

紫外線・光の基礎が  
よくわかる **超** ニッチな冊子

— VOL.4 —

半導体とUV

# 0 目次

1. 半導体に使用される紫外線照射装置	・・・ P2
2. 半導体ウェハーの周辺露光	・・・ P3~P4
3. 半導体ウェハーの洗浄と紫外線（UV）オゾン洗浄装置	・・・ P5
4. 紫外線UVによるテープ剥離の原理	・・・ P6~P7
5. ダイシングテープの剥離に使用される紫外線(UV)照射装置	・・・ P7~P8
6. 発行元情報	・・・ P9~P10

2024年9月11日 初版

# 1 半導体に使用される紫外線照射装置

紫外線照射装置は、半導体の製造において重要な役割を果たしています。紫外線（UV）照射装置は主に、半導体ウエハーに関連して使用されます。具体的には、本露光、周辺露光、半導体ウエハーの洗浄、外観検査、UVテープの剥離などに用いられます。

## 半導体ウエハーとUV

半導体ウエハーとUVの関係性は、およそ1960年代に半導体ウエハーへの微細なパターン形成が求められるようになってきたことが始まりと考えられます。UVの短い波長が微細なパターン形成に適しており、UVを利用した露光技術が半導体製造において広く採用されていきました。

半導体ウエハーへのパターン形成には主に、フォトリソグラフィが利用されています。また近年ではナノインプリントリソグラフィ(NIL)といった手法も利用され始めています。通常、露光に使用される紫外線の波長は、g線(436nm)やi線(365nm)、KrF(248nm)やArF(193nm)が使用されています。ナノインプリントリソグラフィの露光にはEUV(極端紫外線 13.5nm)が使用されています。また、フォトリソグラフィ以外にもUVは半導体の製造プロセスにおいて、前工程から後工程まで幅広く利用されています。

## 半導体の微細化とUV照射技術

露光工程は半導体の微細化において不可欠な工程です。露光する際マスクを通してUV光を照射すると、マスクのパターンがレジスト上に転写されます。そのためマスクの幅を狭めれば、微細化は可能の様に思えますが、UV光も光なので回折が起きます。この回折が起こることによってマスク幅よりも広い範囲に露光されてしまうため、容易な微細化ができないのです。この問題は、短波長のUV光を使用することで軽減することが可能です。

短波長のUV光は、光の波長が短いために回折がより少なくなります。このため、パターン形成時に回折による影響を軽減することが可能です。光源は日々進化していますが最初期の1980年～1990年代は水銀ランプが使われていました。微細化が進むにつれて短波長化していき、g線(436nm)→i線(365nm)→KrF(248nm)→ArF(193nm)と改良されてきました。そして2018年末にはEUV(13.5nm)が量産で採用される様になりました。

## 2 半導体ウエハーの周辺露光

ウエハーへの周辺露光は、以降の工程でのパーティクル発生を抑制するため、ウエハー周辺部のレジストにUVを照射し、不要なレジストを除去する手法です。周辺露光には通常のパターン形成時と同様の光源が使用されることが一般的ですが、g線(436nm)やi線(365nm)レジストに限定した場合はUV-LED光源も使用されることがあります。

### ステッパーに使用されるUV照射装置について

ステッパーとは、ステップアンドリピート方式で露光を行う投影露光装置です。露光エリアをいくつかの小区分に分割し、そのエリアを一括で露光します。露光が終わったら次のエリアに移動してまた露光を行います。このようにエリアを移動(ステップ)しつつ繰り返し(リピート)露光をするため、ステップアンドリピート方式と呼ばれています。

UV照射装置は、超高圧水銀ランプを光源として使用することが一般的です。ウエハーやガラス基板上に回路を形成する場合、パターンを形成したフォトマスクに紫外線を照射することによりレジストを塗布した基材にパターンを転写します。

露光を行うために必要な光は、高い均一度で厳密な角度制御ができ、且つ高出力な光が必要となります。その要件を満たすために数kW~数十kWの光源であるショートアークランプを使用し、楕円ミラーで集光した強力な紫外線を多くの光学部品を通してフォトマスクに照射しています。

