

# 藝大生のための 電子基板制作

2022.07.26

東京藝術大学 芸術情報センター

特任助教 松浦知也 [me@matsuuratomo.ya.com](mailto:me@matsuuratomo.ya.com)



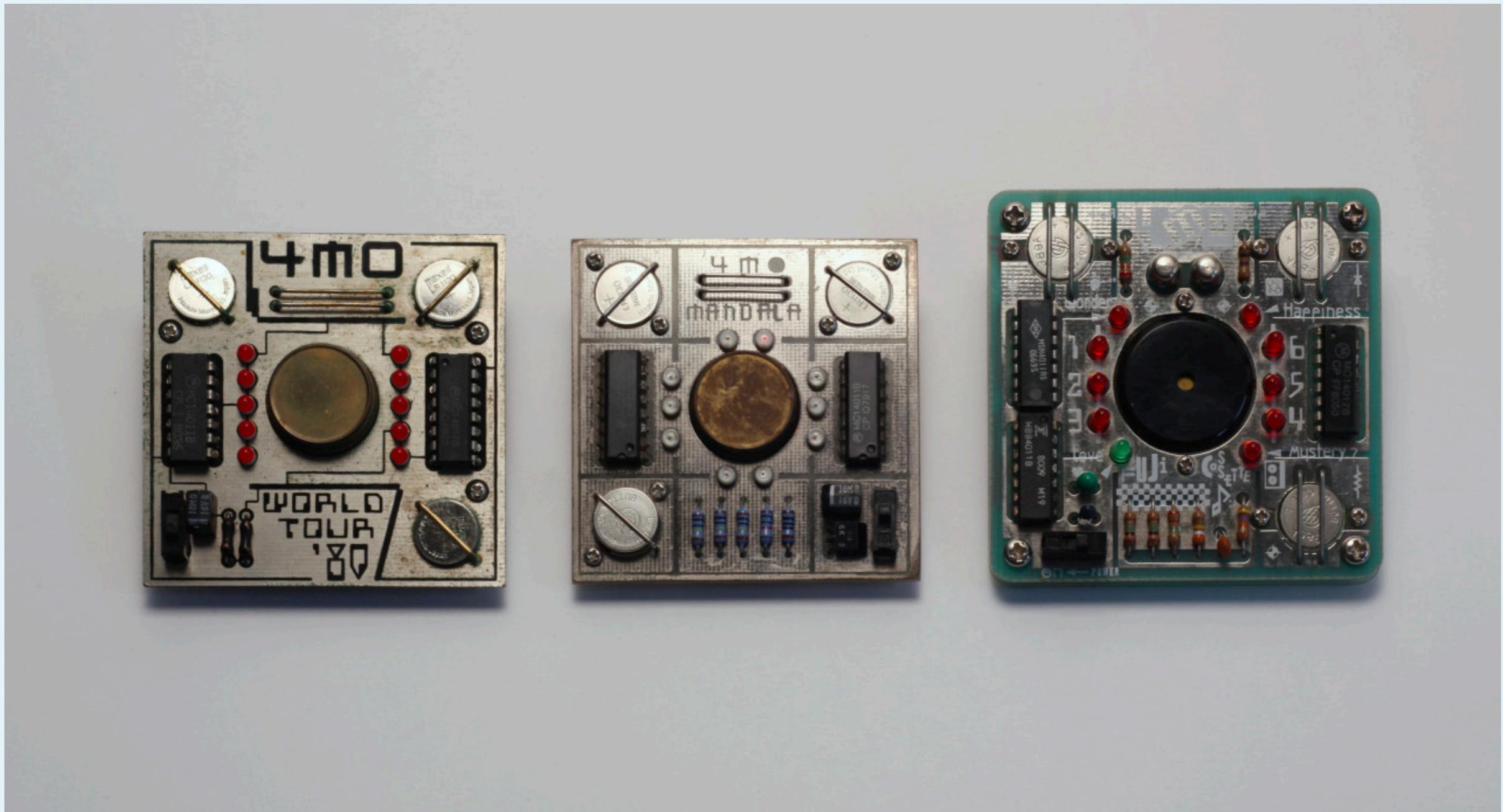


電子回路  
基板は表現の  
メディアである

# Kraakdoos/Cracklebox(Michel Waisvisz)



# YMO techno badge (藤幡正樹)



<https://masaki-fujihata.tumblr.com/post/101752504484/ymo-techno-badge-1980>

# Tristan Perich

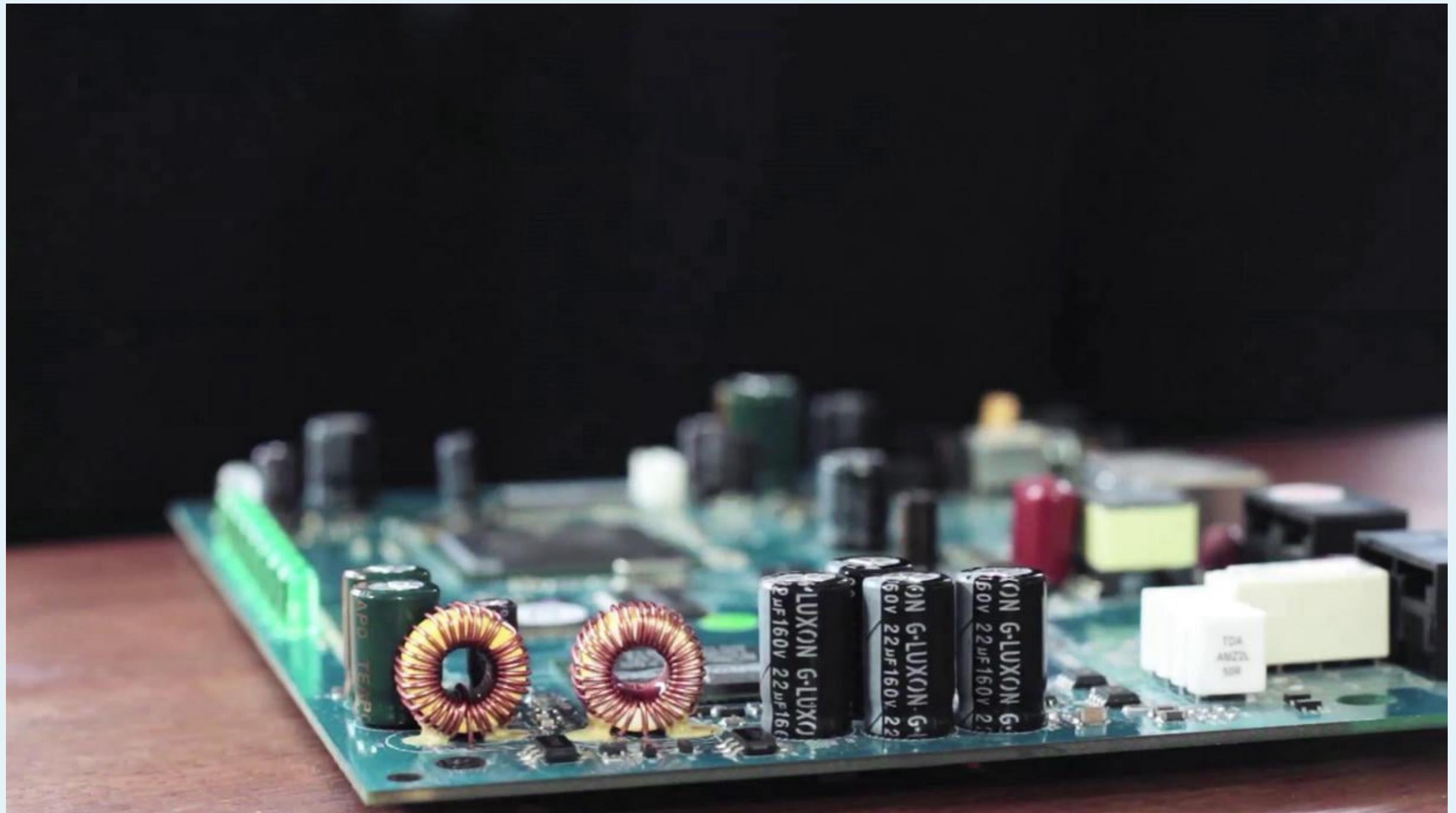


[http://www.tristanperich.com/#Album/1\\_Bit\\_Music](http://www.tristanperich.com/#Album/1_Bit_Music)



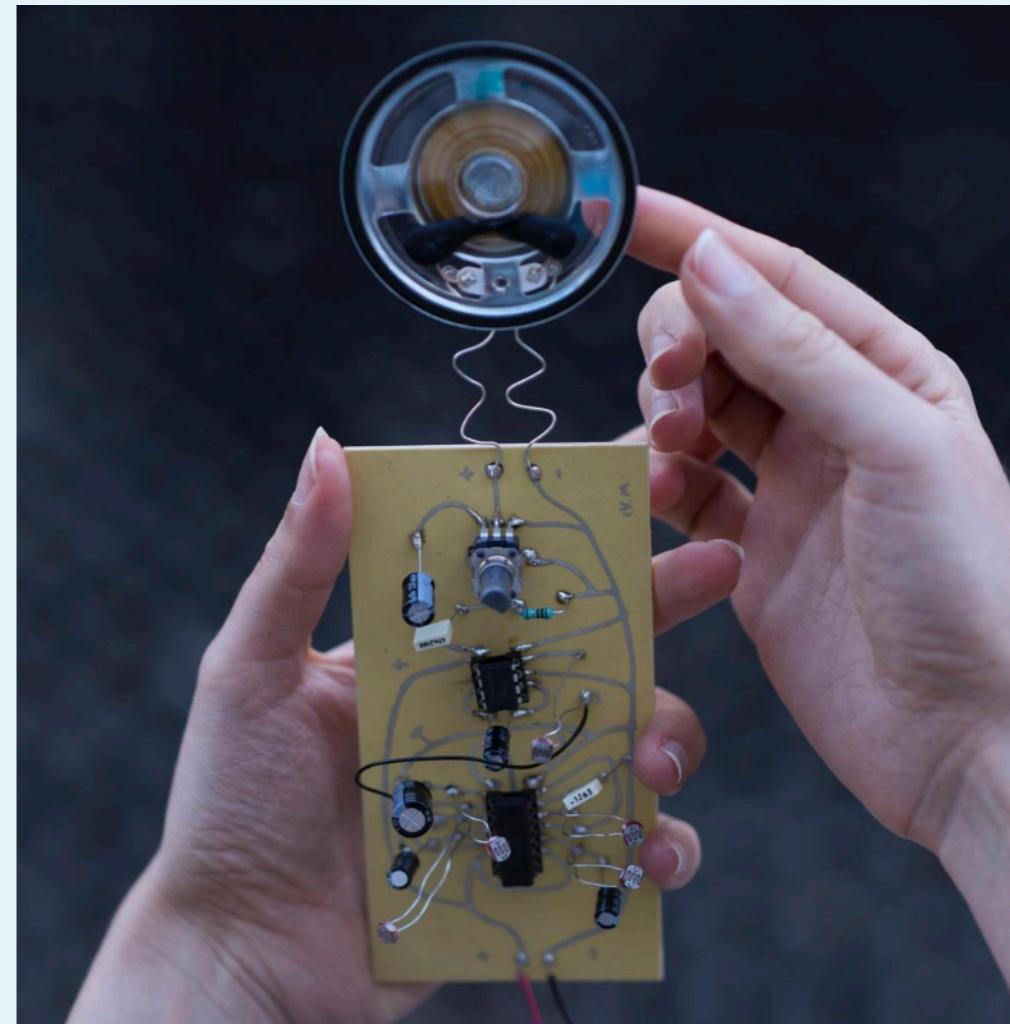
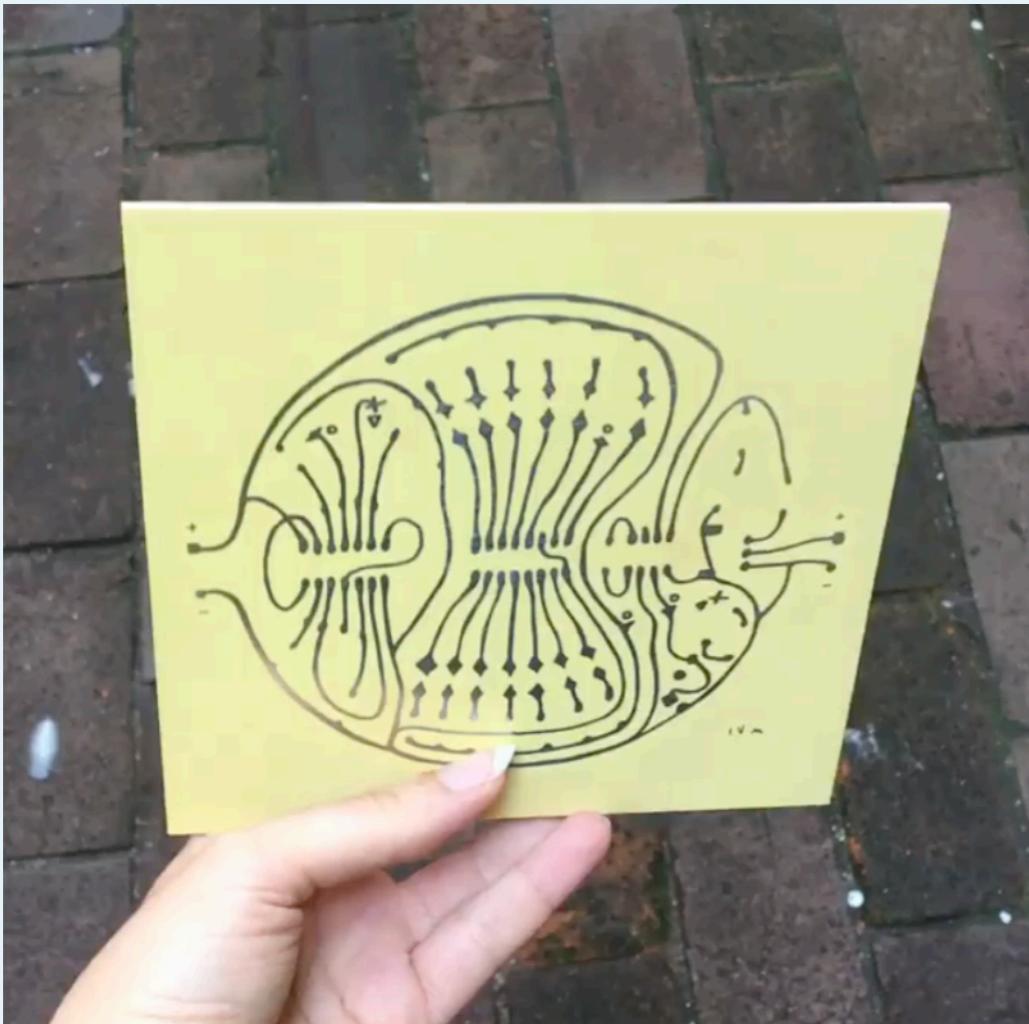
[http://www.tristanperich.com/#Album/Noise\\_Patterns](http://www.tristanperich.com/#Album/Noise_Patterns)

