mmの大きさに対して)狭く作ることによって減らされます。

ここで示される方法にとっても似ているいくつかの代わりの方法がありますが、区分長と鋸歯間隙でいくつかの微妙な変化があることに注意してください。これらの方法は通常、摺動子や輪の本質的な直線性を最適化する試みです。けれども、開発中に電極図案の反復を多く試みるよりもむしろソフトウェアでこの線形化を実行する方が多くの場合より実用的です(2)。

図5-4. 中間/大きな摺動子 (空間補間)

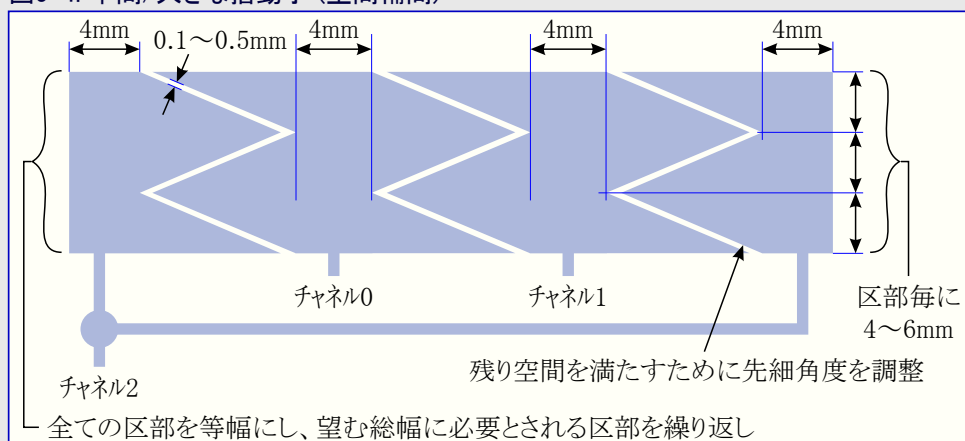
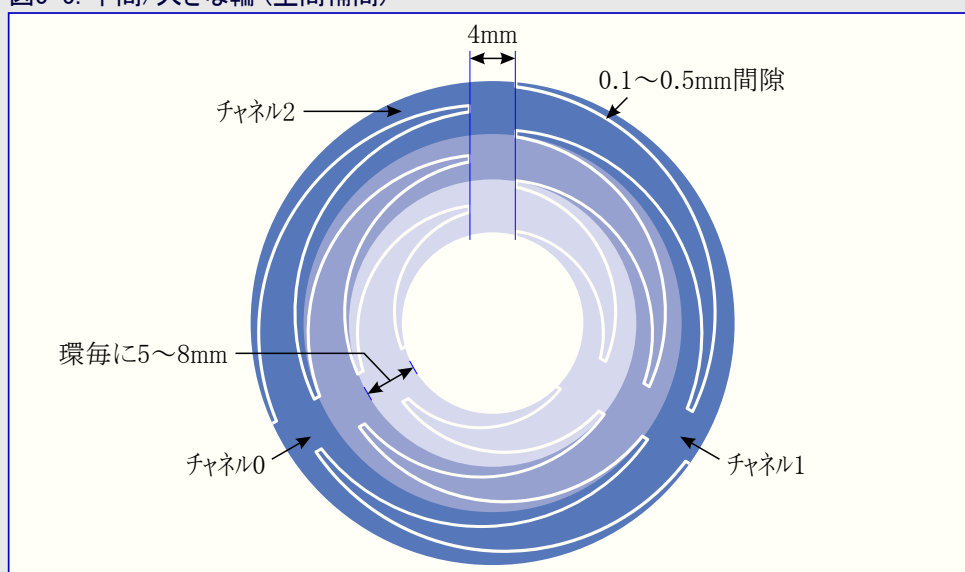


図5-5. 中間/大きな輪 (空間補間)

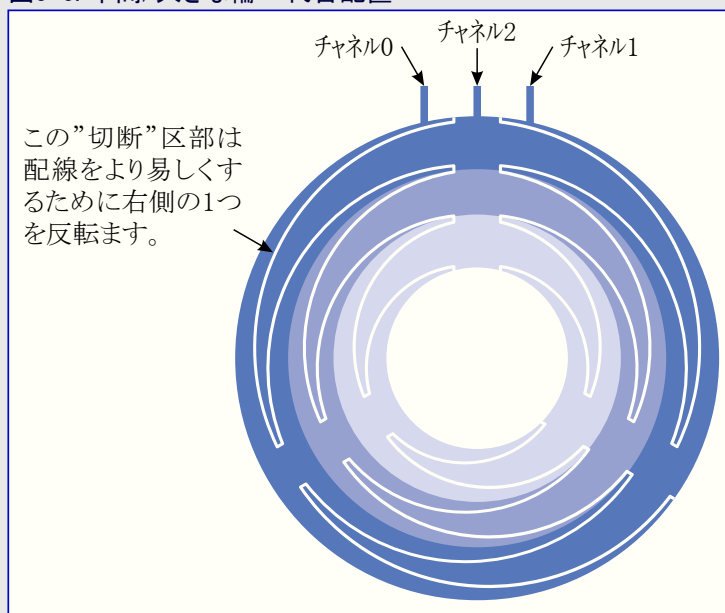


注: 全ての環を等幅にし、望む総直径に必要とされる環を繰り返してください。選択が存在する場所では望む直径を達成するために最大数の環を使用してください。環は明確にするために違う色で示されますが、それらが触れる場所で電氣的に接続されます。

1. 即ち、輪に対して、“内から外へ”または“外から内へ”の移動は報告される角度での小さな変化に帰着します。摺動子については、この変化が標準滑り方向に対して90°移動時に起きます。
2. 達成可能な分解能を犠牲にして非線形性が局所的に修正されるので、参照表または多区分線形補間を使用するソフトウェア線形化は根本的に基礎をなす電極図案を修正する程良くありません。

図5-4.のように、布線配線を簡単にするために”切断”区部の1つを反転することは受け入れられます。この場合、3つ全ての感知部布線は1点で感知部に接続します。これは他の布線に対して特別な柔軟性を残して接触領域に影響を及ぼす布線の可能性を減らします。

図5-6. 中間/大きな輪 – 代替配置



5.4 代表的な抵抗補間法

5.4.1 序説

抵抗補間された輪と摺動子は合計で3以上の電極を使用しますが、それらの3つだけが直接感知器チップに接続されます。摺動子の場合、最高チャンネル(チャンネル2)が最後の電極に渡って分割されます(図5-7をご覧ください)。

残りの電極は電気的な補間効果を提供するために抵抗を用いて接続されます。抵抗はなるべくなら非接触側でPCBに半田付けされた物理的な部品で有り得ます。それらがPCBの接触側に配置され得る場合にそれらは(例えば、炭素で)印刷することもできます。

注: チャンネルに対する順番は感知部が増加かまたは減少のどちらかで単に方向を決めます(摺動子に対して左/右または上/下、輪に対して時計回り/反時計回り)。チャンネル順の特定必要条件については特定チップのデータシートを参照してください。

