

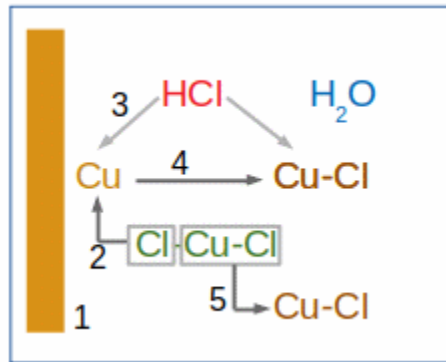
Меден дихлорид като ецващ агент

Kupferdichlorid als Ätzmittel

Copper dichloride as etchant

Dichlorure de cuivre comme agent de gravure

Дихлорид меди в качестве протравителя



21. November. 2025
Tom Amann

**Предварителен Vorläufig Preliminary Provisoirement
Предварительный**

Inhaltsverzeichnis

1B Въведение.....	6
1D Einleitung.....	6
1E Introduction.....	7
1F Introduction.....	7
1R Введение.....	7
2B Офорт.....	9
2D Ätzen.....	9
2E Etching.....	10
2F Gravure chimique.....	10
2R Травление.....	10
3B Обновяване.....	12
3D Auffrischen.....	12
3E Refresh.....	13
3F Rafrâichir.....	13
3R освежить.....	14
4B Регенериране.....	15
4D Regenerieren.....	15
4E Regenerate.....	15
4F Régénération.....	16
4R Регенерация.....	16
5B Приготвяне на разтвор за ецване.....	17
5.1B Солна киселина и кислород от въздуха.....	17
5.2B Солна киселина и пероксид.....	18
5.3B Само електролиза.....	18
5D Herstellen der Ätzlösung.....	18
5.1D Salzsäure und Luftsauerstoff.....	18
5.2D Salzsäure und Peroxyd.....	19
5.3D Elektrolyse.....	19
5E Preparing the etching solution.....	19
5.1E Hydrochloric acid and atmospheric oxygen.....	20
5.2E Hydrochloric acid and peroxide.....	20
5.3E Electrolysis only.....	21
5F Préparation de la solution de gravure.....	21
5.1F Acide chlorhydrique et oxygène atmosphérique.....	21
5.2F Acide chlorhydrique et peroxyde.....	22
5.3F Electrolyse.....	22
5R Приготовление раствора для травления.....	22
5.1R Соляная кислота и кислород воздуха.....	22
5.2R Соляная кислота и пероксид.....	23
5.3R Только электролиз.....	23
6B Използване на ецващия разтвор.....	24
6D Verwenden der Ätzlösung.....	24
6E Using the etching solution.....	25
6F Utilisation de la solution de gravure.....	26
6R Использование травильного раствора.....	27
7B Освежаване на разтвора за ецване.....	29
7D Auffrischen der Ätzlösung.....	29
7E Refreshing the etching solution.....	30
7F Rafrâichissement de la solution corrosive.....	30

7R Освежение травильного раствора.....	31
8B Регенериране на ецващия разтвор.....	32
8D Regenerieren der Ätzlösung.....	32
8E Regenerating the etching solution.....	32
8F Régénération de la solution de gravure.....	32
8R Регенерация травильного раствора.....	32

1B Въведение

Този документ описва работата с меден дихлорид (CuCl_2) като ецващо средство за мед, както се използва за ецване на печатни платки. Както и изображенията, той не е обект на лиценз и може да бъде свободно копиран и променян. Например, да бъде преведен на друг език или да бъдат отстранени грешки в собствения език. Този документ е създаден на немски език и след това е преведен автоматично на други езици с DeepL. При проблеми с разбирането на превода, може да се преведе отново от самия немски текст.

Има два начина за работа с меден дихлорид. Ако се занимавате с ецване като хоби, ще ви трябват калкулатор, пипета, аптекарски везни и някоя от многото инструкции в интернет. Ако използвате меден дихлорид за ецване на платки, ще ви трябват очите и носа ви като сензори и ума ви като важно средство. И двата начина са оправдани и аз използвам и двата. Харесва ми да експериментирам с него и го ценя като бърз ецващ агент, който се използва лесно.

Това не е наричник за копиране на експериментите, а доклад за моя опит.

Отказ от отговорност: Тези, които копират описаното или провеждат собствени експерименти, правят това на свой риск.

1D Einleitung

Dieses Dokument beschreibt den Umgang mit Kupferdichlorid (CuCl_2) als Ätzmittel für Kupfer, so wie man es zum Ätzen von Leiterplatten braucht. Es unterliegt, wie die Bilder, keiner Lizenz und darf frei kopiert und geändert werden. Zum Beispiel in eine andere Sprache übersetzen, oder Fehler in der eigenen Sprache beseitigen. Dieses Dokument wurde in deutscher Sprache erstellt und dann mit DeepL automatisch in andere Sprachen übersetzt. Bei Problemen mit dem Verstehen der Übersetzung, kann aus dem deutschen Text selbst neu übersetzt werden.

Es gibt zwei Arten des Umgang mit Kupferdichlorid. Die Pflege des Ätzmittel als Hobby, dann braucht man den Taschenrechner, die Pipette, die Apothekerwaage und eine der vielen Anleitungen im Internet. Oder man nutzt das Kupferdichlorid zum Ätzen von Platinen, dann braucht man seine Augen und seine Nase als Sensoren und den Verstand als wichtiges Werkzeug. Beide Arten haben ihre Berechtigung und ich nutze beide. Ich habe Freude an Experimenten damit und schätze es als schnelles Ätzmittel mit einfacher Handhabung.

Dies ist keine Anleitung zum nachmachen der Experimente, sondern ein Bericht über meine Erfahrungen.

Haftungsausschluss: Wer das Beschriebene nachmacht, oder eigene Experimente dazu durchführt, tut dies auf eigene Verantwortung.

1E Introduction

This document describes how to use copper dichloride (CuCl_2) as an etching agent for copper, as required for etching printed circuit boards. Like the images, it is not subject to any licence and may be freely copied and modified. For example, it may be translated into another language or errors in your own language may be corrected. This document was created in German and then automatically translated into other languages using DeepL. If you have problems understanding the translation, you can translate it again from the German text itself.

There are two ways of working with copper dichloride. If you use the etching agent as a hobby, you need a calculator, a pipette, a precision balance and one of the many instructions available on the internet. Or you can use copper dichloride to etch circuit boards, in which case you need your eyes and nose as sensors and your mind as an important tool. Both methods have their merits, and I use both. I enjoy experimenting with it and appreciate it as a fast-acting etchant that is easy to use.

This is not a manual to copy the experiments, but a report about my experiences.

Disclaimer: Those who copy what is described or carry out their own experiments do so at their own risk.

1F Introduction

Ce document décrit l'utilisation du dichlorure de cuivre (CuCl_2) comme agent de gravure pour le cuivre, tel qu'il est utilisé pour graver les circuits imprimés. Tout comme les images, il n'est soumis à aucune licence et peut être copié et modifié librement. Par exemple, il peut être traduit dans une autre langue ou corrigé dans votre propre langue. Ce document a été rédigé en allemand, puis traduit automatiquement dans d'autres langues à l'aide de DeepL. En cas de problèmes de compréhension de la traduction, il est possible de retraduire à partir du texte allemand.

Il existe deux façons d'utiliser le dichlorure de cuivre. Si vous utilisez ce produit corrosif comme passe-temps, vous aurez besoin d'une calculatrice, d'une pipette, d'une balance de pharmacie et d'un des nombreux tutoriels disponibles sur Internet. Si vous utilisez le dichlorure de cuivre pour graver des circuits imprimés, vous aurez besoin de vos yeux et de votre nez comme capteurs et de votre esprit comme outil essentiel. Les deux méthodes ont leur raison d'être et je les utilise toutes les deux. J'aime faire des expériences avec et j'apprécie sa rapidité et sa facilité d'utilisation.

Il ne s'agit pas d'un guide pour reproduire les expériences, mais d'un compte rendu de mes expériences.

Clause de non-responsabilité: Toute personne qui reproduit ce qui est décrit ou qui réalise ses propres expériences à ce sujet le fait sous sa propre responsabilité.

1R Введение

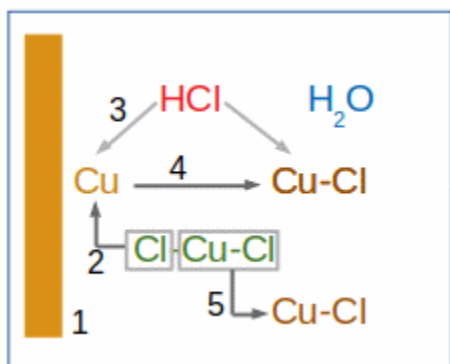
В данном документе описывается работа с дихлоридом меди (CuCl_2) в качестве травителя для меди, необходимого для травления печатных плат. Как и изображения,

он не подлежит лицензированию и может свободно копироваться и изменяться. Например, переводиться на другой язык или исправляться на своем родном языке. Данный документ был создан на немецком языке, а затем автоматически переведен на другие языки с помощью DeepL. Если у вас возникли проблемы с пониманием перевода, вы можете перевести текст с немецкого языка самостоятельно.