# Tube Map Radio(Yuri Suzuki)



<https://vimeo.com/48937359>

# Ioana Vreme Moser



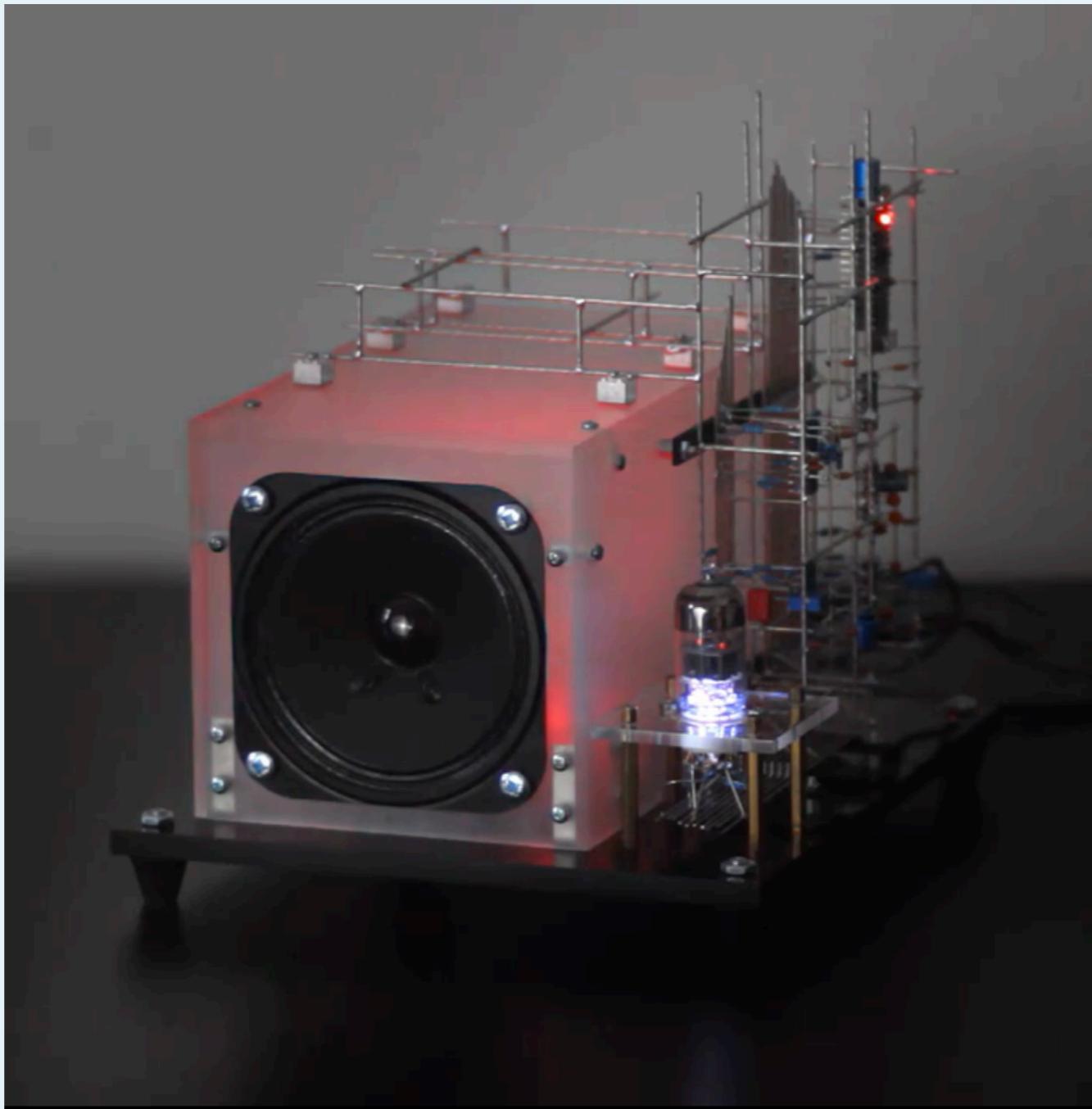
<https://www.instagram.com/ioana.vreme.moser/>

# Peter Vogel



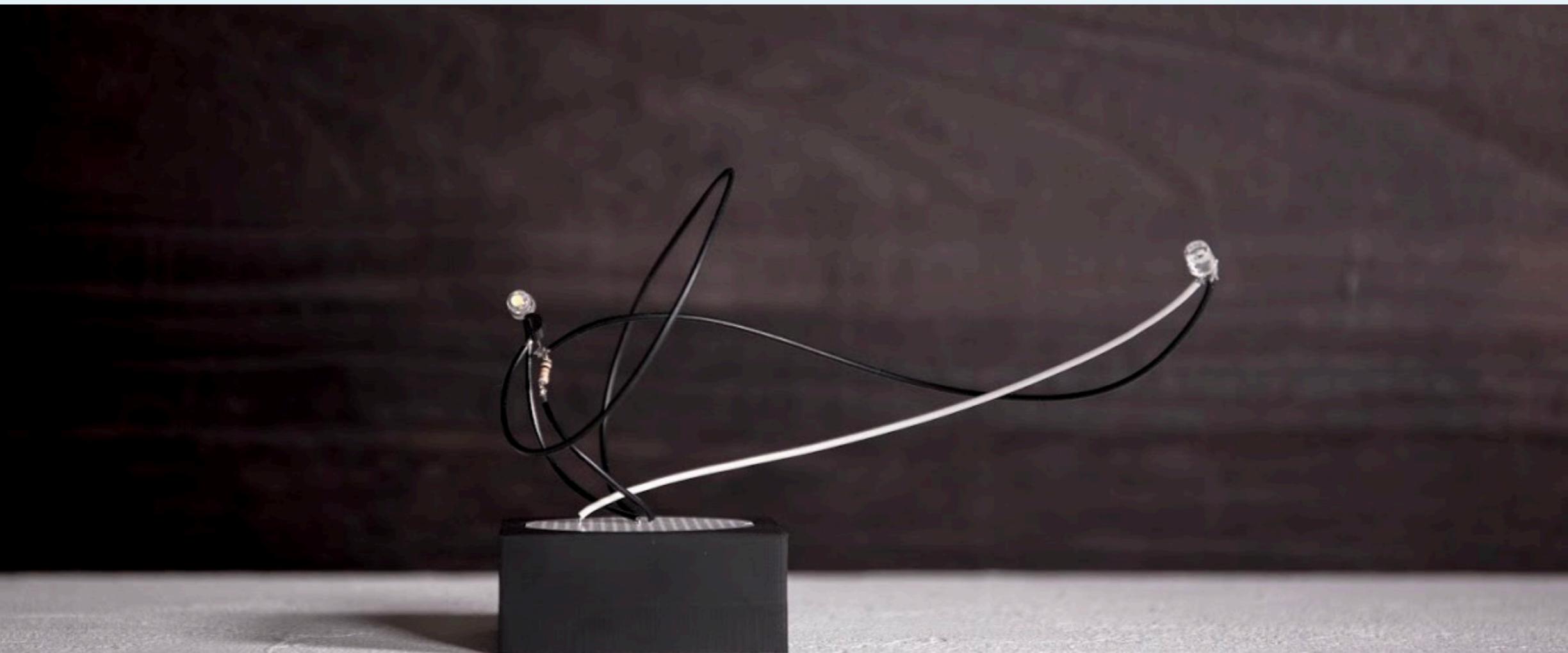
<https://www.youtube.com/watch?v=NlixUuoDrHw>

# Eirik Brandal



<https://www.instagram.com/p/CYmRmb5hWAX/>

# 活線プロジェクト (ひつじ)



<https://github.com/tenari-jp/electrical-Ikebana>

# 電-磁器(キンミライガッキ)



<https://www.youtube.com/watch?v=UUSdIEzCNQY>

# 1Bit 1Hz CPU(CW&T)



<https://vimeo.com/58737613>

# 今回作るもの

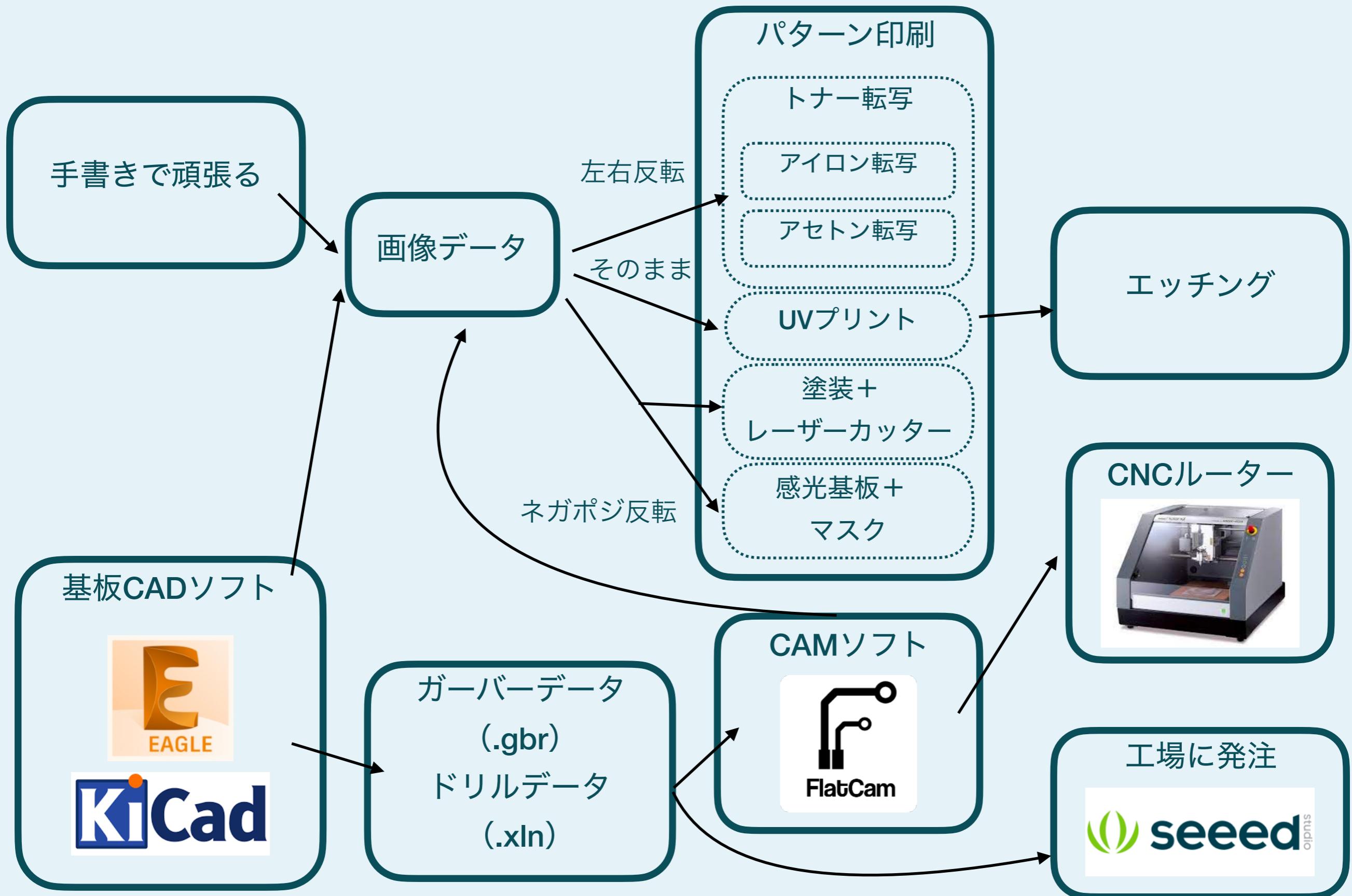
# BioSynth(LifePatch+Hackteria)

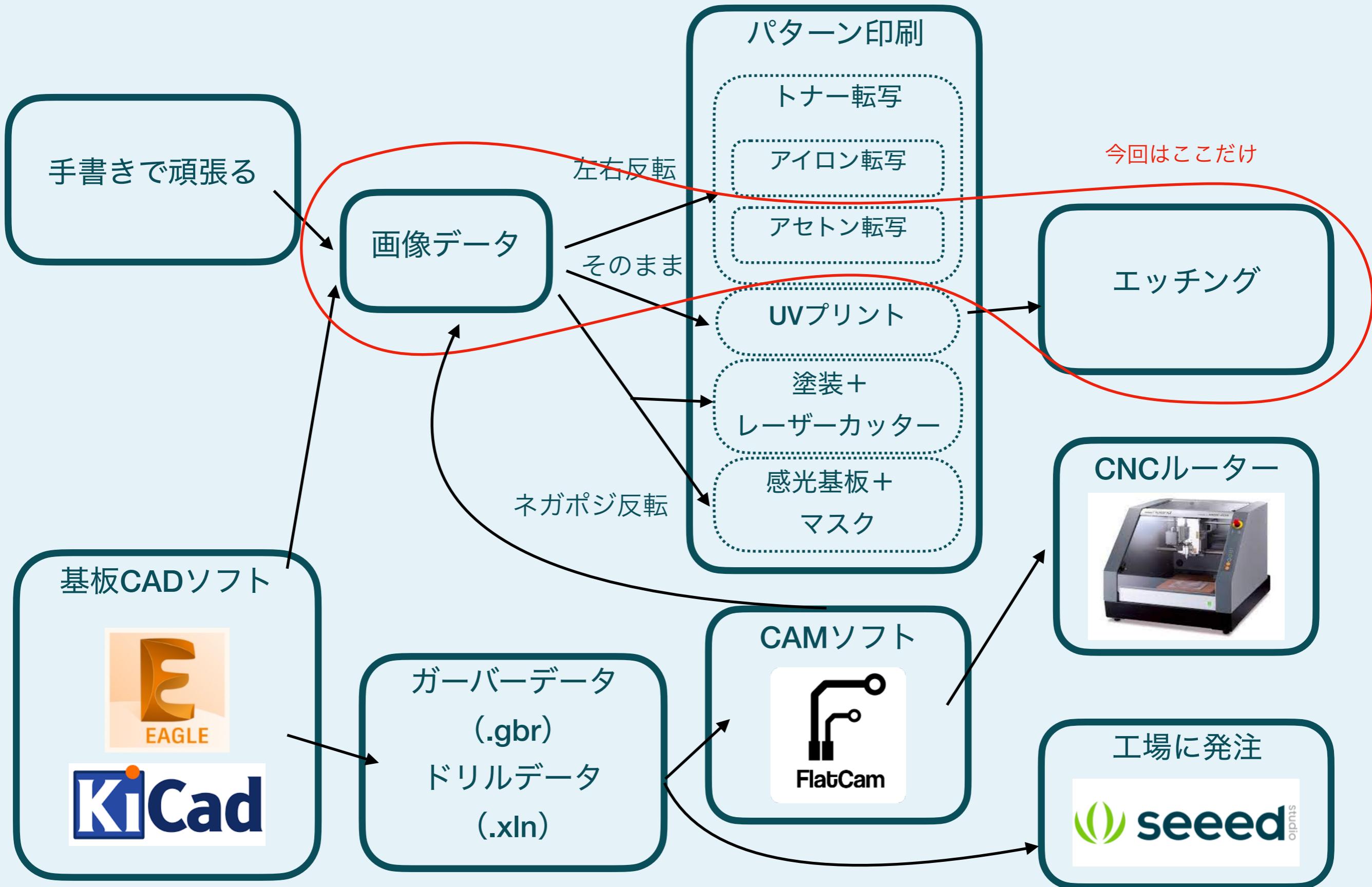


[https://github.com/squaresolid/tiger\\_biosynth](https://github.com/squaresolid/tiger_biosynth)