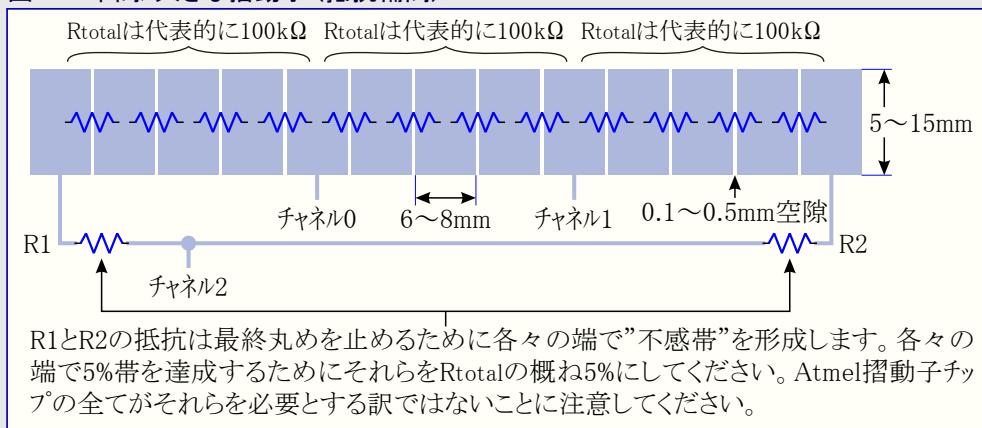
5.4.2 中間/大きな摺動子または輪

この配置は単純な矩形区部からの大きな摺動子(図5-7をご覧ください)、または単純な楔形区部からの大きな輪(図5-8をご覧ください)の構築に有用で有り得、これらの区部は描くのが簡単なだけでなく、これらはより多くの従来の設計の先細角度が実現不能な形状と細身の構造を生じる時により良く動きます。

細長部を渡って全幅接点を作る接続点と既に記述されるような2つの端結合(即ち、図5-7.で示される”一纏めにされる”例の連続的な等価物)で、完全な抵抗性炭素片からこのような摺動子を作ることも可能です。

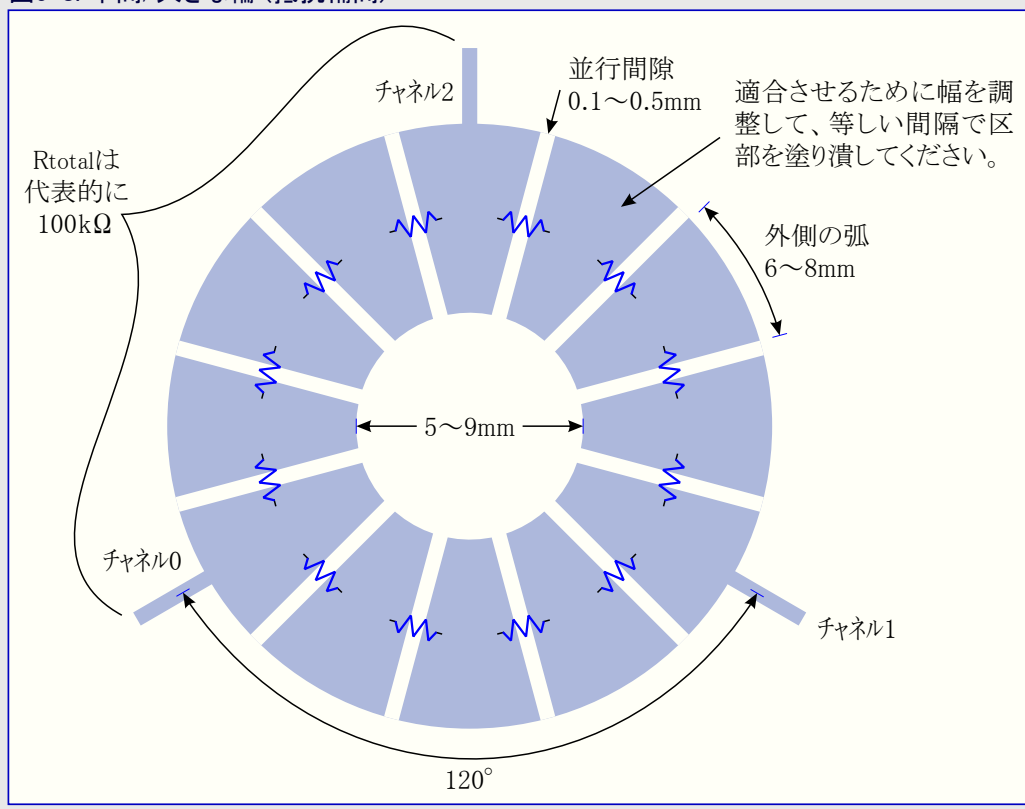
一般的に、長すぎる摺動子延長は貧弱なSNRを引き起こし、手の影効果(30頁の「5.2.3 手の影効果」項をご覧ください)によって引き起こされるなどの問題も悪化することに注意してください。

図5-7. 中間/大きな摺動子 (抵抗補間)



中間/大きな輪に対する感知部設計は本質的に摺動子に対するそれと同じですが、完全な環内に丸められた電極区部を持ちます(図5-8をご覧ください)。中間/大きな摺動子用設計と異なり、この設計はどんな不感帯も導入しようせず、故に0~360°境界に渡る継続する操作を許します。

図5-8. 中間/大きな輪 (抵抗補間)



相互容量の摺動子と輪

6.1 序説

本章は相互容量実装を用いて摺動子と輪をどう設計するかを記述します(1.3項と1.4項をご覧ください)。これらの形式の感知器は代表的にQMatrix感知部制御器と共に使用するための摺動子と輪を実装するのに使用されます。

自己容量の摺動子と輪と同様に、空間補間と抵抗補間の2つの形式の感知部を考慮することができます(30頁の5.1項をご覧ください)。

6.2 一般的助言

6.2.1 QMatrixチャネル

一般的にQMatrixがQTouchよりもより少ないチャネル制限を持つので、共通Y線と一緒に4以上のチャネルから摺動子と輪を作ることが極めて一般的です。実際に多くのチップは摺動子と輪の使用に対して8チャネルまでを許すように構成されます。

6.2.2 接地布設

単層監視部は25頁の「4.2.3 接地布設」項で記述されるのと同じ方法での接地布設に対してかなり弾力的です。けれども、中程度から高い分解能を持つ接触座標を出力するように設計された摺動子と輪で、感知部近くに接地布設を導入することによるSNR低下は直接的に達成可能な分解能を損ないません。これは報告される接触座標での小変動として現れ得て、望ましくありません。

充満されたX形式感知部(28頁の「4.3.1 充満X 2層法」項をご覧ください)は、X駆動が低インピーダンスで故にRC時定数が心配になる前に非常に高い量の寄生容量で”積載”され得るため、後ろからの接地布設に特に良好です。

