

# CMP 処理後のウエハー・マイクロクラック 検出装置の開発

## CMP 処理とマイクロクラック発生

CMPとはChemical Mechanical Polishing (化学的機械的研磨)の略称であり、ウエハー表面凹凸の平坦化に用いられています。これは超LSIの高集積化を支える多層配線化には必須の技術になっています。ところが、ウエハーと研磨砥粒(スラリー)との機械的な相互作用のため、条件によっては、ウエハーにマイクロクラック(スクラッチ)と呼ばれる微小欠陥が形成されます。この欠陥は、多くの場合図1に示すように、ウエハー表層部に閉じたクラックとして存在するため、CMP処理直後の非破壊検査ではその検出は困難です。このような欠陥があると、その後の電気検査を通り抜け、製品出荷後の経時変化で電氣的短絡や回路断線など、製品不具合をまねくことが危惧されます。このためLSI製造現場からは、不良ゼロ、信頼性向上を目指したインライン検査装置の開発が渴望されています。

## 隠れたクラックをどうやって顕在化させるのか、二つのプローブで限界を突破

### これまでの光散乱法の限界

プロセス中に発生する異物や欠陥の検出については、操作性や短い検査時間などから“光”をプローブにした方法が主流です。このうち、光散乱法は波長より小さいサイズの欠陥・異物の

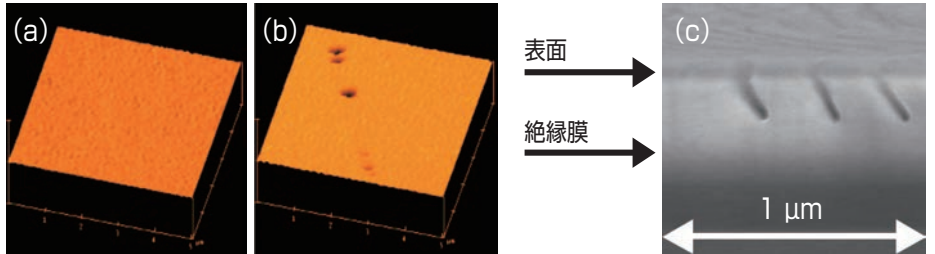


図1 CMP処理後のウエハー表面および断面の観察例  
(a) エッチング前 (AFM)、(b) エッチング後 (AFM)、(c) エッチング後 (断面 SEM)

評価が可能なのでLSI製造現場でもよく使われています。しかし、今回目的とするウエハー表層のマイクロクラックに対しては無力に近い状況です。実際、生産現場で現在使用されている代表的な評価機(1台数億円)ではまったく検出されませんでした。

### ブレイクスルーのきっかけ

私たちは数年前に光散乱法による人工水晶内の欠陥検出の取り組みの中で、種結晶内の空洞欠陥を見つけました。ここでは、ほかの析出物との区別した検出が課題でした。しかし、さまざまな光学的アプローチを試みたものの、良好な結果は得られませんでした。

試行錯誤の末、析出物と空洞欠陥ではその中身の“硬さ”に大きな差異のあることに気づき、機械的作用を第二のプローブとして追加してはどうか、という結論に達しました。そこで、実

験室にあった圧電振動子を使用して水晶に超音波をあてながら光散乱を観測したところ、ある周波数帯で散乱光の強度や偏光方向が変化する現象を見いだしました。この原因は、水晶が共振した時に空洞欠陥が変形し、空洞欠陥の周囲の誘電率が変化することにより、p、s偏光の散乱強度変化と位相差が生じたためです。これは光弾性効果に起因した現象でした。

### Siウエハーへの適用

ウエハー表層の絶縁膜中(SiO<sub>2</sub>など)のクラックについては、長さは数100 nm～数μm(深さはその約半分)が検査対象です。この検出には、水晶での経験から光散乱法に光弾性効果を適用した方法を検討しました。シミュレーションの結果、クラック先端近傍にはウエハーに加わる外力(数MPa程度の引張り)の数百倍に達する応力集中の生じることがわかりました。ただし、絶縁膜の光弾性定数は $\sim 10^{-5}$  MPa<sup>-1</sup>程度と小さいため、散乱光の光量変化を1%以下の精度で計測する必要があります。ところが、パターン付きウエハーでは、金属配線からの散乱光が強いノイズ源となります。さらに、レーザーの安定性、装置の振動、ウエハー全体にわたる均一性など、微小試験片を用いた“実験室”では通常問題とならない“工場現場の環境”を考慮することが、装置化への大きな課



1991年に九州工業技術試験所に入所。産総研に組織改編後、基礎素材研究部門、実環境計測・診断研究ラボ、2007年から当研究センター。専門は、セラミックス材料の研究でしたが、光関係から計測分野に移行。半導体やFPCについてマイスター連携研究を中心に、インライン検査技術およびプロセス管理技術の研究開発をはじめ、官能検査の標準化にも取り組んでいます。