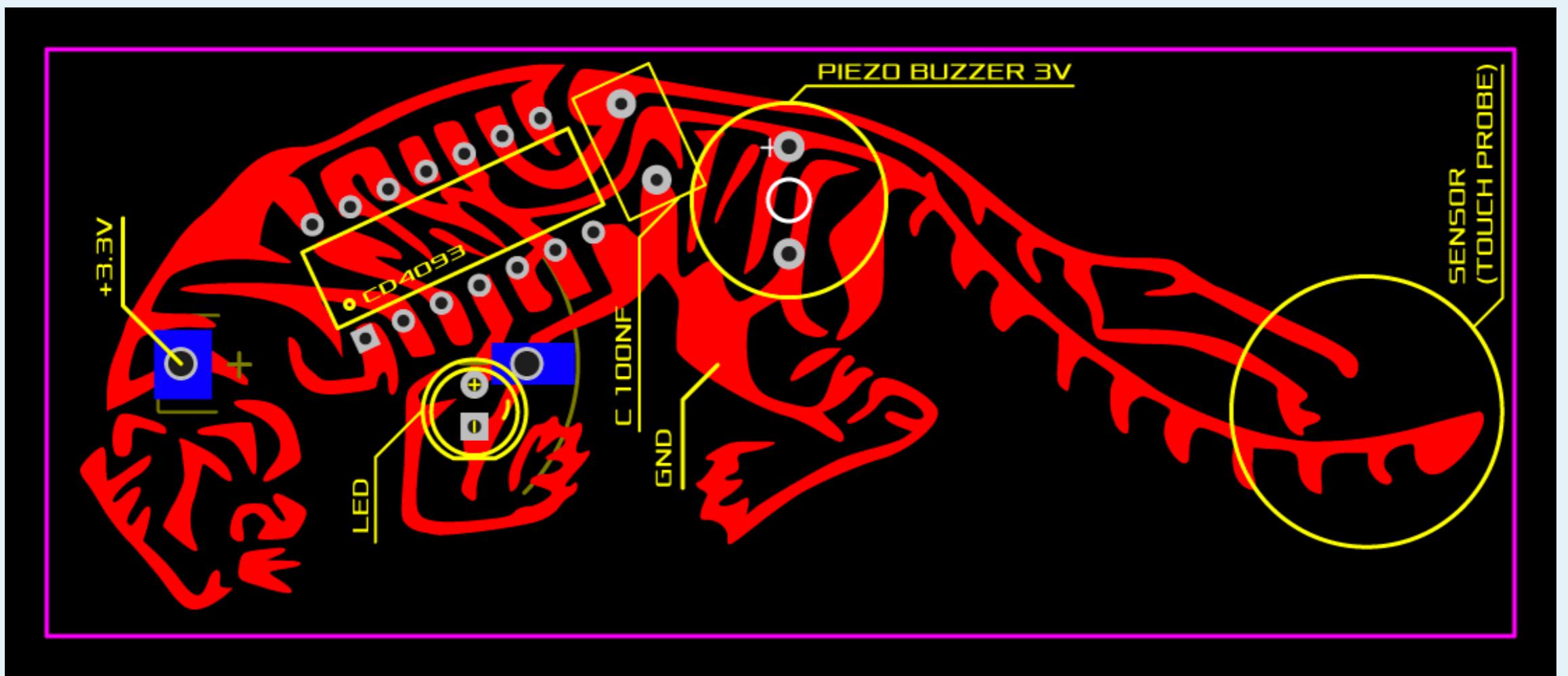
<https://lifepatch.id/Biosynth>

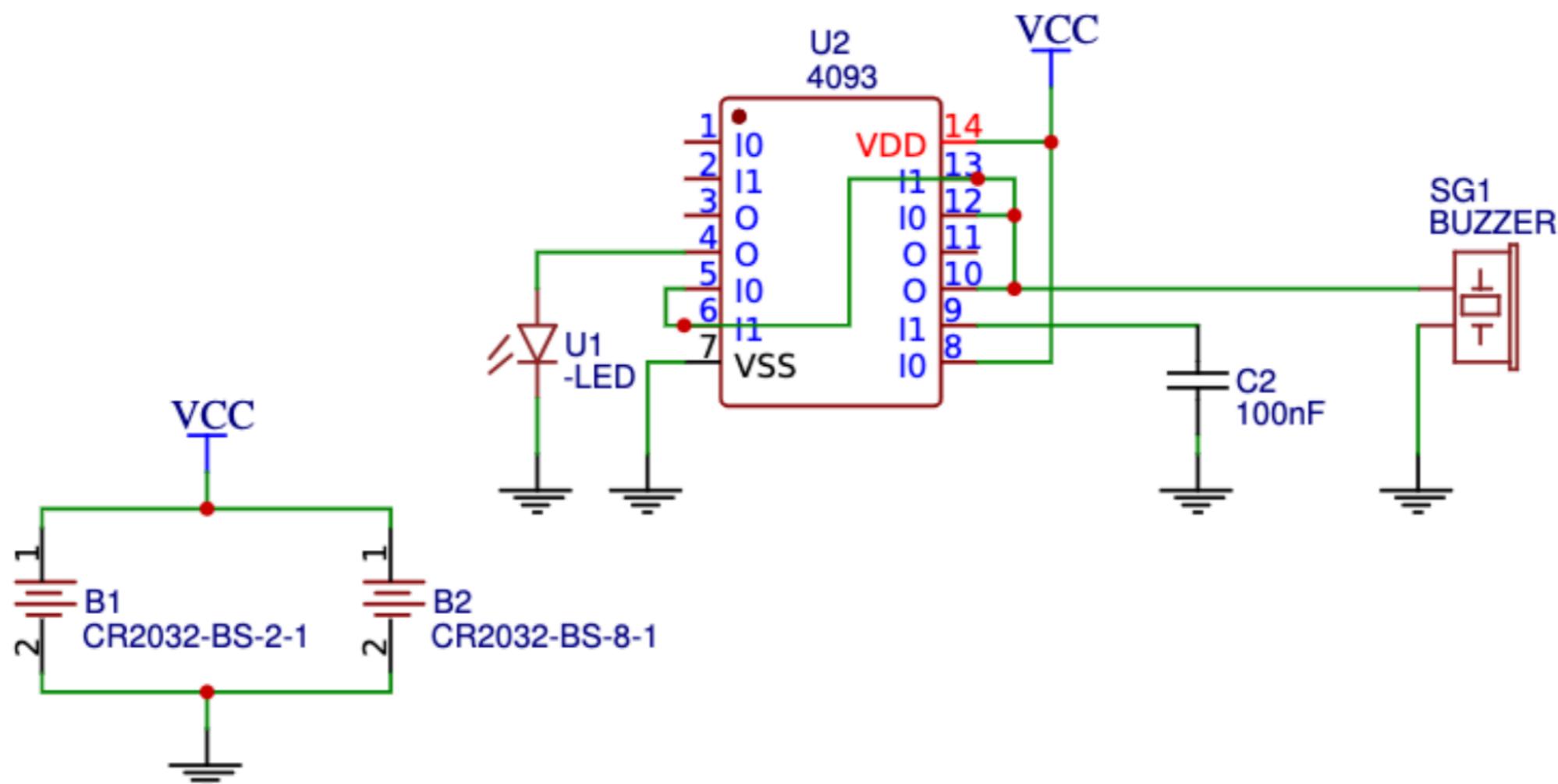
# 基板の作り方・ロードマップ



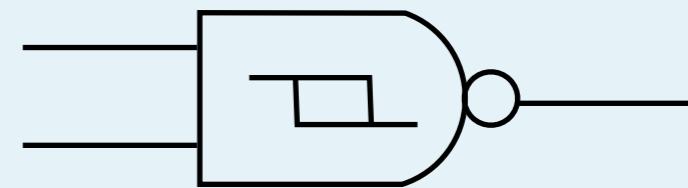
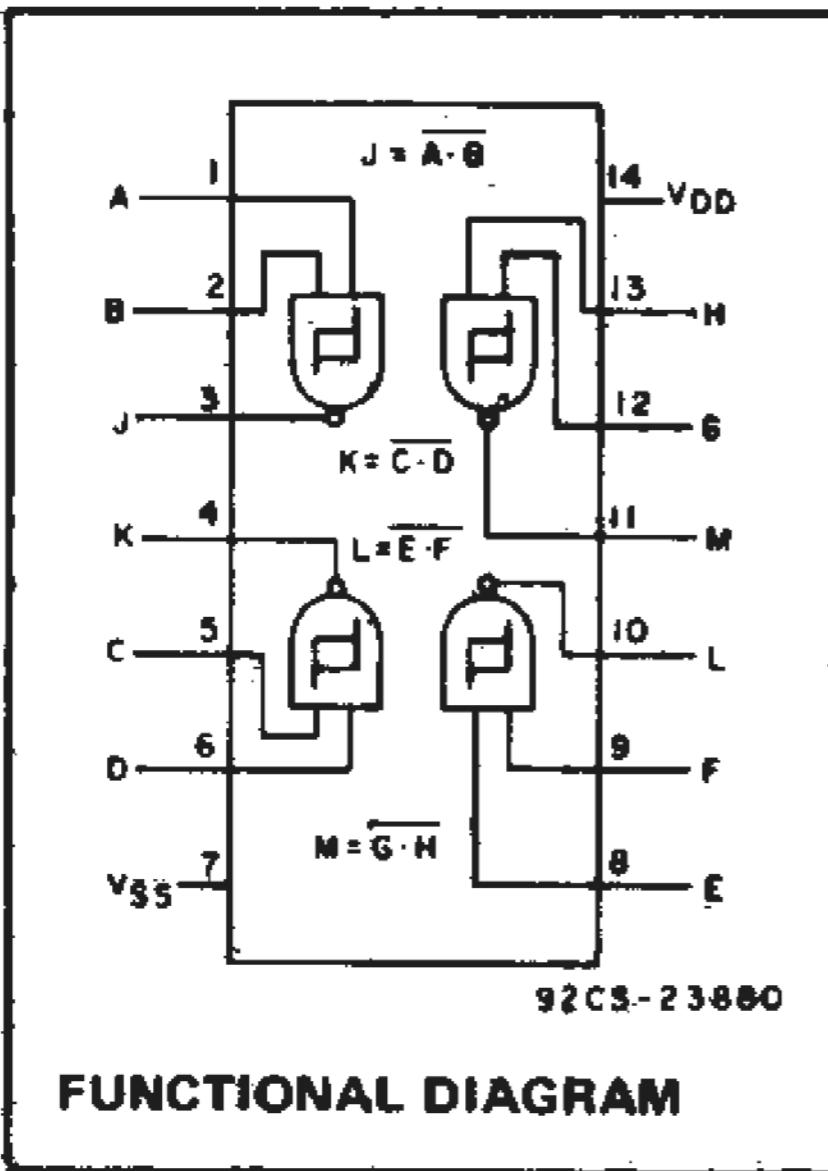


	転写エッ칭	UVプリント/ レーザーカッター	CNCルーター	発注
穴あけ/外形加工	✗ (手動)	◎	◎	
ガラスエポキシ	超音波カッターとかがあれば	✗ (エンドミル死にます)	◎	
両面/多層加工	△ (片面2枚を貼り合わせとか)	○ (ビアは手動)	◎	
難易度	転写の慣れ次第	わりと安定	ソフト&加工の 知識が複雑	◎
ソフトウェア	画像でもOK		CAD+CAM	CAD
金銭的コスト	基板+エッチング液+廃液処理用具	基板、エンドミル	1枚100円～ +送料	
加工時間	準備含めて慣れたら60~90分ぐらい		2週間～	
備考	特別な機材不要	機材が手に入れば	落とし穴多し	シルクとかも簡単





