

半導体検査用金属ガラス製マイクロプローブの精密成形技術の開発

鈴木 浩文

木村 久道 (東北大学金属材料研), 藤井 一二 (日進工具株), 白藤 芳則 (日精テクノロジー株)

携帯電話などデジタル情報機器用の LSI の需要が高まり, 更に LSI は微細化・高集積化が要求されている. LSI の検査は検査用微細プローブを回路の端子に接触させ通電検査を行うため, 高弾性・高導電性が要求され, プローブの更なる微細化が要求されている. これらの条件を満たす代替材料として金属ガラスの応用が提案されている. 金属ガラスはアモルファス構造で等方・均質材料であり, 寸法効果が小さく, 高強度, 高弾性と優れた機械的性質を有し, 過冷却液体域と呼ばれる温度域では高い加工精度を有している. そこで本研究では, 機械的微細加工, 放電加工, プレス成形を複合化した, 新しいプローブ創成プロセスを提案し, 可能性を検証した.

1. はじめに

デジタル情報機器分野において LSI の需要が高まり, さらに LSI は微細化・高集積化の一途をたどっている. LSI の検査は図 1 に示すように検査用のプローブを回路の端子に接触させ通電検査を行うため, 高弾性・高導電性が要求され, さらにその検査用部品にも微細化が要求されている. これらの条件を満たす材料として金属ガラスが注目されている. 金属ガラスはアモルファス構造であるために等方・均質材料であり寸法効果が小さく, 高強度, 高弾性で優れた機械的性質をもっており, さらに過冷却液体域と呼ばれる温度域では高い加工精度を有している. そこで, 微細金型を用いた基礎的プレス成形実験を行い, 微細構造部品の試作を行い, 金属ガラス製マイクロ構造部品の可能性について検証を行った. 実用的量産性を考慮し, 超精密機械加工, 放電加工, プレス成形を複合化した, 新しいプローブ創成プロセスを提案し, 試作を行い可能性の検討を行った.

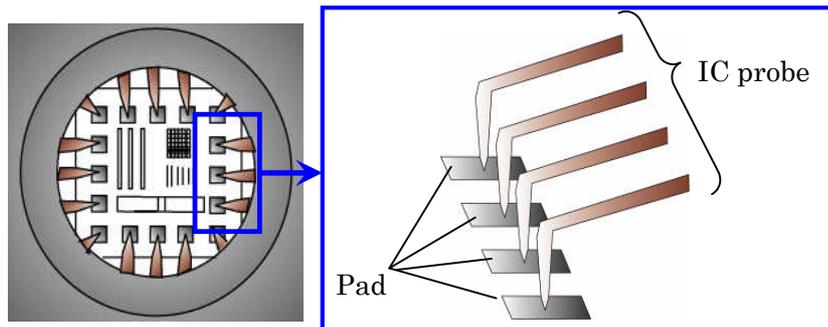


図 1 半導体ウエハの検査用プローブ

2. プローブ創成プロセス

本実験では図 2 に示すように $50\mu\text{m} \times 25\mu\text{m} \times 1\text{mm}$ で先端が尖ったプローブ形状を設定し, 試作を行った. プローブ成形材料には前報と同様に Zr 基金属ガラス ($\text{Zr}_{55}\text{Cu}_{30}\text{Al}_{10}\text{Ni}_5$, 添字は atomic%) を用いた. 創成プロセスを図 3 に示す. (1)最初に単結晶ダイヤモンドバイトを用いてシェーパ加工し, 銀タングステン製の第 1 次金型に微細加工を施す. (2)次にその第 1 次金型を電極として放電加工し, 微粒子合金製の第 2 次金型に微細形状を転写する. (3)超硬製第 2 次金型を用いて金属ガラス ($\text{Zr}_{55}\text{Cu}_{30}\text{Al}_{10}\text{Ni}_5$) をプレス成形する. もう一方の金型には平面の超硬型を用いる. (4)最後に成

