

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	ガラスレンズ成形金型材料用Ni基アモルファス合金のコンビナトリアル探索
Title(English)	Combinatorial Approach of Ni-based Amorphous Alloys for Glass Lens Molding Die Materials
著者(和文)	Jiang Shengxian
Author(English)	Jiang Shengxian
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9656号, 授与年月日:2014年9月25日, 学位の種別:課程博士, 審査員:秦 誠一,横田 眞一,香川 利春,初澤 毅,吉岡 勇人
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9656号, Conferred date:2014/9/25, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

(博士課程)  
Doctoral Program

## 論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	メカノマイクロ	専攻	申請学位 (専攻分野)： 博士 (工学)
学生氏名： Student's Name	Jiang Shengxian		指導教員 (主)： 秦 誠一
			指導教員 (副)： 初澤 毅

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文は、Combinatorial Approach of Ni-based Amorphous Alloys for Glass Lens Molding Die Materials (ガラスレンズ成形金型材料用 Ni 基アモルファス合金のコンビナトリアル探索) と題し、以下の 6 章から構成されている。

第 1 章「Introduction and background」では、回折格子などの微細構造を有するガラスレンズ成形金型の材料として、非晶質であることから微細加工性に優れるアモルファス合金について述べている。これまでの研究として、Pt 基のアモルファス合金や、Ni-Nb-Zr アモルファス合金の探索例について述べている。しかし Ni-Nb-Zr アモルファス合金では、Pt 基よりもコストと熱的安定性に優れるものの、単結晶ダイヤモンド工具による切削性が不十分であるという問題点を挙げている。そこで、本研究の目的を、貴金属を含まず、切削性、熱的安定性に優れるガラスレンズ成形金型用の新規 Ni 基アモルファス合金を、切削性のコンビナトリアル探索や、熱的安定性のハイスループット評価法など新しいコンビナトリアル手法を適用することで探索することとしている。

第 2 章「Selection of the research subject」では、研究の発端として様々な Ni 基アモルファス合金の切削性、硬さ、熱的安定性を評価し、コンビナトリアル探索する合金系と、その組成範囲を決定している。具体的には、Ni-Nb-Zr 合金に第 4 元素として Ti, Al, Si を添加した場合の硬さと切削性を調査し、切削性の向上には Ti の添加が有効であるとしている。また、Ti の添加量に比例して切削性が向上することから、Zr を Ti に置き換えた Ni-Nb-Ti 合金系を探索する対象とし、その耐熱性を調査している。その結果、Ni 40~58 at.%, Nb 24~46 at.%, Ti 5~30 at.%の組成領域において、723 K で真空中にて 100 時間以上加熱保持しても結晶化を生じないことから、この組成範囲において、ガラス成形金型として適する材料組成を探索するとしている。

第 3 章「Introduction of novel combinatorial method for machinability」では、第 2 章で十分な耐熱性を示すことを明らかとした Ni-Nb-Ti 合金系の組成範囲において、切削性に優れたアモルファス合金をコンビナトリアル探索するために、切削性評価用の薄膜ライブラリの製作と、その評価方法について検討している。この薄膜ライブラリは、円盤状のスputターターゲットの中央部と円周部で異なる組成のターゲットを組み合わせて成膜し、基板半径方向の組成傾斜を生じさせるものである。この薄膜ライブラリを単結晶ダイヤモンド工具により切削し、表面粗さを測定することで、切削性評価が可能であることを示している。しかし、この薄膜ライブラリ製作方法では、組成傾斜膜の組成範囲が狭

