

ELID 研削によるスリットブレードの製作

松下幸司，鈴木光一

岡崎国立共同研究機構 分子科学研究所

1 はじめに

物質に放射光を照射したとき放出される軟 X 線には，物質の電子構造に関する情報が含まれている．この性質を利用し，軟 X 線発光分光器で軟 X 線を測定して電子構造を明らかにする研究が行われているが，従来の軟 X 線発光分光器のエネルギー分解能（1000～2000）では，得られる情報に限界がある．そこで本研究所では，より詳細な電子構造情報を得るため，エネルギー分解能 5000 を実現可能な次世代軟 X 線発光分光器の開発を行っている．

この次世代軟 X 線発光分光器の構成要素の一つにスリットがある．図 1 に示すように試料の前に配置し，必要なエネルギーの光のみを切り出して試料に照射する役割を持つ．エネルギー分解能の高い励起光を得るためには，スリットを形成するスリットブレードが精密なエッジを有する必要がある．スリットブレードの製作手段としては研磨による方法もあるが，我々は NC フライス盤を ELID 研削機に改造したもので製作を試みている．ELID 研削^[1]は研削加工のみで硬脆材料を鏡面に仕上げることができるため，スリットブレードの製作に適すると考えられる．今回 2 種類の材料でスリットブレードの製作を行ったので，その結果を報告する．

2 スリット

スリットの構造は，図 2 に示すように 2 枚のスリットブレードで構成され，片側のスリットブレードを上下移動させることでスリット幅を調整する幅可変式である．スリット幅は，研究の初期段階では 5 μm ～100 μm の範囲で使用し，将来的には 1 μm ～100 μm で使用する．スリットブレードのエッジは，入射光の反射を防ぐため角度を設けてある．横幅は 15mm であるが，実際に光が通過するのは中央付近の 3 mm である．

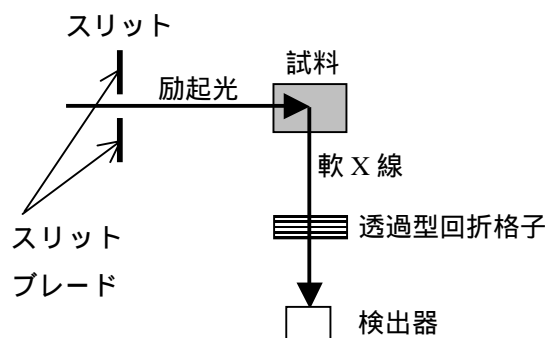


図 1．次世代軟 X 線発光分光器概略図

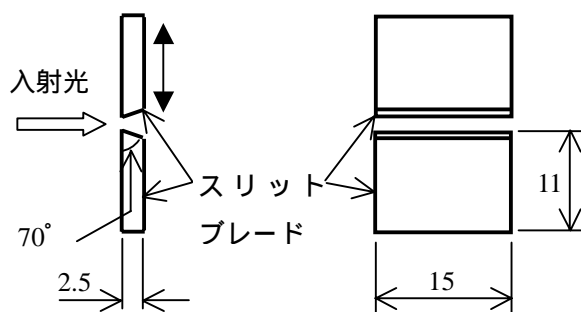


図 2．スリットブレード形状

3 加工方法

スリットブレードの製作には，既存の NC フライス盤に砥石等を取り付け，ELID 研削機に改造したものを使用した．スリットブレードの材料として今回使用したのは，ゲルマニウムと SUS420J2 相当品（以下 SUS420J2）の 2 種類であるが，それぞれ使用した NC フライス盤は異なる．

加工手順については以下のとおりである。始めに図2の11×15の面を両面 ELID 研削した。図3のように、ワークを接着用ワックスでステンレス鋼に固定し、切り込みを下方方向に、送りを紙面に垂直な方向にして加工を行った。荒加工は1回の切込量2 μmで合計80 μm削り、仕上げは1回の切込量1 μmで合計20 μm削った。いずれも砥石は、#4000のダイヤモンド砥粒を含む鑄鉄ボンドカップ砥石である。

