

# 打ち抜きによる Au リングの製作

藤田 和之

技術部装置開発室

## はじめに

透過型電子顕微鏡（極低温超高真空透過型電子顕微鏡）を用いて、アモルファス氷の生成過程のその場観察ならびに氷の構造（マイクロからマクロ）・化学結合状態の解析を行う。この観察と解析において、透過型電子顕微鏡の鏡体内にある Si 単結晶グリッドとホルダーとの熱伝導が良くななくてはならない。そのため、Si 単結晶グリッドを 20 $\mu\text{m}$  厚の金 (Au) リングで挟む。今回、1. 熱伝導率が高いものに銀や銅があるが、酸化しにくく軟らかい材質で、かつ 10K (ケルビン) のときに比較的熱伝導率が高い金を用いること、2. リングの寸法は外径  $\Phi 3.0\text{ mm}$  (+0 mm、-0.05 mm) 内径  $\Phi 1.8\text{ mm}$  ( $\pm 0.05\text{ mm}$ ) であること、の条件で Au リングを製作した。

## 加工方法

金箔は非常に高価で製品用の時しか加工できないため、金箔の厚み (20 $\mu\text{m}$ ) に近いアルミホイル (15 $\mu\text{m}$  厚) で試した。はじめはアルミホイルをワックスで固定用板に固定し、フライス盤で切削加工した。しかしこの加工方法ではワックスが貼りつきにくく、貼りついたとしても加工の途中ではがれた。そのため加工方法を打ち抜き\*1に変更した。

打ち抜きの概念を図 1 に示す。金箔固定用治具の中心に打ち抜き用の穴をあけ、リング製作のためリング内側の輪とリング外側の輪を二段階で打ち抜く。

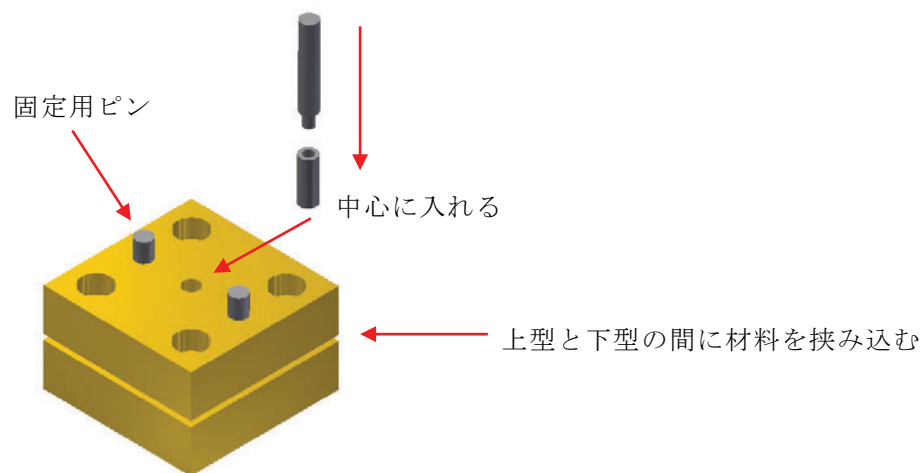


図 1 抜き型、内側抜き用凸型丸棒（オス型）と凹型パイプ（メス型）の概念。

\*1 材料を二つ以上に分離する作業の中で多く利用されているせん断加工の一種であり、抜き型を使って板材から必要な形状の部品を形抜きする加工法のこと。抜き型さえあれば、壊れるまで何度でも同じ形に作ることができる。

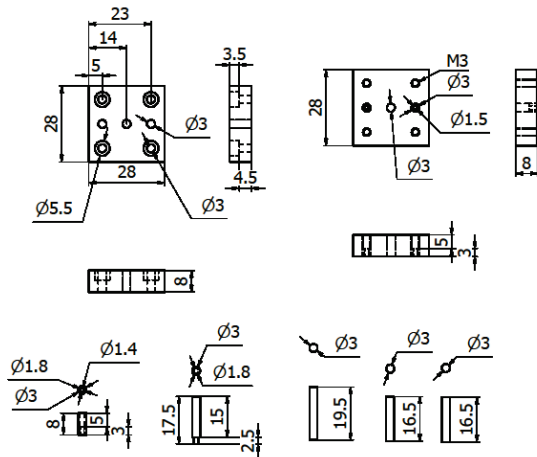


図 2 抜き型の設計図面。



図 3 ピンを刺した金箔固定用治具。

## 抜き型の製作

抜き型の設計図面（図 2）と金箔固定用治具（図 3）を示す。金箔を 4 本のボルトで固定し、打ち抜く。この時、金箔がずれたり浮いたりしてしまうと、打ち抜いたリングの形が均一にならない。そのため、治具に 2 本のピンを付け加え、金箔がずれないように固定できる仕組みにした。