いという問題の改良が必要であることを指摘している。

第4章「High-throughput evaluation of machinability for Ni-Nb-Ti using the novel combinatorial method」では、第3章で明らかとした切削性評価用の薄膜ライブラリの問題を解決するために、メタルマスクを用いて、基板上に十字の放射状に組成傾斜膜を部分的に成膜する方法を提案している。これにより、一組のスパッタターゲットにて成膜後、メタルマスクを30°回転させ、別のターゲットで成膜を繰り返すことで、同一基板に3種類の組成傾斜膜を成膜し、薄膜ライブラリの組成範囲を広げることに成功している。この方法を用いて切削性を評価した結果、作製したサンプルの中では、Ni<sub>51</sub>Nb<sub>33</sub>Ti<sub>16</sub> at.%が最も良好な切削性を示し、引張強度、硬さにも優れているため、ガラスレンズ成形金型用として有望な材料の候補であるとしている。

第5章「High-throughput evaluation of crystallization properties」では、サーモグラフィにより、結晶化時の放射率変化を見かけ温度の変化として検出する方法を高温に対応できるように改良し、Ni<sub>51</sub>Nb<sub>33</sub>Ti<sub>16</sub> at.%の結晶化開始温度と時間温度変態線図をハイスループット評価している。その結果、結晶化開始温度は881 Kであり、得られた時間温度変態線図や大気中での加熱試験により、ガラスレンズ成形に十分な熱的安定性を有していることを明らかとしている。最後に、探索したNi<sub>51</sub>Nb<sub>33</sub>Ti<sub>16</sub> at.%を金型基材にスパッタ成膜し、K-PSFn3相当のガラスを実際に成形し、融着することなく成形可能であることを示している。

第6章「Conclusions and future works」では、各章で得られた結果を総括するとともに、今後の課題を述べている。

備考：論文要旨は、和文2000字と英文300語を1部ずつ提出するか、もしくは英文800語を1部提出してください。

Note: Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

(博士課程)  
Doctoral Program

## 論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻 : Department of	メカノマイクロ	専攻	申請学位 (専攻分野) : Academic Degree Requested	博士 Doctor of	( 工学 )
学生氏名 : Student's Name	Jiang Shengxian		指導教員 (主) : Academic Advisor(main)	秦 誠一	
			指導教員 (副) : Academic Advisor(sub)	初澤 毅	

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words )

Novel combinatorial approach is proposed in order to search for the suitable amorphous alloy for glass lens molding die materials. Ni-Nb-Ti alloy is considered as candidate research subject based on the results of previous experiment. Using combinatorial arc plasma deposition, Ni-Nb-Ti thin film libraries are deposited to evaluate some properties efficiently, such as, crystallization temperature, thermal stabilities, hardness, oxidation resistance and so on. For thermal stability experiment, it finds out that when Ni within 40-58 at.%, Nb within 24-46 at.%, Ti within 5-20 at.%, the thin film exhibits excellent thermal stability. As a result, the research subject is confined to this area with high thermal stability.

The conventional evaluation method for machinability is time-consuming and expensive. Therefore, a novel combinatorial deposition and evaluation method is proposed. Thin film samples with concentrically grading composition are sputter-deposited using combination targets. By using those samples, it can obtain machinability results of many compositions at one time cutting test.

Three kinds of inner targets,  $Nb_{34}Ti_{66}$ ,  $Nb_{50}Ti_{50}$  and  $Nb_{66}Ti_{34}$  have been designed with outer targets  $Ni_{90}Nb_{10}$ ,  $Ni_{80}Nb_{20}$ ,  $Ni_{70}Nb_{30}$  and  $Ni_{60}Nb_{40}$  to fabricate samples for cutting test. Cover mask is design to further improve the combinatorial method which can combine three cutting samples on one substrate. Finally, the cutting test is carried out on those samples and the roughness of machined surface of sample is measured. The results show that the composition  $Ni_{51}Nb_{33}Ti_{16}$  meets the requirement on machinability as mold material.

Other properties of  $Ni_{51}Nb_{33}Ti_{16}$  have also been evaluated such as hardness, tensile strength, crystallization properties, oxidation resistance and adherence to glass. The results show that it meets all the requirements for glass lens mold material. By using the novel combinatorial approach, it is successful and efficient to find the qualified material for glass lens mold.

備考 : 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).