Существует два способа обращения с дихлоридом меди. Если вы занимаетесь травлением в качестве хобби, вам понадобятся калькулятор, пипетка, аптечные весы и одна из многочисленных инструкций в Интернете. Если же вы используете дихлорид меди для травления печатных плат, вам понадобятся ваши глаза и нос в качестве датчиков, а также ваш разум в качестве важного инструмента. Оба способа имеют право на существование, и я использую их оба. Мне нравится экспериментировать с ним, и я ценю его как быстрое травильное средство, простое в использовании.

Это не руководство по копированию экспериментов, а отчет о моем опыте.

Отказ от ответственности: Те, кто копирует описанное или проводит собственные эксперименты, делают это на свой страх и риск.



Фиг. 1B Ецване с CuCl₂

Bild 1D Ätzen mit CuCl₂

Fig. 1E Etching with CuCl₂

Figure 1F Gravure avec CuCl₂

Рис. 1R Травление с помощью CuCl₂

2B Офорт

Особено подходящ за хобито е ецващ агент за мед, наречен меден дихлорид (CuCl₂). Ецването се извършва в течност, състояща се от вода (H₂O), солна киселина (HCl) и меден дихлорид (CuCl₂). Фигура 1 показва последователността на реакциите. 1 е металната мед, която е гравирана. При контакт молекулата на CuCl₂ предава хлорен атом на меден атом (2). Образува се нова молекула CuCl (4), а от CuCl₂ остава молекула CuCl (5). Тъй като медният хлорид (CuCl) не е разтворим във вода, това прави солната киселина в разтвора (3). В крайна сметка от медта е изваден един меден атом, а от молекулата CuCl₂ са създадени две молекули CuCl: **CuCl₂ + Cu -> 2 CuCl**. Цветът на разтвора се променя от бистър зелен в мътнокафяв.

Медният хлорид (CuCl) се регенерира с кислород (O) и солна киселина (HCl), за да се образува нов CuCl₂. Подробности в Глава 3 – Обновяване.

По този начин разтворът не се изчерпва, а става все по-силен и може да се използва по-нататък. Това е полезно за ресурсите, околната среда и портфейла.

2D Ätzen

Ein besonders für das Hobby gut geeignetes Ätzmittel für Kupfer ist Kupferdichlorid (CuCl₂). Geätzt wird in einer Flüssigkeit aus Wasser (H₂O), Salzsäure (HCl) und Kupferdichlorid (CuCl₂). Bild 1 zeigt den Ablauf der Reaktionen beim ätzen. 1 ist das metallische Kupfer das geätzt wird. Bei Kontakt gibt ein CuCl₂-Molekül ein Chloratom an ein Kupferatom ab (2). Es entsteht ein neues CuCl-Molekül (4), vom CuCl₂ bleibt ein CuCl-Molekül (5). Da Kupferchlorid (CuCl) nicht in Wasser löslich ist, macht das die Salzsäure der Lösung (3). Am Ende wurde ein Kupferatom aus dem Kupfer genommen und aus dem CuCl₂-Molekül sind zwei CuCl-Moleküle entstanden: **CuCl₂ + Cu -> 2 CuCl**. Die Farbe der Lösung ändert sich von klar grün zu trüb braun.

Das Kupferchlorid (CuCl) wird mit Sauerstoff (O) und Salzsäure (HCl) zu neuen CuCl₂ regeneriert. Details in Kapitel 3 – Auffrischen.

Dadurch verbraucht sich die Lösung nicht, sondern wird immer stärker und kann weiter benutzt werden. Das ist gut für die Ressourcen, die Umwelt und den Geldbeutel.

2E Etching

Copper dichloride (CuCl_2) is a particularly suitable etching agent for copper for hobbyists. Etching is carried out in a liquid consisting of water (H_2O), hydrochloric acid (HCl) and copper dichloride (CuCl_2). Figure 1 shows the sequence of reactions during etching. 1 is the metallic copper that is etched. On contact, a CuCl_2 molecule gives up a chlorine atom to a copper atom (2). A new CuCl molecule is formed (4), a CuCl molecule remains of the CuCl_2 (5). Since copper chloride (CuCl) is not soluble in water, the hydrochloric acid of the solution (3) does this. In the end, a copper atom was taken out of the copper and two CuCl molecules were created from the CuCl_2 molecule: **$\text{CuCl}_2 + \text{Cu} \rightarrow 2 \text{CuCl}$** . The colour of the solution changes from clear green to cloudy brown.

The copper chloride (CuCl) is regenerated with oxygen (O) and hydrochloric acid (HCl) to form new CuCl_2 . Details in Chapter 3 – Refresh.

This way, the solution does not get used up, but becomes stronger and stronger and can be used further. This is good for resources, the environment and the wallet.

2F Gravure chimique

Le dichlorure de cuivre (CuCl_2) est un agent de gravure particulièrement adapté à cette activité de loisir. La gravure s'effectue dans un liquide composé d'eau (H_2O), d'acide chlorhydrique (HCl) et de dichlorure de cuivre (CuCl_2). La figure 1 montre le déroulement des réactions lors de la gravure. 1 est le cuivre métallique qui est gravé. Au contact, une molécule de CuCl_2 cède un atome de chlore à un atome de cuivre (2). Il se forme une nouvelle molécule de CuCl (4), il reste une molécule de CuCl (5) à partir de CuCl_2 . Comme le chlorure de cuivre (CuCl) n'est pas soluble dans l'eau, c'est l'acide chlorhydrique de la solution (3) qui le fait. Au final, un atome de cuivre a été retiré du cuivre et deux molécules de CuCl ont été formées à partir de la molécule de CuCl_2 : **$\text{CuCl}_2 + \text{Cu} \rightarrow 2 \text{CuCl}$** . La couleur de la solution passe du vert clair au brun trouble.

Le chlorure de cuivre (CuCl) est régénéré avec de l'oxygène (O) et de l'acide chlorhydrique (HCl) pour former du nouveau CuCl_2 . Détails au chapitre 3 – Rafraîchir.

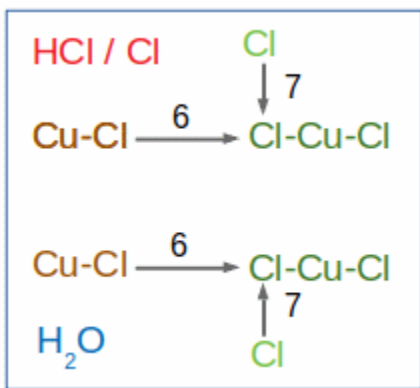
Ainsi, la solution ne s'épuise pas, mais devient de plus en plus forte et peut continuer à être utilisée. C'est bon pour les ressources, l'environnement et le porte-monnaie.

2R Травление

Особенно подходящим для хобби травильным веществом для меди является дихлорид меди (CuCl_2). Травление осуществляется в жидкости, состоящей из воды (H_2O), соляной кислоты (HCl) и дихлорида меди (CuCl_2). На рисунке 1 показана последовательность реакций во время травления. 1 - металлическая медь, которая подвергается травлению. При контакте молекула CuCl_2 отдает атом хлора атому меди (2). Образуется новая молекула CuCl (4), из CuCl_2 остается молекула CuCl (5). Поскольку хлорид меди (CuCl) не растворяется в воде, это делает соляная кислота раствора (3). В итоге из меди был извлечен атом меди, а из молекулы CuCl были созданы две молекулы CuCl_2 : **$\text{CuCl}_2 + \text{Cu} \rightarrow 2 \text{CuCl}$** . Цвет раствора меняется от прозрачно-зеленого до мутно-коричневого.

Хлорид меди (CuCl) регенерируется с помощью кислорода (O) и соляной кислоты (HCl) с образованием нового CuCl_2 . Подробности в главе 3 - Обновление.

Таким образом, раствор не расходуется, а становится все крепче и крепче и может быть использован дальше. Это полезно для ресурсов, окружающей среды и кошелька.



Фиг. 3B Освежаване на CuCl₂

Bild 3D Auffrischen von CuCl₂

Fig. 3E Refreshing CuCl₂

Figure 3F Rafrâichissement de CuCl₂

Рис. 3R Освежение CuCl₂

3B Обновяване

Когато ецващата сила на разтвора отслабне, той трябва да бъде подновен. При подновяването към ецващата баня се добавя хлор/кислород, за да може да се образува нов меден хлорид с отстранявания мед. Фигура 2 показва процеса на подновяване. Чрез поемане на хлорен атом от разтвора (7) CuCl отново се превръща в CuCl₂ (6).

Медният хлорид (CuCl) се превръща в кислород (O) и солна киселина (HCl) в нов CuCl₂ и вода: $2 \text{ CuCl} + 2 \text{ HCl} + \frac{1}{2} \text{ O}_2 = 2 \text{ CuCl}_2 + \text{ H}_2\text{O}$.

Кислородът може да се получи от въздуха, чрез добавяне на водороден пероксид (H₂O₂) или чрез електролиза. Разтворът, оставен в отворен съд, се обогатява с кислород от въздуха, което отнема няколко дни/седмици. Електролизата добавя кислород и хлор, което отнема няколко часа/дни. Добавянето на водороден пероксид действа за секунди.

Хлорът се получава чрез електролиза, която отнема часове/дни. Или се получава от добавена солна киселина и действа за секунди.

Освеженият разтвор отново е бистър и зелен. Силата на ецване е по-силна от преди, защото сега в разтвора има повече CuCl₂.