一般に、25頁の「4.2.3 接地布設」項の考慮が未だ適用されます。

6.2.3 浮遊導電物

27頁の「4.2.6 浮遊導電物」項で記述される浮遊導電物の使用についての考慮が適用されます。

6.2.4 導電塗料

21頁の「3.2.7 導電塗料」項で記述される導電塗料の使用についての考慮が適用されます。

6.3 代表的な空間補間法

6.3.1 序説

この方法は互いに直接隣接するキーの配列を用います。

注: Xチャネル順は連続していて単一Y線を使用しなければなりません。

6.3.2 1層の小さな摺動子または輪

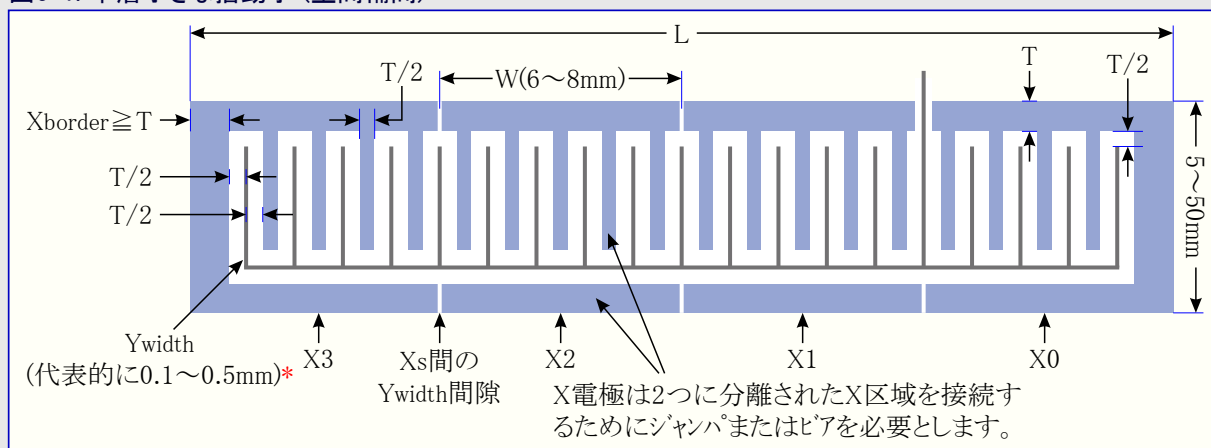
6.3.2.1 摺動子

空間補間した摺動子を構築するには多数の方法がありますが、最も基本的な形式は図6-1.で示されるようなキーの配列を使用することです。これは、 n が使用されるキー数で、概ね、長さで $n \times 6\text{mm} \sim n \times 8\text{mm}$ の摺動子に対し適合できます。より大きな摺動子については抵抗補間設計を使用する必要があるかもしれません(41頁の「6.4 代表的な抵抗補間法」項をご覧ください)。

図6-1.から設計目的に対して摺動子が統合されたXとYの指状の1つの大きな”特大キー”として扱われ得ることを見ることができます。摺動子の両端だけで、キー間に境界はありません。代わりに、各キー間に”追加”のY指状が挿入されます。

注: その特質によるこの方法は単層で配置された電極を持ち、それはY電極がX電極を貫いて切断することを意味します。従って、分離されたX領域を統合されたX領域に接続するためにジャンパまたはビアが必要とされます。

図6-1. 単層小さな摺動子 (空間補間)



YとXの布線の幅が与えられ、最低T幅の縁境界を許す摺動子に合致するX指状(Xfingers)数を計算する必要があります。指状の数が計算された後に残るどの未割当幅も摺動子の端に追加され、故に端境界(Xborder)の幅も計算されなければなりません。

摺動子を設計するには、

1. 摺動子の長さ(L)を決めてください。
2. 摺動子全体に対してXfingersとXborderを計算するのに23頁の「4.2.2 XとYの電極」項での規則を適用して式6-1を使用してください(定義については図6-1をご覧ください)。

式6-1. 摺動子に対するXfingersとXborder用計算

$$\begin{aligned} X_{\text{nominal fingers}} &= \lfloor (L - 3T - Y_{\text{width}}) / (1.5T + Y_{\text{width}}) \rfloor \\ X_{\text{fingers}} &= ((\lfloor X_{\text{nominal fingers}} + 2 \rfloor / \text{キ一数}) \times \text{キ一数}) + 2 \\ X_{\text{border}} &= (L - X_{\text{fingers}}(1.5T + Y_{\text{width}}) - T - Y_{\text{width}}) / 2 \end{aligned}$$

ここで、

- 「 $\lfloor \sim \rfloor$ 」はその数よりも大きくない最大整数として定義されるFLOOR演算子で、即ち、最も近い整数に切り捨て丸めます。例えば、 $\lfloor 6.6 \rfloor$ は6です。

3. 以下で摺動子内の各キーの幅(W)が6～8mmの間であることを調べてください。

$$W = ((X_{\text{fingers}} + 2) / \text{キ一数}) \times (1.5T + Y_{\text{width}}) - Y_{\text{width}}$$

W<6mmなら、次の1つを行うことを考慮してください。

- 摺動子をより少ないキー数に割ってください。

- 摺動子をより少し長くしてください。

W>8mmなら、次の1つを行うことを考慮してください。

- (制御器がより多くのキーを支援するなら) 摺動子をより多いキー数に割ってください。

- 摺動子をより少し短くしてください。

- 摺動子を人為的により小さな断片に割るために抵抗補間設計を使用してください(41頁の「6.4.2 1層の中間/大きな摺動子または輪」項をご覧ください)。

4. 各キーでのX指状の数を計算することによってキー間の間隙がどこで起こるかを決めます。

内部キーについてこれは'(Xfingers+2)/キー数'と等価です。けれども、摺動子の端でX指状が境界に没入されるので、端のキーの各々でX指状が1つ少なくなります。例えば、[図6-1](#)で4つのキーでのX指状の数が各々4,5,5,4です。

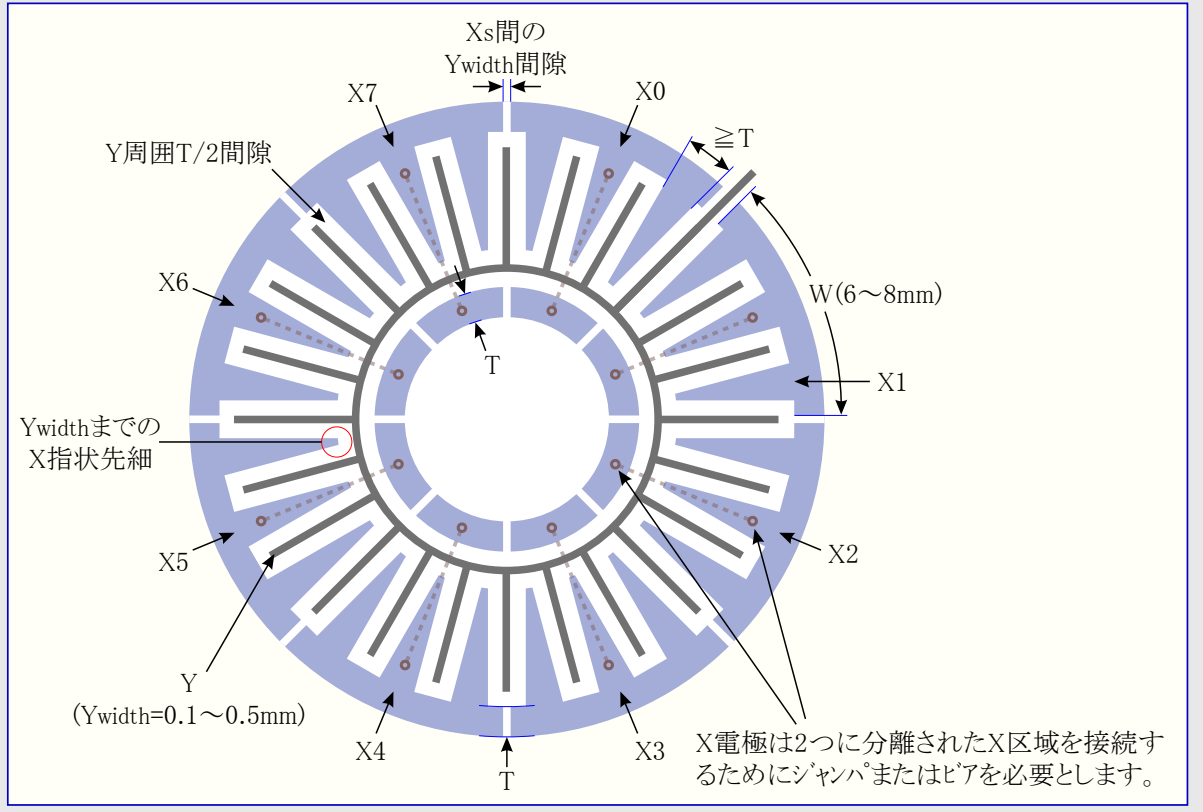
それらが端で共有されるY指状を持たないので外側の2つのキーは勿論僅かに多いXとYの結合を持ち、これが普通です。