その後、両面を加工した材料を図4、5のように4枚を重ね合わせた状態で、エッジ部を ELID 研削で加工した。ゲルマニウムは樹脂を介して固定した。SUS420J2 はハイスを介して固定し、ワークと共にハイスも研削した。砥石の種類、切込量については11×15面加工時と同様である。

その他の加工条件については表1に示す。

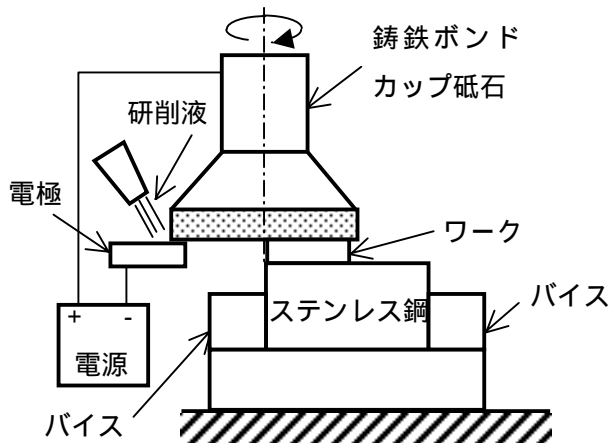


図3. 面の研削

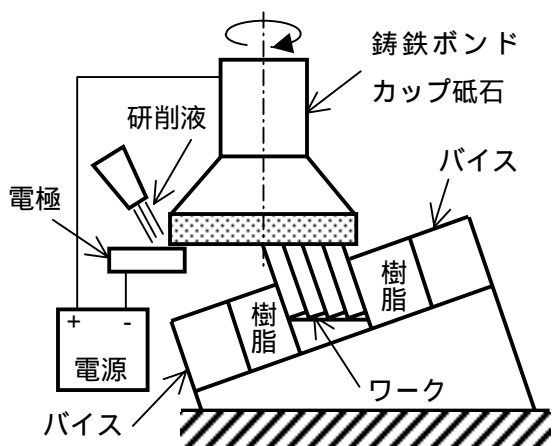


図4. エッジの研削 (ゲルマニウム)

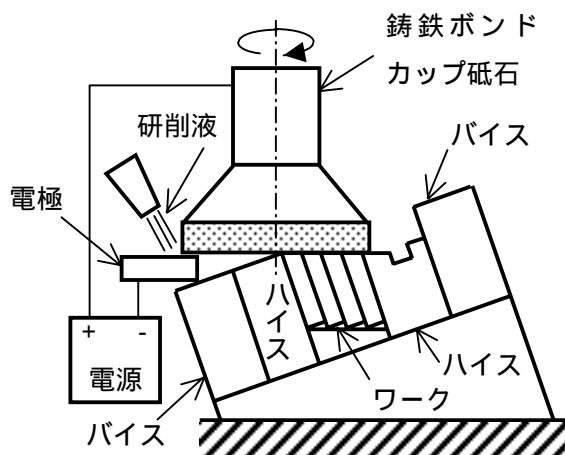


図5. エッジの研削 (SUS420J2)

表 1. 加工条件

被削材料		ゲルマニウム	SUS420J2 相当品
被削材料硬度		モース硬さ 6.5	HRC 54
砥石		鑄鉄ボンドダイヤモンドカップ砥石	鑄鉄ボンドダイヤモンドカップ砥石
粒度		# 4000	# 4000
工具直径		60mm	60mm
工具回転数		2500min ⁻¹	3000min ⁻¹
切込量		仕上げ加工 1 μm, 荒加工 2 μm	仕上げ加工 1 μm, 荒加工 2 μm
送り速度		100mm/min	100mm/min
ELID 電源 設定値	電圧	90V	90V
	電流	5A	5A
	ON 時間	5 μ sec	5 μ sec
	OFF 時間	5 μ sec	5 μ sec
NC フライス盤		大隈豊和機械(株)製 FMV-30	(株)牧野フライス製作所製 BN5-85A6

