

平成 2 2 年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「空圧による均一加圧を実現する  
大面積ナノインプリント装置の開発」

研究開発成果報告書

平成 2 3 年 9 月

委託者 関東経済産業局

委託先 株式会社キャンパスクリエイト

# 目次

## 第1章 研究開発の概要

- 1-1．研究開発の背景・研究目的および目標
- 1-2．研究体制
- 1-3．成果概要
- 1-4．当該研究開発の連絡窓口

## 第2章 本論

- 2-1．研究目的及び目標
- 2-2．加熱方法の検討
- 2-3．冷却方法の検討
- 2-4．加圧制御機構の開発
- 2-5．ワーク間減圧機構の開発
- 2-6．ガス圧ナノインプリント装置の試作
- 2-7．A4 試作・評価
- 2-8．個々のシステム評価

## 最終章 全体総括

## 第 1 章 研究開発の概要

### 1-1 . 研究開発の背景・研究目的および目標

#### 開発の背景

ナノインプリント技術は、歴史的にはまだ浅く、1995 年にプリンストン大学の Chou 先生により提唱されてから、16 年しか経過していない。しかし、ナノインプリントにおける技術開発は、各企業及び研究開発機関において、年々活発に取り組みが行われており、近年では、より具体的なアプリケーション開発に取り組む企業も増えてきている。(図 1)

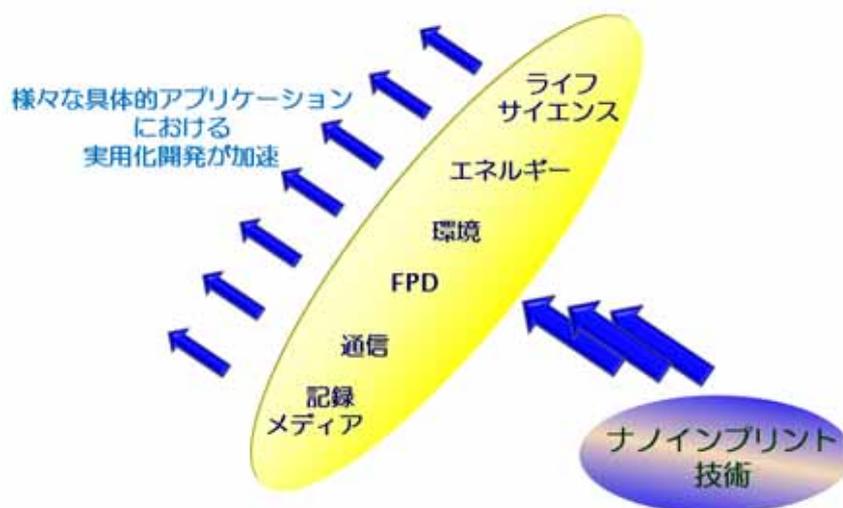


図 1 . ナノインプリントのアプリケーション開発

微細加工技術としては様々な手法があるが、生産としての事業化を考慮すると、「要求仕様に合致した商品」とその商品特性に見合った「低コスト」を両立している微細加工技術は少ない。

パターンサイズに着目すると、特にサブミクロン以下では顕著で、高コスト(装置、マスク)な半導体リソグラフィ技術しかなく、高付加価値の半導体用途にしか適用できないのが実情であるが、ナノインプリント技術では、装置コストを抑える事が可能であり、多様なアプリケーションに適用可能である。(図 2)

また、パターン領域に着目すると小面積サイズにおいては、従来型の平行平板型ナノインプリント装置で、サブミクロン以下の微細加工を低コストで実現してきた。しかし、そのままパターン加工領域をスケールアップして、超微細パターンを大面積に加工する微細加工技術というものは、世の中に存在しない。(図 3)