6.3.2.2 輪

輪に対する感知部設計は本質的に摺動子に対するそれと同じですが、キーの配列が円形式で配置され(図6-2をご覧ください)、端境界がありません。この設計は最低6キーとで構築される直径15~21mmの輪に対して使用することができます。

指動子と同様に、輪に対するX指状の数を計算する必要があります。けれども、端境界がないため、Xborderは計算されず、指状の数が計算された後で残りの未割当幅もX指状に渡って等しく分配されます。

図6-2. 単層小さな輪 (空間補間)



輪を設計するには、

1. 輪の直径(D)を決めてください(15~21mm)。
2. 輪内の各キーの外弧(W)が6~8mmであることを以下で調べてください。

$$W = \pi D / \text{キー数} - Ywidth$$

W<6mmなら、次の1つを行うことを考慮してください。

- 輪をより少ないキー数に割ってください。
- 輪の直径をより大きくしてください。

W>8mmなら、次の1つを行うことを考慮してください。

- (制御器がより多くのキーを支援するなら)輪をより多いキー数に割ってください。
- 輪の直径をより小さくしてください。
- 輪を人為的により小さな断片に割るために抵抗補間設計を使用してください(41頁の「6.4 代表的な抵抗補間法」項をご覧ください)。

3. 23頁の「4.2.2 XとYの電極」項での規則を適用して式6-2.を使用してください(定義については図6-2.をご覧ください)。

式6-2. 輪に対するXfingers用計算

$$X_{\text{nominal fingers}} = \lfloor (\pi D / (2T + Ywidth)) \rfloor$$

$$X_{\text{fingers}} = (\lfloor X_{\text{nominal fingers}} / \text{キー数} \rfloor) \times \text{キー数}$$

ここで、

- $\lfloor \sim \rfloor$ はその数よりも大きくない最大整数として定義されるFLOOR演算子で、即ち、最も近い整数に切り捨て丸めます。例えば、 $\lfloor 6.6 \rfloor$ は6です。

4. 各キーでのX指状の数を計算することによってキー間の間隙がどこで起こるかを決めます($X_{\text{fingers}} / \text{キー数}$)。

今や輪を描くことができます。X指状は(先尖りではなく)Ywidthまでか、または僅かに大きく先細り、この先細りは輪の内径を決めます。

6.3.3 1層の中間/大きな摺動子または輪

より長い摺動子や大きな輪を作るための空間補間単層楕円形キー配列は複雑な配置のため、摺動子長や輪の直径を増すのに理想的な方法ではありません。この方法で摺動子と輪を設計することが可能とはいえ、そのように行う複雑さは抵抗補間した摺動子や輪の使用をより一層有利にします。

抵抗補間した摺動子と輪のより多くの情報については41頁の「6.4.2 1層の中間/大きな摺動子または輪」項または42頁の「6.4.3 2層の中間/大きな摺動子または輪」項をご覧ください。

6.3.4 2層の小さな摺動子または輪

6.3.4.1 序説

この感知部形式は充满X設計(28頁の「4.3.1 充满X 2層法」項をご覧ください)を使用し、3つ以上のチャネルで動作することができます。層分離規則を行うため、28頁の4.3.1項で一覧にされる基本的な配置規則が未だ適用されます。

6.3.4.2 摺動子

摺動子設計時にX電極の高さが8mm以下なら、図6-3.のように単一Y布線を使用することができます。けれども、摺動子がより高くなると、最大間隔を4mmに保つためにもっとY”分岐線”が追加されなければなりません(図6-4.をご覧ください)。

図6-3. 2層小さな摺動子:単一Y布線 (空間補間)

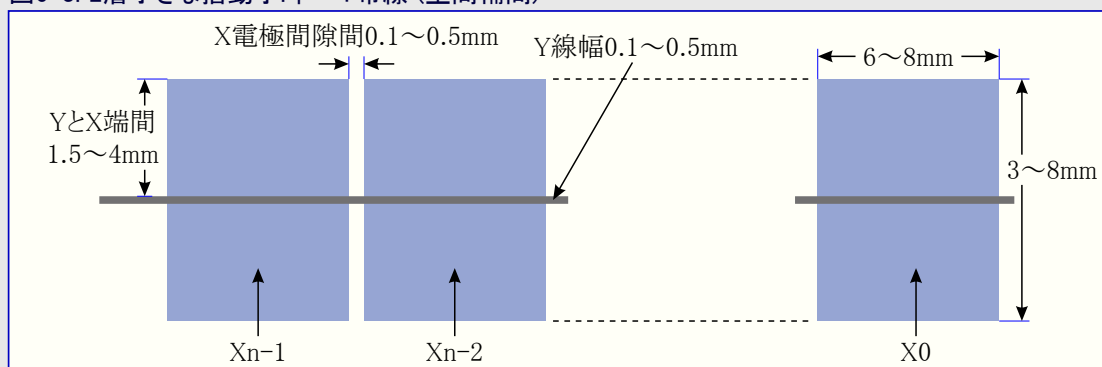
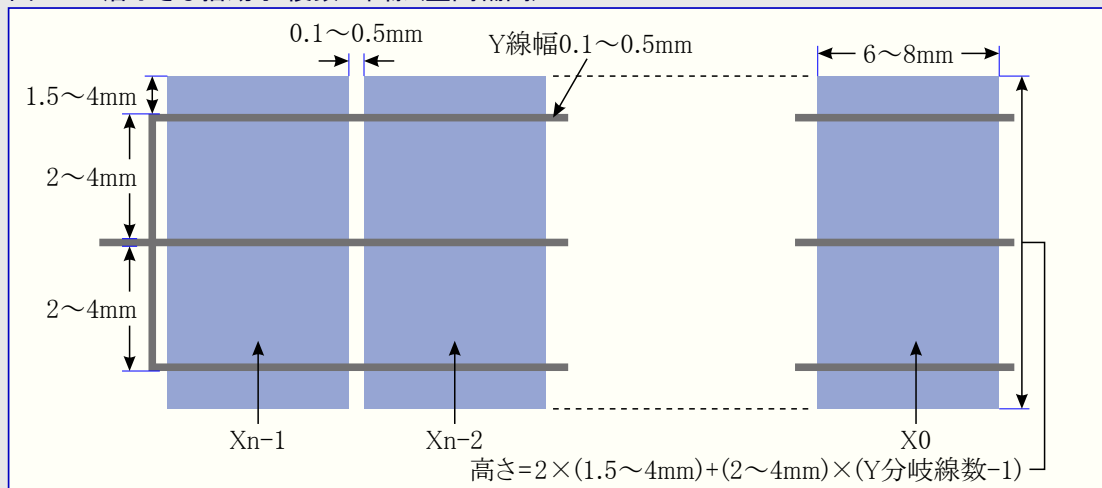
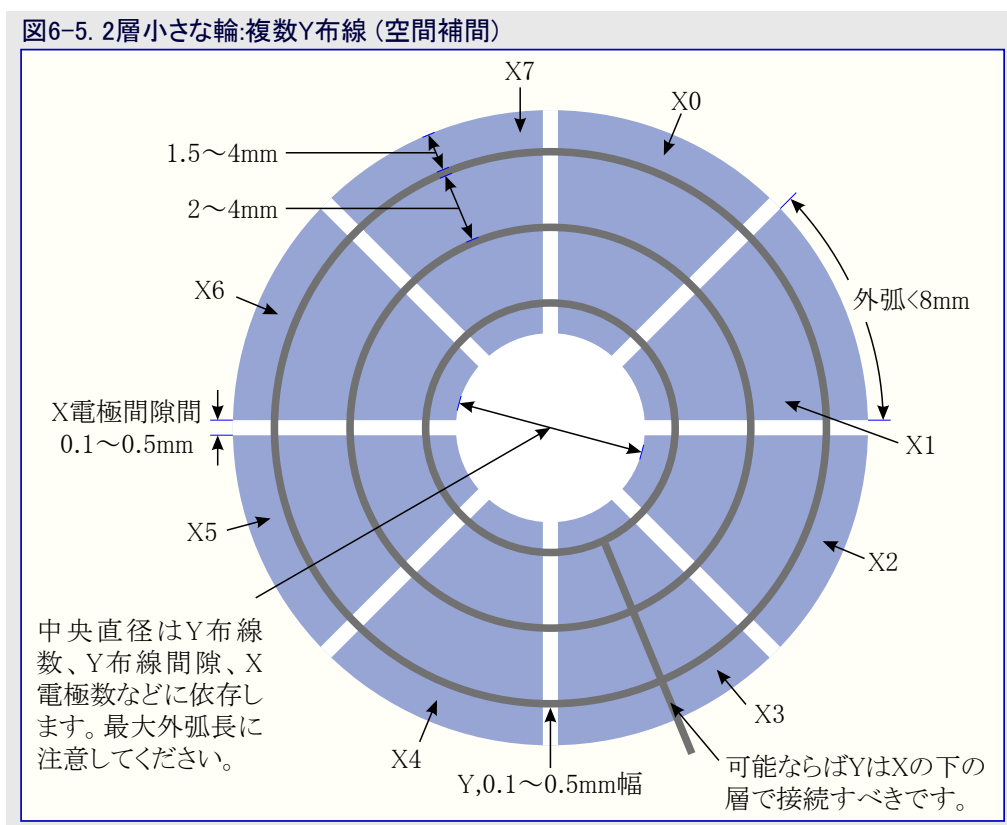