# NANDゲート

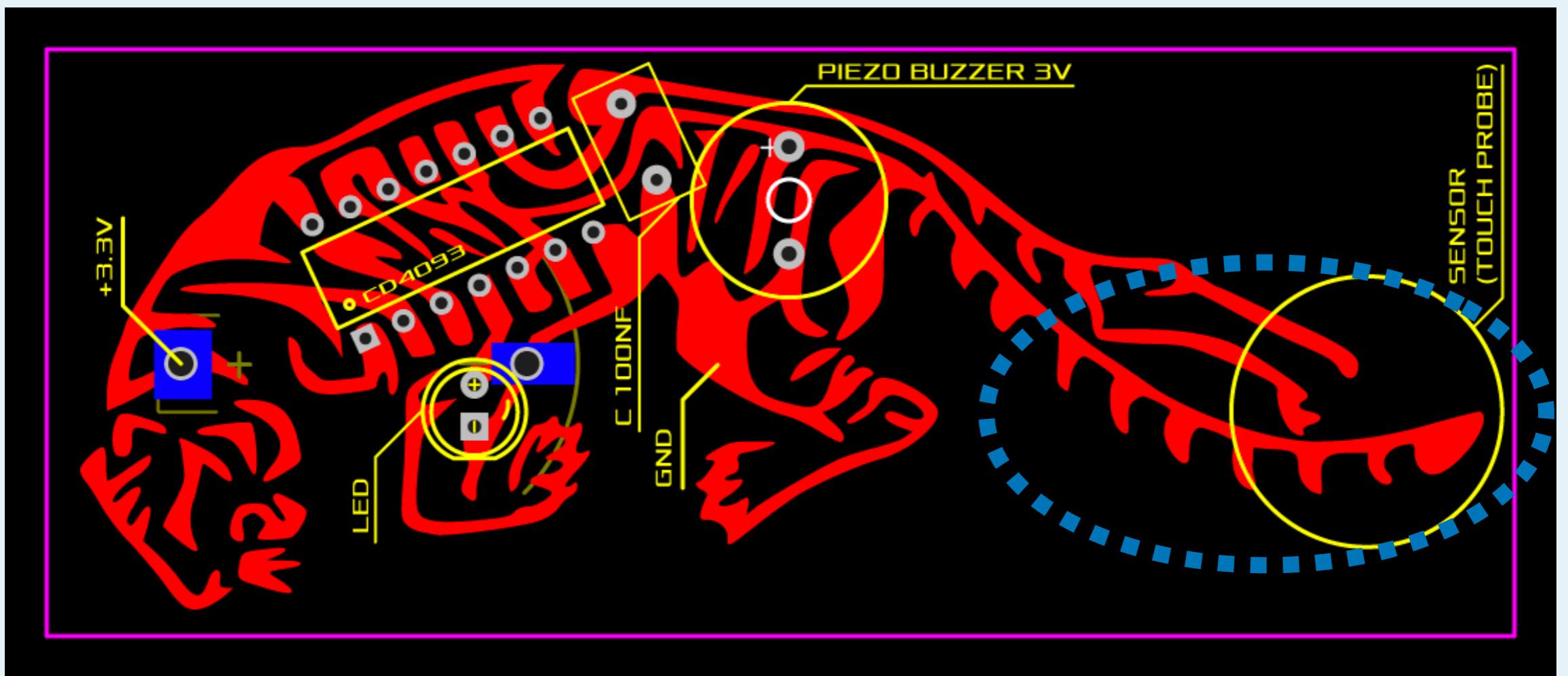


入力A	入力B	出力
LOW	LOW	HIGH
LOW	HIGH	HIGH
HIGH	LOW	HIGH
HIGH	HIGH	LOW

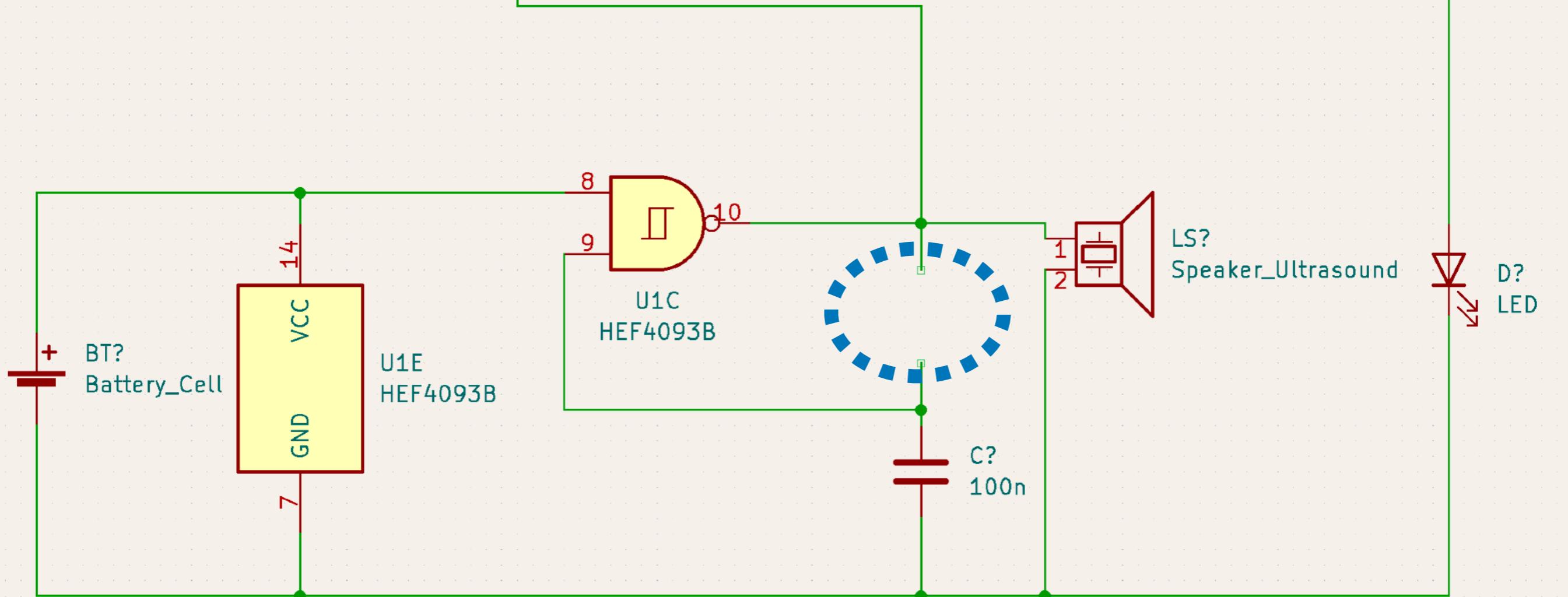
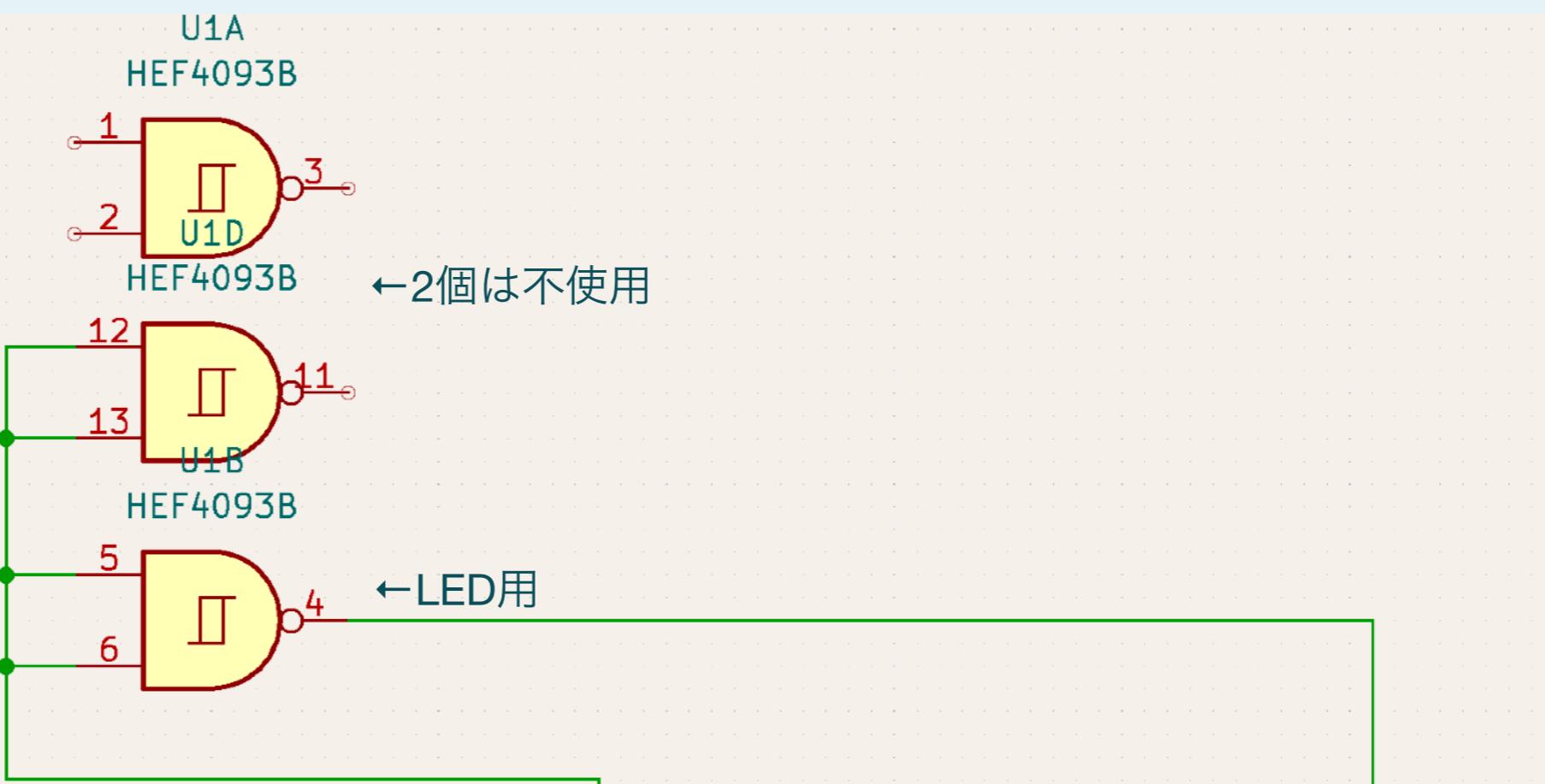
入力が両方Highだった時だけLowを出力

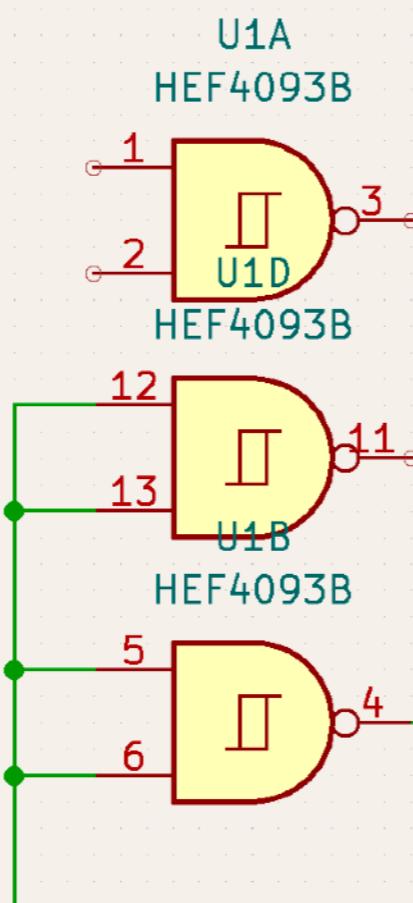
<https://www.ti.com/lit/ds/symlink/cd4093b.pdf>