При освежаването с солна киселина и водороден пероксид, поради голямото количество вода, съдържащо се в киселината и пероксида, количеството на ецващото вещество става все по-голямо. В 30% солна киселина има 70% вода, а в 10% пероксид има 90% вода. При освежаване с електролиза количеството вещество остава приблизително същото, тъй като не се добавя излишна вода.

3D Auffrischen

Wenn die Ätzkraft der Lösung nachläßt, muss diese wieder aufgefrischt werden. Beim auffrischen wird dem Ätzbad Chlor/Sauerstoff zugefügt damit es mit dem abzulösenden Kupfer neues Kupferchlorid bilden kann. Bild 2 zeigt den Ablauf des Auffrischen. Durch Aufnahme eines Chloratoms aus der dem Ätzbad (7) wird aus dem CuCl wieder CuCl₂ (6).

Das Kupferchlorid (CuCl) wird mit Sauerstoff (O) und Salzsäure (HCl) zu neuen CuCl₂ und Wasser gewandelt: $2 \text{ CuCl} + 2 \text{ HCl} + \frac{1}{2} \text{ O}_2 = 2 \text{ CuCl}_2 + \text{ H}_2\text{O}$.

Der Sauerstoff kann aus der Luft, durch Zugabe von Wasserstoffperoxyd (H₂O₂) oder einer Elektrolyse kommen. Die Lösung in einem offenen Behälter stehen lassen frischt mit

Sauerstoff aus der Luft auf, dies dauert einige Tage / Wochen. Die Elektrolyse bringt Sauerstoff und Chlor ein, es dauert einige Stunden / Tage. Die Zugabe von Wasserstoffperoxyd wirkt in Sekunden.

Das Chlor kommt aus einer Elektrolyse, dies dauert Stunden / Tage. Oder es kommt aus zugegebener Salzsäure und wirkt in Sekunden.

Die aufgefrischte Lösung ist wieder klar und grün. Die Ätzkraft ist stärker als vorher, da jetzt mehr CuCl₂ in der Lösung ist.

Durch das auffrischen mit Salzsäure und Wasserstoffperoxyd wird, durch das viele enthaltene Wasser in Säure und Peroxyd, die Menge des Ätzmittels immer größer. In 30%iger Salzsäure sind 70% Wasser und in 10%igem Peroxyd sind 90% Wasser. Beim auffrischen mit einer Elektrolyse bleibt die Stoffmenge annähernd gleich, da kein unnötiges Wasser zugegeben wird.

3E Refresh

When the etching power of the solution diminishes, it must be refreshed. During refreshing, chlorine/oxygen is added to the etching bath so that it can form new copper chloride with the copper to be removed. Figure 2 shows the refreshing process. By absorbing a chlorine atom from the solution (7), CuCl is converted back into CuCl₂ (6).

The copper chloride (CuCl) is converted with oxygen (O) and hydrochloric acid (HCl) to new CuCl₂ and water: **$2 \text{ CuCl} + 2 \text{ HCl} + \frac{1}{2} \text{ O}_2 = 2 \text{ CuCl}_2 + \text{ H}_2\text{O}$** .

The oxygen can come from the air, by adding hydrogen peroxide (H₂O₂) or through electrolysis. Leaving the solution in an open container allows it to refresh with oxygen from the air, which takes several days/weeks. Electrolysis introduces oxygen and chlorine, which takes several hours/days. Adding hydrogen peroxide works in seconds.

The chlorine comes from electrolysis, which takes hours/days. Or it comes from added hydrochloric acid and works in seconds.

The refreshed solution is clear and green again. The etching force is stronger than before because there is now more CuCl₂ in the solution.

Refreshing with hydrochloric acid and hydrogen peroxide increases the amount of corrosive agent due to the large amount of water contained in the acid and peroxide. 30% hydrochloric acid contains 70% water and 10% peroxide contains 90% water. When refreshed with electrolysis, the amount of substance remains approximately the same, as no unnecessary water is added.

3F Rafraîchir

Lorsque le pouvoir corrosif de la solution diminue, celle-ci doit être renouvelée. Lors du renouvellement, du chlore/oxygène est ajouté au bain corrosif afin qu'il puisse former du chlorure de cuivre neuf avec le cuivre à dissoudre. La figure 2 montre le processus de renouvellement. En absorbant un atome de chlore de la solution (7), le CuCl redevient du CuCl₂ (6).

Le chlorure de cuivre (CuCl) est transformé en nouveau CuCl₂ et en eau avec de l'oxygène (O) et de l'acide chlorhydrique (HCl): **$2 \text{ CuCl} + 2 \text{ HCl} + \frac{1}{2} \text{ O}_2 = 2 \text{ CuCl}_2 + \text{ H}_2\text{O}$** .

L'oxygène peut provenir de l'air, de l'ajout d'eau oxygénée (H₂O₂) ou d'une électrolyse. Laisser la solution dans un récipient ouvert se régénère avec l'oxygène de l'air, cela prend quelques jours / semaines. L'électrolyse apporte de l'oxygène et du chlore, cela prend quelques heures / jours. L'ajout d'eau oxygénée agit en quelques secondes.

Le chlore provient d'une électrolyse, cela prend des heures/jours. Ou bien il provient de l'acide chlorhydrique ajouté et agit en quelques secondes.

La solution rafraîchie est à nouveau claire et verte. La force de gravure est plus forte qu'avant, car il y a maintenant plus de CuCl₂ dans la solution.

En rafraîchissant avec de l'acide chlorhydrique et du peroxyde d'hydrogène, la quantité de produit corrosif augmente en raison de la forte teneur en eau contenue dans l'acide et le peroxyde. L'acide chlorhydrique à 30 % contient 70 % d'eau et le peroxyde à 10 % contient 90 % d'eau. Lors du rafraîchissement par électrolyse, la quantité de substance reste pratiquement la même, car aucune eau inutile n'est ajoutée.

3R освежить

Когда травильная способность раствора ослабевает, его необходимо обновить. При обновлении в травильную ванну добавляют хлор/кислород, чтобы он мог образовать новый хлорид меди с удаляемой медью. На рисунке 2 показан процесс обновления. При поглощении атома хлора из травильной ванны (7) CuCl снова превращается в CuCl₂ (6).

Хлорид меди (CuCl) превращается с помощью кислорода (O) и соляной кислоты (HCl) в новый CuCl₂ и воду: **$2 \text{ CuCl} + 2 \text{ HCl} + \frac{1}{2} \text{ O}_2 = 2 \text{ CuCl}_2 + \text{ H}_2\text{O}$** .

Кислород может поступать из воздуха, путем добавления перекиси водорода (H₂O₂) или электролиза. Раствор, оставленный в открытом сосуде, обогащается кислородом из воздуха, что занимает несколько дней/недель. Электролиз приносит кислород и хлор, что занимает несколько часов/дней. Добавление перекиси водорода действует в течение нескольких секунд.

Хлор получается в результате электролиза, который длится несколько часов/дней. Или он поступает из добавленной соляной кислоты и действует в течение нескольких секунд.

Освеженный раствор снова становится прозрачным и зеленым. Его едкая сила становится сильнее, чем раньше, так как теперь в растворе содержится больше CuCl₂.

Благодаря освежению с помощью соляной кислоты и перекиси водорода, из-за большого количества воды, содержащейся в кислоте и перекиси, количество едкого вещества становится все больше. В 30% соляной кислоте содержится 70% воды, а в 10% перекиси — 90% воды. При обновлении с помощью электролиза количество вещества остается примерно таким же, поскольку не добавляется лишняя вода.

4B Регенериране

Когато чрез повторно освежаване количеството хлор в ецващата баня е достатъчно високо, може да се премине към регенериране. Ако медта от 20 платки без оформление е разтворена, ецващата сила е достатъчна за още около 15 подобни платки, преди ецващата сила да отслабне значително. Изхождайки от освежена/регенерирана ецваща баня, могат да се ецват много платки, без да се налага да се грижите повече за ецващата баня. Вземате ецващия агент от мястото за съхранение, ецвате и го връщате обратно.

При ецването в ецващата баня се добавя мед.

При освежаването в ецващата баня се добавя хлор/кислород.

При регенерирането от ецващата баня се извлича мед.

Подробностите за регенерирането не са публично достояние.

4D Regenerieren

Wenn durch wiederholtes auffrischen die Menge an Chlor im Ätzbath ausreichend hoch ist, kann zum regenerieren gewechselt werden. Ist das Kupfer von 20 Platinen ohne Layout gelöst, reicht die Ätzkraft für ca. 15 weitere gleichartige Platinen bevor die Ätzkraft merklich nachläßt. Ausgehend von einem aufgefrischten/regenerierten Ätzbath können also viele Platinen geätzt werden ohne sich weiter um das Ätzbath kümmern zu müssen. Man nimmt das Ätzmittel vom Aufbewahrungsort, ätzt und stellt es wieder zurück.

Beim ätzen wird dem Ätzbath Kupfer zugeführt.

Beim auffrischen wird dem Ätzbath Chlor/Sauerstoff zugeführt.

Beim regenerieren wird dem Ätzbath Kupfer entzogen.

Details zum regenerieren sind nicht öffentlich.

4E Regenerate

If repeated refreshing ensures that the amount of chlorine in the etching bath is sufficiently high, it can be changed for regeneration. Once the copper has been dissolved from 20 circuit boards without layout, the etching power is sufficient for approx. 15 more similar circuit boards before the etching power noticeably decreases. Starting with a refreshed/regenerated etching bath, many circuit boards can be etched without having to worry about the etching bath. You take the etching agent from its storage location, etch, and put it back.