図6-4. 2層小さな摺動子:複数Y布線 (空間補間)



6.3.4.3 輪

輪を形成するのに、設計は単に楔形になるX区部を持つ円を形成するように取り囲まれます(図6-5をご覧ください)。それらの間に最大4mmの間隙を保证するため、摺動子設計での”分岐線”と同様に、必要な数のY”円”があるべきことに注意してください。



6.3.5 2層の中間/大きな摺動子または輪

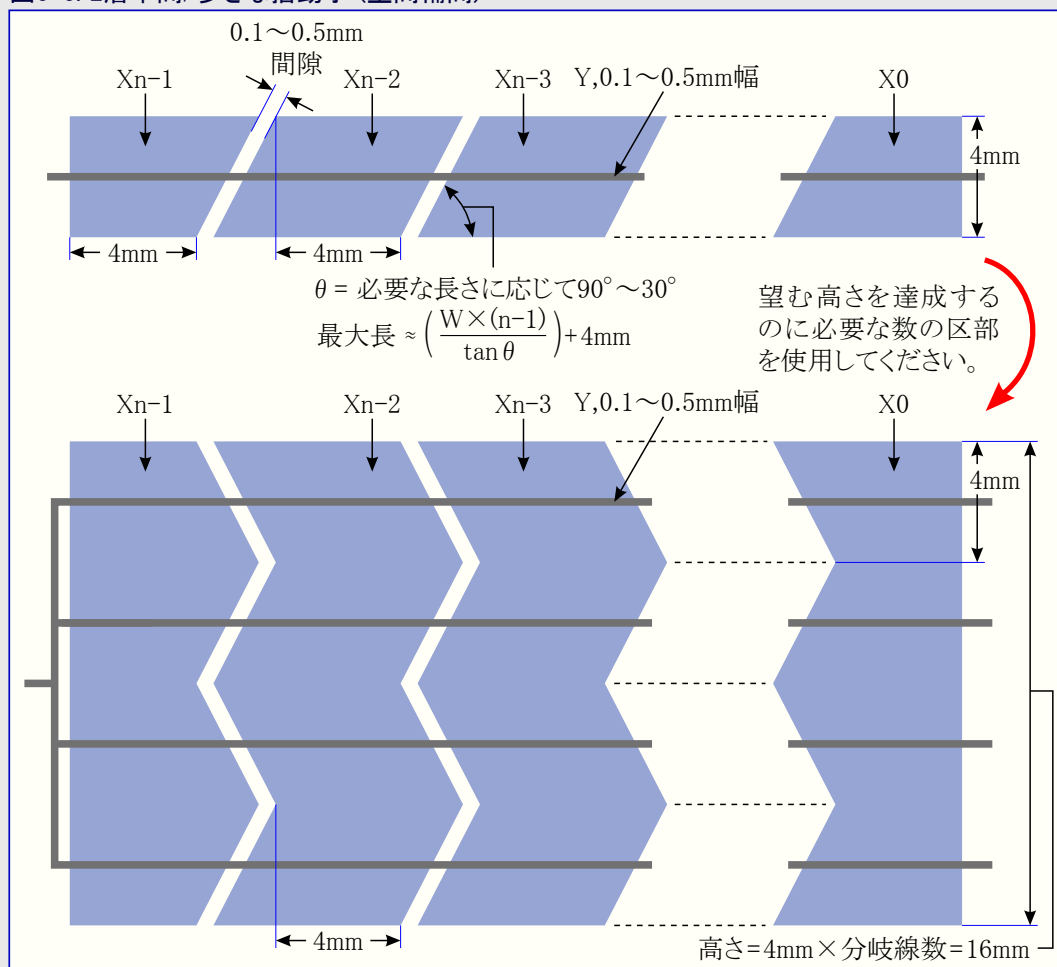
6.3.5.1 序説

2層の中間/大きな摺動子と輪を構築する時に電極は斜面”区部”から構築されます。

6.3.5.2 摺動子

摺動子について、図6-6.で示されるように、各”区部”は4mm高で、摺動子は必要とする高さを得るのに必要な数の区部から構築されます。ジグザグ効果を与えるために図6-6.で斜面”区部”の方向が交互する方法に注意してください。