はじめ凸型丸棒（オス型）でリングの内側・外側を打ち抜こうとしたが、リングの外側を打ち抜くときは凸のない丸棒の方が打ち抜いたときの形状がきれいだったため、二段階で打ち抜く構造にした。具体的には内側抜き用凸型丸棒（オス型）を凹型パイプ（メス型）に押し込むことで内側を打ち抜き、それから凸型丸棒から凸のない丸棒（オス型）に変えて、金箔固定用治具を持ち、凹型パイプ（メス型）ごとリング外側を打ち抜くようにした。特に

- ・ 打ち抜き部分のオス型とメス型のはめ合わせ
- ・ 軸がずれないようにガイドのはめ合わせ
- ・ 刃の切れ味（オス型の刃の部分が丸いときれいに打ち抜けない）

の 3 点に気をつけた。加工が容易で強度も強いため、金箔固定用治具は真鍮を使用した。ガイド用のピンと打ち抜き部分のオス・メス型はステンレスを使用した。

試作の抜き型はガイド用ピンの穴径が大きすぎ、芯のずれが大きくなった。また、オス型の刃が少し丸くなり、切れなくなっていた。オス型とメス型のはめ合わせがきつすぎて噛む事が多かった。そのため、（正常に打ち抜く時もあったが）アルミホイルがぐしゃぐしゃになり打ち抜けない時もあったため、失敗箇所を注意して作り直した。

## 打ち抜き方法

打ち抜きの方法は以下の手順で行う。

1. 金箔を挟んで固定する（図 4）。
2. 下側にメス型パイプを入れて上から凸型丸棒で押し込み、リングの内側部分を打ち抜く（図 5）。
3. 下側のメス型パイプはそのまま、オス型の棒を凸型丸棒から段差の付いていない丸棒に変えて、メス型パイプごと押し込み、リングの外側部分を打ち抜く（図 6）。
4. 抜き出したリングを取り出す（図 7）。