### コーターデベロッパーに使用されるUV照射装置について

コーターデベロッパーとは、主に回転式のレジスト塗布装置であるコーター(スピンコーター)を用いてウエハーや基板などの基材上にレジストを塗布し、現像装置であるデベロッパーで処理する際に周辺部などを露光することによって不要なレジストを除去する装置のことを指します。

コーターデベロッパーで使用されるUV照射装置は、基材上に塗布されたレジストを硬化させたり、溶解させたりするために使われます。レジストにはネガ型とポジ型の2種類があり、それぞれ異なる反応を起こすように設計されています。

ネガ型レジストは、紫外線を照射することで化学反応が起こり、レジストが硬化(不溶化)します。そして、レジストをデベロッパーの現像液で処理することによって、露光された箇所だけが残り、未露光箇所が除去されます。

一方、ポジ型レジストは、紫外線を照射することで化学反応が起こり、レジストが溶解(可溶化)します。そして、現像液で処理することで露光された箇所が除去され、未露光箇所が残ります。

コーターデベロッパーで使用される紫外線光源の波長には、g線(436nm)、i線(365nm)、KrF(248nm)、ArF(193nm)などがあります。これらの波長は、レジストの種類や感度によって選択されます。

## 2 半導体ウエハーの周辺露光

### コーターデベロッパーに使用される光源の種類

使用する光源については、水銀を含むUVランプが一般的です。しかし、g線(436nm)・i線(365nm)レジストに限定した場合は、環境や安全性などの観点からUV-LED光源への置き換えが進んでいます。UV-LED光源は、低消費電力・高寿命・低発熱などの利点があり、従来の水銀を含むUVランプに比べてエコで安全性にも優れています。

### 半導体ウエハー加工前の有機物除去(UV洗浄)

UV洗浄は、ウエハーにUVを照射することでオゾンを生成し、オゾンによりウエハー表面の有機物を除去することができます。UV洗浄に使用する光源装置には、主に185nm、254nmの波長の光を効率よく発生させる低圧水銀ランプが使用されています。

### 半導体ウエハーの外観検査

ウエハーの外観検査・表面検査は、ウエハー表面の付着物や汚染、微細な欠陥などを検出する工程です。検査には高感度で高輝度な光源が求められるため、波長200nm~300nm程度の深紫外線(DUV)が使用されています。DUVの波長域は、下地であるシリコン(Si)とウエハー上に形成されたICチップの金属などとの反射率に大きな差があるため、下地とのコントラストが得やすく配線パターンの検査にも適しています。

## 3 半導体ウェハの洗浄と紫外線 (UV) オゾン洗浄装置

### 紫外線 (UV) オゾン洗浄装置とは

UVオゾン洗浄とは、汚染物である有機化合物の結合エネルギーより強いエネルギーの紫外線を照射することで、有機化合物の分解を行う洗浄方法のことです。

大気(酸素を含む雰囲気ガス)中にUV照射することでオゾン(O<sub>3</sub>)や励起状態の活性酸素(O)が生成されます。

非常に強力な酸化力を持つ活性酸素は、結合を解かれた有機化合物と直ちに酸化反応を起こします。これにより単純な分子であるCO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O、O<sub>2</sub>などが生成され、表面から揮発すると同時に、有機物が除去(洗浄)されるという仕組みです。

UVオゾン洗浄は、洗浄液を使用するウェット洗浄のように化学薬品を使用することがないため環境負荷が低減できることや、放電を利用したプラズマ洗浄のようにワークに熱や帯電ダメージを与えることがないという特徴があります。

### 半導体ウェハの洗浄に紫外線オゾン洗浄装置が使用される理由

半導体ウェハに紫外線 (UV) を照射することでオゾンを生じ、オゾンにより半導体ウェハ表面の有機物を除去することができます。

半導体ウェハの洗浄は主に、「ウェット式」と「ドライ式」の2種類があります。現在の半導体製造プロセスで実用されている洗浄方法は主に、液体の薬液を使用する「ウェット式」と言われています。

ただし、半導体ウェハの高精細化により、ウェット式だけでは分子単位の汚れまで完全に落としきることは難しく、より高い洗浄能力が求められる際には、ウェット式だけでは不十分の場合があります。