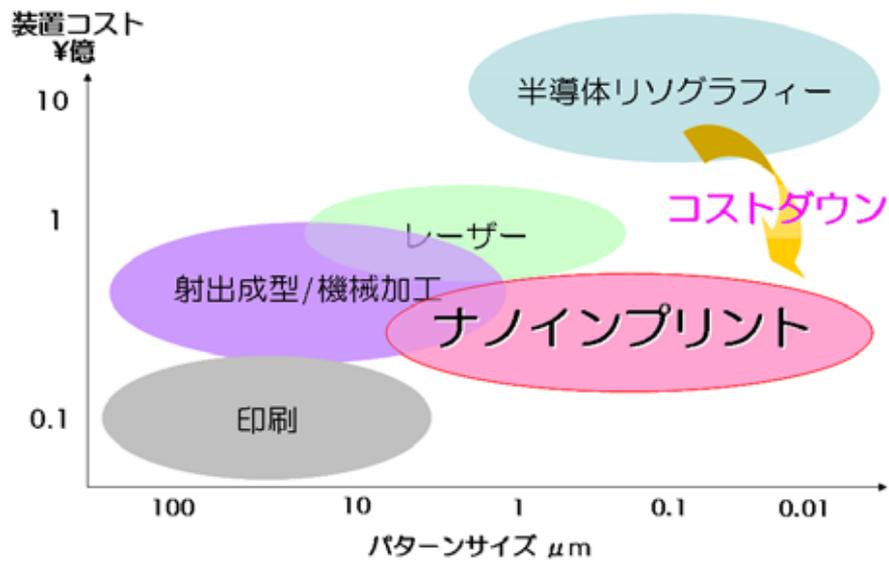


図 2 . サイズ別微細加工技術

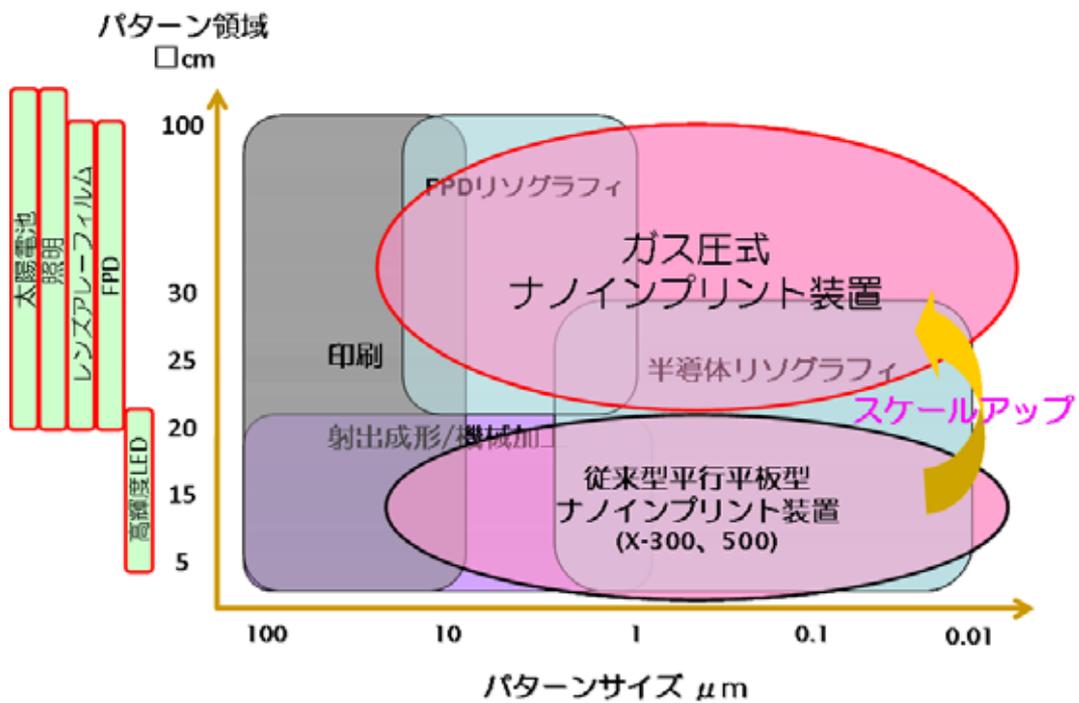


図 3 . 各微細加工技術の各加工パターン領域

ナノインプリントにおける成形技術は、主にフィルム成形とレジスト成形がある。フィルム成形の場合は、射出成形では実現不可能な 0.3mm以下のフィルムが一般的である。また、レジスト成形の場合は、ナノインプリント・リソグラフィプロセスの一部であり、エッチングのためのマスク形成に使用されるため、数百nm以下のレジ

スト薄膜に対して成形を行い、シビアな残膜（押しきれずに残ってしまう膜）制御が求められる。このように、射出成形やホットエンボス法と比較すると、被転写物が非常に薄いものであり、加圧時は剛体接触到に近い状態となり、弾性接触論における「エッジ効果」や「中抜け現象」による荷重分布が発生し、均一な加圧を困難なものにしている。

従来の平行平板型ナノインプリント装置では、剛体ステージを用いており、ステージ位置の精密な制御と金型の追従性を向上させることで、均一なナノインプリントを実現してきたが、小面積に留まり、スケールアップの限界まで来ている。

以上のような背景から、大面積における微細加工技術が求められており、ガス圧ナノインプリント装置を開発することで、実現し得なかった加工領域を実現するとともに、小面積において原理確認されている高付加価値機能を大面積に適用することで、新たなアプリケーション創出も期待されている。

## **研究目的**

現在、ナノインプリント技術では、数十～数百 nm レベルの加工を小面積では実現している。しかし、高い再現性を確保しつつ大面積に成形する技術は存在しない。本開発では、大面積に対し高い再現性で成形ができるナノインプリント技術を、ガス圧式により実現することを目的としている。

装置技術開発では、各要素技術の開発として、急速加熱冷却機構の開発、加圧制御機構の開発、減圧機構の開発を行い、低コストかつ高い再現性を持って成形可能なガス圧ナノインプリント装置の開発を目指す。

また、装置を使いこなすプロセス技術開発として、A4 サイズでのナノインプリント成形を行い、具体的なニーズを想定したプロセスを開発する。

以上の技術開発の成果により、大面積超微細加工技術を確立し、装置の事業化と様々な分野へのアプリケーション開発を目指す。

## **研究開発目標**

本研究開発の目標は、以下に示す通りである。

### **【1】急速加熱冷却機構の開発（実施機関：SCIVAX 株式会社）**

#### **【1-1】加熱方法の検討**

熱式ナノインプリントの場合、高い生産性を達成するためには、タクトタイム短縮が必須項目である。プロセスとしては、被転写物をガラス転移温度 ( $T_g$ ) 以上まで加熱し、金型を押し付けて加圧を行うことで成形を完了するが、成形時間よりもその前後における昇降温時間がタクトタイムに占める割合が大きい。

大面積においても 100 /分の昇温速度の実現するための加熱機構部分の開発

を行う。

#### 【1-2】冷却方法の検討

熱式ナノインプリントの場合、高い生産性を達成するためには、タクトタイム短縮が必須項目である。大面積において 100 /分の冷却速度を実現するための冷却機構部分の開発を行う。

#### 【2】加圧制御及び関連機構の開発（実施機関：SCIVAX 株式会社）

##### 【2-1】加圧制御機構の開発

ナノインプリントのワークサイズと想定加圧力から、装置に印加される荷重値を計算すると、約 30 トンの荷重負荷がかかる。この加圧反力の制御を可能とする加圧制御機構の開発を行う。

##### 【2-2】減圧機構の開発

ワークの大面積化に伴い、ワーク間の脱気が非常に重要となる。ナノインプリント成形において充填不良の原因の一つとして、残留空気や被転写物からのアウトガスがある。

減圧操作時の金型と被転写物の間を離して減圧する手法を開発する。

#### 【3】ガス圧ナノインプリント（機）の試作（実施機関：SCIVAX 株式会社）

被転写物の大きさを A4 サイズとし、装置製造原価の低コスト化を実現するために、ベンチプレスモデルのガス圧ナノインプリント装置とその操作ソフトウェアを組み込んだ装置を試作する。