形した金属ガラス部品をジグに取り付けて裏面を研削加工で除去し、金属ガラス製のプローブを創成する。

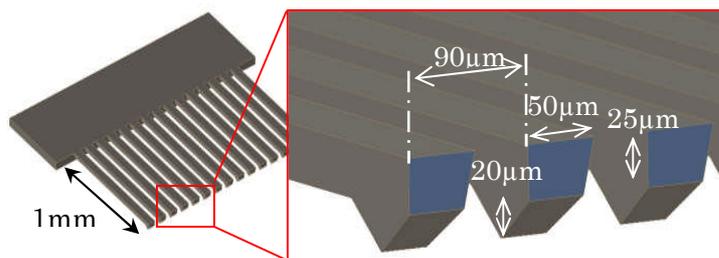


図2 目標とするプローブ形状

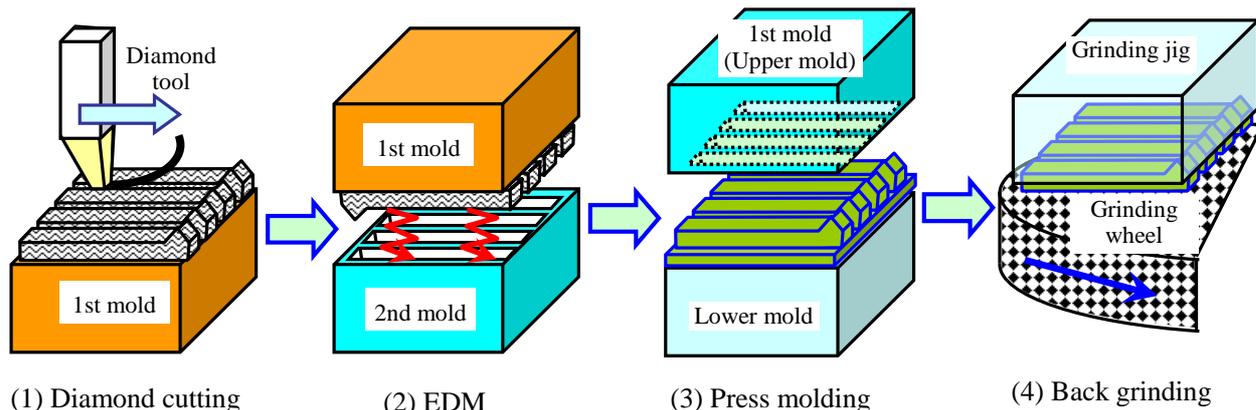


図3 半導体マイクロプローブの加工プロセスの提案方法

3. 試作実験方法および実験結果

3.1 ダイヤモンド切削による第1次金型の微細加工

銀タングステン製の第1次金型の微細加工は、図4に示すように分解能1nmの超精密加工機ULG-100D(SH³)（東芝機械製）を用いて行った。切削工具には先端の幅が35µmの台形状で逃げ角は15°の単結晶ダイヤモンドバイトを用いてシェーパ加工により行った。工作物はジグを介し、電気マイクロメータを用いて回転角を調整して真空チャックで主軸に固定した。切削条件を表1に示す。工具を水平に送り谷部を切削し、続けて山部も連続して切削し、突起部分を作成するため工具を斜め45度前方に逃がすように一筆書きし、そして、C軸を用いて加工物を180度回転させて逆側から残りの突起部分の加工を行った。このようにしてバリの生成を抑制した。切込みは1µmとした。切削後の第1次金型（銀タングステン製）のノマルスキー顕微鏡写真を図5に示す。微細な切削加工が良好に行うことが可能であった。

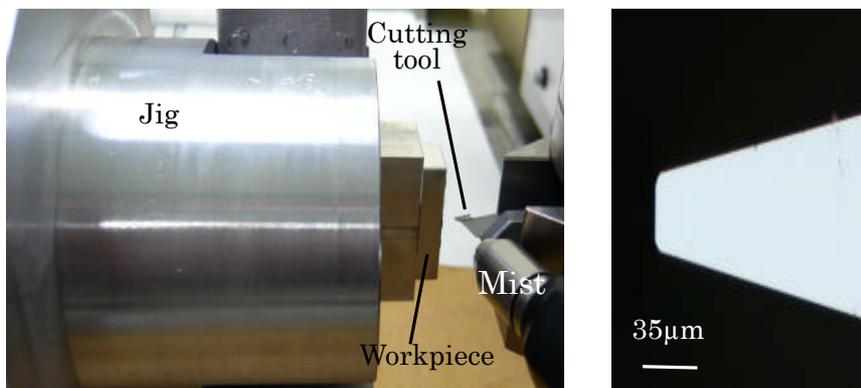


図4 超精密切削装置（左）とダイヤモンド製マイクロ工具（右）

表 1 切削条件

Tool	Single crystal diamond
Width	0.035 mm
Clearance angle	15 deg.
Workpiece	Argentum tungsten alloy
Depth of cut	1 μm
Feed	200 mm/min
Coolant	Oil mist

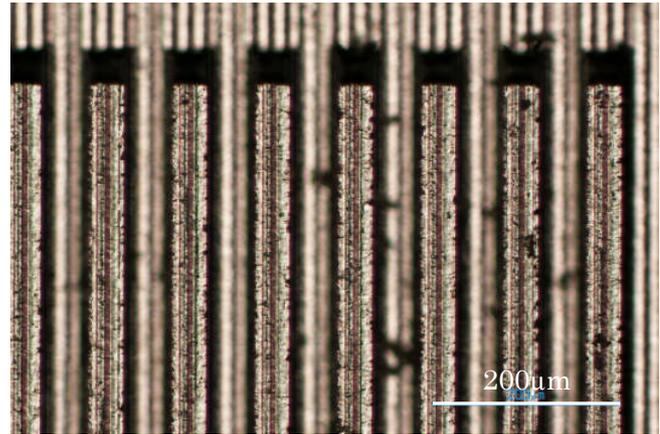


図 5 ダイヤモンド工具により微細切削された AgW 製金型のノマルスキー顕微鏡写真

3.2 放電加工による第 2 次金型へのマイクロ転写

次に、3.1 節で微細切削した銀タングステン製の第 1 次金型（電極）を用いて、NC 放電加工機（牧野フライス製 EDAC1）により微粒子超硬製の第 2 次型を放電加工により微細パターンの転写を行った。加工は合成油中で行った。放電加工後の第 2 次型のノマルスキー顕微鏡写真を図 6 に示す。微細なパターンが良好に転写されている。

