

近赤外偏光光学系を用いた応力イメージング装置

株式会社ナノシステムソリューションズ

小杉純一，金野潤司，芳賀一実

1. はじめに

半導体デバイスの微細化と高集積化が進むにつれ、シリコンウェーハおよび EUV リソグラフィに用いるマスクブランクス材料品質に対する要求は一段と厳しくなっている。シリコンウェーハ内部に潜在する双晶，スリップ，転位クラスタといった結晶欠陥は，デバイス歩留まりや電気特性の均一性に大きな影響を与えるため，その非破壊検査技術の高度化が不可欠である。一方，EUV マスクブランクス多層膜内部に蓄積される応力や欠陥は，反射率の微小な変化を引き起こし，EUV 露光特性に影響を及ぼすことから，多層膜内部における応力測定や欠陥検査の高精度評価が求められている。

しかし，これらの欠陥や応力は材料内部に存在する 경우가多く，表面観察のみでは十分な情報を得ることができない。このため，透過・反射を問わず，内部構造に起因する微小な複屈折・散乱・応力分布を非破壊で高感度かつ高速に可視化する光学的手法が強く求められている。

1-1 シリコンウェーハ内部の応力イメージングの現状

シリコンウェーハの内部欠陥評価には，従来より X 線トポグラフィ，ラマン分光，赤外透過イメージングなどの手法が広く利用されてきた。X 線トポグラフィは高い空間分解能を有するものの，装置セットアップが複雑で測定時間が長く，量産工程における高スループット検査には適さない。ラマン分光法は装置の小型化が進んでいるが，基本的に点測定であり，12 インチウェーハのような広面積観察には限界がある。

近赤外光を用いた透過イメージングは，シリコンの吸収端（1.1 μm ）より長い波長で十分な透過率が得られることから，内部欠陥由来の複屈折や応力の可視化に適している。しかし従来は，光源の出力不足や検出器感度，偏光子の消光比の制約により，欠陥に伴う微小な偏光解消成分の検出が困難であり，S/N 比確保のために長時間の信号積算が必要となるなど，スループット向上が課題であった。

近年は，高出力近赤外光源や高消光比偏光子，高感度 InGaAs カメラなどの要素技術の進展により，近赤外偏光イメージングが再び注目を集めている。これらの技術を組み合わせることで，従来よりも高い S/N 比でシリコン内部の微小応力を検出できるようになり，非破壊・高感度・高速イメージング技術としての実用性が着実に高まりつつある。

1-2 EUV マスクブランクス検査の現状

EUV マスクブランクスは，波長 13.5 nm の EUV 光に対して高反射率を得るため，Mo/Si 多層膜（約 80 層）が形成されている。この多層膜内部に生じる応力は，マスクの面形状や露光性能に直接影響するため，その評価は極めて重要である。しかし，従来の干渉計や表面プロファイラなどの光学的手法は，膜内部に分布する応力を直接測定することができない。

現在，多くの EUV マスクブランクス検査装置では，EUV 光そのものを照射して欠陥や散乱源を可視化する方式が用いられている。EUV 波長で直接検査できるという利点はあるものの，EUV 光源は