どんな論理回路でもNANDの組み合わせとして表現できる

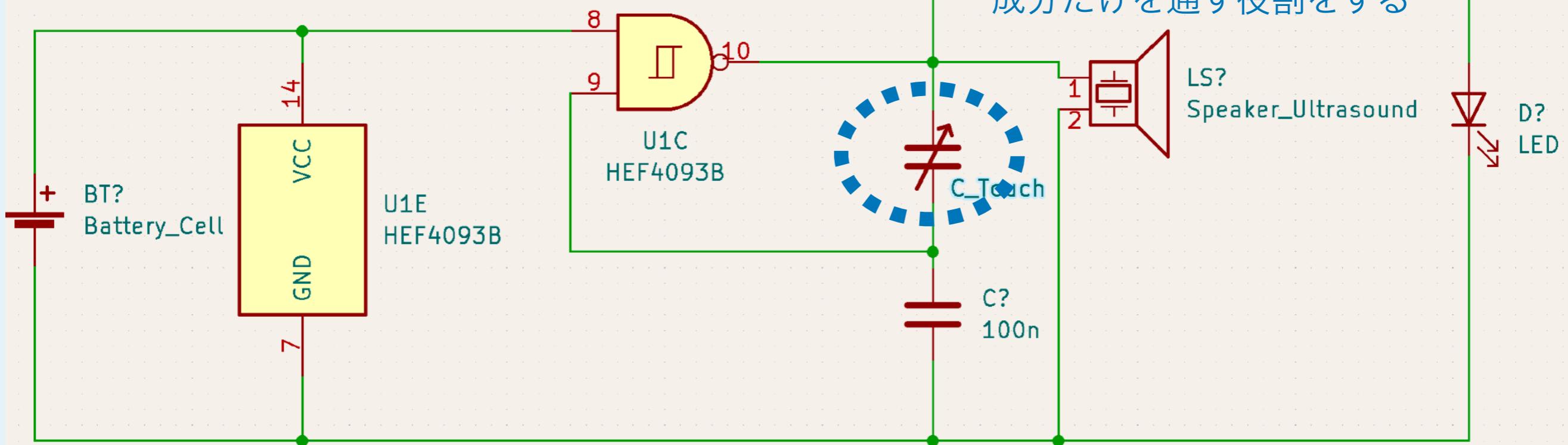


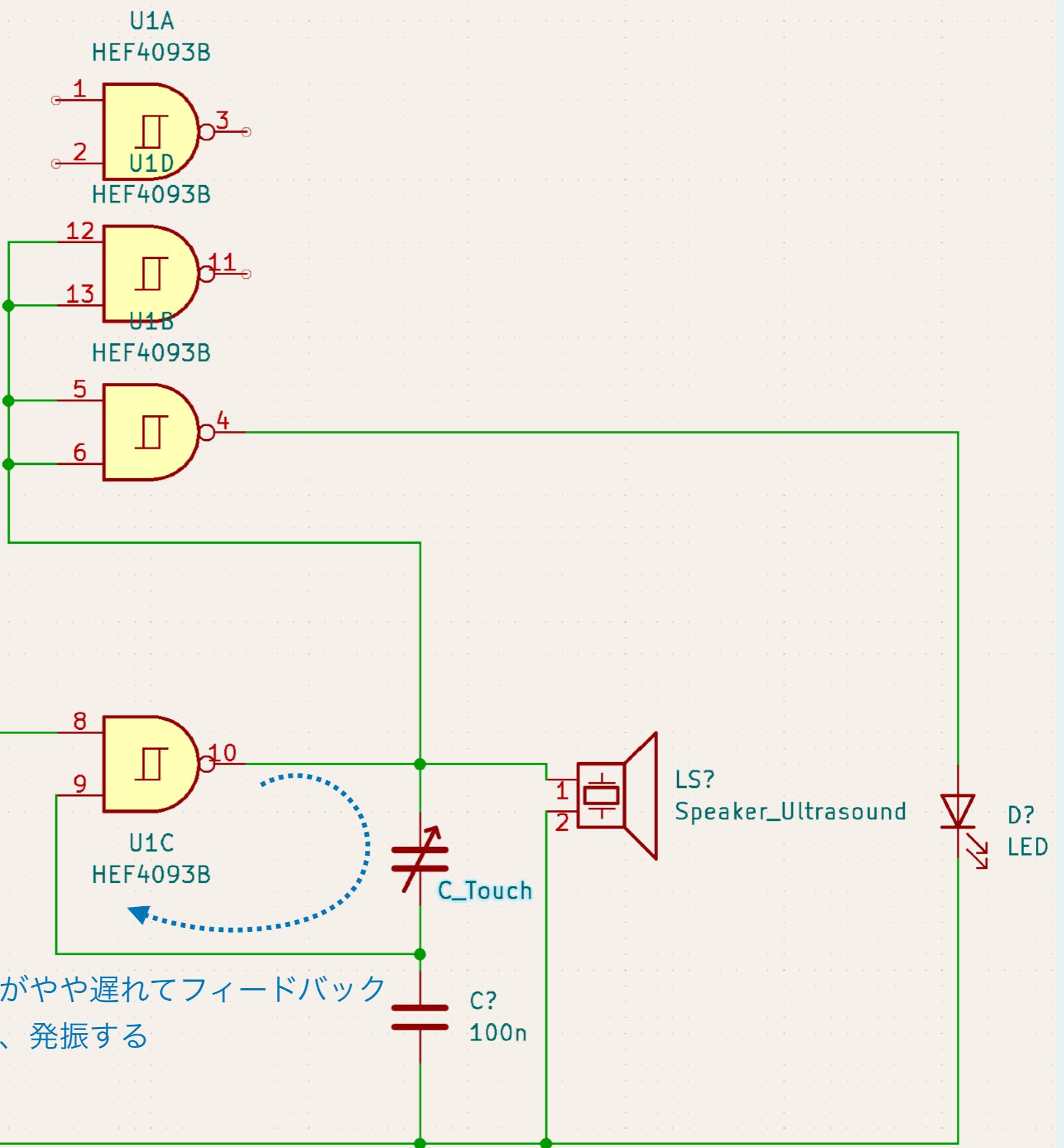
この辺を触ると音程が変わる





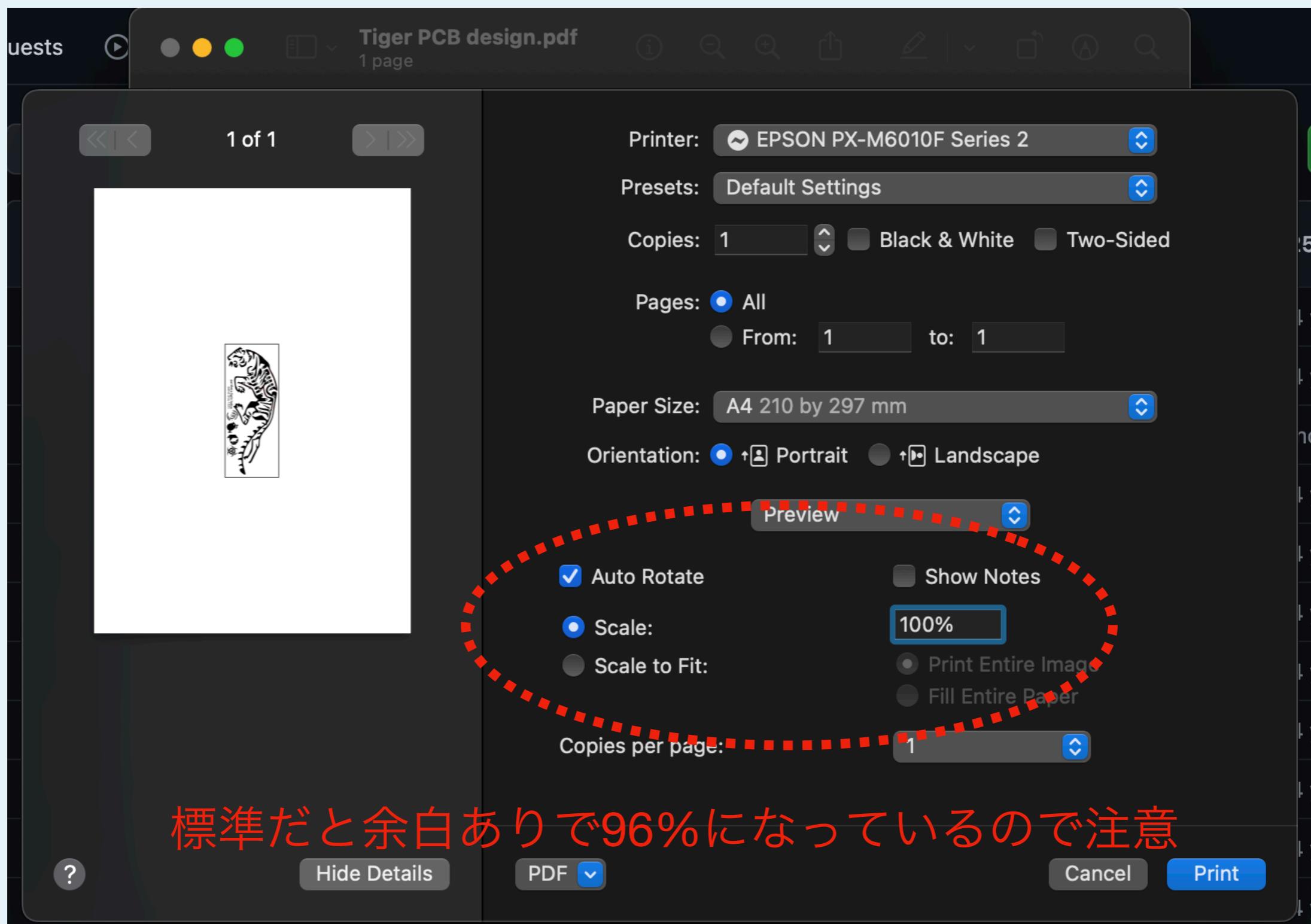
人体がコンデンサー=高周波  
成分だけを通す役割をする





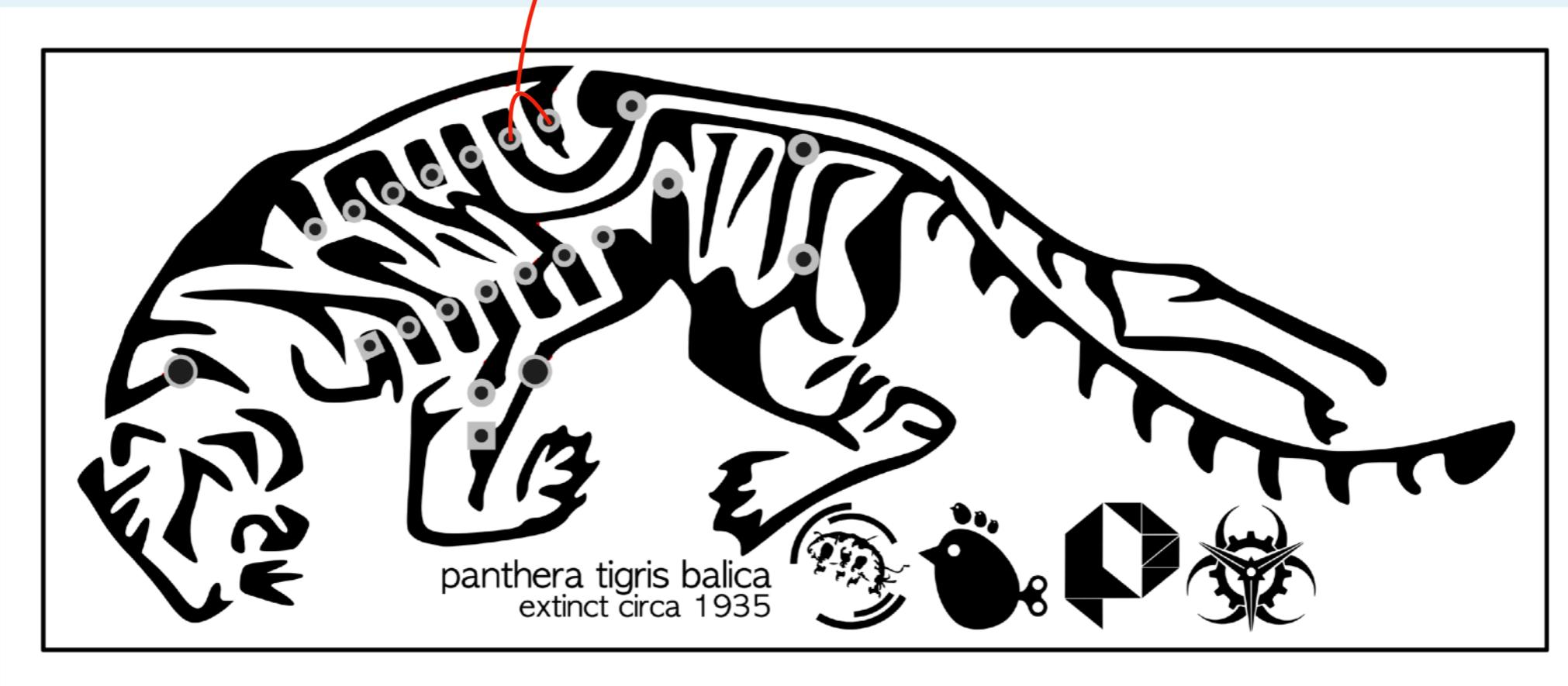


[https://github.com/squaresolid/tiger\\_biosynth/blob/master/Tiger%20PCB%20design.pdf](https://github.com/squaresolid/tiger_biosynth/blob/master/Tiger%20PCB%20design.pdf)



コンビニでの印刷などでも余白なしを選ぶ

正しい寸法だとICのピンの間隔は2.54mm





部品



パターンをレーザープリンター  
で印刷した紙

スチールワール



ネイルリムーバー



基板

31

ハンドドリル/  
ピンバイス

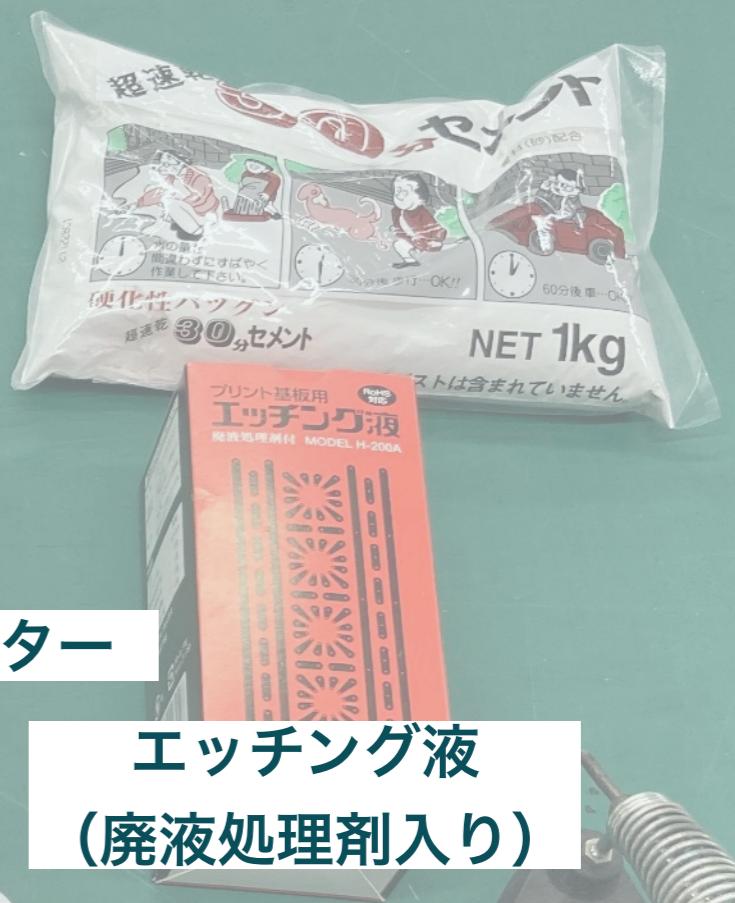


フラックス



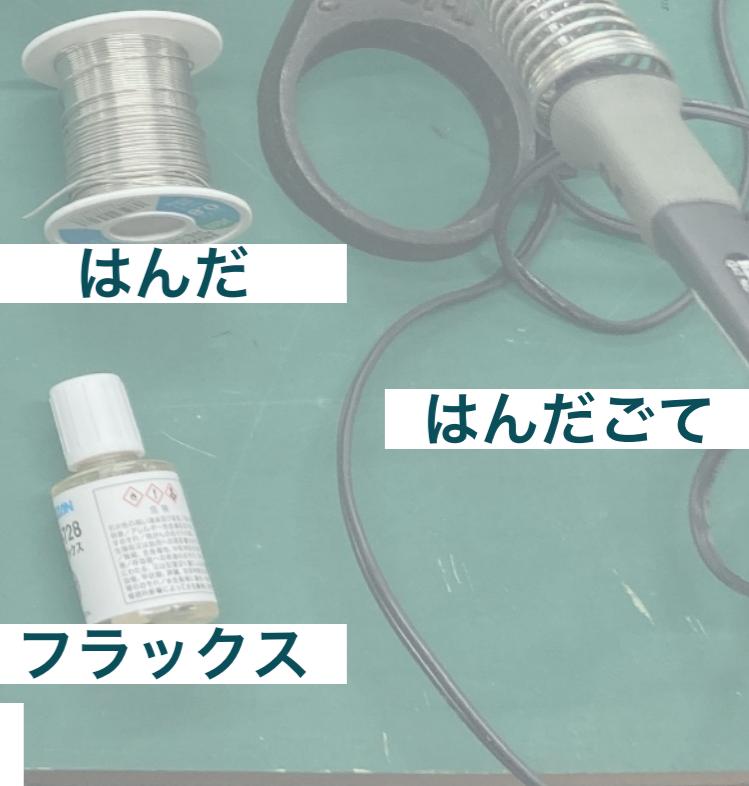
はんだごて

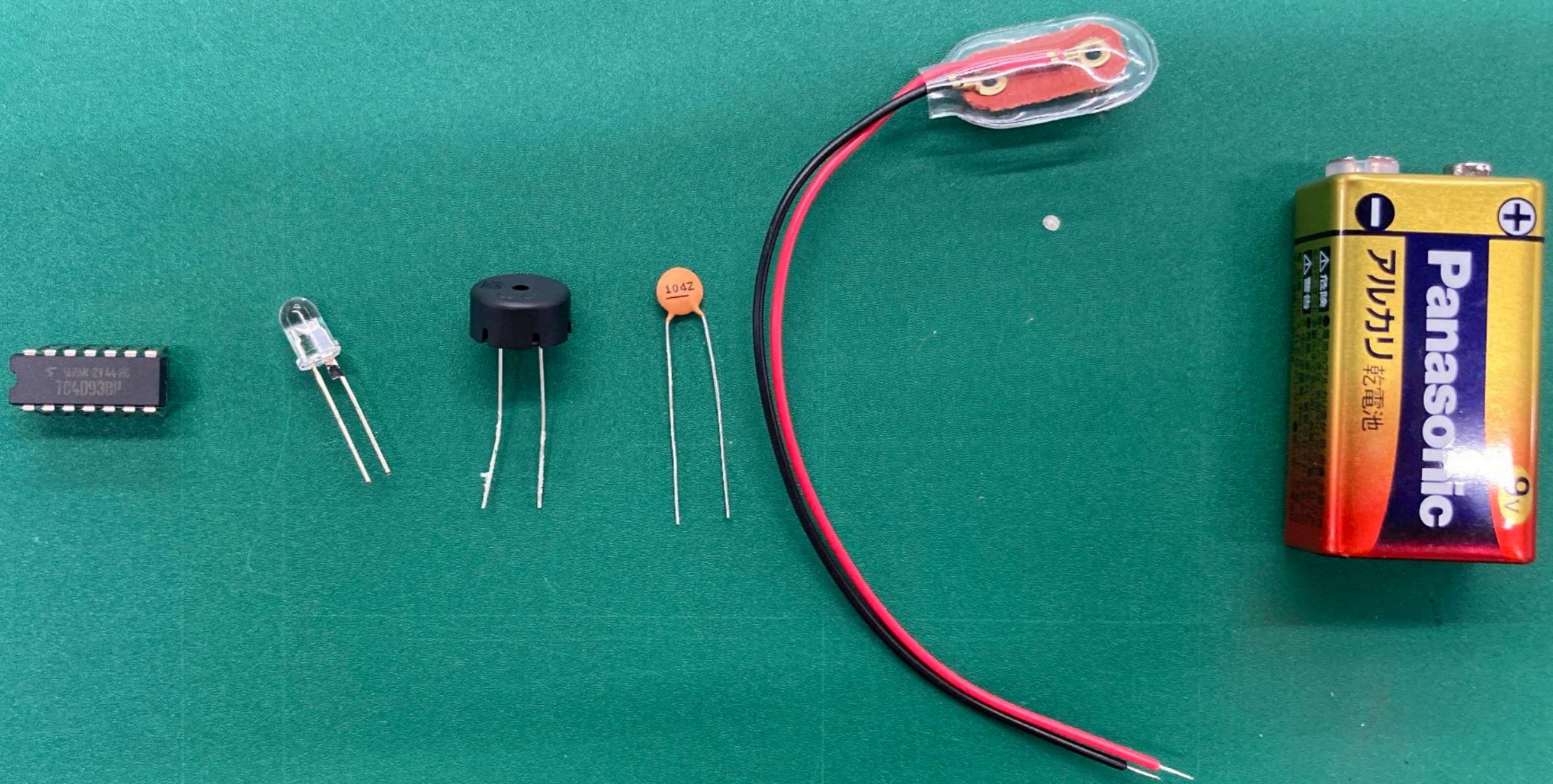
セメント (廃液処理用)



エッティング液  
(廃液処理剤入り)