During etching, copper is added to the etching bath.

During refreshing, chlorine/oxygen is added to the etching bath.

During regeneration, copper is removed from the etching bath.

Details of the regeneration are not public.

4F Régénération

Si, après plusieurs rafraîchissements, la quantité de chlore dans le bain de gravure est suffisamment élevée, il est possible de passer à la régénération. Une fois le cuivre de 20 circuits imprimés sans tracé dissous, la puissance de gravure suffit pour environ 15 circuits imprimés similaires supplémentaires avant que la puissance de gravure ne diminue sensiblement. À partir d'un bain de gravure rafraîchi/régénéré, il est donc possible de graver de nombreuses cartes sans avoir à s'occuper davantage du bain de gravure. On prend l'agent de gravure dans son lieu de stockage, on grave et on le remet en place.

Lors de la gravure, du cuivre est ajouté au bain de gravure.

Lors du rafraîchissement, du chlore/de l'oxygène est ajouté au bain de gravure.

Lors de la régénération, du cuivre est retiré du bain de gravure.

Les détails concernant la régénération ne sont pas publics.

4R Регенерация

Если после повторного обновления количество хлора в травильном растворе достаточно высокое, можно перейти к регенерации. Если медь с 20 плат без макета растворена, травильного раствора хватит еще примерно на 15 аналогичных плат, прежде чем его эффективность заметно снизится. Исходя из обновленной/регенерированной травильной ванны, можно протравить много плат, не беспокоясь о травильной ванне. Вы берете травитель из места хранения, протравливаете и возвращаете его обратно.

При травлении в травильный раствор добавляется медь.

При обновлении в травильный раствор добавляется хлор/кислород.

При регенерации из травильного раствора удаляется медь.

Подробности о регенерации не разглашаются.



Фиг. 5B Подход с солна киселина и кислород от въздуха

Bild 5D Ansatz mit Salzsäure und Luftsauerstoff

Fig. 5E Approach with hydrochloric acid and atmospheric oxygen

Figure 5F Approche avec l'acide chlorhydrique et l'oxygène atmosphérique

Рис. 5R Реакция с соляной кислотой и кислородом воздуха

5B Приготвяне на разтвор за ецване

Има различни начини за приготвяне на използвана ецваща баня с меден дихлорид.

Най-лесно е с солна киселина и въздушен кислород. На снимката в горния ляв ъгъл се вижда прясна смес, в която вече се е образувало малко CuCl_2 , а в горния десен ъгъл и в долната част се вижда готовият разтвор CuCl_2 .

или

Най-бързо е чрез електролиза на солена вода ($\text{H}_2\text{O} + \text{NaCl}$), за което дори не е необходима солна киселина, тъй като необходимите елементи (хлор, кислород и водород) се образуват сами при подходящи условия в резултат на процеса.

5.1B Солна киселина и кислород от въздуха

В най-простия случай остатъците от мед и солна киселина с произволна концентрация се смесват в един съд. Този съд трябва да има голяма повърхност за разяждащата течност, за да бъде контактната повърхност между нея и околния въздух възможно най-голяма. Съдът не трябва да бъде затворен, за да е възможен обменът на газове (пазете от деца и животни). С течение на времето, в зависимост от температурата и плътността на киселината, полученият разтвор за ецване става зелен в рамките на няколко дни/седмици. Зеленият цвят е индикация за наличието на меден дихлорид (CuCl_2).

Това работи добре в прозрачна пластмасова бутилка за напитки. Тя се пълни с киселина и мед само дотолкова, че при поставянето на бутилката в хоризонтално положение нищо да не може да изтече. Предимството е, че повърхността на контакт между въздуха и ецващия агент е три до четири пъти по-голяма, отколкото при изправена бутилка. Друго предимство е, че бутилката може да се затвори плътно и да се разклаща. Разклащането създава много малки мехурчета, които значително увеличават повърхността на контакт между въздуха и ецващия агент. Освен това течността се раздвижва, което улеснява срещата на реакционните партньори и ускорява химичните реакции. Имайте предвид, че в малкия затворен обем на бутилката има ограничено количество кислород. Затова отваряйте бутилката по-често и

подменяйте газа или просто я оставете отворена за известно време (до следващото разклащане, когато в бутилката отново има достатъчно кислород).

В началото ецващото средство се образува много бавно, тъй като CuCl_2 е в малко количество, но с всеки разтворен атом мед ецващата сила става по-силна. Това продължава при по-късното ецване на платки, като ецващата разтвор става по-силен с всяка платка. Първите платки отнемат още много време, но скоростта на ецване непрекъснато се увеличава. За разлика от други ецващи средства, които се изразходват все повече с всяко ецване.

5.2B Солна киселина и пероксид

Добавянето на водороден пероксид (H_2O_2) има същия ефект като кислорода от въздуха, но действа много по-бързо. Кислородът е на разположение на ецващия разтвор веднага, но това се използва рядко. Ако ецващата сила все още не е толкова голяма и намалява по време на ецването, или ако се ецват много платки една след друга, пероксидът може да помогне.

Добавянето на пероксид обаче води до добавяне на голямо количество вода, като 10% пероксид съдържа 90% вода. По този начин количеството на разяждащия разтвор се увеличава ненужно бързо. По-добре е да се използва пестеливо и, когато е възможно, да се работи с кислород от въздуха.

5.3B Само електролиза

Чрез електролиза с разтваряща се медна електрода образуването на CuCl_2 може да бъде значително ускорено. Тъй като необходимата солна киселина се образува по време на процеса, не е необходимо да се добавя излишна вода, което означава, че количеството на веществото (при нарастваща ерозивна сила) не се увеличава постоянно. Подробностите обаче не са публично достъпни поради патентни причини.

5D Herstellen der Ätzlösung

Um ein brauchbares Kupferdichlorid Ätzbad herzustellen gibt es verschiedene Möglichkeiten.

Am einfachsten geht es mit Salzsäure und Luftsauerstoff. Das Bild zeigt oben links einen frischen Ansatz in dem sich schon etwas CuCl_2 gebildet hat, oben rechts und unten die fertige CuCl_2 -Lösung.

oder

Am schnellsten geht es durch eine Elektrolyse von Salzwasser ($\text{H}_2\text{O} + \text{NaCl}$), dazu braucht man nicht einmal Salzsäure, die benötigten Elemente (Chlor, Sauerstoff und Wasserstoff) entstehen, unter den richtigen Bedingungen, durch den Prozess von selbst.

5.1D Salzsäure und Luftsauerstoff

Im einfachsten Fall gibt man Kupferreste und Salzsäure beliebiger Konzentration zusammen in einen Behälter. Dieser Behälter sollte eine große Oberfläche für die Ätzlösung bieten, damit die Kontaktfläche zwischen ihr und der Umgebungsluft möglichst groß ist. Der Behälter darf nicht geschlossen sein, damit ein Gasaustausch möglich ist (vor Kindern und Tieren schützen). Mit der Zeit, je nach Temperatur und Säuredichte, wird die entstehende Ätzlösung innerhalb einiger Tage/Wochen grün. Die grüne Farbe ist ein Indiz für vorhandenes Kupferdichlorid (CuCl_2).

Gut funktioniert das ansetzen in einer klarsichtigen Plastik-Getränkeflasche. Sie wird nur soweit mit Säure und Kupfer befüllt, dass beim flach legen der Flasche nichts heraus laufen kann. Der Vorteil ist, dass die Berührungsfläche zwischen Luft und Ätzmittel drei- bis viermal größer ist, als bei einer stehenden Flasche. Ein weiterer Vorteil ist es, die Flasche dicht schließen zu können und zu schütteln. Durch das schütteln entstehen viele kleine Bläschen welche die Berührungsfläche Luft/Ätzmittel erheblich vergrößern. Zudem kommt Bewegung in die Flüssigkeit, welche es erleichtert dass sich die Reaktionspartner begegnen, was die chemischen Reaktionen beschleunigt. Dabei bedenken, dass in dem kleinen abgeschlossenen Volumen der Flasche nur begrenzt Sauerstoff ist. Also die Flasche öfter öffnen und das Gas austauschen oder einfach einige Zeit geöffnet liegen lassen (bis zum nächsten schütteln wenn wieder genug Sauerstoff in der Flasche ist).

Wenn die Ätzlösung aufgebaut ist und die Farbe von grün nach braun wechselt, ist zu wenig Chlor zum bilden von CuCl_2 (Kupferdichlorid) vorhanden. In dem Fall einfach wieder Salzsäure zugeben oder durch Elektrolyse erzeugen. Die braune Farbe kommt vom CuCl (Kupferchlorid), das sich durch das zugeben von Salzsäure (HCl), und damit Chlor, vom braunen CuCl zum grünen CuCl_2 wandeln kann. Die Salzsäure sorgt auch dafür, dass sich das CuCl vom Kupfer lösen kann, da dieses in Wasser nicht löslich ist.

Anfangs bildet sich das Ätzmittel sehr langsam, da nur wenig CuCl_2 vorhanden ist, aber mit jedem gelösten Kupferatom wird die Ätzkraft stärker. Dies setzt sich beim späteren ätzen von Platinen fort, die Ätzlösung wird mit jeder Platine kräftiger. Die ersten Platinen dauern noch lang, doch die Ätzgeschwindigkeit nimmt laufend zu. Im Gegensatz zu anderen Ätzmitteln die sich mit jeder Ätzung mehr und mehr verbrauchen.