紫外線 (UV) 洗浄装置を用いることで、有機物 (主として油性汚濁膜) を除去し、そこに付着していたホコリなどの汚れについても、まとめてすすぎ洗いで落とすことができます。このような理由から、紫外線 (UV) 洗浄をウェット洗浄の前工程として導入することで、洗浄効果を飛躍的に向上させることができるため、半導体ウェハの洗浄に紫外線 (UV) オゾン洗浄装置が使用されています。

## 4 紫外線UVによるテープ剥離の原理

### 紫外線(UV)剥離について

UV剥離は半導体製造の後工程において、一時的な固定と剥離が必要な工程(バックグラインド・ダイシング・ダイボンディング・搬送など)で利用されています。

これらの工程では、ウェハやチップの保持や表面保護が必要で且つ、後に剥離する必要があります。

これには強い粘着性を持ち対象物をしっかりと保持・固定出来るUV硬化型粘着剤が使用されます。UV硬化型粘着剤は、UV照射を行うことで粘着力が低下し、剥離が容易になる特徴があります。

通常の接着剤とUV硬化型粘着剤の大きな違いは、接着のメカニズムと使用目的にあります。接着剤は化学反応や乾燥、熱による固化で粘着力を発揮し、一度固定すると剥がすのが難しいです。

一方、UV硬化型粘着剤はUVを照射することで粘着力が低下し簡単に剥がせる(易剥離)特性を持っています。通常の接着剤が恒久的な固定を目的とするのに対し、UV硬化型粘着剤は一時的な固定と易剥離を目的としています。

### UVテープ(UV剥離テープ)とは

半導体製造工程で使用されるUV硬化型粘着剤は、大きく分けて2種類の形態があります。1つ目は、基材と呼ばれるフィルムやシートの片面にUV硬化型粘着剤を均一に塗布したものの、2つ目は、基材とUV硬化型粘着剤の他に剥離フィルムを積層したものがあ

ります。この剥離フィルムは、ウェハなどへの貼付を行う際の粘着面の表面保護を目的としています。これら2種類の形態を総称してUVテープと呼ばれています。

※工程によりダイシングテープやバックグラインドテープなどと呼ばれることもあります。基材は、軟質ポリ塩化ビニル(軟質PVC)、ポリエチレン(PE)・ポリプロピレン(PP)などのポリオレフィン、ポリエチレンテレフタレート(PET)などのポリエステルが使用されています。

### UV剥離のメカニズム

UV硬化型粘着剤は多くの場合、アクリル酸エステル共重合体とUV硬化性樹脂の混合物です。

これにUVを照射すると、UV硬化性樹脂の光ラジカル重合による三次元網状化で発生する粘着剤の弾性率の上昇と、体積収縮が起こるため粘着力が低下します。そのため、UVテープからウェハやチップが剥離しやすくなります。

## 4 紫外線UVによるテープ剥離の原理

### UV剥離に使用される紫外線（UV）照射装置

UVテープに使用されているUV硬化型粘着剤の多くは、主に300nmから400nm程度の範囲(UV-AおよびUV-B領域)で反応するように設計されているため、上記範囲のUV光を効率よく照射するメタルハライドランプ、高圧水銀ランプなどのUVランプ、ブラックライトやUV-LEDを使用した紫外線(UV)照射装置が利用されています。

なお、剥離に必要なUVの光量や波長は、UVテープ(UV硬化型粘着剤)の特性によるため、使用する光源装置は慎重に選定する必要があります。

## 5 ダイシングテープの剥離に使用される紫外線(UV)照射装置

### 半導体製造におけるダイシングとは？

半導体製造におけるダイシングとは、ウエハ上に形成された集積回路を切断し、チップ化する技術、工程のことを言います。

切断方式は、ブレード(砥石)を高速回転させて切断を行う「ブレードダイシング方式」、レーザーを照射しウエハを蒸発・昇華させて切断を行う「レーザーアブレーションダイシング方式」、レーザーをウエハ内部に集光し改質層を形成後、外力を加えることによって切断を行う「ステルスダイシング方式」の3種類があり、この中でブレードダイシング方式が最も一般的な切断方式とされています。