#### 【4】試運転評価（機）とフィードバック（実施機関：SCIVAX 株式会社）

##### 【4-1】A4 サイズ試作・評価

ガス圧ナノインプリント装置により、A4 サイズのナノインプリント成形の試作を実施し、加工が均一に行われているか、試作サンプルの分析を行う。均一加工の評価は、A4 サイズの成型品を 3×4 の 12 分割にして評価を行い、それぞれ原子間力顕微鏡（Atomic Force Microscope: AFM）走査型電子顕微鏡（Scanning Electron Microscope: SEM）にて測定、観察を行い、従来のナノインプリント装置にて実現している 4 インチサイズにおけるナノインプリント成形品と同等と認められることを確認する。

##### 【4-2】個々のシステムの評価

装置評価として、以下の項目の評価を行う。

1. 急速加熱冷却システムの評価を行う。
2. 加圧/減圧シール性能評価を行う。
3. ワーク減圧機構の評価を行う。

4. ナノインプリント成形のタクトタイム 5 分以内を達成できるか総合的に評価し、課題や改善点を分析する。

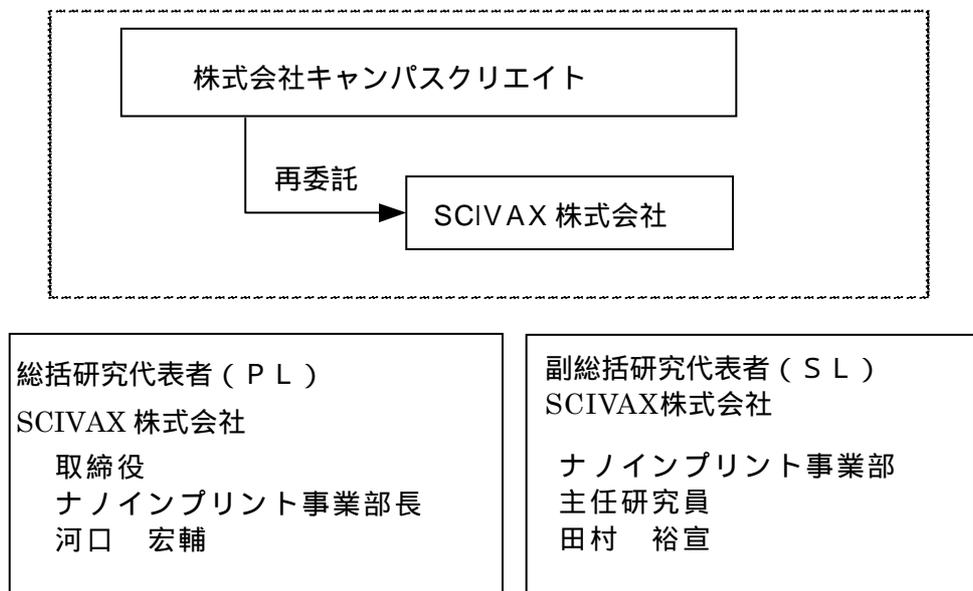
**【5】プロジェクトの管理・運営（実施機関：株式会社キャンパスクリエイト）**

1. 事業管理機関：株式会社キャンパスクリエイトにおいて、本プロジェクトの管理を行う。プロジェクトの研究経緯と成果について取りまとめ、成果報告書 2 部及び電子媒体（CD-ROM）1 式を作成する。
2. 研究の進捗状況を検証すると共に、研究を実施する上で発生する課題等について、随時研究実施者と調整を行う。
3. 再委託先事業者が作成する証憑書類について、指導・確認を行う。
4. 研究開発推進委員会を委託契約期間内に 3 回程度開催する。

## 1-2. 研究体制

### 1-2-1. 研究組織及び管理体制

#### 研究組織（全体）

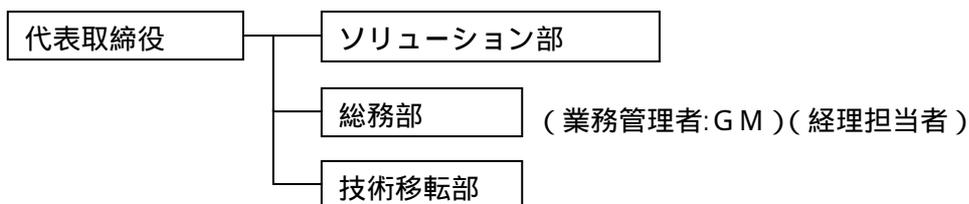


#### 管理体制

事業管理機関

株式会社キャンパスクリエイト

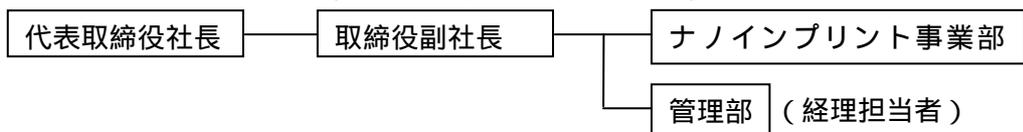
(業務管理者:代表取締役)



再委託先

SCIVAX 株式会社

(業務管理者:取締役副社長)



## 1-2-2 . 管理員及び研究員

事業管理機関

株式会社キャンパスクリエイト

(管理員)

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
安田 耕平	代表取締役	【5】
阿部 則晴	総務部GM	【5】
森島 恵美	ソリューション部GL	【5】
李 瑩玉	技術移転部M	【5】

再委託先

SCIVAX 株式会社

(研究員)