5.2D Salzsäure und Peroxyd

Die Zugabe von Wasserstoffperoxyd (H_2O_2) bewirkt das gleiche wie der Luftsauerstoff, wirkt aber viel schneller. Der Sauerstoff steht der Ätzlösung sofort zur Verfügung, dies wird aber selten gebraucht. Wenn die Ätzkraft noch nicht so groß ist und während des ätzens zurückgeht, oder viele Platinen direkt nacheinander geätzt werden kann Peroxyd helfen.

Durch die Zugabe von Peroxyd wird aber auch eine Menge Wasser eingebracht, in 10%igem Peroxyd sind 90% Wasser. Dadurch nimmt die Menge an Ätzlösung unnötig schnell zu. Besser ist es damit sparsam umzugehen und wann immer möglich mit Luftsauerstoff zu arbeiten.

5.3D Elektrolyse

Durch eine Elektrolyse mit einer, sich auflösenden, Kupferelektrode kann die Bildung von CuCl_2 stark beschleunigt werden. Da die benötigte Salzsäure im laufenden Prozess entsteht, muss kein unnötiges Wasser zugegeben werden, wodurch sich die Stoffmenge (bei steigender Ätzkraft) nicht laufend vermehrt. Die Details sind aber aus patentrechtlichen Gründen nicht öffentlich.

5E Preparing the etching solution

There are various ways to produce a usable copper dichloride etching bath.

The easiest way is to use hydrochloric acid and atmospheric oxygen. The image shows a fresh mixture in the top left corner in which some CuCl_2 has already formed, and the finished CuCl_2 solution in the top right and bottom corners.

Or

The fastest method involves the electrolysis of salt water ($\text{H}_2\text{O} + \text{NaCl}$). This does not even require hydrochloric acid; under the right conditions, the necessary elements (chlorine, oxygen and hydrogen) are produced automatically during the process.

5.1E Hydrochloric acid and atmospheric oxygen

In the simplest case, copper scraps and hydrochloric acid of any concentration are placed together in a container. This container should provide a large surface area for the etching solution so that the contact area between it and the ambient air is as large as possible. The container must not be closed so that gas exchange is possible (keep out of reach of children and animals). Over time, depending on the temperature and acid density, the resulting etching solution will turn green within a few days/weeks. The green colour is an indication of the presence of copper dichloride (CuCl_2).

This works well in a clear plastic drinks bottle. Fill it with acid and copper just enough so that nothing can leak out when the bottle is laid flat. The advantage of this is that the contact surface between the air and the etching agent is three to four times larger than in a standing bottle. Another advantage is that the bottle can be closed tightly and shaken. Shaking creates many small bubbles, which significantly increase the contact surface between the air and the etching agent. In addition, the liquid is agitated, which makes it easier for the reactants to meet, accelerating the chemical reactions. Keep in mind that there is only a limited amount of oxygen in the small enclosed volume of the bottle. Therefore, open the bottle frequently to exchange the gas or simply leave it open for a while (until the next shake when there is enough oxygen in the bottle again).

If the etching solution has formed and the colour changes from green to brown, there is not enough chlorine to form CuCl_2 (copper dichloride). In this case, simply add more hydrochloric acid or generate it by electrolysis. The brown colour comes from CuCl (copper chloride), which can be converted from brown CuCl to green CuCl_2 by adding hydrochloric acid (HCl), and thus chlorine. The hydrochloric acid also ensures that the CuCl_2 can be dissolved from the copper, as it is not soluble in water.

Initially, the etching agent forms very slowly because there is only a small amount of CuCl_2 present, but with each copper atom dissolved, the etching power becomes stronger. This continues during the subsequent etching of circuit boards, with the etching solution becoming stronger with each board. The first circuit boards take a long time, but the etching speed increases continuously. This is in contrast to other etching agents, which become more and more depleted with each etching.

5.2E Hydrochloric acid and peroxide

The addition of hydrogen peroxide (H_2O_2) has the same effect as atmospheric oxygen, but works much faster. The oxygen is immediately available to the etching solution, but this is rarely needed. If the etching power is not yet very strong and decreases during etching, or if many circuit boards are etched directly one after the other, peroxide can help.

However, the addition of peroxide also introduces a lot of water; 10% peroxide contains 90% water. This causes the amount of etching solution to increase unnecessarily quickly. It is better to use it sparingly and to work with atmospheric oxygen whenever possible.

5.3E Electrolysis only

Electrolysis using a dissolving copper electrode can greatly accelerate the formation of CuCl_2 . Since the required hydrochloric acid is produced during the process, there is no need to add unnecessary water, which means that the amount of material does not continuously increase (with increasing etching power). However, the details are not public for patent reasons.

5F Préparation de la solution de gravure

Il existe différentes possibilités pour fabriquer un bain de gravure au dichlorure de cuivre utilisable.

Le plus simple est d'utiliser de l'acide chlorhydrique et de l'oxygène atmosphérique. La photo montre en haut à gauche une préparation fraîche dans laquelle du CuCl_2 s'est déjà formé, en haut à droite et en bas la solution de CuCl_2 terminée.

ou

La plus rapide consiste à électrolyser de l'eau salée ($\text{H}_2\text{O} + \text{NaCl}$). Pour cela, il n'est même pas nécessaire d'utiliser de l'acide chlorhydrique, car les éléments requis (chlore, oxygène et hydrogène) se forment spontanément dans les conditions appropriées.

5.1F Acide chlorhydrique et oxygène atmosphérique

Dans le cas le plus simple, on mélange des résidus de cuivre et de l'acide chlorhydrique de concentration quelconque dans un récipient. Ce récipient doit offrir une grande surface pour la solution corrosive afin que la surface de contact entre celle-ci et l'air ambiant soit la plus grande possible. Le récipient ne doit pas être fermé afin de permettre les échanges gazeux (Protéger des enfants et des animaux). Au fil du temps, en fonction de la température et de la densité de l'acide, la solution corrosive obtenue devient verte en quelques jours/semaines. La couleur verte indique la présence de dichlorure de cuivre (CuCl_2).

La préparation fonctionne bien dans une bouteille en plastique transparent. Elle est remplie d'acide et de cuivre jusqu'à ce que rien ne puisse s'écouler lorsque la bouteille est couchée à plat. L'avantage est que la surface de contact entre l'air et l'acide est trois à quatre fois plus grande que dans une bouteille debout. Un autre avantage est de pouvoir fermer hermétiquement la bouteille et la secouer. Le fait de secouer la bouteille crée de nombreuses petites bulles qui augmentent considérablement la surface de contact entre l'air et l'acide. De plus, le liquide est mis en mouvement, ce qui facilite la rencontre des réactifs et accélère les réactions chimiques. Il faut toutefois tenir compte du fait que le petit volume fermé de la bouteille ne contient qu'une quantité limitée d'oxygène. Il faut donc ouvrir la bouteille plus souvent pour renouveler le gaz ou simplement la laisser ouverte pendant un certain temps (jusqu'à la prochaine agitation, lorsque la bouteille contient à nouveau suffisamment d'oxygène).

Lorsque la solution corrosive est prête et que sa couleur passe du vert au brun, cela signifie qu'il n'y a pas assez de chlore pour former du CuCl_2 (dichlorure de cuivre). Dans ce cas, il suffit d'ajouter à nouveau de l'acide chlorhydrique ou d'en produire par électrolyse. La couleur brune provient du CuCl (chlorure de cuivre) qui, grâce à l'ajout d'acide chlorhydrique (HCl) et donc de chlore, peut passer du CuCl brun au CuCl_2 vert. L'acide chlorhydrique permet également au CuCl de se détacher du cuivre, car celui-ci n'est pas soluble dans l'eau.

Au début, l'agent de gravure se forme très lentement, car il y a peu de CuCl_2 , mais à chaque atome de cuivre dissous, le pouvoir corrosif augmente. Ce processus se poursuit lors de la gravure ultérieure des circuits imprimés, la solution de gravure devenant plus puissante à

каждый circuit напечатанный. Первые карты требуют еще много времени, но скорость гравировки увеличивается непрерывно. В отличие от других агентов гравировки, которые истощаются все больше и больше с каждой гравировкой.

5.2F Кислота хлороводородная и перекись

Добавление пероксида водорода (H_2O_2) имеет тот же эффект, что и атмосферический кислород, но действует намного быстрее. Кислород сразу же доступен для раствора гравировки, но это редко необходимо. Если коррозионная способность не является еще очень важной и уменьшается во время гравировки, или если много карт гравировано друг за другом, перекись может быть полезна.

Однако, добавление пероксида приносит также большое количество воды: перекись 10 % содержит 90 % воды. Количество раствора гравировки увеличивается тогда бесполезно быстро. Лучше использовать ее экономно и работать с атмосферическим кислородом столько, сколько возможно.

5.3F Электролиз

Электролиз с помощью электрода из меди в растворе позволяет значительно увеличить образование $CuCl_2$. Кислота хлороводородная, необходимая для этого, производится во время процесса, поэтому не нужно добавлять воду, что предотвращает постоянное увеличение количества вещества (с увеличением коррозионной способности). Из-за патентованных деталей, подробности не будут здесь опубликованы.

5R Приготовление раствора для травления

Существует несколько способов приготовления пригодного для использования травильного раствора с дихлоридом меди.