はんだ





**CD4093**  
(4回路入NANDゲート)  
互換品でも



**LED**

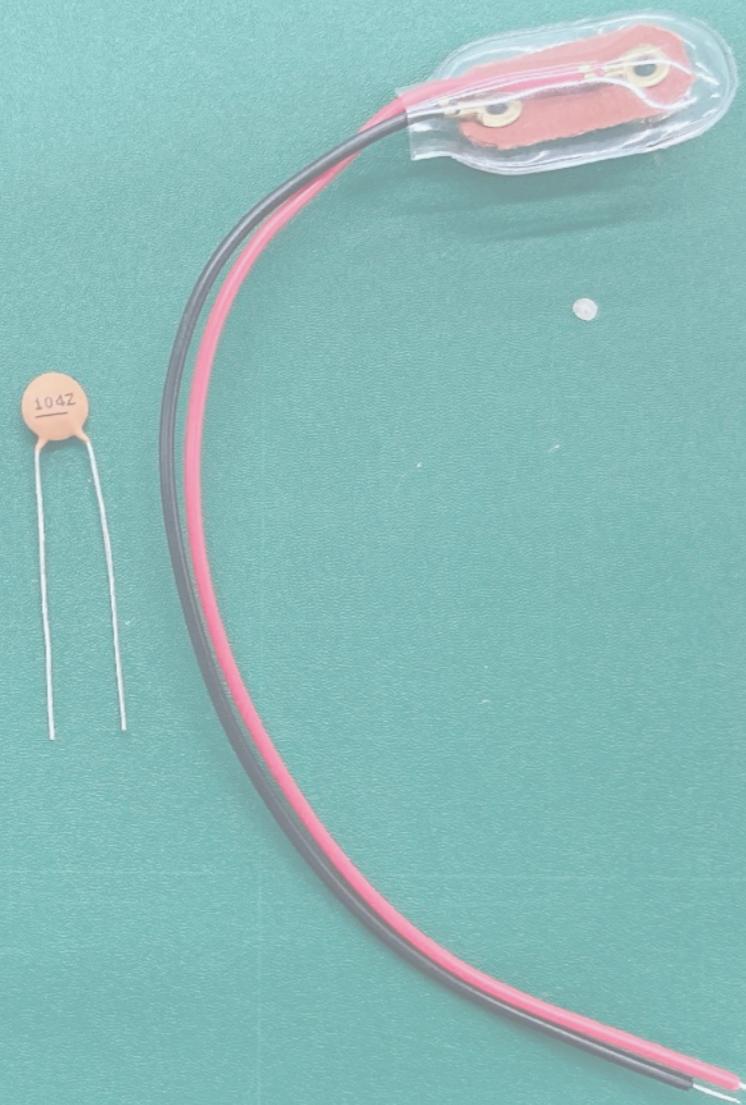


**圧電ブザー**



**コンデンサ**  
 $100\text{nF}$   
 $=0.1\mu\text{F}$   
**104**

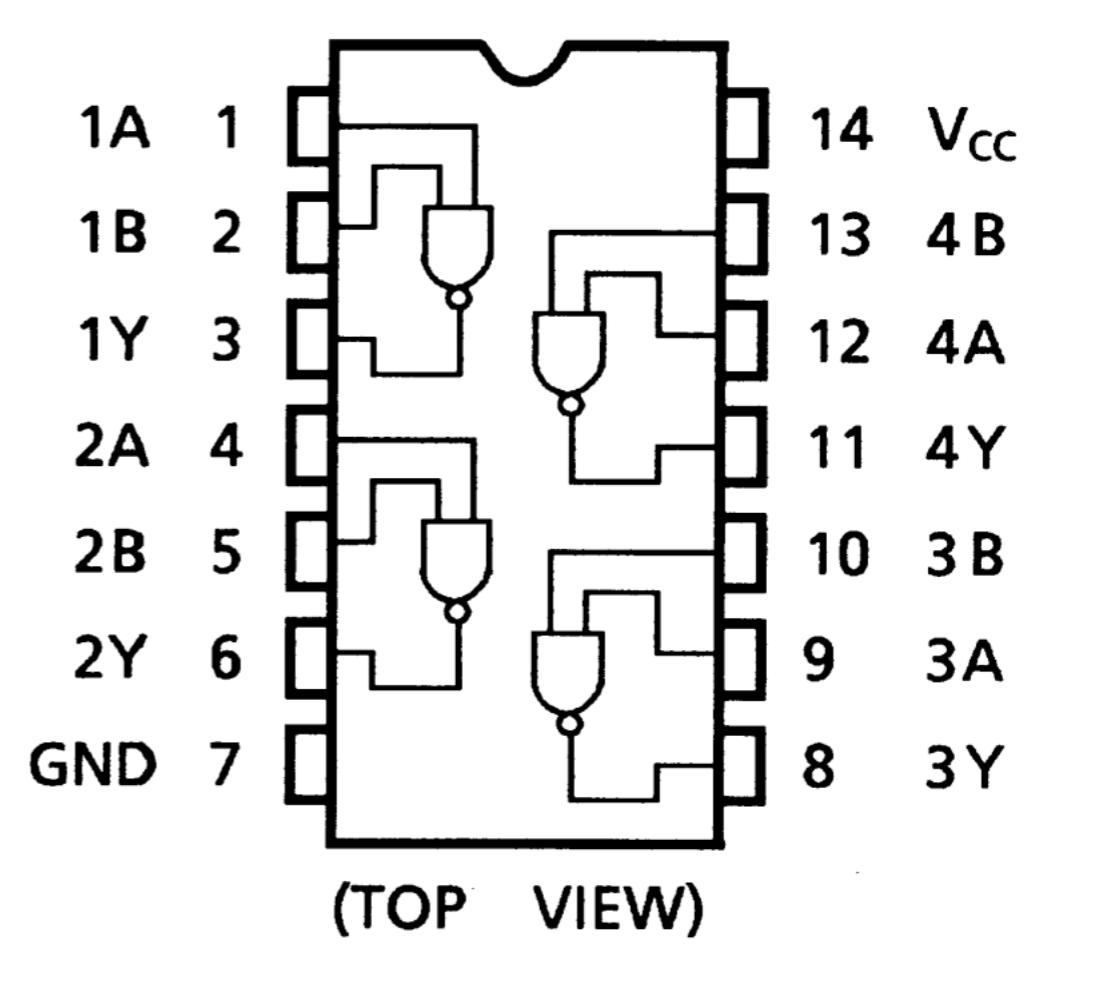
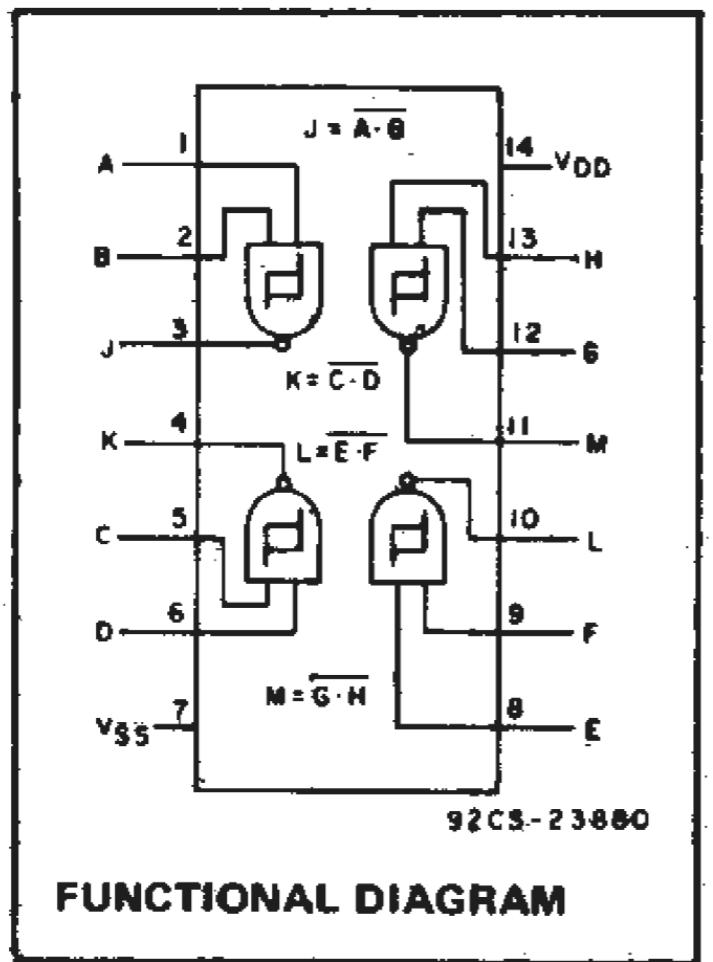
33



**バッテリー  
スナップ**



**9V電池**



互換品でもいいけど、同じ4回路入りNANDでも配置が違うものもあるので注意  
(左はCD4093、右は74LS00とその互換品)

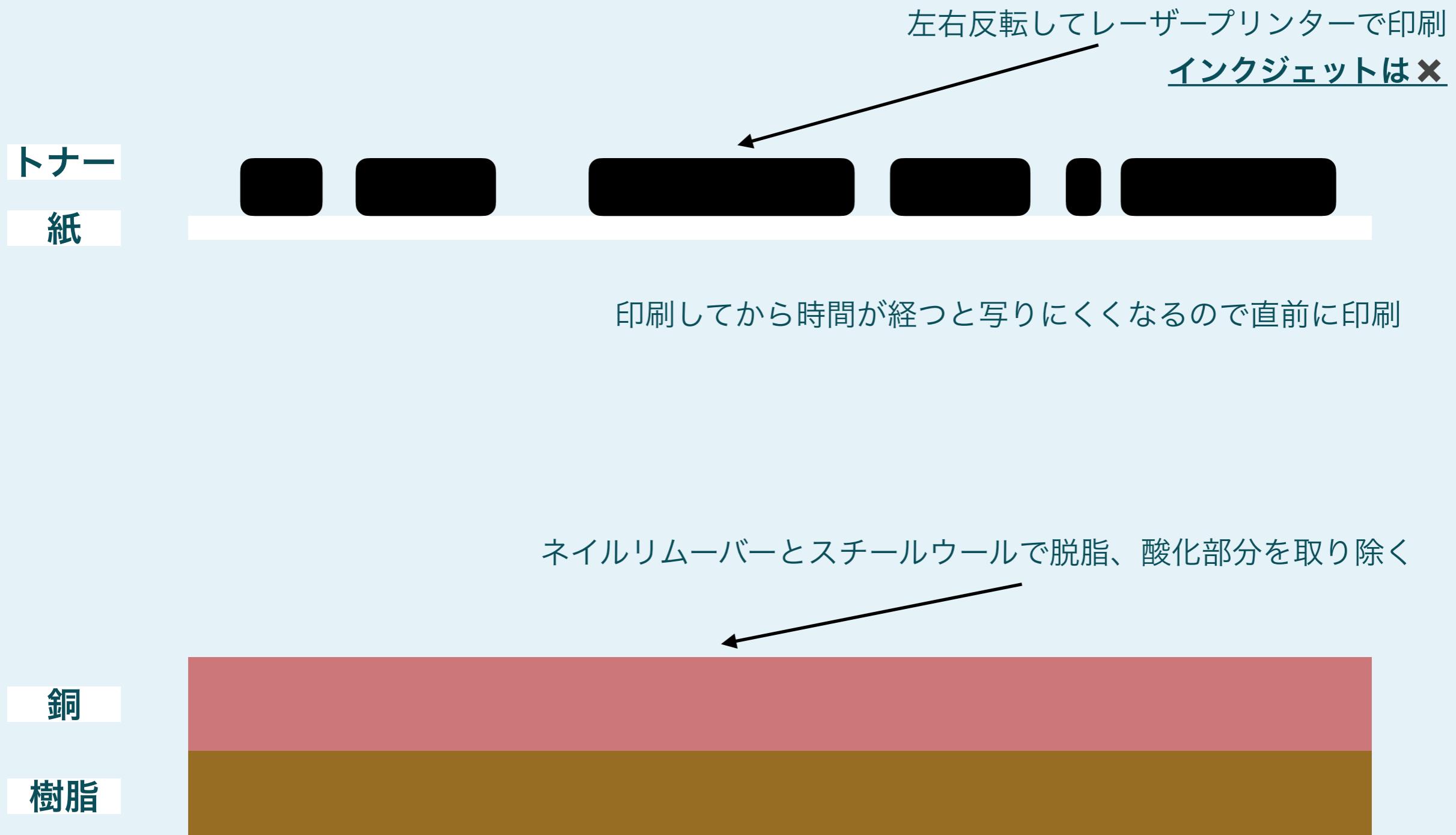
# 材料

## 紙フェノール (FR-1) 基板

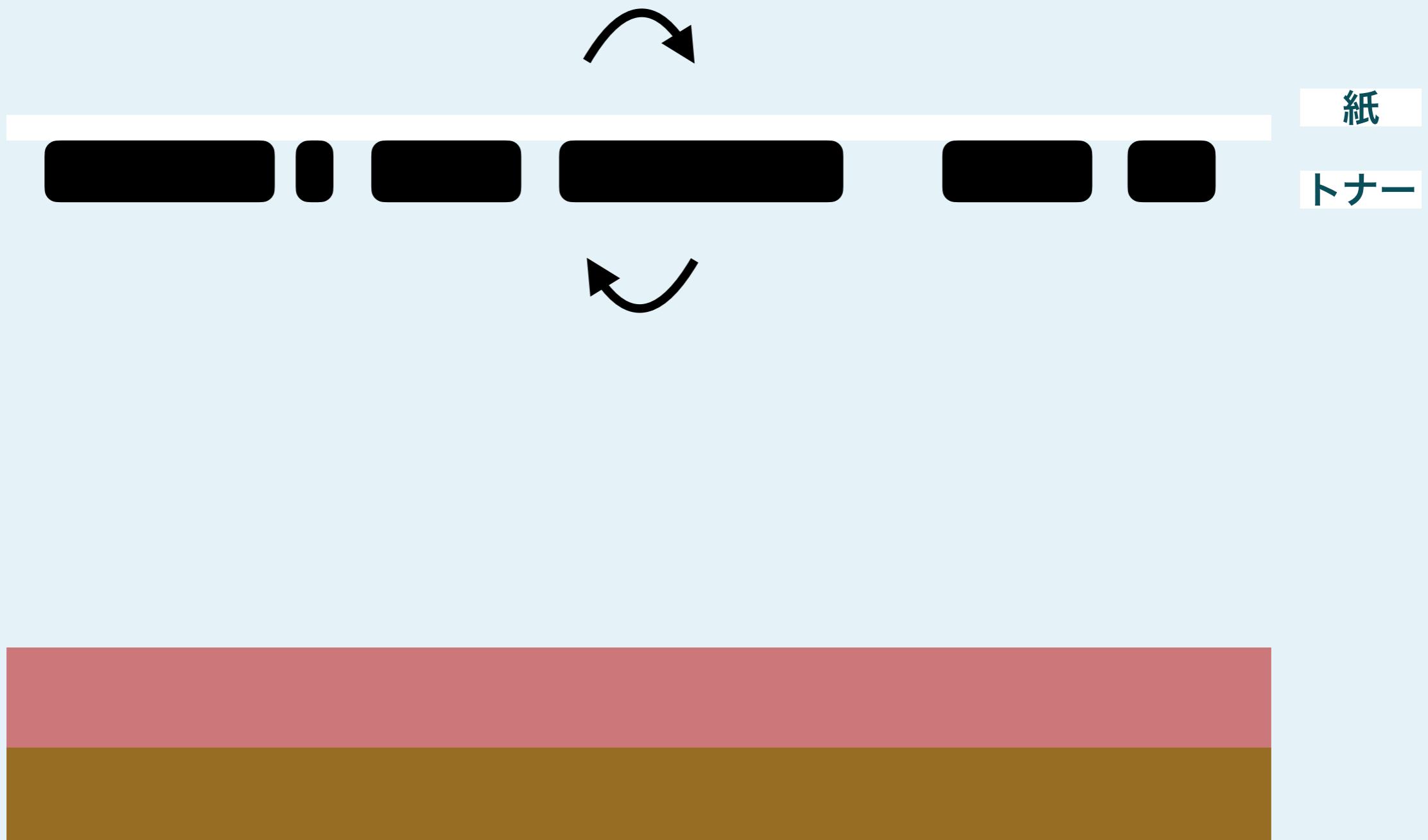
- 半田付けのためにそれなりに耐熱性があり、
- エッチングのために薬品などで溶けず、
- 回路を形成するために電気を通さない
- Pカッターで溝付けて折れる
  - 一般的にはガラスエポキシ (FR-4) が使われるが、手で加工するのは難しい