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
河口 宏輔	取締役 ナノインプリント事業部長	【1-1】、【1-2】、【2-1】、 【2-2】、【3】、【4-1】、【4-2】
田村 裕宣	ナノインプリント事業部 主任研究員	【1-1】、【1-2】、【2-1】、 【2-2】、【3】、【4-1】、【4-2】
田中 覚	代表取締役社長	【1-1】、【1-2】、【2-1】、 【2-2】、【3】、【4-1】、【4-2】
谷口 豊	ナノインプリント事業部	【3】、【4-1】、【4-2】
萩野 竜也	ナノインプリント事業部	【1-1】、【1-2】、【2-1】、 【2-2】、【3】、【4-1】、【4-2】
神戸 隆充	ナノインプリント事業部	【1-1】、【1-2】、【2-1】、 【2-2】、【3】、【4-1】、【4-2】
上村 昇	ナノインプリント事業部	【3】、【4-1】
遠藤 百合子	ナノインプリント事業部	【4-1】、【4-2】
大場 康絵	ナノインプリント事業部	【4-1】
田邊 大二	ナノインプリント事業部	【4-1】、【4-2】

## 1-2-3 . 経理担当者及び業務管理者の所属、氏名

事業管理機関

株式会社キャンパスクリエイト

(経理担当者) 総務部GL 川崎 和美

(業務管理者) 代表取締役 安田 耕平

総務部GM 阿部 則晴

再委託先

SCIVAX 株式会社

(経理担当者) 管理部 南 美佳子

(業務管理者) 取締役副社長、兼管理部長 奥田 徳路

1-2-4. 他からの指導・協力者

研究開発推進委員会 委員

氏名	所属・役職	備考
河口 宏輔	SCIVAX 株式会社 取締役 ナノインプリント事業部長	PL
田村 裕宣	SCIVAX 株式会社 ナノインプリント事業部 主任研究員	委 SL
田中 覚	SCIVAX 株式会社 代表取締役社長	委
谷口 豊	SCIVAX 株式会社 ナノインプリント事業部	委
萩野 竜也	SCIVAX 株式会社 ナノインプリント事業部	委
神戸 隆充	SCIVAX 株式会社 ナノインプリント事業部	委
上村 昇	SCIVAX 株式会社 ナノインプリント事業部	委
遠藤 百合子	SCIVAX 株式会社 ナノインプリント事業部	委
大場 康絵	SCIVAX 株式会社 ナノインプリント事業部	委
田邊 大二	SCIVAX 株式会社 ナノインプリント事業部	委
奥田 徳路	SCIVAX 株式会社 取締役副社長 管理部長	業務管理者
安田 耕平	株式会社キャンパスクリエイト 代表取締役	委 業務管理者
阿部 則晴	株式会社キャンパスクリエイト 総務部GM	委 業務管理者
森島 恵美	株式会社キャンパスクリエイト ソリューション部GL	委
李 瑩玉	株式会社キャンパスクリエイト 技術移転部M	委
谷口 淳	学校法人東京理科大学 基礎工学部電子応用工 学科 准教授	アドバイザー
大井 良一	日研プラント株式会社 取締役	アドバイザー

### 1-3 . 成果概要

大面積ナノインプリント技術における均一な成形を目的とし、A4 サイズでの検証を行うための装置開発を行い、これに成功した。

#### 【1】急速加熱冷却機構の開発

加熱方式としては、電熱式ヒーターを用い、加熱ブロックとステージを一体化することにより、急速加熱を検討し目標を達成した。

冷却方式としては、冷却水を媒体とする方式を採用し、目標を達成した。

#### 【2】加圧制御及び関連機構の開発

目標圧力 3MPa に対して、加圧反力約 30 トンを支える構造/機構の開発を行い、耐加圧 4.7MPa を確認し、目標を達成した。

減圧能力としては、50Pa を達成しており、フィルム成形、レジスト成形においても残留ガスの痕跡はないことを確認し、目標を達成している。

#### 【3】ガス圧ナノインプリント（機）の試作

【1】～【2】で開発した技術を元に、装置を試作した。各性能は目標値を達成しているが、商用機を考慮に入れた場合、操作性と安全性について課題が挙げられた。それらの課題を克服すべく、改造を実施した。

#### 【4】試運転評価（機）とフィードバック

##### 【4-1】A4 サイズ試作・評価

ガス圧ナノインプリント装置により、A4 サイズのナノインプリント成形の試作を実施し、加工が均一に行われているか、試作サンプルの分析を行った。均一加工の評価は、原子間力顕微鏡（Atomic Force Microscope: AFM）、走査型電子顕微鏡（Scanning Electron Microscope: SEM）にて測定、観察を行い、従来のナノインプリント装置にて実現しているφ4インチサイズにおけるナノインプリント成形品と同等と認められることを確認した。

また、自動離型システムを用いて離型も行っており、同時にその評価も行った。

##### フィルム成形

A4 サイズのシリコン金型を用いて、熱可塑性樹脂フィルムへの転写を熱ナノインプリントにて行った。

原子間力顕微鏡による充填測定により、非常に均一に充填していることが確認できた。また、走査型電子顕微鏡での観察から、パターン倒れもなく、非常に綺麗な形状にて転写していることが確認できた。

##### レジスト成形

フィルム成形にて作成したパターンフィルムを、今度はフレキシブル金型として用いて、ガラス基板上の薄膜レジストへの転写を行った。

使用パターンは、フィルム成形とは逆転し、SCIVAX 標準パターンピラー形状パターンフレキシブル金型を用いて、ホール形状パターンを成形した。

レジスト成形においてもフィルム同様、原子間力顕微鏡の評価より、非常に均一に充填していることが確認できた。また、走査型電子顕微鏡によるパターン形状評価により、パターン倒れもなく、非常に綺麗な形状にて転写していることが確認できた。

#### 【4-2】個々のシステムの評価

##### 急速加熱冷却システムの評価

昇温速度、冷却速度については、100 /分という目標値を達成している。面内均一性については、ナノインプリント性能には影響していないが、昇温速度/冷却速度とトレードオフの関係にあり、また測定方法にも課題があることが確認された。