4 結果

4.1 加工面粗さ

図6はゲルマニウムと SUS420J2 の ELID 研削加工面の写真であり、鏡面になっていることがわかる。図7は触針式の表面粗さ計で 11×15 面（図2参照）の加工面粗さを測定した結果である。1つの試料に対して8~9箇所測定している。ゲルマニウムに関しては $Ry 0.08 \sim 0.14 \mu m$ でほぼ均一な加工面粗さである。SUS420J2は $Ry 0.11 \sim 1.74 \mu m$ で、不均一な表面粗さになっている。SUS420J2はゲルマニウムに比べ延性があるため砥石に目づまりが起き、良好な研削加工ができなかった可能性がある。

SUS420J2は表面粗さが不均一であるが、表面粗さが特に大きくなる部分は限られており、その部分を除けば平均で $Ry 0.3 \mu m$ 程度の加工面粗さである。

4.2 エッジ

図8, 9はエッジを顕微鏡で観察した写真である。SUS420J2はエッジに欠損は見られないが、ゲルマニウムはエッジ全体に $2 \sim 3 \mu m$ の欠損が見られる。これは、ゲルマニウムが脆性材料であることが要因と考えられる。

SUS420J2は加工面粗さの結果から、部分的に $1.7 \mu m$ 以上の凹凸が生じる可能性があるが、その部分を選べば図9のようなエッジが得られる。また、光がスリットを通過する範囲は $3 mm$ 程度に限られるため、使用する部分を選択すれば SUS420J2 はゲルマニウムよりもスリットブレードに適した材料と言える。