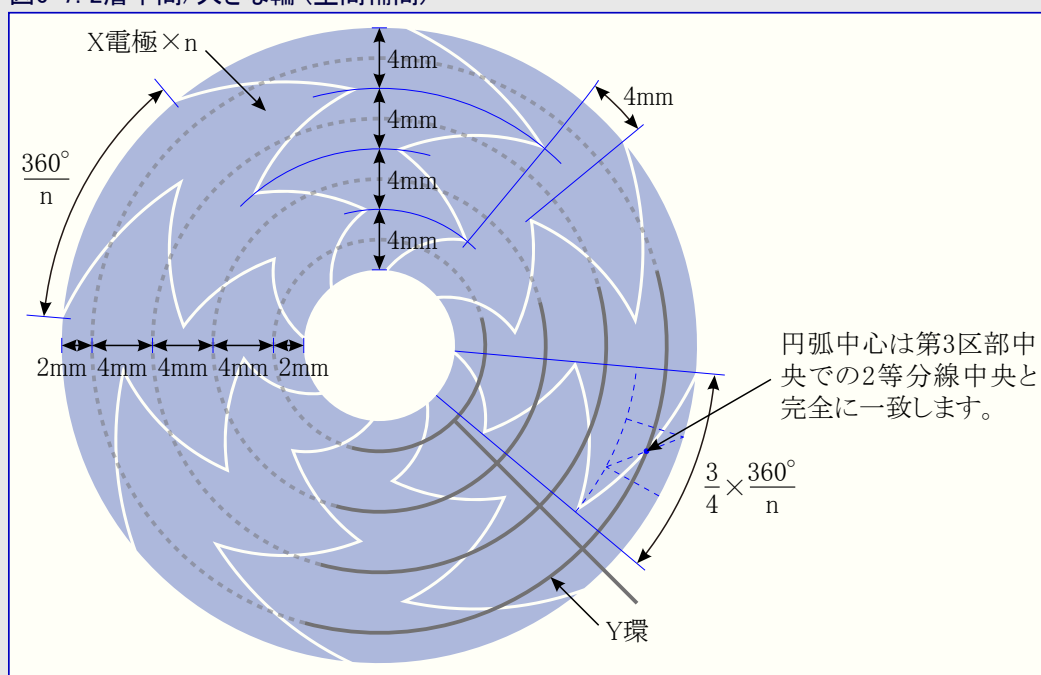
図6-6. 2層中間/大きな摺動子 (空間補間)



6.3.5.3 輪

輪を形成するため、設計は円を形成するように回りを囲み、X区部は曲がった歯状になります(図6-7をご覧ください)。

図6-7. 2層中間/大きな輪 (空間補間)



6.4 代表的な抵抗補間法

6.4.1 序説

この方法は抵抗によって接続されるキー区部の配列を用います。この方法の利点は感知部内の各キー(またはチャネル)が1つ以上の区部によって形成されることです。これは35頁の6.3項で記述される空間補間法で可能なものよりもより大きな摺動子と輪の構築を可能にします。

この方法はQMatrixチップに最も適合します。これは全てのmaXTouchデバイスで使用することができません。

注: チャネルに対する順番は感知部が増加かまたは減少のどちらかで単に方向を決めます(摺動子に対して左/右または上/下、輪に対して時計回り/反時計回り)。チャネル順の特定必要条件については特定チップのデータシートを参照してください。

6.4.2 1層の中間/大きな摺動子または輪

基本的な設計は35頁の6.3.2項で示されるものと同じです。けれども、感知部の長さや直径を増すために、追加の区部がX線で抵抗分割部を用いて作成されます。

図6-8. 1層の中間/大きな摺動子 (抵抗補間)

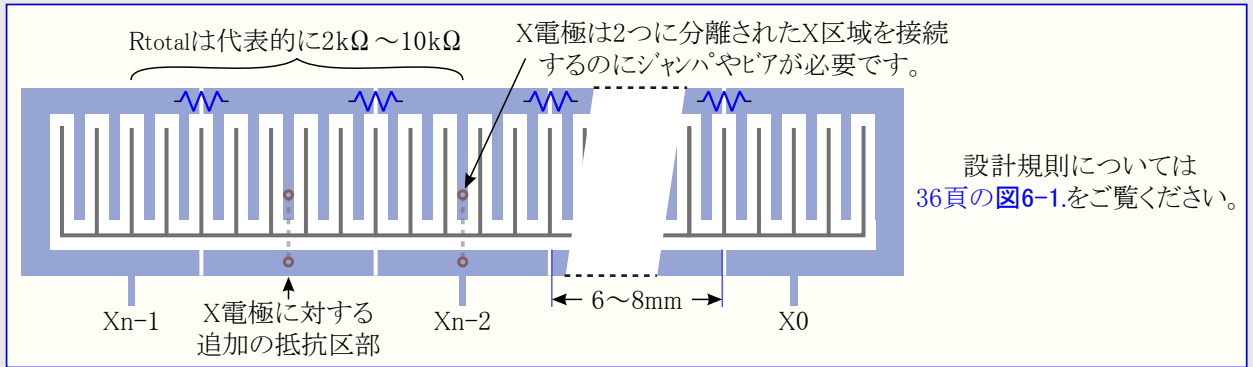
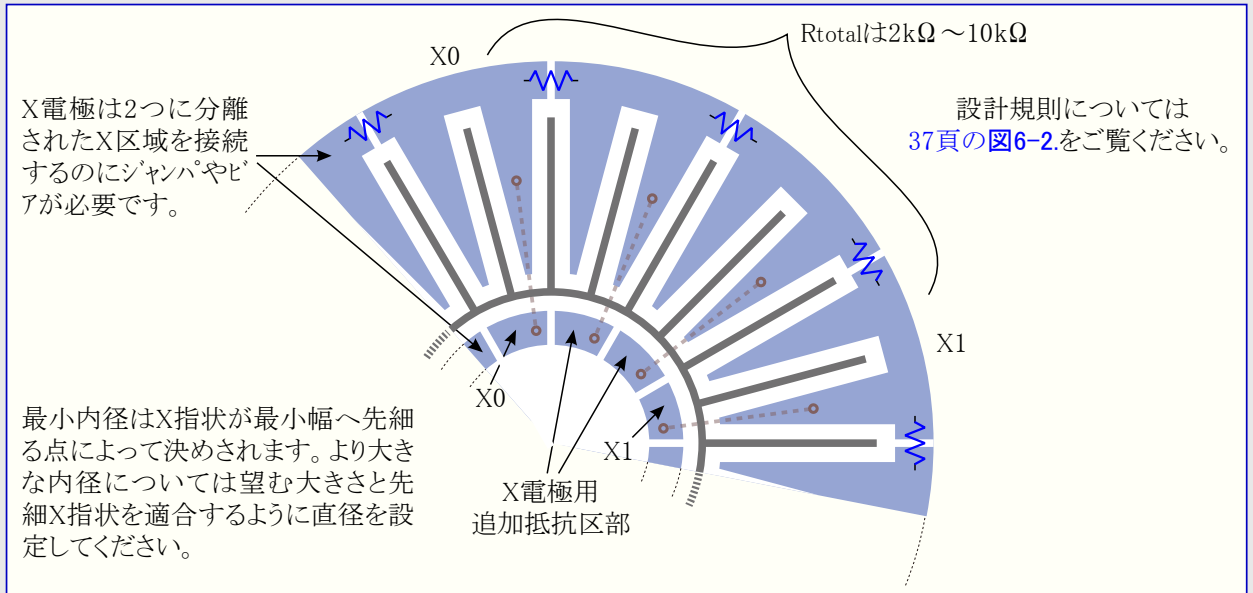


図6-9. 1層の中間/大きな輪 (抵抗補間)



6.4.3 2層の中間/大きな摺動子または輪

流し込みX設計を用いる時のより大きな摺動子と輪の作成は、X線で抵抗分割部を使用して追加の区部が導入されることを除き、38頁の「6.3.4 2層の小さな摺動子または輪」項で同じ原理に従います。

図6-10. 2層中間/大きな摺動子 (抵抗補間)