##### 加圧/減圧シール性能評価

減圧性能の評価として、減圧シール性能を評価したところ、0.1Pa・m<sup>3</sup>/sec 程度のリーク量が測定され、真空脱気装置相当の真空シール性能があることが確認できた。

また、加圧シール性能も 3MPa 加圧放置試験で 30 分間の減圧を測定したところ、0.3%となり、非常にリーク量が少ない事も確認された。

##### 減圧機構の評価

減圧による脱気を充分に行えている事が確認でき、また、成形結果から気泡混入による欠陥が発生していないことを確認した。

##### ナノインプリント成形のタクトタイム評価

操作上にて、煩雑な動作が多く、予想以上の時間を必要としたが、手動バルブを自動バルブの改造や、ソフトシーケンスを見直すことで、タクトタイムの改善が見られた。

#### 【5】プロジェクトの管理・運営

本プロジェクトの管理を行った。主に、プロジェクトの研究経緯と成果について取りまとめた。

研究の進捗状況を検証すると共に、研究を実施する上で発生する課題等について、随時再委託先研究員および管理部担当者と調整を行った。

再委託先からの証憑書類について、指導・確認を行なった。

研究開発推進委員会を委託契約期間内に 3 回開催した。そこでは、各種研究テーマの報告・問題点、課題点からアドバイスをいただき、SCIVAX 株

株式会社での研究開発に役立てた。

ガス圧ナノインプリント（機）の試作にあたり、製造会社（富山県）で発注会議を3回開いた。

#### 1-4．当該研究開発の連絡窓口

SCIVAX 株式会社

代表取締役副社長 奥田 徳路

〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1

かながわサイエンスパーク東棟 502

Tel: 044-820-0551 Fax: 044-820-0552

## 第2章 本論

### 2-1．研究目的及び目標

大面積に対し高い再現性で成形ができるナノインプリント技術を、ガス圧式により実現することを目的としている。

装置技術開発では、各要素技術の開発として、急速加熱冷却機構の開発、加圧制御機構の開発、減圧機構の開発を行い、低コストかつ高い再現性を持って成形可能なガス圧ナノインプリント装置の開発を目指す。

また、装置を使いこなすプロセス技術開発として、A4サイズでのナノインプリント成形を行い、具体的なニーズを想定したプロセスを開発する。

以上の技術開発の成果により、大面積超微細加工技術を確立し、装置の事業化と様々な分野へのアプリケーション開発を目指す。

### 2-2．加熱方法の検討（実施機関：SCIVAX 株式会社）

熱式ナノインプリントの場合、高い生産性を達成するためには、タクトタイム短縮が必須項目である。プロセスとしては、被転写物をガラス転移温度（ $T_g$ ）以上まで加熱し、金型を押し付けて加圧を行うことで成形を完了するが、成形時間よりもその前後における昇降温時間がタクトタイムに占める割合が大きい。

大面積においても 100 /分の昇温速度の実現するための加熱機構部分の開発を行った。

加熱方式としては、電熱式ヒーターを用い、加熱ブロックとステージを一体化することにより、急速加熱を検討した。昇温速度は、105 /分を実現しており、目標を達成している。

### 2-3．冷却方法の検討（実施機関：SCIVAX 株式会社）

熱式ナノインプリントの場合、高い生産性を達成するためには、タクトタイム短縮が必須項目である。大面積において 100 /分の冷却速度を実現するための冷却機構部分の開発を行った。

冷却方式として、冷却水を媒体とする方式を採用し、140 /分を実現しており、目標を達成している。

### 2-4．加圧制御機構の開発（実施機関：SCIVAX 株式会社）

ナノインプリントのワークサイズと想定加圧力から、装置に印加される荷重値を計算すると、約 30 トンの荷重負荷がかかる。この加圧反力の制御を可能とする加圧制御機構の開発を行った。

目標圧力 3MPa に対して、加圧反力約 30 トンを支える構造/機構の開発を行い、スライドコッターを採用、耐加圧 4.7MPa を確認し、目標を達成した。

## 2-5 . 減圧機構の開発（実施機関：SCIVAX 株式会社）

ワークの大面积化に伴い、ワーク間の脱気が非常に重要となる。ナノインプリント成形において充填不良の原因の一つとして、残留空気や被転写物からのアウトガスがある。このアウトガスをワーク間から減圧により除去する手法を検討した。

減圧能力として、50Pa を達成しており、フィルム成形、レジスト成形においても残留ガスの痕跡はないことを確認し、目標を達成している。

## 2-6 . ガス圧ナノインプリント装置の試作（実施機関：SCIVAX 株式会社）

被転写物の大きさを A4 サイズとし、装置製造原価の低コスト化を実現するために、2-2～2-5 で開発した技術を元に、ベンチプレスモデルのガス圧ナノインプリント装置とその操作ソフトウェアを組み込んだ装置を試作した。

各性能は目標値を達成しているが、商用機を考慮に入れた場合、操作性と安全性について課題が挙げられた。それらの課題を克服すべく、以下の改造を実施した。

### 真空計切替弁の自動化

初期設計では、加圧制御部の真空計切替を手動バルブで行っているが、操作を誤ると真空計に負荷がかかって破壊する等、事故の可能性があるので、これを自動弁とし、インターロックのための操作回路の改造を行った。

### 高圧空気溜の追設

加圧操作は、コンプレッサーによって 2.5MPa まで加圧を行い、2.5MPa 以上は窒素ポンペを用いて加圧を行っているため、操作が煩雑となり、加圧操作に相当の時間を要しているので、圧縮空気溜、切替弁の追設と、ソフトによる回路の自動化を行うことで、改善をした。

### 装置の操作位置改造

ワークハンドリングの操作位置が低く、操作性の不良及び、安全性に問題があるので、シャトル上面を床から 750mm とするように、装置全体の架台を追設して、操作位置の改善を行った。

