光学膜成膜装置ULDiS-1500PHLの開発

荒谷卓磨^{*1}·藤長徹志^{*1}·小林大士^{*1}·合使由貴^{*2}· 岩井治憲^{*2}·彭弘郡^{*3}·鄭嗣勳^{*3}·張晃崇^{*3}

Development of Sputtering System "ULDiS-1500PHL" for Optical Film Deposition

Takuma Araya^{*1}, Tetsushi Fujinaga^{*1}, Motoshi Kobayashi^{*1}, Yoshitaka Goushi^{*2}. Harunori Iwai^{*2}, Hungchun Peng^{*3}, Lisn Cheng^{*3}, Hc Chang^{*3}

^{*1}Institute of Advanced Technology, ULVAC, Inc., 2500 Hagisono, Chigasaki, Kanagawa 253-8543, Japan

*2 Advanced Electronics Equipment Division, ULVAC, Inc., 2500 Hagisono, Chigasaki, Kanagawa 253-8543, Japan

^{*3}ULVAC Taiwan Inc., 8F., No.5, Keji Rd., Hsinchu Science Park, Hsinchu City 30078, Taiwan, R.O.C.

Optical films can select transmittance and reflectance at certain wavelength by combination of thin films with different refractive index. And it have long been used as anti-reflection (AR) film, specific wavelength transmission filter, and so on. In past, optical films are deposited on certain substrate and assembled with electronic devices. However, recently case of assembling with optical films on wafer and electronic devices before dicing is increasing along the miniaturization of electronic devices. So deposition system for optical film is required to meet wafer process and particle control with semiconductor level. We developed sputtering system "ULDiS-1500PHL" for wafer, and report system and process especially for infrared band pass filter.

1.)はじめに

光学多層膜はガラスや樹脂,金属などの基材に数種 類の屈折率の異なる材料を交互に形成することで特定 の波長の光を透過・反射する機能をもたせた薄膜であ る(Fig.1)。かねてよりレンズの反射防止膜や増反射 ミラーなどで使用され,光学フィルタやハーフミラー など応用例は多岐にわたる。

また、近年では3D 顔認証用のセンサー、距離計測 用のLiDAR (Light Detection and Ranging), 生体認 証などのデバイスにも光学薄膜が活用されている。こ れらのデバイスではFig.2に示すように、光源から特 定の波長の光を対象物に照射し、対象物から反射して きた特定波長の光のみを検出するため、BPF (Band Pass Filter)が用いられている。特に、顔認証用途の 近赤外BPFは、広い視野角にわたって信号損失を少な くするため、対象物からの反射光が大きな角度で入射 した場合でもBPF透過帯の中心波長のオフセット量が 小さく、高透過率のものが求められる。

そのため、これまで主に使用されてきた高屈折率成

*1 (株)アルバック 先進技術研究所

- (〒253-8543 神奈川県茅ケ崎市萩園2500)
- *2 (株)アルバック 電子機器事業部 (〒253-8543 神奈川県茅ケ崎市萩園2500)
- *³ ULVAC TAIWAN INC. 台湾新竹市東区30078新竹科学工業 園区科技路5号8階



膜材料のTa₂O₅, Nb₂O₅, TiO₂に比べて, 近赤外波 長領域での屈折率が高く可視光波長領域を吸収する特 性をもつ水素化アモルファスシリコン(a-Si:H)を使 用したBPFが注目されている¹⁾。a-Si:Hを使用するこ とでBPFの膜層数, 膜厚の低減が可能となり生産性の 向上が期待される。

また、Fig.3に示すようにスマートフォンのカメラモ ジュールなどは、従来レンズや光学フィルタなどの光 学部品とCMOSなどの半導体部品を別々に製造後、モ ジュールとして組み立てを行っていたが、今後ウェー ハレベルで各部品を作製、貼り付けを行った後にカッ トするWLO (Wafer Level Optics) と呼ばれる製造方 法が主流になると言われている。そのため、φ200 mm、 φ300 mm ウェーハへの対応、品質面においても従来 より低パーティクル装置・ハンドリング管理の対応が 求められる。光学膜の成膜方法としては蒸着が用いら





れてきたが,光学膜の用途が広がるにつれ膜厚制御性 や面内分布の要求がより高度になり,スパッタ法によ る光学膜の成膜に注目が集まっている。

本稿ではφ200 mm, φ300 mm ウェーハに対応した デジタルスパッタ装置「ULDiS-1500PHL」のハードウエ アについて紹介し、本装置を使用して開発したa-Si:Hを 用いた近赤外BPF成膜プロセス技術について記述する。

2. 光学膜成膜PVD(Physical Vapor Deposition)方式

リアクティブスパッタとデジタルスパッタ

光学薄膜は一般的に金属酸化膜の積層膜で構成され ている。これらの金属酸化膜をPVD方式を用いて成 膜する手法として酸化物ターゲットを使ったRFスパ ッタを用いる方式と、金属ターゲットを使い反応性ガ スを流すことで金属を酸化させる方式がある。また、 金属ターゲットを使う方法も2種類あり、Arと反応 性ガスを同時に流してターゲット表面とスパッタされ た粒子を酸化させて成膜する反応性スパッタと,金属 膜を数原子層成膜後に,別の場所で酸化さて酸化膜と する工程を繰り返す後酸化法,通称,デジタルスパッ タがある²⁾。Fig.4に金属ターゲットを使う成膜方式の 模式図を示す。