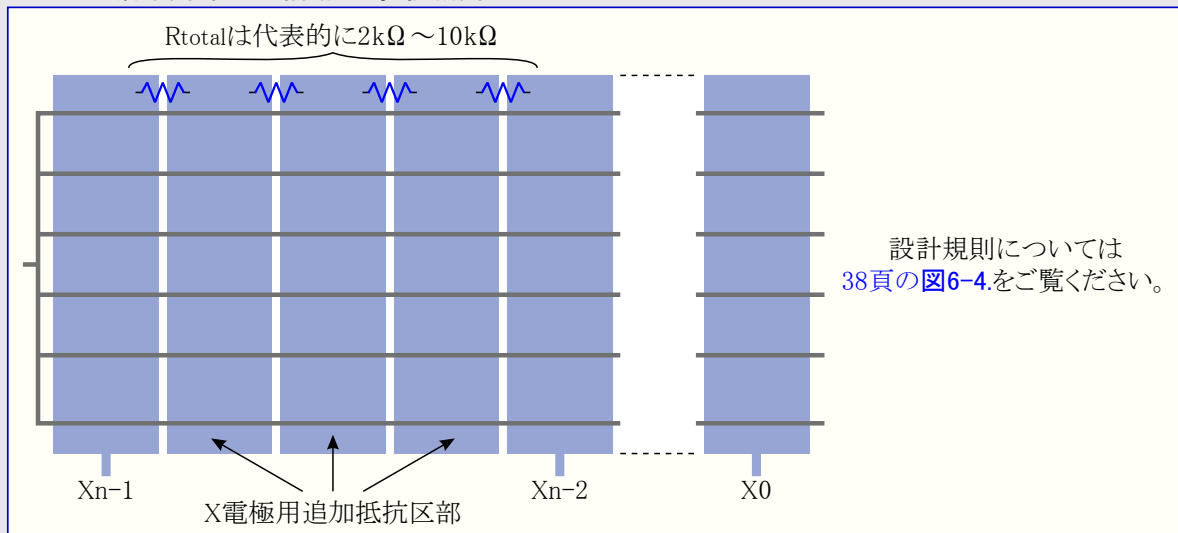
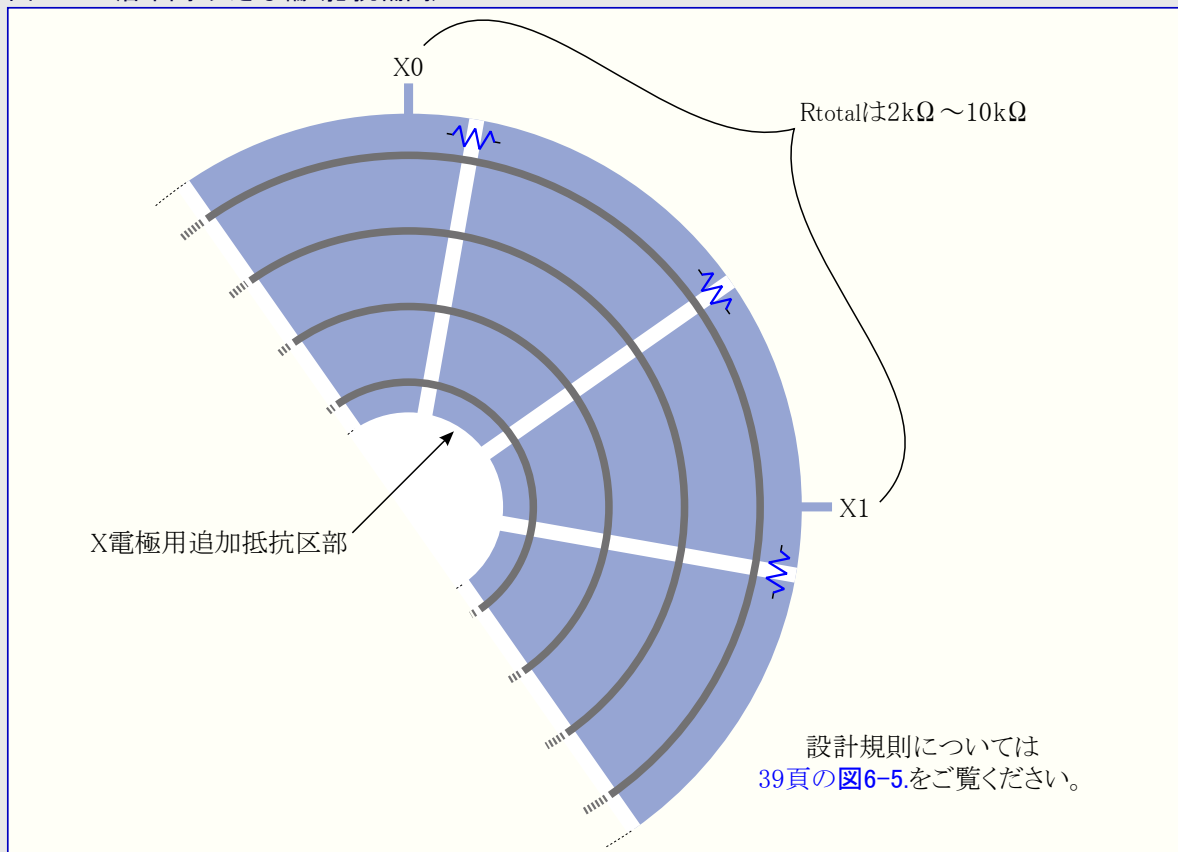


図6-11. 2層中間/大きな輪 (抵抗補間)



1次元感知部

接触中に指の直線的な(即ち、単一軸に沿う)移動を検知する感知部。1次元感知部の代表的な実装は摺動子と輪です。

感知部

接触を検出する部品。即ち、0次元釦、1次元摺動子や輪、2次元接触画面や接触パッド¹。感知部は1つ以上の電極から成ります。

キー

釦をご覧ください。

基材

電極を載せる基本材料。基材は通常、PCB材料、アクリル、ポリカーボネート、硝子のような低損失材料ですが、殆ど絶縁材料でもあり得ます。

自己容量感知部

感知部制御器へ1つだけの直接的な接続を持つ感知部。自己容量感知部は全ての方向で電場を放出する傾向にあります。この形式の感知部はQTouch[®]感知部制御器での使用のための感知部実装に適合します。

「相互容量感知部」もご覧ください。

摺動子

接触時に容量を変える電極の1次元配置で、1軸で計算されることを接触位置に許します。

小変動(ジッタ)

一定の接触が印加される時に軸に対して報告される位置での最大不一致。代表的にこの小変動は本質的に不揃いでガウス分布⁽¹⁾を持ち、従って最大不一致の測定は或る期間、一般的に数秒に渡って行われなければなりません。小変動は一般的に問題の軸の%として測定されます。

例えば、Xで±0.5%小変動とYで±1%小変動を示す100×100mm接触画面は報告される平均座標からXで±0.5mmとYで±1mmの最大偏差を示します。報告される平均座標に比例する小変動を定義することにより、直線性の影響が無視されることに注意してください。

接触画面

接触時に容量を変える電極の2次元配置で、XとYの両軸で計算されることを接触位置に許します。XY計算からの出力は数字の対で代表的に接触画面有効領域の範囲を表す、各々が0～1023の範囲に及ぶ10ビットです。

節点

感知部制御器が容量変化を検出することができる容量測定点の1つ。接点とチャネルは実際には同じことですが、用語の節点はそれが空間分布の感覚をより良く伝えるため、接触画面や摺動子の文脈で使われます。