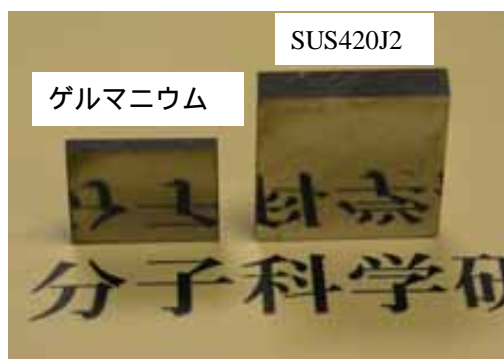


図6 . ELID 研削加工面

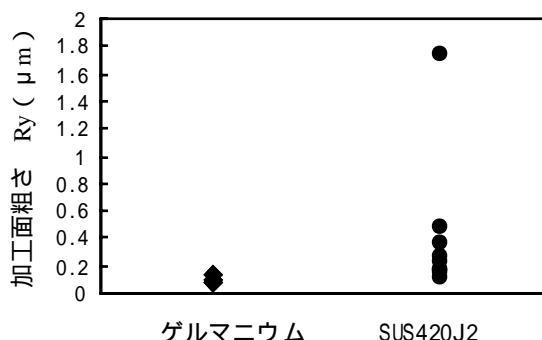


図7 . 加工面粗さの比較

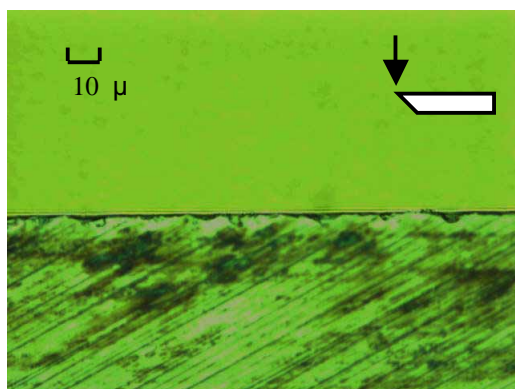


図8 . ゲルマニウム製スリットブレードのエッジ

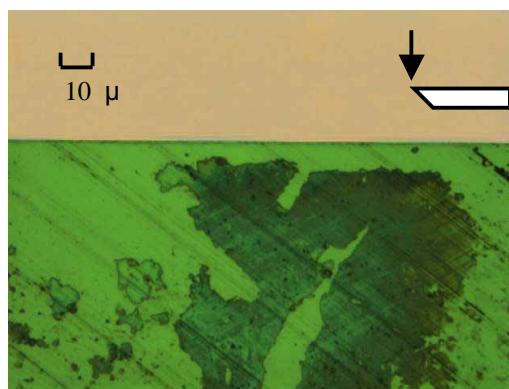


図9 . SUS420J2 製スリットブレードのエッジ

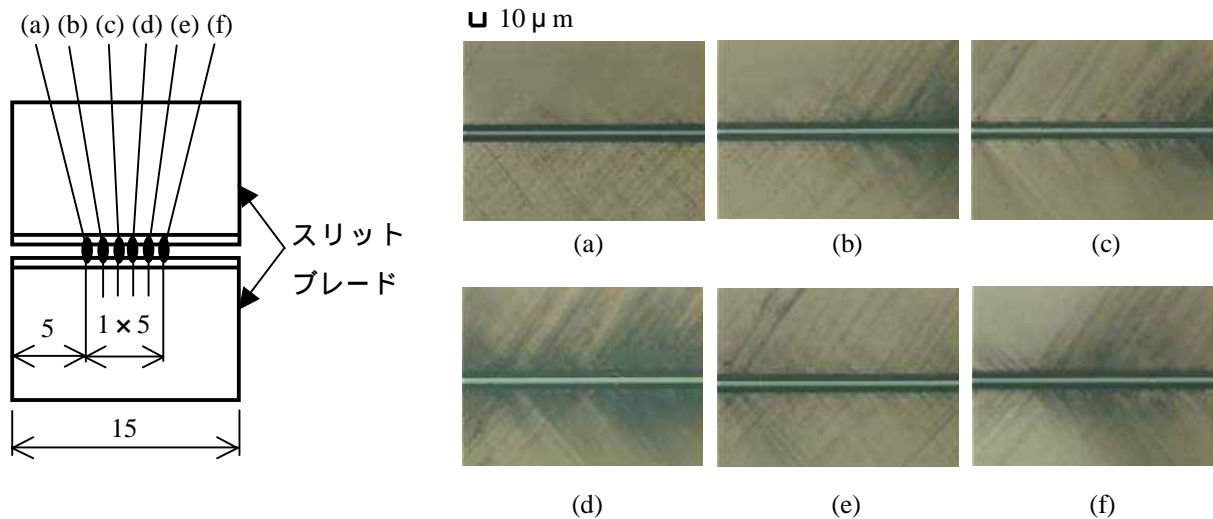


図 10．スリット幅の測定 (SUS420J2)

4.3 エッジの真直度

図 10 に示すように 2 枚の SUS420J2 製スリットブレードを間隔を空けて平行に並べ、その間隔を測定顕微鏡で測定した。測定は、スリットブレードの中央 5 mm の間を 1 mm 置きに 6 箇所で行った。その結果、間隔は 4 ~ 5 μm であった。また図 10 の写真から、2 枚のスリットブレードは 5 mm の間で平行を保っていると推測される。以上のことから、スリットブレードのエッジは 5 mm の長さに対して 1 μm 程度の真直度であると考えられる。

実際のスリットでは、最大幅の部分のスリット幅と考える。例えば図 10 では 4 ~ 5 μm の幅であるから、スリット幅は 5 μm である。同様にして、今回製作したスリットブレードで 1 μm のスリット幅を作ると、0 ~ 1 μm となり閉じた部分ができる。従って、幅 1 μm での使用は困難である。研究初期段階で使用を予定している幅 5 μm であれば、スリットが閉じた状態にならないので使用可能と考えられる。

5 まとめ

NC フライス盤を改造した ELID 研削機により 2 種類の材料でスリットブレードを製作し、以下の結果を得た。

- (1) ゲルマニウムの加工面粗さは、 $Ry\ 0.08 \sim 0.14\ \mu\text{m}$ でばらつきは小さい。SUS420J2 の加工面粗さは、 $Ry\ 0.11 \sim 1.74\ \mu\text{m}$ でばらつきが大きい。
- (2) ゲルマニウムのスリットブレードのエッジには 2 ~ 3 μm の欠損が見られるが、SUS420J のスリットブレードのエッジには欠損は見られない。
- (3) 使用する部分を選択する必要があるが、ゲルマニウムよりも SUS420J2 の方がスリットブレードの材料として適している。
- (4) SUS420J2 のスリットブレードのエッジは、長さ 5 mm に対し 1 μm 程度の真直度であると推測される。
- (5) SUS420J2 のスリットブレードは、スリット幅 1 μm での使用は困難であるが、スリット幅 5 μm での使用は可能と考えられる。

参考文献

- [1] 大森, ELID 研削加工技術, 工業調査会, 2000