### SEQ ロジックの変更

試運転により得た情報をフィードバックし、SEQ ロジック、操作タッチパネルの変更、インターロックの最適化を行った。これにより、操作性、安全性を向上させた。

## 2-7 . A4 サイズ試作・評価（実施機関：SCIVAX 株式会社）

ガス圧ナノインプリント装置により、A4 サイズのナノインプリント成形の試作を実施し、加工が均一に行われているか、試作サンプルの分析を行った。均一加工の評価は、A4 サイズの成型品を 3×4 の 12 分割にして評価を行い、それぞれ原子間力顕微鏡（Atomic Force Microscope: AFM）走査型電子顕微鏡（Scanning Electron Microscope: SEM）にて測定、観察を行い、従来のナノインプリント装置にて実現している  $\phi 4$  インチサイズにおけるナノインプリント成形品と同等と認められることを確認した。また、自動離型システムを用いて離型も行っており、同時にその評価も行った。

### フィルム成形

A4 サイズのシリコン金型（径 230nm、ピッチ 460nm）を用いて、熱可塑性樹脂フィルムへの転写を熱ナノインプリントにて行った。

成形フィルムの外観図を以下に示す。このサイズのパターンになると、モルフォ蝶にみられるような構造色を示し、非常に均一に綺麗に成形できていることがわかる（図 4）。

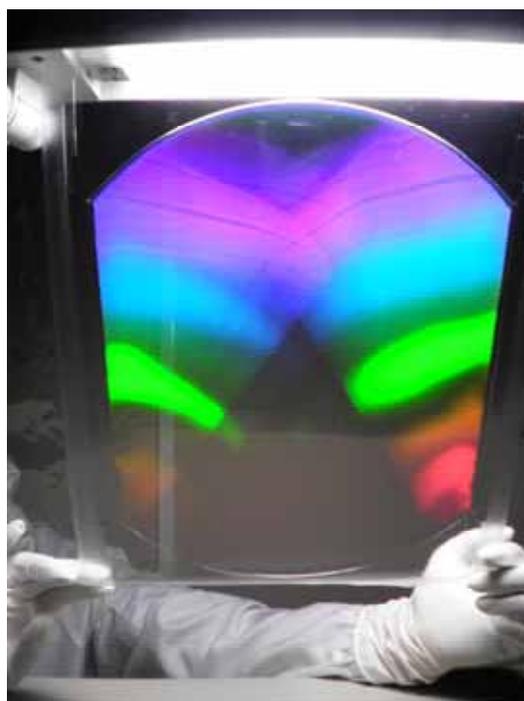


図 4 . A4 サイズフィルム成形外観

この成形フィルムを 12 分割してミクロ検査を行った(図 5)。原子間力顕微鏡にてパターン充填状況を、また、走査型電子顕微鏡でパターン形状の確認を行った。(図 6、図 7)

Film

10	7	4	1
11	8	5	2
12	9	6	3

図 5 . フィルム成形 : ミクロ検査 12 分割

Ave.184.55	Ave.188.60	Ave.185.32	Ave.181.16
Ave.193.59	Ave.180.63	Ave.179.15	Ave.181.18
Ave.191.12	Ave.188.36	Ave.185.10	Ave.181.19

図 6 . フィルム成形品 : AFM による充填評価-1

原子間力顕微鏡による充填測定により、非常に均一に充填していることが確認できた。また、走査型電子顕微鏡での観察から、パターン倒れもなく、非常に綺麗な形状にて転写していることが確認できた。