# エッチングの手順



# エッチングの手順



# エッチングの手順

ネイルリムーバーでトナーを溶かして銅に定着させる

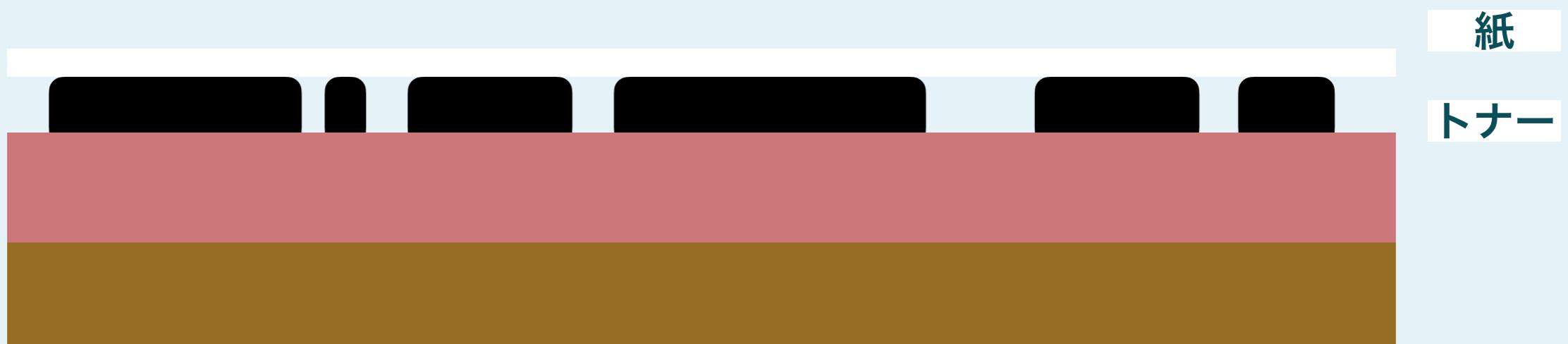
クリアホルダー（アセトンで溶けないようにPP素材で）をかぶせて上から強めに擦る

紙がずれないように注意



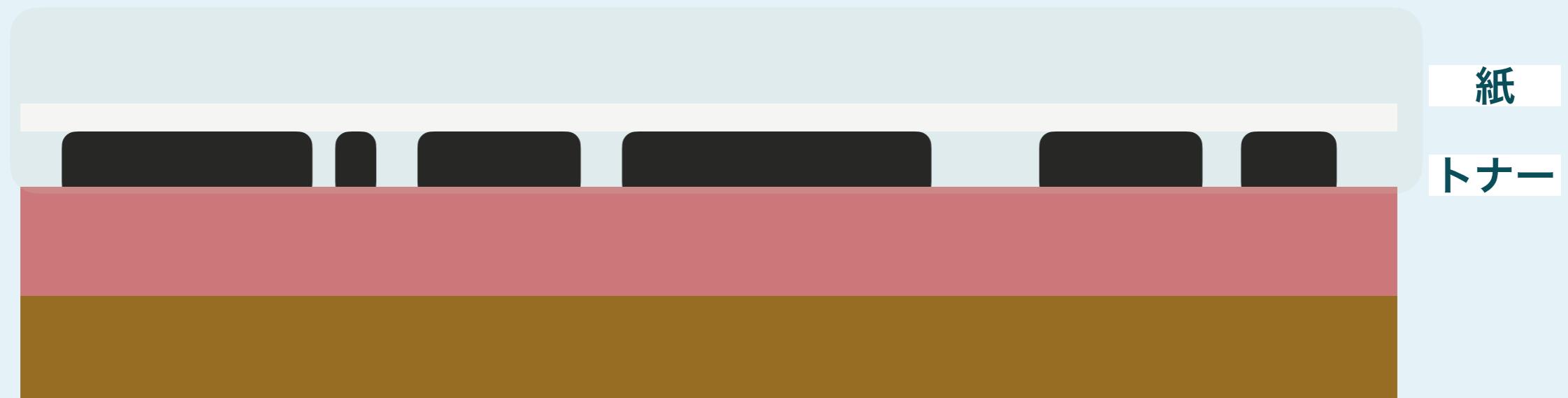
# エッチングの手順

定着したら、一旦乾くまで待つ



# エッチングの手順

水で紙をふやけさせる



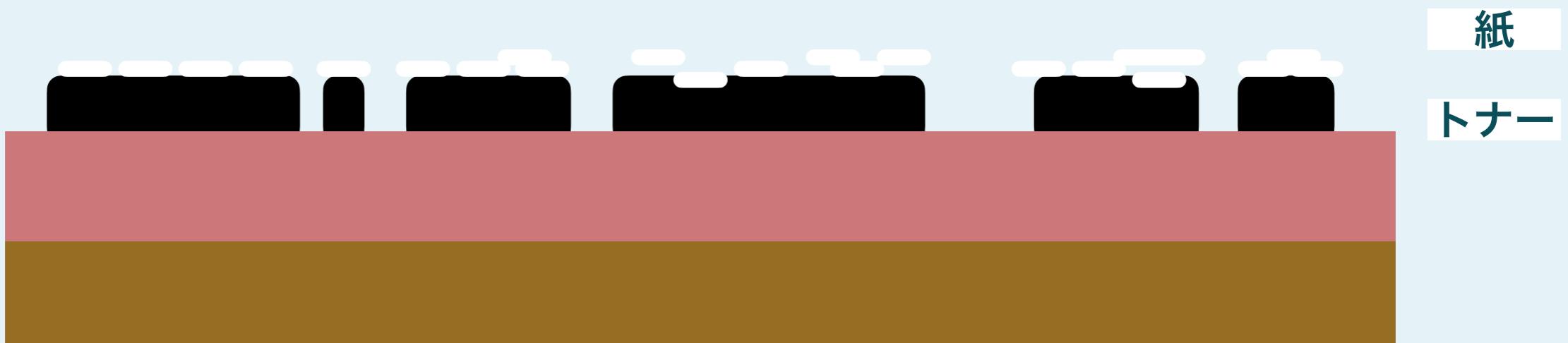
# エッチングの手順

指で優しく擦って紙を剥がす

インクの上に紙の纖維が残る分にはOK

インクない部分も、細い隙間は無理に取らなくてもOK

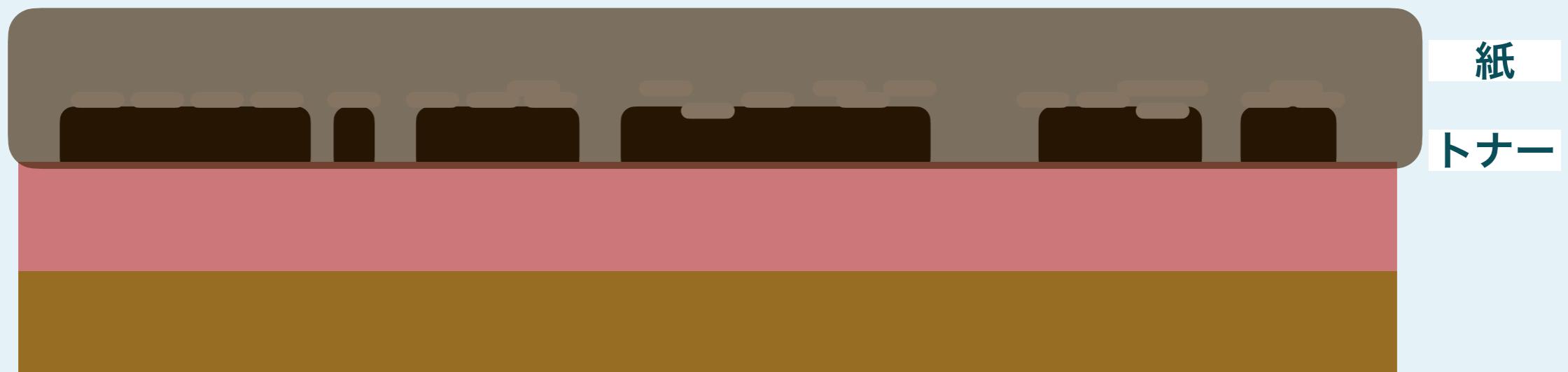
(最悪銅が溶け残ったらカッターで溝を切れば良い、インク剥がれて溶けすぎる方が後修正めんどくさい)