野中 一洋 (のなか かずひろ)  
k.nonaka@aist.go.jp  
生産計測技術研究センター  
主幹研究員(九州センター)

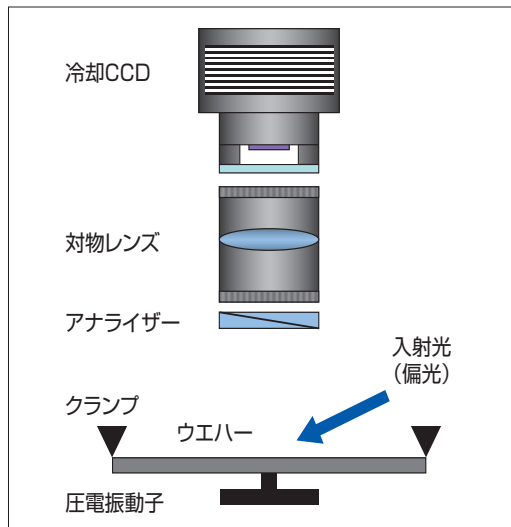


図2 クラック検出装置の概要

クラック検出装置の実用化に向けて

図2に開発したクラック検出装置の概要を示します。応力はウエハー中央の下部から圧電素子などで振動を与えて、ウエハー表層に数MPaの引張り応力を加えます。レーザー光はウエハーに対して入射角約80～85°で入射します。あらかじめ応力を印加しない状態でウエハーの各点からの散乱光の偏光分布を計測し、応力印加後の分布との差を求めることでクラックを検出します。得られたクラック分布を図3に示します。

現在、開発した装置の実用化に向けて装置の改善・改良を急ピッチで進めています。さらに、技術の新たな展開としては、CMP材料や精密加工などの関連分野への展開だけではなく、パワーデバイスや光デバイスとして期待されている次世代半導体の評価技術としての応用を検討しているところです。

謝辞

CMPウエハー検査では、ルネサスセミコンダクタ九州・山口株式会社の猿渡 新水氏および山口 信介氏に種々のご助言・ご協力をいただきました。心より感謝申し上げます。

題となります。現場の環境をよく検討してみると、散乱強度の変化を捉えるだけでは十分なS/Nは得られないと判断されました。

検討を重ねた結果、これらの問題は偏光成分の変化（差分）に着目することによって解決することができました。配線パターンからの散乱では、入射光の偏光状態が保持されるので、アナライザー（偏光板）でその大部分を取り除くことができます。一方、表面付着異物（上ゴミ）などは応力印加の

影響を受けないため、応力印加前後で差分をとることにより、クラックによる偏光成分の変化のみを取り出すことができます。

振り返ってみれば、研究としてクラックを検出するだけであれば、応力印加による散乱強度の変化を丁寧に見ることで終わっていたのかもしれませんが、“偏光と差分”に気づいたことで現場適応への道が切り開かれたことは大きな収穫でした。

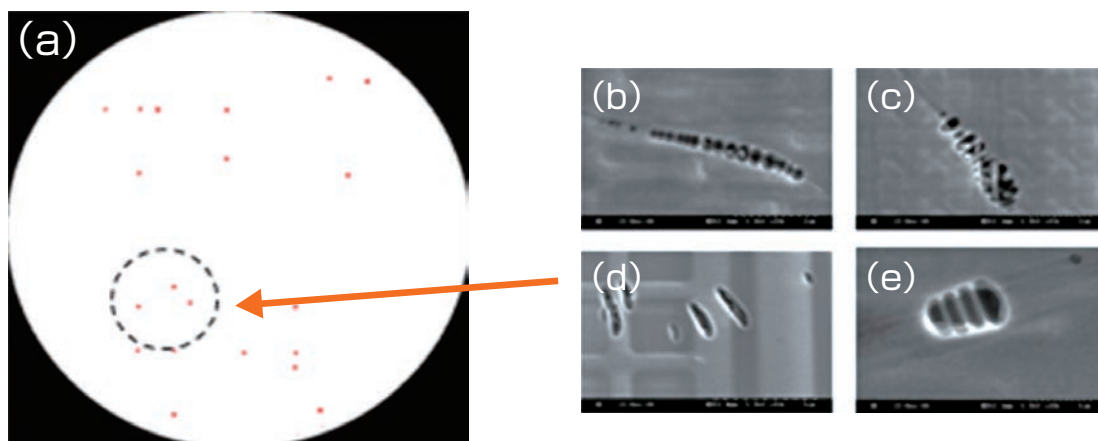


図3 試作機で評価したパターン付き200 mm ウエハー製品(エッチング前)のクラック分布図(a)、ウエハー表面(エッチング後)のSEM像(b)～(e)