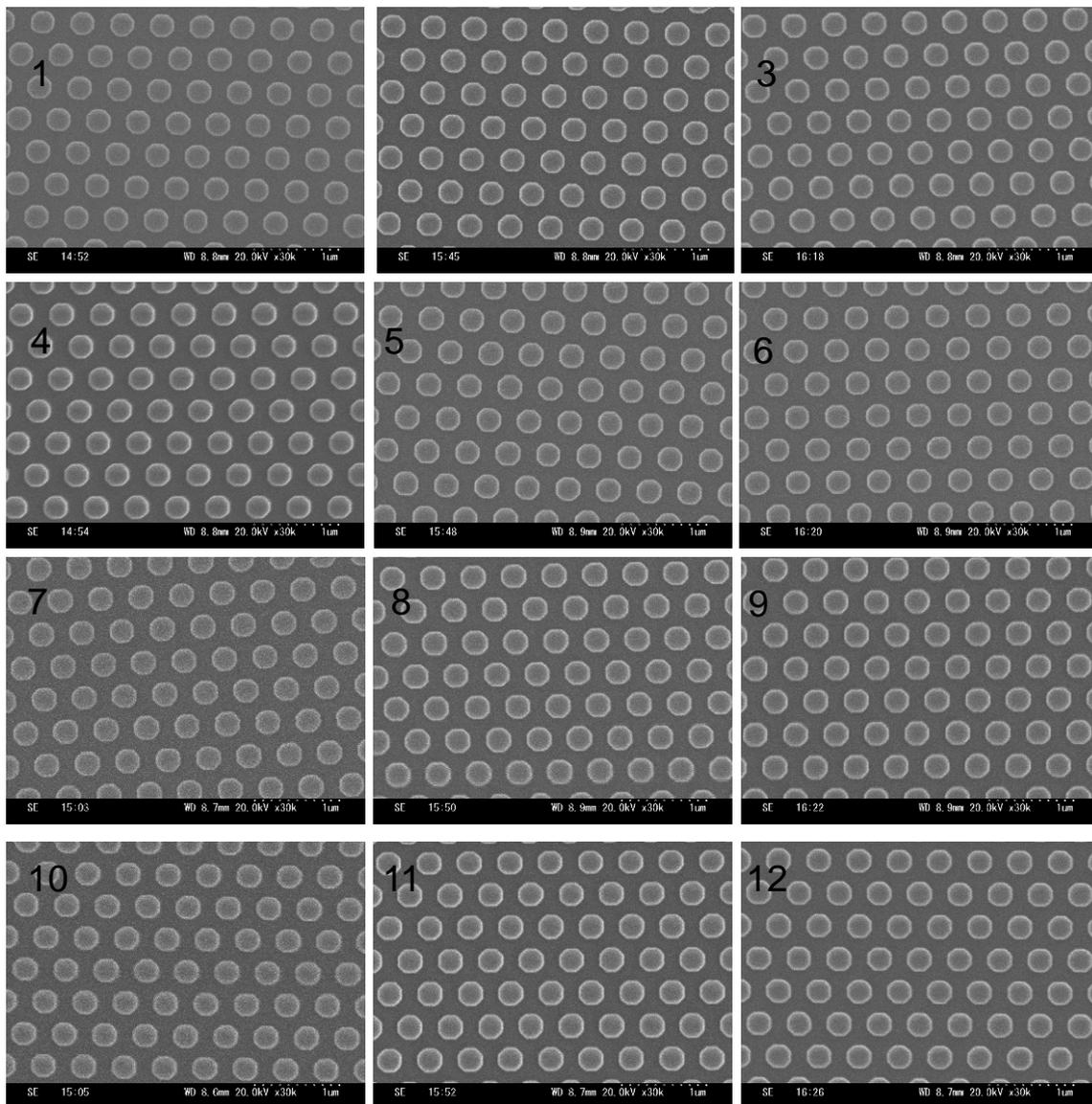


図7．フィルム成形品：SEMによる形状評価

### レジスト成形

レジスト成形でのポイントは、パターンの充填だけでなく、いかに残膜（押しきれずに残ってしまう薄膜）を抑えることができるかである。この精密な残膜制御では、必要最低限の体積分量のレジストだけを基板上に塗布する精密なコート技術と均一かつ精密に一括で成形できる技術が両立して初めて確立する技術であり、SCIVAXでは小面積において平行平板型のナノインプリント装置で、その技術を確認してきた。

昨今、ロール to ロール手法によるナノインプリント装置の大面积化も行われているが、面に対して線荷重をかけるため、精密な成形、特に残膜制御は困難を極めると思われ、残膜制御は本装置の大きな差別化でもある。

フィルム成形にて作成したパターンフィルムを、今度はフレキシブル金型として用いて、ガラス基板上の薄膜レジストへの転写を行った。

使用パターンは、フィルム成形とは逆転し、SCIVAX 標準パターンピラー形状パターンフレキシブル金型（径 230nm、ピッチ 460nm）を用いて、ホール形状パターンを成形した。残膜を限りなく小さくなるように、パターン体積計算を行うと、レジストの初期膜厚は 155nm となる。今回は、残膜評価がし易いように、レジスト初期膜厚を厚くして、残膜が A4 内で均一になるようにした。

具体的には、レジスト初期膜厚を 235nm として、想定残膜を 90nm になるように成形を行った。

レジスト成形ガラスの外観図を図 8 に示す。フィルム同様に、構造色を示し、非常に均一に綺麗に成形できていることがわかる。

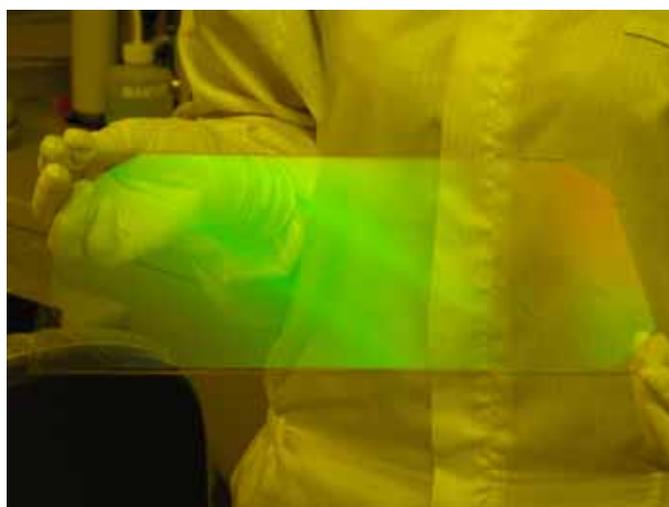


図 8 . レジスト成形ガラス外観

このガラス基板を 12 分割してミクロ検査を行った。(図 9)

原子間力顕微鏡にてパターン充填、残膜状況を、走査型電子顕微鏡でパターン形状の確認を行った。(図 10~12)

原子間力顕微鏡の評価より、レジスト成形においても、非常に均一に充填していることが確認できた。また、残膜においても狙い値 90nm に対して近い値を示しており、A4 サイズにおいても均一に残膜制御ができていることがわかる。レジスト初期膜厚を 155nm 程度にすれば、残膜も 10nm 以下にて制御することができ、ナノインプリント・リソグラフィとして、後工程の基板エッチングにおいても、十分なマスク性能を示すと考えられる。

走査型電子顕微鏡によるパターン形状評価により、パターン倒れもなく、非常に綺麗な形状にて転写していることが確認できた。自動離型機構による離型も良好である。

Resist on Glass

1	4	7	10
2	5	8	11
3	6	9	12

図 9 . レジスト成形 : ミクロ検査 12 分割

Ave.187.06	Ave.191.49	Ave.188.99	Ave.184.85
Ave.192.63	Ave.184.87	Ave.180.77	Ave.185.07
Ave.192.56	Ave.189.59	Ave.188.94	Ave.185.23

図 10 . レジスト成形品 : AFM による充填評価

Ave.78.23	Ave.83.97	Ave.82.09	Ave.84.23
Ave.85.07	Ave.84.87	Ave.84.01	Ave.89.82
Ave.84.64	Ave.83.58	Ave.83.09	Ave.82.79