この工程で、切断時にチップがバラバラにならないよう固定、保護をするために使用されるのがダイシングテープです。

ダイシングテープには、ダイシング工程後ウエハとテープを剥離させる際に紫外線照射を行うUV型と紫外線照射を行わないNon-UV型があります。UV型のダイシングテープは高い粘着力があり安定したウエハの固定が行えますが、紫外線を照射することにより硬化、粘着力が低下しウエハとテープの剥離が容易に行えるという特徴があります。

後工程における処理も容易になるため、ダイシング工程において広く採用されています。

### ダイシングテープの剥離に使用される紫外線(UV)照射装置

照射する紫外線の波長は365nmが一般的であり、高圧水銀ランプやメタルハライドランプ等のUVランプ、UV-LED、ブラックライト(蛍光灯)が紫外線照射装置の光源として使用されます。

照射方法は、照射部が可動してウエハをスキャンするように照射するタイプや、ウエハ全面を一括照射するタイプなどがあります。

また、酸素による硬化阻害を防ぐために窒素パーズ機能搭載されている装置もあり、均一に紫外線を照射、テープの硬化を行うことができ、後工程でのウエハの不良や破損を防げます。

最適な照射条件は使用するダイシングテープや光源により異なるので、生産条件に合わせた紫外線照射装置の選定が必要です。

## 会社概要

社名	ARK TECH株式会社
創業	2005年4月
資本金	1400万円
住所	〒371-0846 群馬県前橋市元総社町一丁目2番地3 MMビル2F
TEL/FAX	TEL. 027-255-1117 / FAX. 027-219-3577
事業内容	<ul style="list-style-type: none"><li>・光学、電気、電子機器及び、同部品の製造・販売</li><li>・紫外線光源の設計・開発</li><li>・紫外線硬化・周辺露光・検査、測定器用ランプの供給販売</li><li>・関連技術のアイデア提供及びコンサルティング</li><li>・紫外線光源搭載システムの設計・製作</li><li>・紫外線光源のメンテナンス</li><li>・紫外線関連部品の供給販売</li></ul>

## 会社HP

ARK TECHは  
高品質の光技術を用いて  
お客様の事業展開に大きく貢献します

高精度・高品質・低コスト および環境負荷低減に対する  
可能性を追求し製品コンセプトに反映させています



<https://www.ark-t.com/>

## 紫外線照射装置 技術ナビ

ARK TECH株式会社は、光や紫外線に携わる設計・開発エンジニアの皆様に向けて、専門情報サイト "紫外線照射装置 技術ナビ"を公開しました。  
 紫外線照射装置 技術ナビでは、「紫外線を活用した最新アプリケーション」「紫外線・光に関する基礎知識」「当社の課題解決事例」等を紹介しています。

The screenshot shows the website interface for '紫外線照射装置 技術ナビ' (UV Irradiation Device Technical Navigation). At the top, there is a header with the company name 'ARK TECH株式会社', a phone number '027-255-1117', and navigation links for 'アプリケーション', '課題解決事例', 'UV-LED', 'UV Lamp', '技術コラム / 技術情報', and '運営会社'. The main content area is titled 'ご要望に合わせた 特注紫外線照射装置の 開発・設計に対応' (We support development and design of custom UV irradiation devices according to your requirements). Below this, there are four application categories: '耐水性試験' (Waterproofing test), '非破壊検査' (Non-destructive testing), '硬化・接着' (Curing/adhesion), and '露光' (Exposure). A search bar and a 'アプリケーションを探る' (Search for applications) section are also visible. The search results are categorized by '用途から探す' (Search by application), '業界から探す' (Search by industry), '搭載する装置から探す' (Search by device), and '波長から探す' (Search by wavelength). A QR code is located on the right side of the page.



<https://www.ark-t.com/uv-irradiation-device/>

2024年9月11日 初版

**発行元**：ARK TECH株式会社

**住所**：〒371-0844 群馬県前橋市古市町1-11-12

**電話**：027-255-1117

**Copyright © ARK TECH Co.,Ltd.All right reserved.**