Проще всего это сделать с помощью соляной кислоты и кислорода воздуха. На фотографии вверху слева показан свежий раствор, в котором уже образовалось немного $CuCl_2$, вверху справа и внизу — готовый раствор $CuCl_2$.

или

Самый быстрый способ — электролиз соленой воды ($H_2O + NaCl$), для этого даже не нужна соляная кислота, необходимые элементы (хлор, кислород и водород) образуются в нужных условиях в результате самого процесса.

5.1R Соляная кислота и кислород воздуха

В самом простом случае остатки меди и соляную кислоту любой концентрации помещают в один контейнер. Этот контейнер должен иметь большую поверхность для раствора, чтобы площадь контакта между ним и окружающим воздухом была как можно больше. Емкость не должна быть закрытой, чтобы был возможен газообмен (защитить от детей и животных). Со временем, в зависимости от температуры и плотности кислоты, образующийся раствор для травления в течение нескольких дней/недель становится зеленым. Зеленый цвет является признаком наличия дихлорида меди ($CuCl_2$).

Хорошо подходит для этого прозрачная пластиковая бутылка из-под напитков. Ее наполняют кислотой и медью настолько, чтобы при положении бутылки в

горизонтальном положении ничего не вытекло. Преимущество заключается в том, что площадь соприкосновения воздуха и травителя в три-четыре раза больше, чем в вертикально стоящей бутылке. Еще одним преимуществом является возможность плотно закрыть бутылку и встряхивать ее. В результате встряхивания образуется много мелких пузырьков, которые значительно увеличивают площадь соприкосновения воздуха и травителя. Кроме того, жидкость приходит в движение, что облегчает взаимодействие реагентов и ускоряет химические реакции. При этом следует помнить, что в небольшом замкнутом объеме бутылки содержится ограниченное количество кислорода. Поэтому бутылку следует чаще открывать и заменять газ или просто оставлять ее открытой на некоторое время (до следующего встряхивания, когда в бутылке снова будет достаточно кислорода).

Если раствор для травления готов и его цвет меняется с зеленого на коричневый, это означает, что хлора недостаточно для образования CuCl_2 (дихлорида меди). В этом случае просто добавьте еще соляной кислоты или получите ее путем электролиза. Коричневый цвет обусловлен CuCl (хлоридом меди), который при добавлении соляной кислоты (HCl) и, следовательно, хлора, может превращаться из коричневого CuCl в зеленый CuCl_2 . Соляная кислота также обеспечивает растворение CuCl из меди, поскольку он не растворяется в воде.

Вначале травитель образуется очень медленно, так как CuCl_2 присутствует в небольшом количестве, но с каждым растворенным атомом меди сила травления усиливается. Это продолжается при последующем травлении плат, раствор для травления становится сильнее с каждой платой. Первые платы обрабатываются довольно долго, но скорость травления постоянно увеличивается. В отличие от других травителей, которые с каждым травлением все больше и больше расходуются.

5.2R Соляная кислота и пероксид

Добавление перекиси водорода (H_2O_2) дает тот же эффект, что и кислород воздуха, но действует гораздо быстрее. Кислород сразу же поступает в раствор для травления, но это редко бывает необходимо. Если сила травления еще не так велика и уменьшается во время травления, или если много плат травится подряд, перекись может помочь.

Однако добавление перекиси также приводит к попаданию большого количества воды: в 10% перекиси содержится 90% воды. В результате количество травильного раствора быстро увеличивается. Лучше использовать его экономно и по возможности работать с кислородом из воздуха.

5.3R Только электролиз

Электролиз с помощью растворяющегося медного электрода позволяет значительно ускорить образование CuCl_2 . Поскольку необходимая соляная кислота образуется в ходе процесса, нет необходимости добавлять лишнюю воду, благодаря чему количество вещества (при увеличении едкой силы) не увеличивается. Однако детали не разглашаются по соображениям патентного права.

6B Използване на ецващия разтвор

За по-лесна употреба и поддръжка при работа с CuCl_2 , времето на всяка стъпка е от решаващо значение. Започвайки с пресен разтвор за ецване (прозрачен, зелен), платката се ецва както обикновено. Разклатете или платката, или ецващата ваната, за да осигурите по-равномерно отстраняване на медта. Ецването протича отвън навътре, т.е. от ръба на платката към центъра. Това разклащане намалява времевата разлика между ръба и центъра, като минимизира подрязването по краищата. Поведението на ецване на платката може да бъде повлияно още на етапа на оформление.

Друг полезен метод е да се постави платката плоско върху повърхността на ецващия разтвор, с ецваната страна надолу към разтвора. Особено при ецващ разтвор с вече висока плътност, платка лесно плава на повърхността. При този метод по-тежкия меден хлорид (CuCl) потъва надолу, а отстрани се влива свеж меден дихлорид (CuCl_2). Това действа като че ли платка или ецващата вана се движат, но не се нуждае от механично движение. Страховитите газови мехурчета, които се образуват върху платка и пречат на контакта с ецващата баня, възникват само когато се добави прекалено много пероксид. Излишният кислород от пероксида се изпарява и покрива медта. По време на нормалния процес на ецване не се образува газ и следователно този проблем не съществува.

По време на ецването, цветът на ецващата ваната се променя от чисто зелено на мътнокафяво поради нарастващото производство на CuCl_2 . Това не е проблем; стига да има достатъчно количество CuCl_2 , ецването може да продължи. Едва след като са ецвани много печатни платки, силата на ецване намалява и разтворът трябва да се освежи/регенерира. Колкото повече CuCl_2 е наличен, толкова по-голяма площ на платката може да бъде ецвана без допълнителни мерки и толкова повече CuCl_2 се произвежда с всяка ецвана платка. При употреба, ецващият разтвор се взема от мястото му за съхранение, платката се ецва и разтворът просто се връща на мястото му за съхранение.

Когато ецващата сила отслабне, е време да се подсили ецващата разтвор. За целта се добавя малко солна киселина или се изравнява киселинният баланс чрез електролиза. Подходящият момент за това не е след края на ецването, а непосредствено преди следващото ецване. Ако се добави повече солна киселина, а с това и хлор, отколкото е необходимо, ецващата баня изпуска излишния хлорен газ. Използваната ецваща разтвор е алчна за хлор, не отделя хлорни атоми доброволно и затова почти не отделя газ. За съхранение не затваряйте капака, за да може ецващата разтвор да поема кислород от въздуха. По този начин може да се изпари и водата, добавена чрез солна киселина и пероксид.

Обикновено ецването може да се извършва при стайна температура. Ако ецващият разтвор е нов или ецването трябва да се извърши много бързо, той може да се загрее, за да се ускори процеса.

6D Verwenden der Ätzlösung

Für die einfache Handhabung und Pflege des arbeiten mit CuCl_2 spielt der richtige Zeitpunkt der einzelnen Arbeitsschritte eine entscheidende Rolle. Ausgehend von einer frischen Ätzlösung (klar, grün) wird die Platine wie üblich geätzt. Dabei entweder die Platine oder das Ätzbad bewegen, damit das Kupfer gleichmäßiger abgetragen wird. Das ätzen verläuft von aussen nach innen, also vom Platinenrand zum Zentrum. Durch die Bewegung wird der Zeitunterschied zwischen Rand und

Zentrum verkürzt, was Unterätzungen am Rand verkleinert. Man kann bereits beim Layout des Ätzresist der Platine deren Ätzverhalten beeinflussen.

Eine andere brauchbare Methode ist das flache auflegen der Platine auf der Oberfläche der Ätzlösung, die zu ätzende Seite nach unten zur Ätzlösung. Besonders bei Ätzlösung mit bereits hoher Dichte schwimmt die Platine leicht oben auf. Bei dieser Methode sinkt das schwerere Kupferchlorid (CuCl) nach unten weg und von den Seiten strömt frisches Kupferdichlorid (CuCl_2) nach. Dies wirkt als würde die Platine oder das Ätzbad bewegt, braucht aber keine mechanische Bewegung. Die gefürchteten Gasbläschen die sich auf der Platine bilden und den Kontakt zum Ätzbad behindern, entstehen nur wenn man es bei der Zugabe von Peroxyd zu gut gemeint hat. Der überschüssige Sauerstoff aus dem Peroxyd gast aus und belegt das Kupfer. Während des normalen Ätzprozesses entsteht kein Gas und damit gibt es dieses Problem nicht.

Während des ätzen verändert sich, durch das entstehen von mehr und mehr CuCl , die Farbe des Ätzbad von klar grün, hin zu trüb braun. Dies ist kein Problem, solange genug CuCl_2 vorhanden ist kann weiter geätzt werden. Erst wenn, nach vielen Platinen, die Ätzkraft nachläßt muß wieder aufgefrischt/regeneriert werden. Je mehr CuCl_2 vorhanden ist, umso mehr Platinenfläche kann ohne weitere Maßnahmen geätzt werden und mit jeder geätzten Platine entsteht mehr CuCl_2 . Im Gebrauch nimmt man die Ätzlösung aus ihrem Lager, ätzt seine Platine und stellt die Ätzlösung einfach wieder zurück zum Lagerort.