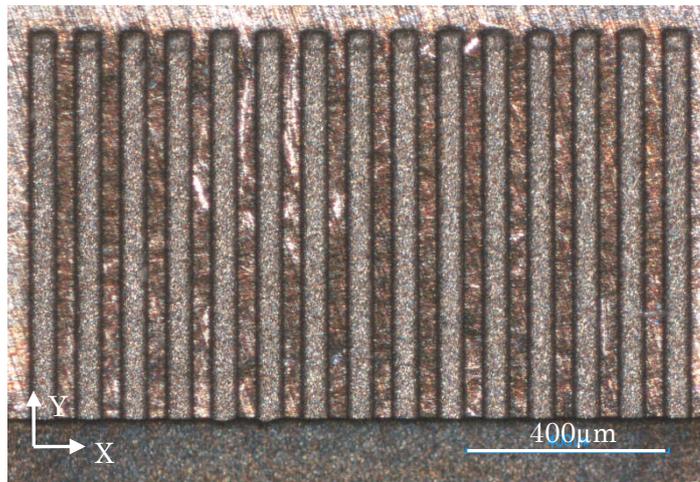


図 6 放電加工された超合金製 2 次金型のノマルスキー顕微鏡写真

3.3 プレス成形による金属ガラスへの転写

次に、3.2 節で試作した 2 次金型を用いて、金属ガラスへの加熱プレスにより成形転写を行った。成形材料は Zr 基金属ガラス ($\text{Zr}_{55}\text{Cu}_{30}\text{Al}_{10}\text{Ni}_5$) を用いた。Zr 基金属ガラスは広い過冷却液体域を持つためにガラス形成性が高い²⁾。実験条件を表 2 に示す。金属ガラスの形状は $\phi 3\text{mm} \times t 0.55\text{mm}$ とした。実験装置は高精度ガラス成形装置 GMP-311V-SS（東芝機械製）を用いた。プレス成形後の微細部品の SEM 像を図 7 に示す。放電加工により先端部が丸くなっているが良好に転写されている。

表 2 成形条件

Molding material	Zr based metallic glass: $Zr_{55}Al_{10}Ni_5Cu_{30}$ (atom %)
Size	$\phi 3 \text{ mm} \times 0.15 \text{ mm}$
Molding die	Tungsten carbide
Diameter	$\phi 6 \text{ mm}$
Molding temperature	450 °C
Molding load	1.0 kN
Molding time	90 s
Pressure keeping load	0.25 kN

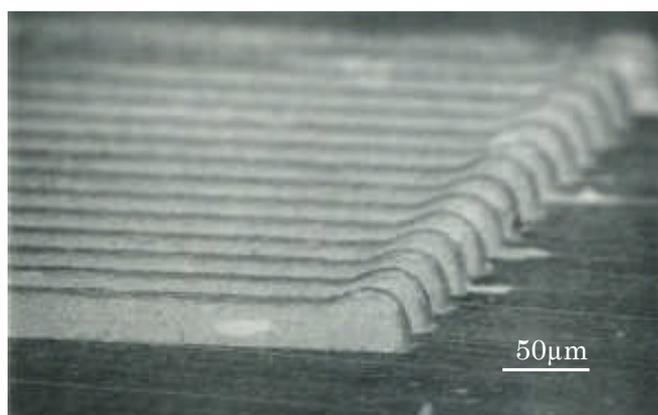


図 7 金属ガラス製微細構造プローブの電子顕微鏡写真

3. おわりに

携帯電話などデジタル情報機器用の LSI の需要が高まり、更に LSI は微細化・高集積化が要求され、検査用微細プローブを回路の端子に接触させ通電検査を行うため、高弾性・高導電性が要求され、プローブの更なる微細化が要求されている。本研究では、金属ガラスはアモルファス構造で等方・均質材料であり、寸法効果が小さく、高強度、高弾性と優れた機械的性質を有し、過冷却液体域と呼ばれる温度域では高い加工精度を有していることに注目し、機械的微細加工、放電加工、プレス成形を複合化した、新しいプローブ創成プロセスを提案し、微細プローブの製造工程について可能性を検証を行なった。その結果、非常に微細なプローブの試作が可能であることが明らかとなった。

参考文献

- 1) 鈴木浩文, 向畑大輔ほか: 金属ガラス製マイクロ微細部品の精密成形, 2008 年度精密工学会秋季大会論文集 813-814.
- 2) 井上明久: 新しい工学用材料としてのバルク金属ガラス, 精密工学会誌, 70, 9, (2004) 1154-1158.