反応性スパッタは一般的にデジタルスパッタに比べ て成膜速度が数分の一から数十分の一に下がるため、 生産性の面で不向きである。一方、デジタルスパッタ は十分な酸化能力を持つ酸化源を備えることにより十 分な生産性を確保できる。また、デジタルスパッタは 表面平滑性に優れ、緻密な膜が得やすい。Fig.5にTiO2 膜を反応性スパッタとデジタルスパッタで成膜したTiO2 膜を反応性スパッタとデジタルスパッタで成膜した場 合の断面および表面のSEM像を示す。反応性スパッ タで成膜したTiO2膜は柱状構造で表面が粗い状態で あるのに対し、デジタルスパッタで成膜したTiO2膜は アモルファス状で平滑な膜が得られている。

以下にデジタルスパッタ方式を用いた光学膜成膜装 置及びプロセスについて紹介する。





3. ウェーハ用光学膜成膜装置「ULDiS-1500PHL」

φ200 mm, φ300 mmウェーハ用光学膜成膜装置 「ULDiS-1500PHL」の模式図をFig.6に示す。本装置 は基板のセットを行うカセット室、基板を搬送するた めの搬送室、成膜処理を行うプロセス室で構成される。 カセット室は2室備えており、成膜処理中に次のバッ チの基板をセットすることが可能なため生産性を向上 させることができる。プロセス室は成膜基板が高速で 自公転するターンテーブルが、カソードユニットおよ びICP(Inductivity Coupled Plasma)酸化源、基板加 熱用ヒーター上に、平行に配置されている。PVD方



式はデジタルスパッタを採用しており,カソードユニ ット上を通過した際に金属薄膜が成膜され,その後 ICP酸化源上を通過することで金属薄膜が酸化される。 カソードユニットは1ユニットあたり2カソードを備 え,最大で3ユニット搭載することが可能である。

4. a-Si:Hを用いた近赤外BPF成膜プロセス

4.1 a-Si:Hの光学特性

a-Si:Hに求められる光学特性として,屈折率nはBPF の透過帯の中心波長のオフセット量を小さくし,総膜 厚を薄く,総膜層数を少なくするために高屈折率が好 ましい。また,消衰係数kは高透過率を得るために限 りなくゼロに近い値が好ましい。

Fig.7にa-Si:HのH₂流量依存性を示す。屈折率nと消 衰係数kはガラス基板上に成膜したa-Si:Hを分光光度計 にて透過率と反射率を測定し、光学膜設計ソフトにて 算出した波長940 nmにおける値である。この結果よ り、H₂流量の増加に伴い、屈折率nと消衰係数kは低 下することがわかる。

次にFig.8にa-Si:Hの光学特性の成膜時の基板温度依 存性を示す。基板温度上昇に伴い,屈折率nは高くな り,消衰係数kは低くなっていく傾向が得られた。

4.2 a-Si:HおよびSiO2の膜厚分布

光学薄膜において膜厚分布の均一性は光学特性の波 長シフトに影響するため非常に重要である。

本装置ではターンテーブル装置で生じる内周・外周 での周速差による膜厚分布を改善するために、 1つのカソードユニットに2つのカソードを搭載し、 各カソードへの投入電力を調整することで膜厚分布を コントロールできるようにした。投入電力最適化後の 膜厚分布をFig.9に示す。a-Si:HとSiO₂共に φ 300 mm (Edge Exclusion 10 mm) で膜厚分布 ± 0.15 %以下 と良好な結果が得られた。

4.3 a-Si:HとSiO2を用いた近赤外BPF

低屈折率材としてSiO₂,高屈折率材としてa-Si:Hを 使用した近赤外BPFの設計と成膜を行い,光学特性を 評価した。今回設計した近赤外BPFはガラス基板の片 面に940 nmを中心波長としたBP特性をもつ33層の積 層膜(5.4 μ m)と、もう片面にBL(Blocking Layer: BP波長域の透過率を上昇させ,BP波長域以外を遮光 する)特性をもつ22層の積層膜(1.8 μ m)の構成とし た。なお、a-Si:Hについては上述した光学特性につい ての結果から、n=3.68 k=1E-4に最適化を行った。 Fig.10に Φ 200 mmウェーハの透過率特性、および







a-Si:H optical characteristics.



面内分布を示す。入射角0°の930~950 nmにおける 平均透過率は97.6%,入射角30°の920~940 nmにお ける平均透過率は97.1%で良好な透過率特性が得られ (Fig.10A),BP特性の0°から30°における中心波長の シフト量は10.5 nm (Fig.10B)と角度依存性の点にお いても良好な結果が得られた。面内分布は透過率50



Table 1 Transmittance in each target life.

	Target life	Tave@930-950 nm
	(kWh)	(%)
TEST1	466	97.3
TEST2	515	97.3
TEST3	565	97.5
TEST4	615	97.2
TEST5	747	97.5

%の波長のバラつきが約±1nm(±0.12%)であった(Fig.10C)。

また,ターゲットライフ中期から末期にかけて連続 的に成膜テストを行った結果(Table 1),930~950 nm における平均透過率(Tave)97%以上を安定して維 持できていた。 5.)まとめ

本稿ではウェーハ用光学膜成膜装置「ULDiS-1500 PHL」について紹介し、本装置を使用して開発した a-Si:Hを用いた近赤外BPFについて報告した。a-Si:Hは検 証結果より良好な光学特性が得られており、940 nmBPF のみならず生体への透過性が高い1320~1480 nm付近の BPF, IR-Pass Filterの薄膜化などへの応用が期待で きる。また、本装置はSi以外のNb, Ta, Tiなど各種 金属材料も使用可能であることから、IR-Cut Filterや 反射防止膜用途など幅広い光学薄膜分野の生産技術に 貢献することが期待できる。

文 献 =

- H.Yoda, et al.: Applied Optics, 43, (17), 3540 (2004)
- 田部井雅利:マテリアルライフ学会誌, 18 (4), 170 (2006)