Läßt die Ätzkraft nach, ist es Zeit die Ätzlösung wieder stärker zu machen. Dazu wird etwas Salzsäure nachgegeben oder der Säurehaushalt durch Elektrolyse ausgeglichen. Der richtige Zeitpunkt dafür ist nicht nach dem Ende des ätzen, sondern unmittelbar vor dem nächsten ätzen. Gibt man mehr Salzsäure, und damit Chlor zu als benötigt, gast das Ätzbad das überschüssige Chlorgas aus. Eine gebrauchte Ätzlösung ist gierig nach Chlor, gibt kein Chloratom freiwillig her und gast deshalb kaum aus. Zum lagern den Deckel nicht schließen, damit sich die Ätzlösung den Luftsauerstoff holen kann. Dadurch kann gleichzeitig das durch Salzsäure und Peroxid zugeführte Wasser verdunsten.

Normalerweise kann man bei Raumtemperatur ätzen. Ist die Ätzlösung noch neu, oder es muss sehr schnell geätzt werden, kann sie erwärmt und damit das ätzen beschleunigt werden.

6E Using the etching solution

For the ease of handling and maintenance when working with CuCl_2 , the timing of each step is crucial. Starting with a fresh etching solution (clear, green), the circuit board is etched as usual. Agitate either the board or the etching bath to ensure more even copper removal. Etching proceeds from the outside in, i.e., from the edge of the board to the center. This agitation reduces the time difference between the edge and the center, minimizing undercutting at the edges. The etching behavior of the circuit board can be influenced as early as the layout stage.

Another useful method is to place the circuit board flat on the surface of the etching solution, with the side to be etched facing downwards towards the etching solution. The circuit board floats easily on top, especially with etching solutions that already have a high density. With this method, the heavier copper chloride (CuCl) sinks to the bottom and fresh copper dichloride (CuCl_2) flows in from the sides. This has the same effect as moving the circuit board or the etching bath, but does not require any mechanical movement. The dreaded gas bubbles that form on the circuit board and prevent contact with the etching bath only occur if

too much peroxide is added. The excess oxygen from the peroxide escapes and coats the copper. No gas is produced during the normal etching process, so this problem does not arise.

During etching, the color of the etching bath changes from clear green to a murky brown due to the increasing production of CuCl_2 . This is not a problem; as long as enough CuCl_2 is present, etching can continue. Only after many circuit boards have been etched does the etching strength decrease, and the solution needs to be refreshed/regenerated. The more CuCl_2 is present, the larger the circuit board area can be etched without further measures, and more CuCl_2 is produced with each etched circuit board. In use, the etching solution is taken from its storage location, the circuit board is etched, and the solution is simply returned to its storage location.

If the etching power diminishes, it is time to make the etching solution stronger again. To do this, add a little hydrochloric acid or balance the acidity by electrolysis. The right time to do this is not after the end of the etching process, but immediately before the next etching. If you add more hydrochloric acid, and thus chlorine, than is needed, the etching bath will release the excess chlorine gas. A used etching solution is greedy for chlorine, does not voluntarily release any chlorine atoms and therefore hardly releases any gas. Do not close the lid when storing, so that the etching solution can obtain oxygen from the air. This also allows the water supplied by hydrochloric acid and peroxide to evaporate.

Normally, etching can be carried out at room temperature. If the etching solution is still new, or if etching needs to be carried out very quickly, it can be heated to speed up the process.

6F Utilisation de la solution de gravure

Pour faciliter l'utilisation et la maintenance lors de la manipulation du CuCl_2 , le respect du timing de chaque étape est crucial. En commençant par une solution de gravure fraîche (transparente, verte), la carte de circuit imprimé est gravée comme d'habitude. Il est important d'agiter la carte ou le bain de gravure pour assurer une gravure plus homogène du cuivre. La gravure se déroule de l'extérieur vers l'intérieur, c'est-à-dire du bord de la carte vers le centre. Cette agitation réduit l'écart de temps entre le bord et le centre, minimisant ainsi le sous-gravage sur les bords. Le comportement de la gravure de la carte de circuit imprimé peut être influencé dès la phase de conception.

Une autre méthode utile consiste à poser la carte à plat sur la surface de la solution de gravure, la face à graver vers le bas. La carte flotte facilement à la surface, en particulier avec une solution de gravure déjà très dense. Avec cette méthode, le chlorure de cuivre (CuCl), plus lourd, coule vers le fond et du dichlorure de cuivre (CuCl_2) frais s'écoule sur les côtés. Cela a le même effet que si la carte ou le bain de gravure était déplacé, mais ne nécessite aucun mouvement mécanique. Les bulles de gaz redoutées qui se forment sur la carte et empêchent le contact avec le bain de gravure ne se produisent que si l'on a ajouté trop de peroxyde. L'excès d'oxygène du peroxyde se dégage sous forme de gaz et recouvre le cuivre. Pendant le processus de gravure normal, aucun gaz n'est produit et ce problème ne se pose donc pas.

Lors de la gravure, la couleur du bain passe d'un vert clair à un brun trouble en raison de la production croissante de CuCl_2 . Ceci est normal ; tant que la concentration de CuCl_2 est suffisante, la gravure peut se poursuivre. Ce n'est qu'après la gravure de plusieurs circuits imprimés que l'efficacité de la gravure diminue et que la solution doit être renouvelée. Plus la concentration de CuCl_2 est élevée, plus la surface du circuit imprimé pouvant être gravée sans intervention supplémentaire est importante, et plus la quantité de CuCl_2 produite augmente à chaque gravure. Pour l'utilisation, la solution de gravure est prélevée de son

emplacement de stockage, le circuit imprimé est gravé, puis la solution est simplement remise à son emplacement de stockage.

Si le pouvoir corrosif diminue, il est temps de renforcer la solution corrosive. Pour ce faire, on ajoute un peu d'acide chlorhydrique ou on équilibre le pH par électrolyse. Le moment opportun pour cela n'est pas à la fin du décapage, mais immédiatement avant le décapage suivant. Si l'on ajoute plus d'acide chlorhydrique, et donc plus de chlore que nécessaire, le bain corrosif dégage le chlore gazeux en excès. Une solution de décapage usagée est avide de chlore, ne libère pas volontairement d'atome de chlore et ne dégage donc pratiquement pas de gaz. Pour le stockage, ne fermez pas le couvercle afin que la solution de décapage puisse s'oxygéner. Cela permet également à l'eau apportée par l'acide chlorhydrique et le peroxyde de s'évaporer.

En règle générale, la gravure peut être effectuée à température ambiante. Si la solution de gravure est encore neuve ou si la gravure doit être effectuée très rapidement, elle peut être chauffée afin d'accélérer le processus.

6R Использование травильного раствора

Для удобства использования и обслуживания при работе с CuCl_2 время каждого этапа имеет решающее значение. Начиная со свежего травильного раствора (прозрачного, зелёного), печатная плата травится как обычно. Для более равномерного удаления меди необходимо перемешивать либо плату, либо травильную ванну. Травление идёт снаружи внутрь, то есть от края к центру. Такое перемешивание сокращает разницу во времени между краем и центром, минимизируя подтравливание по краям. На процесс травления печатной платы можно влиять уже на этапе разработки макета.

Другой полезный метод — плоское размещение платы на поверхности травильного раствора, травимой стороной вниз. Особенно в случае травильного раствора с уже высокой плотностью плата легко всплывает на поверхность. При этом методе более тяжёлый хлорид меди (CuCl) опускается на дно, а со сторон поступает свежий дихлорид меди (CuCl_2). Это действует так, как будто плата или травильная ванна движутся, но не требует механического движения. Страшные пузырьки газа, которые образуются на плате и препятствуют контакту с травильным раствором, возникают только в том случае, если при добавлении перекиси переборщить. Избыточный кислород из перекиси выделяется в виде газа и оседает на меди. Во время нормального процесса травления газ не образуется, поэтому этой проблемы не возникает.

Во время травления цвет травильной ванны меняется с прозрачно-зелёного на тёмно-коричневый из-за увеличения образования CuCl_2 . Это не является проблемой: при наличии достаточного количества CuCl_2 травление можно продолжать. Только после травления большого количества печатных плат сила травления снижается, и раствор необходимо обновлять/регенерировать. Чем больше CuCl_2 , тем большую площадь печатной платы можно протравить без дополнительных мер, и тем больше CuCl_2 образуется с каждой протравленной платой. В процессе травления раствор берут из места хранения, протравливают плату, а раствор просто возвращают на место хранения.

Если травильная способность ослабевает, пора снова усилить травильный раствор. Для этого добавляют немного соляной кислоты или выравнивают кислотный баланс с помощью электролиза. Правильный момент для этого — не после окончания травления, а непосредственно перед следующим. Если добавить больше соляной кислоты, а значит и хлора, чем необходимо, травильная ванна выпустит избыток хлорного газа.

Использованный раствор для травления жадно поглощает хлор, не отдает атомы хлора и поэтому практически не выделяет газ. Для хранения не закрывайте крышку, чтобы раствор для травления мог поглощать кислород из воздуха. Это также позволяет испаряться воде, поступающей с соляной кислотой и перекисью.

Обычно травление можно проводить при комнатной температуре. Если раствор для травления еще новый или требуется очень быстрое травление, его можно нагреть, чтобы ускорить процесс.

7B Освежаване на разтвора за ецване

При ецването молекулата CuCl_2 отдава едно от двете си хлорни атома на медно атом, като по този начин се образува молекула CuCl , която се извлича от медния слой. От една молекула CuCl_2 и едно медно атом се образуват две молекули CuCl . При продължаващото ецване остават все по-малко ецващи молекули CuCl_2 . Цветът на ецващия разтвор се променя от зелен на кафяв и ецващата сила намалява. За да се възстанови ецващата сила, е необходим хлор, който превръща пасивните CuCl молекули отново в ецващи CuCl_2 молекули. Липсващият хлор може да се допълни чрез добавяне на солна киселина (HCl). Необходимият кислород идва от въздуха или от пероксид (H_2O_2).