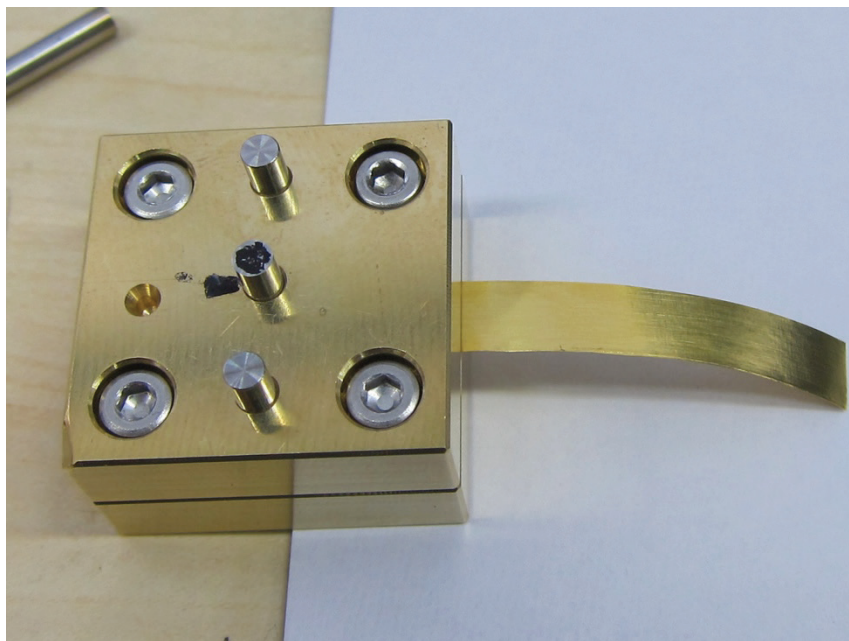


図 4 金箔を治具で固定した様子。

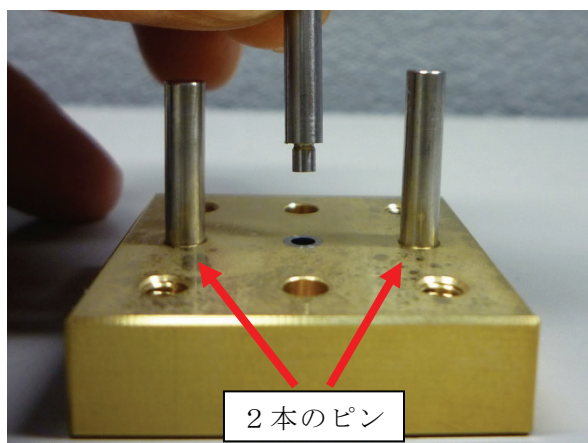


図 5 凸型丸棒（オス型）でリングの内側を打ち抜いている様子。わかりやすくするため、金箔固定用治具の上部を外した。

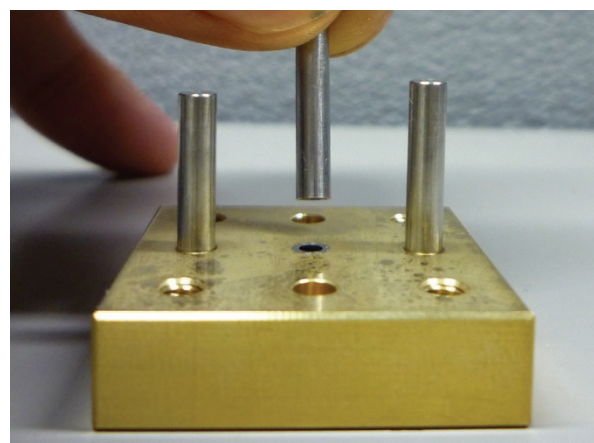


図 6 凸なし丸棒（オス型）でリングの外側を打ち抜いている様子。図 5 と同様に上部を外した。

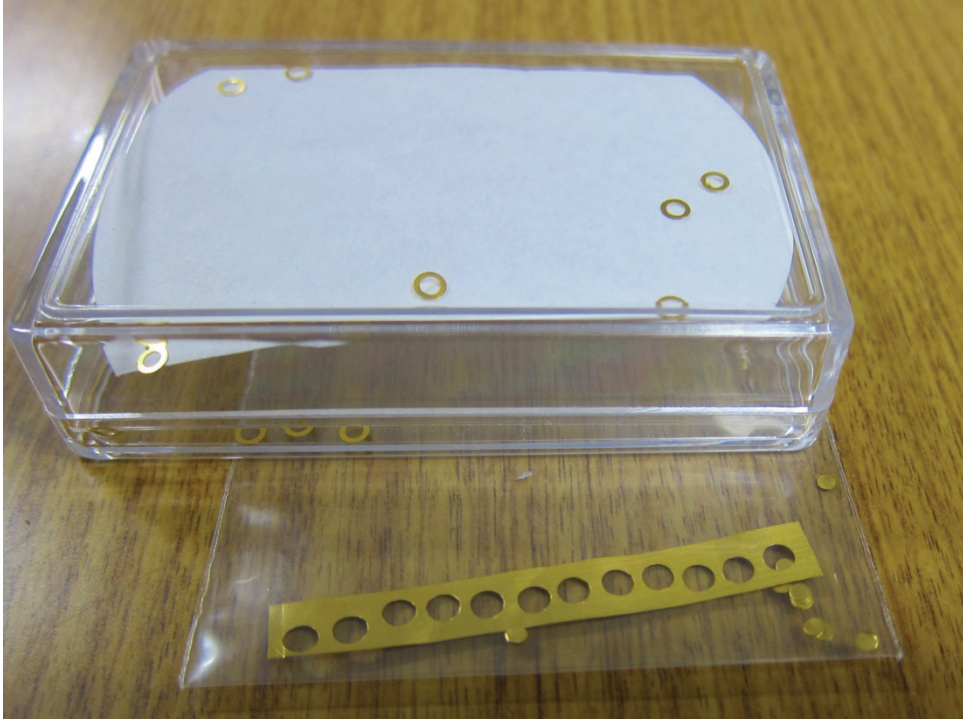


図7 リング完成品と打ち抜かれた後の金箔。

## おわりに

完成した厚さ  $20\mu\text{m}$  金製リングは Si 単結晶グリッドを挟み込むことができ、実際に使用することができた。

テストにはアルミホイルを使用した。材質の特性として金の方がアルミよりも展延性が大きい、厚みが  $5\mu\text{m}$  しか変わらないからか、打ち抜いた感触はあまり変わらなかった。

抜き型の製作では金箔固定用治具に 2 本のピンを挿すことで打ち抜き部分の軸を中心に合わせることができた。内側を打ち抜いてから外側を打ち抜く様に二段階にしたことにより、打ち抜いた面はきれいだった。精度の高い金型さえ製作すれば打ち抜き自体は短時間でできたので、加工方法は良い選択だったと思う。

打ち抜き加工でここまで精度が厳しいのは初めてだったが、打ち抜いた時のバリもなく問題なく使用できた。ガイド用のピンをもう少し太い径にすれば、ガイドが直立しやすくなって遊びがなく、更に精度の良い抜き型になると思う。また、4 本のボルトを締めて金箔を固定するが、トルクスレンチを使い均等な力でボルトを締めると更に精度が上がるのではないかと思う。