「チャネル」もご覧ください。

0次元感知部

単一点の接触を表す感知部。0次元感知部の代表的な実装はキーです。

線

物理的な布線に対照する物として接触の検出に使用される論理的なXまたはYの線

相互容量感知部

X(送信)電極とY(受信)電極で、感知部の2つの部分に対して2つの接続を持つ感知部。XからYへの相互容量は感知部制御器によって測定されます。この形式の感知部はQMatrix[®]感知部制御器で使用するための感知部実装に適合します。

「自己容量感知部」もご覧ください。

1. 時々、鐘形分布または正規分布と呼ばれます。

チャネル

感知部制御器が静電容量変化を検出することができる容量測定点の1つ「節点」もご覧ください。

直線性

1つの軸での絶対接触位置に相対するその軸で報告される接触座標の最大偏差の測定法。これは度々非直線性として参照されます。その軸(単独)に沿う接触運動を知覚される領域としてそれら自身を明らかにするXまたはYのどちらかの軸での非直線性は報告された座標で正しく反映されず、移動が速すぎまたは遅すぎの感覚を与えます。直線性は問題の軸の%として測定されます。

各軸に対して、真の座標対報告された座標のグラフは45°で完全に真っ直ぐであるべきです。非直線性はこの理想線からこのグラフを外れさせます。チップ上の直線化表を用いてあまり大きくない非直線性を補正することが可能ですが、この補正はより強い補正が必要とされる領域で分解能に対して直線性を交換します(非直線性を補正することに伸長や圧縮の効果があるので、故にそれらの領域で分解能を変えます)。直線性は一般的に小変動(ジッタ)の影響を取り去るため十分に濾波されたデータを使用して測定されます。例えば、±1%の非直線性を持つ100mm摺動子は真の位置からどちらの方向でも多くても1mm離れた位置を報告します。

手の影

使用者の指よりもむしろそれが感知部上にかざす時に使用者の手から誤った偽の接触が検出される状況。この影響は手の割に感知部が特に大きい時に起きます。これは大きな自己容量摺動子と輪に対して特に問題です。[30頁の5.2.3項](#)をご覧ください。

電極

感知部を形成する基材上での導電材料の小区画。電極は通常(しかし常ではなく)、銅箔、炭素、銀インク、PEDOT、酸化インジウム錫(ITO)から作られます。

2次元感知部

2つの軸にそって接触中に指の移動を検出する感知部。2次元感知部の代表的な実装は接触画面と接触パッドです。

偽接触

Y布線とX布線の相互作用によって起こされる予期せぬキー検出。偽接触はXとYが近すぎて、それらの間の場が接触によって影響を及ぼされることが可能な何処でも起き得ます。[26頁の4.2.4項](#)をご覧ください。

2接触

2つの同時接触を報告する接触画面の能力。接触は2つの独立したXY座標の組として報告されます。

パネル

使用者によって接触される接触画面または接触パッドの前面または最上位の層。一般的な前面パネル材料は硝子、フレキシガラス(アクリル樹脂)、ポリカーボネート、PMMAを含みます。

非平面的構成

電極が接触パネルの内面で作られ、接触感知回路の残りを主容量接触回路基板で持って電極から離れる構成の方法。この構成形式は平面的形式の構成に対していくつかの利点を持ちます。[21頁の3.3項](#)をご覧ください。

「平面的構成」もご覧ください。

分解能

その軸に対して報告される座標で変化を引き起こす摺動子または接触画面に於ける軸での最小移動の尺度。分解能は通常、ビットで表され、問題の軸全体に渡る分解能に対して参照する傾向にあります。例えば、100mmの長さの摺動子と10ビットの分解能は0.0977mmの移動を解明することができます。報告される位置での小変動(ジッタ)は利用可能な分解能を落とします。

複数接触

複数同時接触を報告する接触画面の能力

「2接触」もご覧ください。

平面的構成

感知部用の電極と布線が絶縁基材(例えば、PCBまたはフレキシブルPCB)の同じ面で作られる構成の方法。[17頁の3.2項](#)をご覧ください。

「非平面的構成」もご覧ください。

釐

接触または非接触の状態(ONまたはOFF)の検出を許し、接触した時に静電容量を変える単純な0次元電極配置

改訂履歴

改訂番号	履歴
改訂A - 2011年8月	資料の初版公開



本社

Atmel Corporation

2325 Orchard Parkway
San Jose, CA 95131
USA
TEL 1(408) 441-0311
FAX 1(408) 487-2600

国外営業拠点

Atmel Asia

Unit 1-5 & 16, 19/F
BEA Tower, Millennium City 5
418 Kwun Tong Road
Kwun Tong, Kowloon
Hong Kong
TEL (+852) 2245-6100
FAX (+852) 2722-1369

Atmel Munich GmbH

Business Campus
Parking 4
D-85748 Garching b. Munich
GERMANY
TEL (+49) 89-31970-111
FAX (+49) 89-3194621

Atmel Japan

104-0033 東京都中央区
新川1-24-8
東熱新川ビル 9F
アトメル ジャパン株式会社
TEL (+81) 03-3523-3551
FAX (+81) 03-3523-7581

Touch Technology Division

1560 Parkway
Solent Business park
Whiteley
Fareham
Hampshire
PO15 7AG
UNITED KINGDOM
TEL (+44) 844 894 1920
FAX (+44) 1489 557 066

製品窓口

ウェブサイト

www.atmel.com

技術支援

avr@atmel.com

販売窓口

www.atmel.com/contacts

文献請求

www.atmel.com/literature

お断り: 本資料内の情報はAtmel製品と関連して提供されています。本資料またはAtmel製品の販売と関連して承諾される何れの知的所有権も禁反言あるいはその逆によって明示的または暗示的に承諾されるものではありません。Atmelのウェブサイト位置する販売の条件とAtmelの定義での詳しい説明を除いて、商品性、特定目的に関する適合性、または適法性の暗黙保証に制限せず、Atmelはそれらを含むその製品に関連する暗示的、明示的または法令による如何なる保証も否認し、何ら責任がないと認識します。たとえばAtmelがそのような損害賠償の可能性を進言されたとしても、本資料を使用できない、または使用以外で発生する(情報の損失、事業中断、または利益の損失に関する制限なしの損害賠償を含み)直接、間接、必然、偶然、特別、または付随して起こる如何なる損害賠償に対しても決してAtmelに責任がないでしょう。Atmelは本資料の内容の正確さまたは完全性に関して断言または保証を行わず、予告なしでいつでも製品内容と仕様の変更を行う権利を保留します。Atmelはここに含まれた情報を更新することに対してどんな公約も行いません。特に別の方法で提供されなければ、Atmel製品は車載応用に対して適当ではなく、使用されるべきではありません。Atmel製品は延命または生命維持を意図した応用での部品としての使用に対して意図、認定、または保証されません。

© Atmel Corporation 2011. 不許複製 Atmel®、Atmelロゴとそれらの組み合わせ、QMatrix®、QTouch®とその他はAtmel Corporationの登録商標で、maXTouch™とその他は商標またはその付属物です。他の用語と製品名は一般的に他の登録商標または商標です。

© HERO 2017.

本応用記述はAtmelのATAN0079応用記述(改訂10752A-08/11)の翻訳日本語版です。日本語では不自然となる重複する形容表現は省略されている場合があります。日本語では難解となる表現は大幅に意識されている部分もあります。必要に応じて一部加筆されています。頁割の変更により、原本より頁数が少なくなっています。

必要と思われる部分には()内に英語表記や略称などを残す形で表記しています。

青字の部分はリンクとなっています。一般的に赤字の0,1は論理0,1を表します。その他の赤字は重要な部分を表します。