Може да се освежава и по време на ецването, но за целта платка трябва да се извади от ецващата баня, докато химикалите се смесят добре. В противен случай могат да се появят области, които да повредят ецващия резист. Използвайте киселината пестеливо, защото ако е необходимо, най-добрият момент за подновяване е преди ецването, така че ецващата разтвор да страда от недостиг на хлор по време на съхранението и следователно да не отделя хлор.

Не е необходимо да се освежава преди всяка платка, а само когато ецващата сила значително намалее. Ако вече сте ецвали много мед и сте освежили ецващата баня, може да мине много време, докато се наложи ново освежаване.

Освежаването на ецващия разтвор чрез електролиза по време на ецването създава практически проблеми, поради което не е от голямо значение за хоби ецвачите.

7D Auffrischen der Ätzlösung

Beim ätzen gibt ein CuCl_2 Molekül eines seiner beiden Chloratome an ein Kupferatom ab, so dass dabei ein CuCl -Molekül entsteht welches aus der Kupferschicht entnommen wird. Aus einem CuCl_2 -Molekül und einem Kupferatom werden zwei CuCl -Moleküle. Dabei bleiben mit fortschreitenden ätzen immer weniger ätzfähige CuCl_2 -Moleküle zurück. Die Farbe der Ätzlösung wechselt dabei von grün nach braun und die Ätzkraft vermindert sich. Um die Ätzkraft wieder herzustellen braucht es Chlor, das bildet aus den passiven CuCl -Molekülen wieder ätzfähige CuCl_2 -Moleküle. Das fehlende Chlor kann durch die Zugabe von Salzsäure (HCl) ergänzt werden. Der nötige Sauerstoff kommt aus der Luft oder von Peroxyd (H_2O_2).

Man kann auch während des Ätzens auffrischen, sollte dazu aber die Platine aus dem Ätzbad nehmen bis sich die Chemikalien gut vermischt haben. Andernfalls können Bereiche entstehen, welche das Ätzresist beschädigen. Dabei sparsam mit der Säure umgehen, denn falls nötig ist der beste Zeitpunkt zum auffrischen vor dem ätzen, so dass die Ätzlösung während der Lagerung unter Chlormangel leidet und deshalb kein Chlor ausgast.

Man muss nicht vor jeder Platine auffrischen, sondern erst wenn die Ätzkraft deutlich nachläßt. Hat man bereits viel Kupfer abgeätzt und das Ätzbad aufgefrischt, kann es lange dauern bis es erneutes auffrischen braucht.

Das auffrischen der Ätzlösung durch Elektrolyse während des ätzen bereitet praktische Probleme, weshalb es für Hobbyätzer keine große Rolle spielt.

7E Refreshing the etching solution

During etching, a CuCl_2 molecule releases one of its two chlorine atoms to a copper atom, resulting in the formation of a CuCl molecule which is removed from the copper layer. One CuCl_2 molecule and one copper atom become two CuCl molecules. As etching progresses, fewer and fewer etchable CuCl_2 molecules remain. The colour of the etching solution changes from green to brown and the etching power decreases. To restore the etching power, chlorine is needed to convert the passive CuCl molecules back into etchable CuCl_2 molecules. The missing chlorine can be replenished by adding hydrochloric acid (HCl). The necessary oxygen comes from the air or from peroxide (H_2O_2).

It is also possible to refresh the solution during etching, but the circuit board should be removed from the etching bath until the chemicals have mixed well. Otherwise, areas may develop that damage the etching resist. Use the acid sparingly, because if necessary, the best time to refresh is before etching, so that the etching solution suffers from a chlorine deficiency during storage and therefore no chlorine is released.

It is not necessary to refresh the solution before each circuit board, but only when the etching power has significantly decreased. If you have already etched a lot of copper and refreshed the etching bath, it may take a long time before it needs to be refreshed again.

Refreshing the etching solution by electrolysis during etching causes practical problems, which is why it is not very important for hobby etchers.

7F Rafrâichissement de la solution corrosive

Lors de la gravure, une molécule de CuCl_2 cède l'un de ses deux atomes de chlore à un atome de cuivre, ce qui donne naissance à une molécule de CuCl qui est extraite de la couche de cuivre. Une molécule de CuCl_2 et un atome de cuivre donnent naissance à deux molécules de CuCl . Au fur et à mesure que la gravure progresse, il reste de moins en moins de molécules de CuCl_2 capables de graver. La couleur de la solution de gravure passe alors du vert au brun et le pouvoir corrosif diminue. Pour rétablir le pouvoir corrosif, il faut du chlore, qui transforme les molécules de CuCl passives en molécules de CuCl_2 corrosives. Le chlore manquant peut être ajouté sous forme d'acide chlorhydrique (HCl). L'oxygène nécessaire provient de l'air ou du peroxyde (H_2O_2).

Il est également possible de rafraîchir pendant la gravure, mais il faut alors retirer la carte du bain de gravure jusqu'à ce que les produits chimiques soient bien mélangés. Sinon, des zones pouvant endommager le résist de gravure peuvent apparaître. Utilisez l'acide avec parcimonie, car si nécessaire, le meilleur moment pour renouveler le mélange est avant la gravure, afin que la solution de gravure souffre d'un manque de chlore pendant le stockage et ne dégage donc pas de chlore.

Il n'est pas nécessaire de rafraîchir la solution avant chaque carte, mais seulement lorsque son pouvoir de gravure diminue considérablement. Si vous avez déjà gravé beaucoup de cuivre et rafraîchi le bain de gravure, cela peut prendre beaucoup de temps avant qu'il ne soit nécessaire de le rafraîchir à nouveau.

Le rafrâichissement de la solution de gravure par électrolyse pendant la gravure pose des problèmes pratiques, c'est pourquoi cela n'a pas beaucoup d'importance pour les graveurs amateurs.

7R Освежение травильного раствора

При травлении молекула CuCl_2 отдает один из своих двух атомов хлора атому меди, в результате чего образуется молекула CuCl , которая извлекается из слоя меди. Из одной молекулы CuCl_2 и одного атома меди образуются две молекулы CuCl . При этом по мере продвижения травления остается все меньше и меньше травящих молекул CuCl_2 . Цвет травильного раствора меняется с зеленого на коричневый, а травильная способность уменьшается. Для восстановления травильной способности требуется хлор, который из пассивных молекул CuCl снова образует травящие молекулы CuCl_2 . Недостающий хлор можно восполнить добавлением соляной кислоты (HCl). Необходимый кислород поступает из воздуха или из перекиси (H_2O_2).

Можно также обновлять раствор во время травления, но для этого необходимо вынуть плату из травильной ванны до тех пор, пока химикаты хорошо не смешаются. В противном случае могут образоваться участки, которые повредят травильный слой. При этом следует экономно использовать кислоту, поскольку, если необходимо, лучшее время для обновления — перед травлением, чтобы травильный раствор во время хранения страдал от недостатка хлора и поэтому не выделял хлор.

Необязательно обновлять раствор перед каждой печатной платой, а только тогда, когда его травильная способность значительно снижается. Если вы уже протравили много меди и обновили травильный раствор, может пройти много времени, прежде чем понадобится его повторное обновление.

Обновление травильного раствора путем электролиза во время травления создает практические проблемы, поэтому для любителей травления это не имеет большого значения.

8B Регенериране на ецващия разтвор

Ако в ецващия агент има достатъчно хлор, за да се обработят необходимия брой платки, вече не е необходимо трудоемкото подновяване и може да се премине към регенериране. Регенерирането (извличането на мед от разтвора) е лесно и запазва силата на ецващата баня.

Регенерирането не е публично.

8D Regenerieren der Ätzlösung

Falls sich genug Chlor im Ätzmittel befindet um die nötige Anzahl Platinen bearbeiten zu können, braucht es das aufwändige Auffrischen nicht mehr und man kann zum regenerieren übergehen. Das regenerieren (entnehmen von Kupfer aus der Lösung) geht einfach und erhält die Kraft des Ätzbad.

Das regenerieren ist nicht öffentlich

8E Regenerating the etching solution

If there is enough chlorine in the etching agent to process the required number of circuit boards, there is no need for time-consuming refreshing and you can proceed to regeneration. Regeneration (removing copper from the solution) is easy and maintains the strength of the etching bath.

Regeneration is not public.

8F Régénération de la solution de gravure

Si le produit de gravure contient suffisamment de chlore pour traiter le nombre nécessaire de circuits imprimés, il n'est plus nécessaire de procéder à un rafraîchissement fastidieux et on peut passer à la régénération. La régénération (extraction du cuivre de la solution) est simple et préserve la puissance du bain de gravure.

La régénération n'est pas publique.

8R Регенерация травильного раствора

Если в травильном растворе содержится достаточное количество хлора для обработки необходимого количества плат, то нет необходимости в трудоемком обновлении, и можно переходить к регенерации. Регенерация (извлечение меди из раствора) проходит легко и сохраняет силу травильного раствора.

Регенерация не является публичной.

Geschrieben mit LibreOffice Writer

Übersetzt mit DeepL Übersetzer