図 11 . レジスト成形品 : AFM による残膜評価

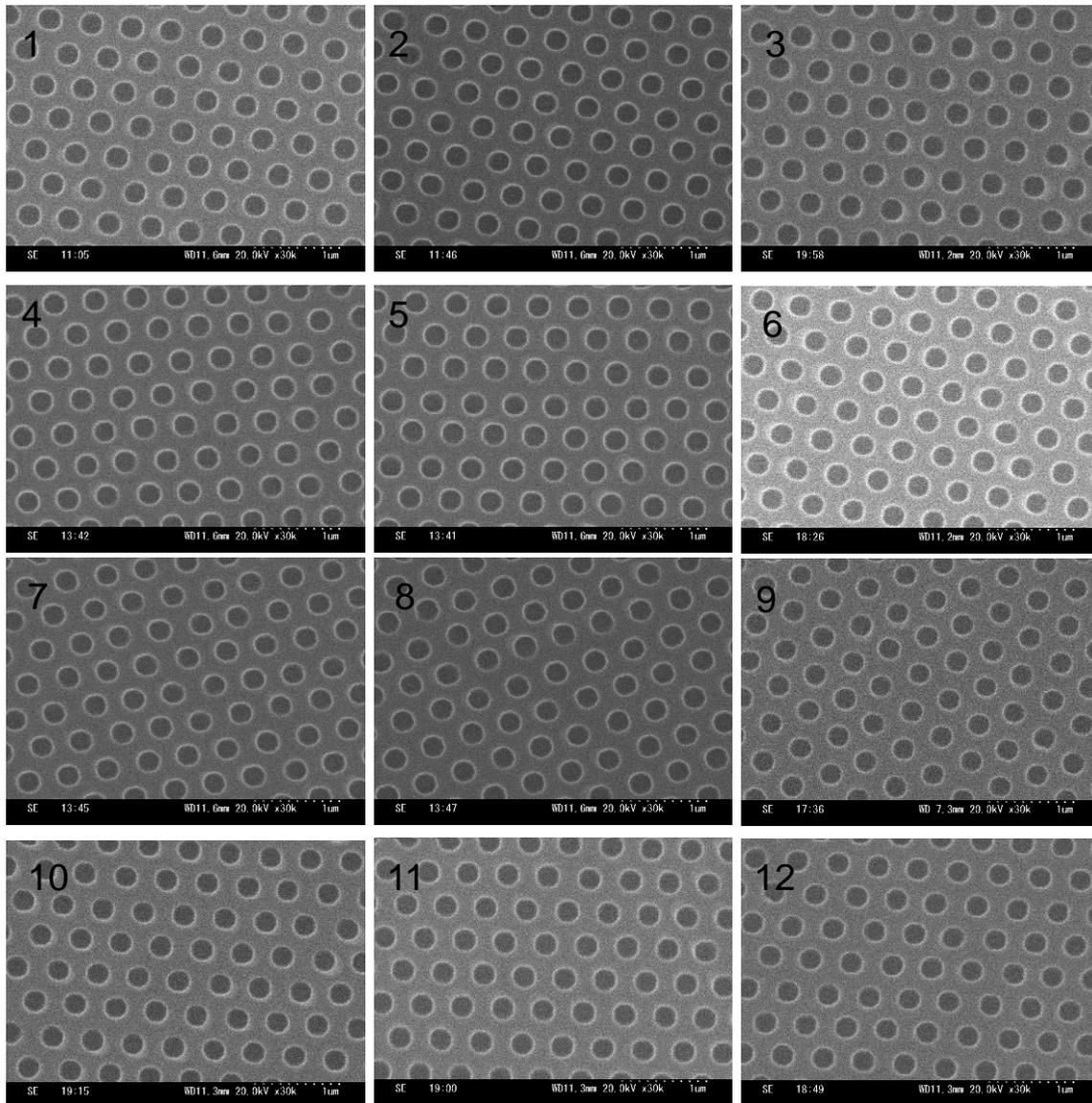


図 12 . フィルム成形品 : SEM による形状評価

これにより、ガス圧ナノインプリント装置の目的である大面積ナノインプリントにおいて、フィルム成形、レジスト成形ともに大面積であっても均一な成形ができていることが確認できた。また、最大の特長でもある、レジスト成形における残膜制御も狙い通りに加工できており、アウトプットを出すことができた。これをもって検証を完了し、さらに商用機による事業化と、さらなる大面積化の開発検討を行う予定である。

## 2-8 . 個々のシステム評価（実施機関：SCIVAX 株式会社）

装置評価として、以下の項目の評価を行う。

- 1 . 急速加熱冷却システムの評価を行う。
- 2 . 加圧/減圧シール性能評価を行う。
- 3 . 減圧機構の評価を行う。
- 4 . ナノインプリント成形のタクトタイム 5 分以内を達成できるか総合的に評価し、課題や改善点を分析した。

### 急速加熱冷却システムの評価

昇温速度、冷却速度については、100 /分という目標値を達成している。面内均一性については、ナノインプリント性能には影響していないが、昇温速度/冷却速度とトレードオフの関係にあり、また測定方法にも課題があることが確認された。

### 加圧/減圧シール性能評価

減圧性能の評価として、減圧シール性能を評価したところ、0.1Pa・m<sup>3</sup>/sec 程度のリーク量が測定され、真空脱気装置相当の真空シール性能があることが確認できた。

また、加圧シール性能も 3MPa 加圧放置試験で 30 分間の減圧を測定したところ、0.3%となり、非常にリーク量が少ない事も確認された。

### 減圧機構の評価

減圧による脱気を充分に行えている事が確認でき、また、成形結果から気泡混入による欠陥が発生していないことを確認した。

### ナノインプリント成形のタクトタイム評価

操作上にて、煩雑な動作が多く、予想以上の時間を必要としたが、手動バルブを自動バルブの改造や、ソフトシーケンスを見直すことで、タクトタイムの改善が見られた。

## 最終章 全体総括

ガス圧ナノインプリント装置の目的である大面積ナノインプリントにおいて、フィルム成形、レジスト成形ともに大面積であっても均一な成形ができていることが確認され、今回開発したそれぞれの機構が有効に機能していることが証明された。この実績をベースとして、商用機による事業化と、さらなる大面積化の開発検討を推進する。