# エッチングの手順

エッティング液（塩化鉄II）に投入

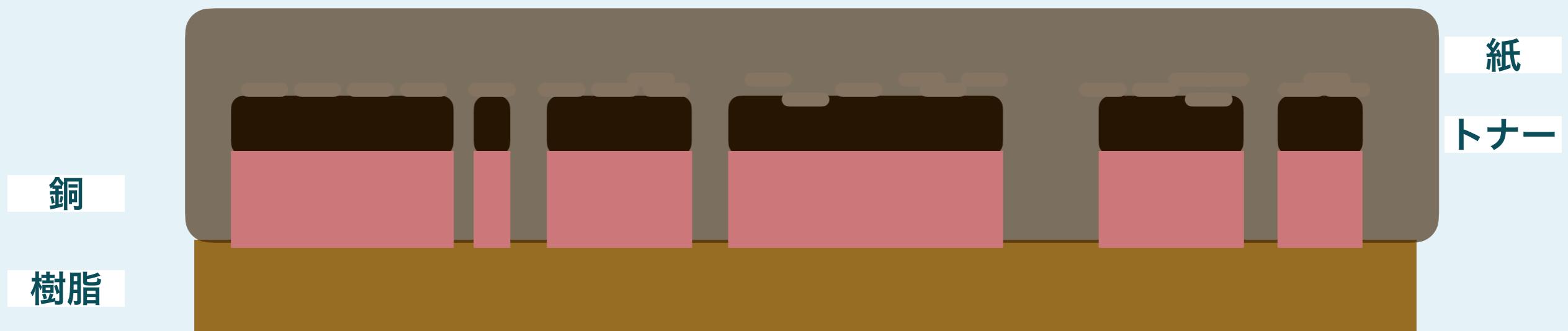
オキシドール+クエン酸+塩化ナトリウムの混合液などでも（ググってみよう）



# エッチングの手順

インクのついていない部分の銅が溶ける

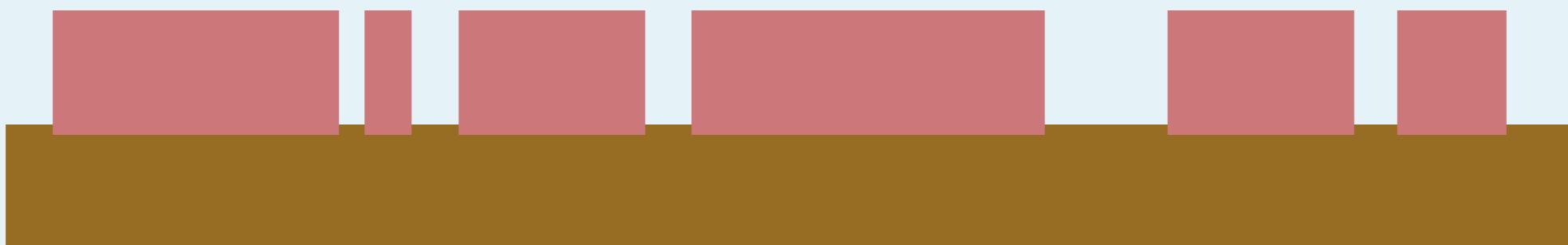
表面に黒い解けた銅が溜まって反応が進みにくくなるので、適度にゆすって混ぜる



# エッチングの手順

ネイルリムーバーやスチールワールで残ったインクを落としたら完成

銅



樹脂

# エッチングの手順

## UVプリンタを使う場合

最初から位置を合わせて反転させずに印刷すればOK（一番簡単＆ミスりにくい）

2回同じ位置に印刷すると成功率UP



# エッチングの手順

## スプレー塗装+レーザーカッターの場合

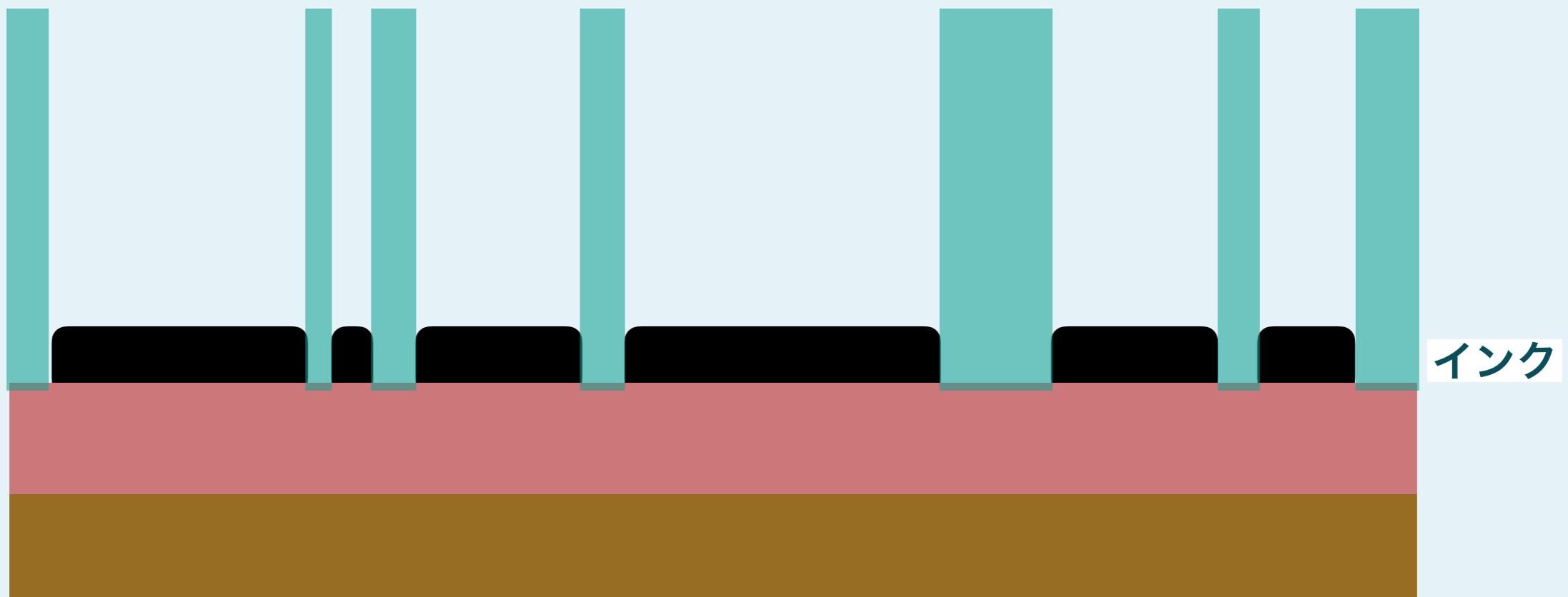
まずスプレーなどで真っ黒にする



# エッチングの手順

## スプレー塗装+レーザーカッターの場合

反転した画像をレーザーカッターで出力し、不要なインクを剥がす



# エッチングの手順

## スプレー塗装 + レーザーカッターの場合

反転した画像をレーザーカッターで出力し、不要なインクを剥がす



# エッチングの手順

## 感光基板/UVインクを使う場合

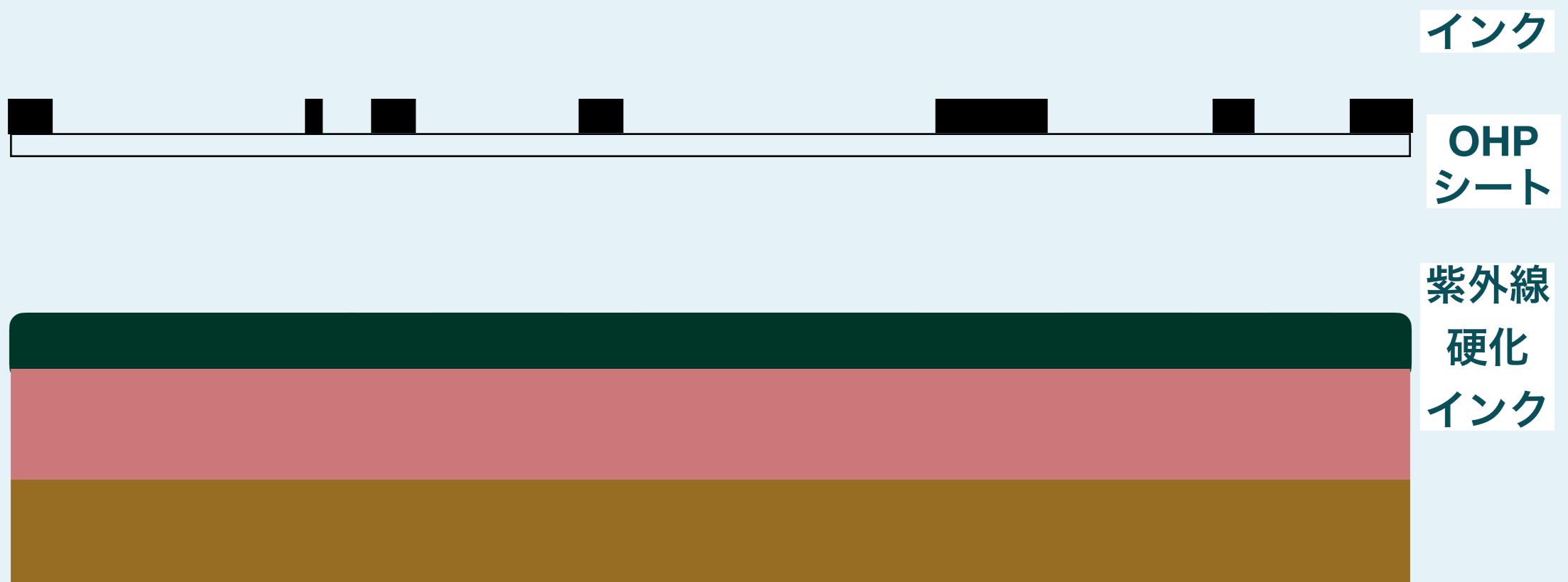
感光基板を買ってくる/基板にUV硬化インクを塗る



# エッチングの手順

## 感光基板/UVインクを使う場合

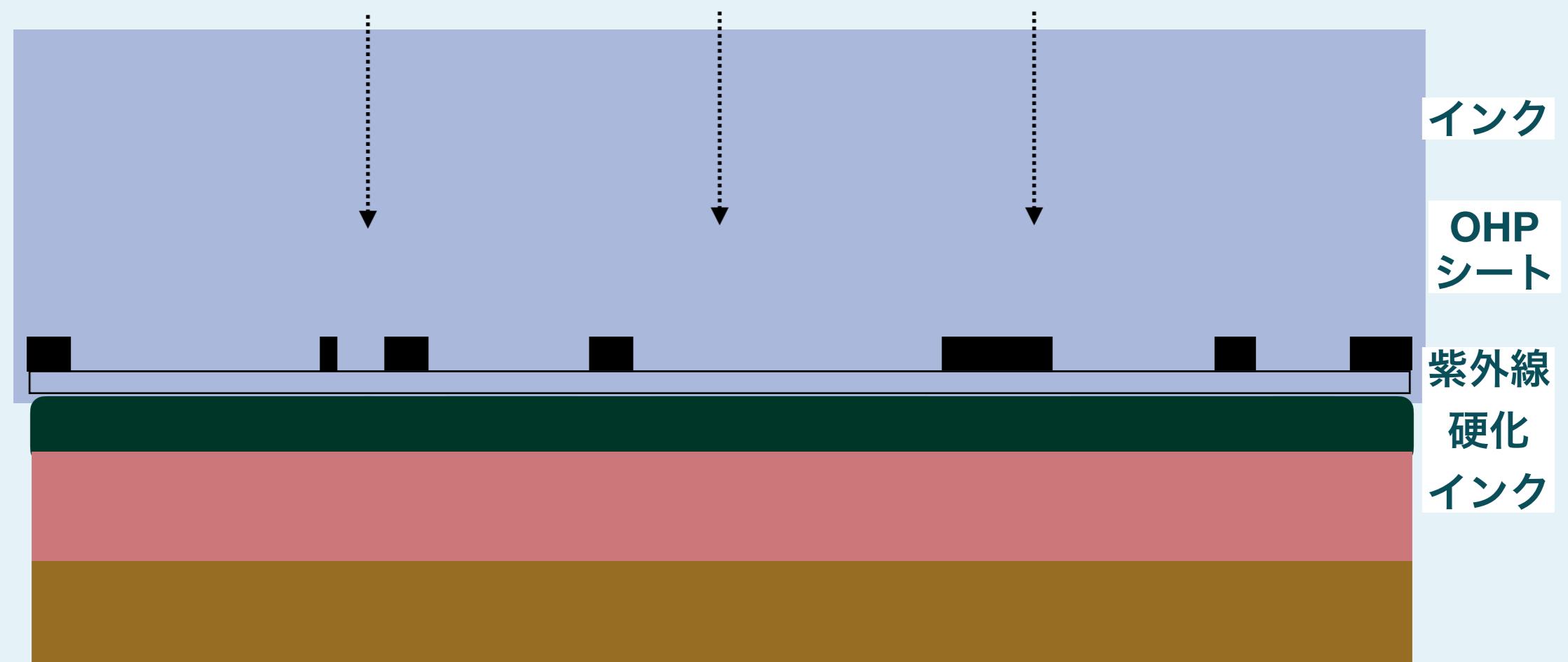
OHPシートにネガポジ反転画像を印刷



# エッチングの手順

## 感光基板/UVインクを使う場合

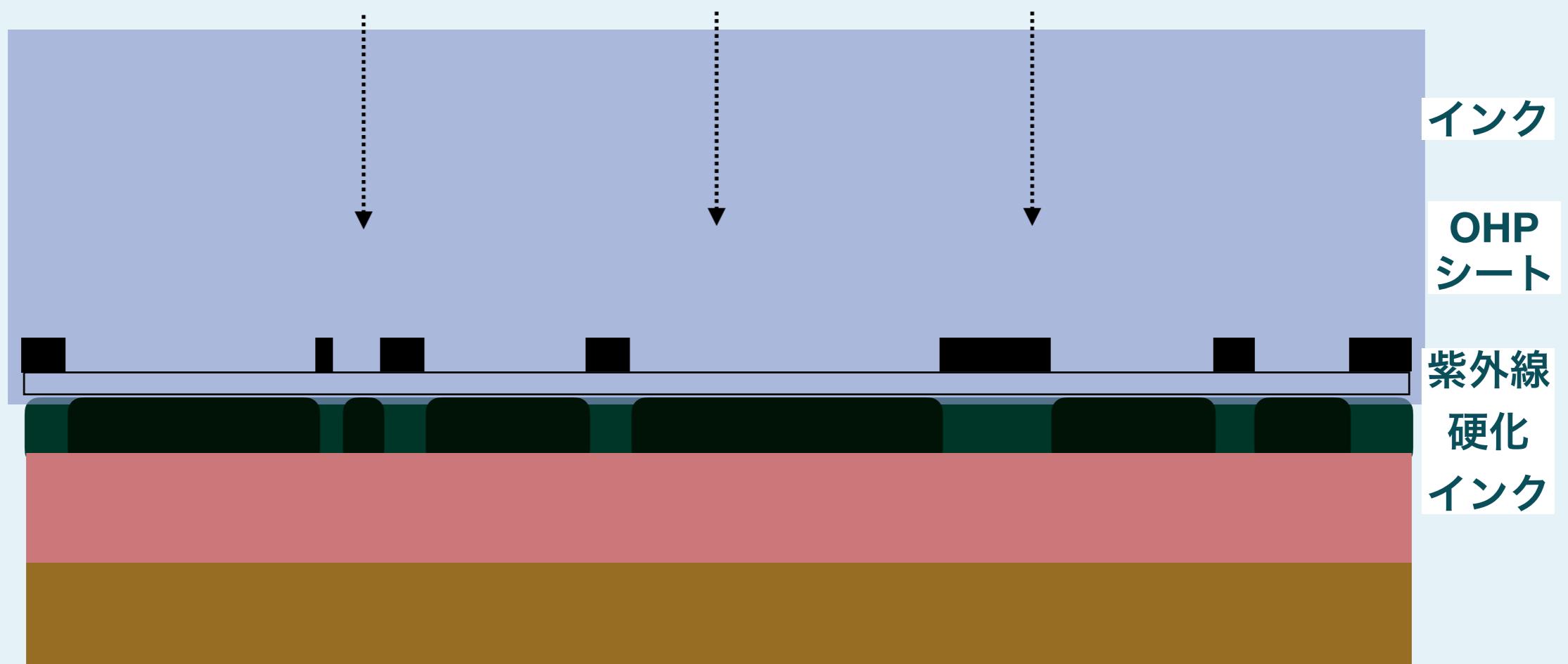
紫外線を照射



# エッチングの手順

## 感光基板/UVインクを使う場合

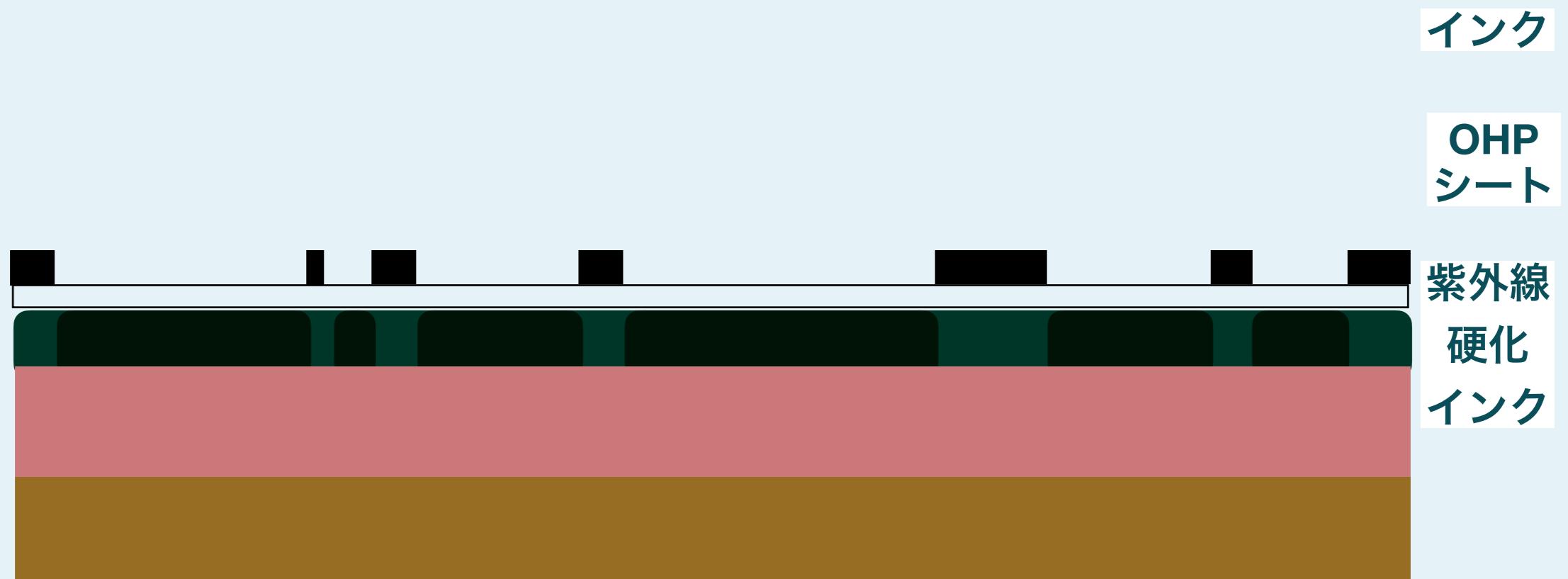
OHPのインクによるマスクを抜けた部分だけが硬化する



# エッチングの手順

## 感光基板/UVインクを使う場合

OHPのインクが載ってない部分が硬化する



# エッチングの手順

## 感光基板/UVインクを使う場合

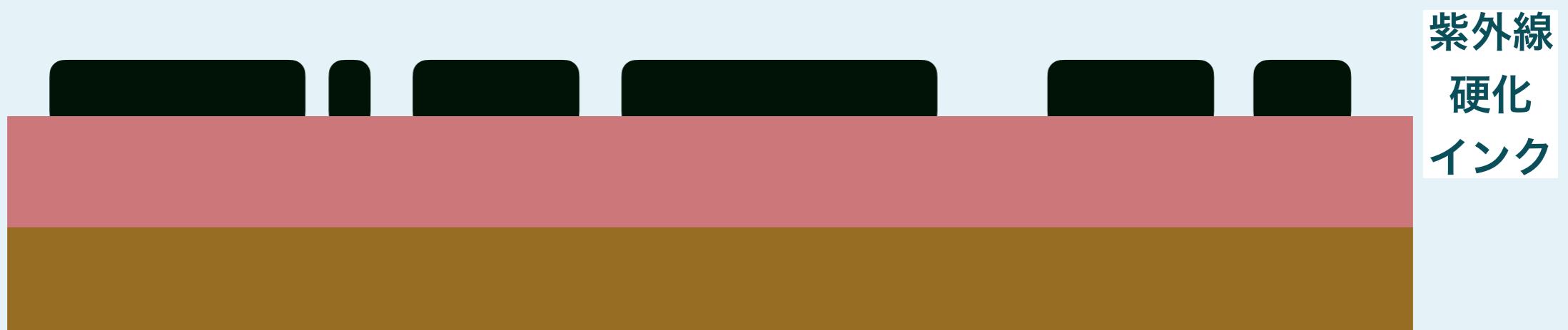
マスクを外して、未硬化部分を洗い流す



# エッチングの手順

## 感光基板/UVインクを使う場合

マスクを外して、未硬化部分を洗い流す→エッチング液投入へ



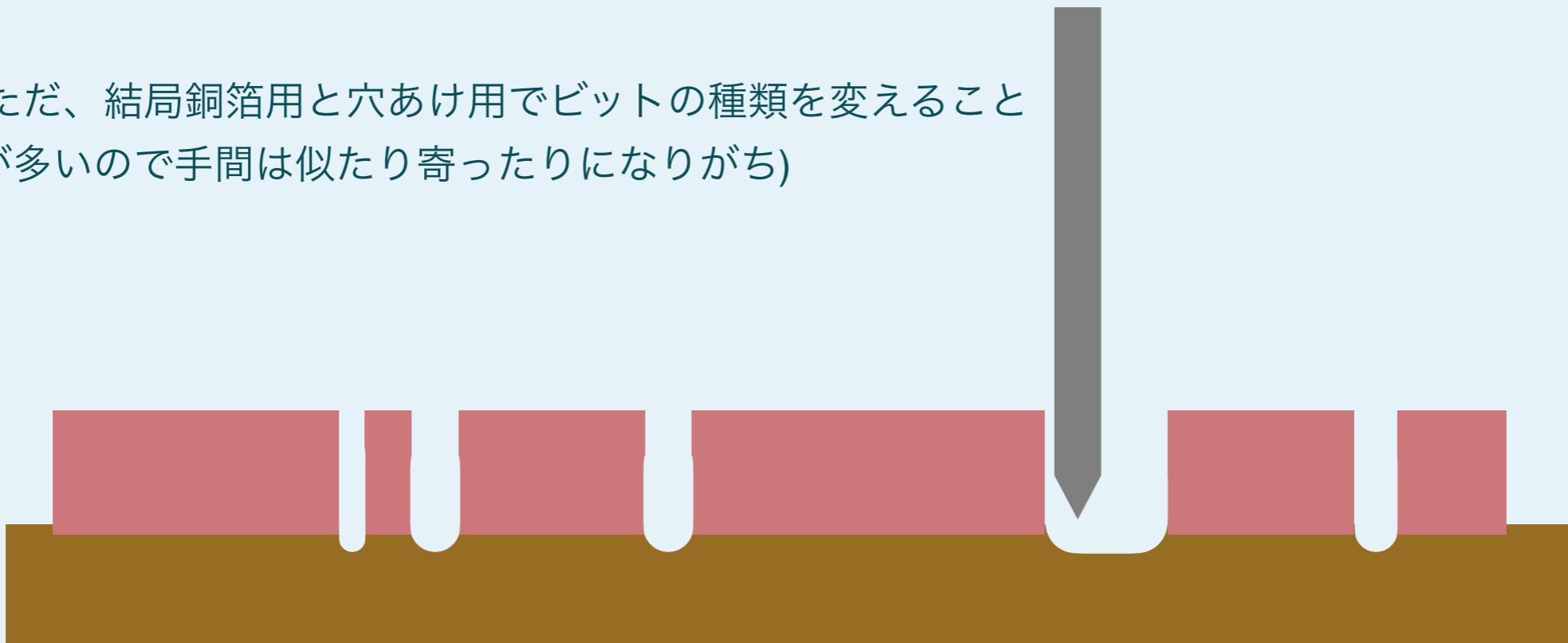
# CNCルーターの場合

いきなり銅箔をドリルで削り落とす

水平設定、ビットの太さ、送り速度などパラメータが多い

穴あけ含めて全て1つの機械で完結できるのが強み

(ただ、結局銅箔用と穴あけ用でビットの種類を変えることが多いので手間は似たり寄ったりになりがち)



要するに：  
任意の形状で銅を解かしたり削ること  
ができればなんでもOK

例えば：

- ・UV硬化インクを光造形3DプリンタのUVプロジェクターを使って直接固める
- ・導電インクで印刷→無電解銅メッキで銅を直接析出させる

Etc...

# 廃液処理

- 溶けた銅を含むエッティング液を水道に流しては絶対にいけません！！！！！！！！
- 銅イオンは環境負荷が超高い＆そもそも水道管が溶ける
- 廃液処理業者に頼むor自力で処理
- 鉄粉を加えると、鉄が溶ける代わりに銅が固体として析出する（発熱するので注意）
- 消石灰（水酸化カルシウム）で液性をアルカリに寄せる（これも発熱注意）
- ここまでやった上で、残った水分ごとセメントで固めて燃えないゴミに
  - いきなりセメントで固めても何かの過程で水に濡れたりしたら銅が溶け出すのでNG
- サンハヤトのエッティング液には鉄粉と消石灰が付属している（セメントは自分で）のでそれを使うのが無難です