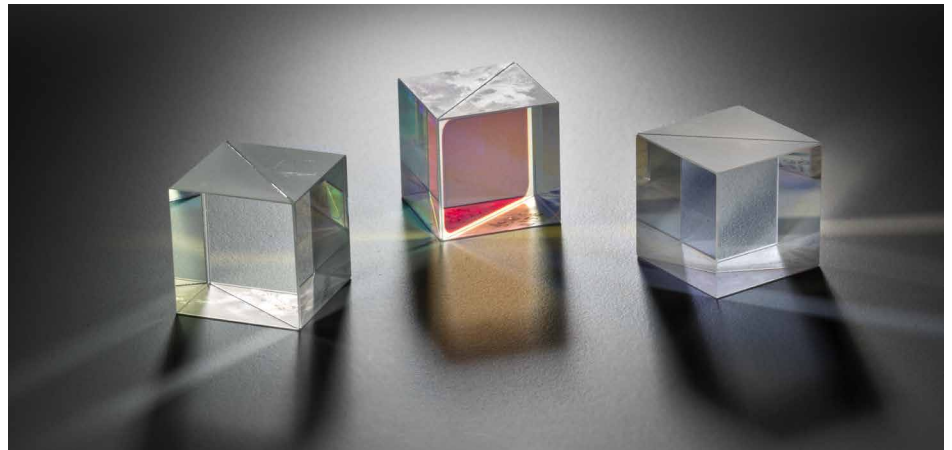


キューブ型ビームスプリッターの光学特性の 迅速で精密な測定

Agilent Cary 7000 多角度可変自動測定分光光度計 (UMS)



著者

Travis Burt and Chris Colley
Agilent Technologies
Mulgrave, Victoria, Australia
Hakchu Lee
Agilent Technologies, Inc.
Santa Clara, California, USA

概要

キューブビームスプリッター (CBS) は、光学分野の装置において重要な構成部品で、消費者製品や高性能マクロポジショニング、光ファイバーを使用した遠距離通信において幅広く使用されています。本アプリケーションノートでは、Agilent Cary 7000 多角度可変自動測定分光光度計を用いてキューブスプリッターの透過、反射、吸収率の自動測定を行いました。得られたスペクトルは、製品開発段階では開発者にとって非常に有益な情報となります。品質管理においては最終検査をコントロールできる情報となります。Cary 7000 の高い生産性は、ルーチン分析での要求に応えます。

はじめに

サイコロ程度の大きさの CBS は (0.5 ~ 1 インチ、12.7 ~ 25.4 mm)、名前が示す通り、光束を 2 つ (反射光と透過光) に分割する光学部品です (図 1 参照)。

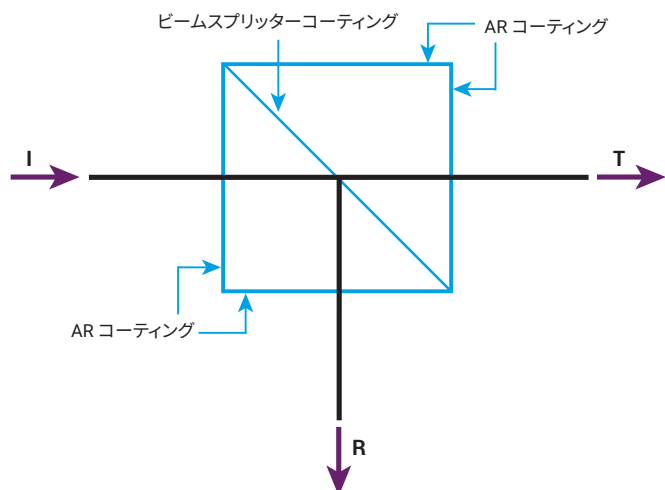


図 1. CBS における入射光 (I) の反射率 (R)、透過率 (T)

分割された光束はイメージを重複したり、色や偏光状態を分割したり、レーザーアプリケーションの場合はナノポジショニングシステムのためのコンパクトな干渉計に用いられます。これらの用途に使用される CBS は、設計や品質管理のために、透過率や反射率などの精密な評価を行うことが重要です。誘電体 (光学) コーティング (Fig.1 のビームスプリッターコーティング) が CBS の波長と偏光特性を決定します。コーティングは CBS の内側にありますが、CBS を 2 つに分割してコーティングを測定することはできません。分割することによりコーティングの状態が変わってしまうため測定結果が異なります。また、2 つのプリズムを接合させる接着剤はコーティングの特性に影響を及ぼします。よって 2 つのプリズムを接合させた後、CBS の状態で測定する必要があります。

Cary 7000 UMS は、透過・反射光のスペクトル測定を、サンプルを着脱することなく実行することができます。サンプル上のある位置での透過率 (T) と反射率 (R) 両方の測定は、正確な吸収率 ($A = 1 - T - R$) を算出し、ガラス基盤およびコーティングの特性を得ることができます。

スペクトルの全損失分を測定するとき、以前はデータ品質の疑問が報告されていました。¹で報告された原因は、次のようなものです。

- T と R が測定された箇所の入射角 (AOI) の違い
- 膜のわずかな厚さのむら
- 薄膜の吸収が干渉効果と組み合わせり作用する

本アプリケーションノートでは、Cary 7000 UMS を用いた測定データを紹介합니다。T および R はサンプルを固定したまま測定され、入射角の違いやコーティング厚のむらなどの問題は排除できました。

ビームスプリッターの種類

キューブ型ビームスプリッターは大きく分けて、それらの光学要件に応じて分類することができます。それぞれの種類の基本的な概要を紹介します。

波長は広帯域におよび、632.8 HeNe レーザーなど狭帯域なども含む全ての可視スペクトルを網羅します。波長領域はビームスプリッターコーティングにより制御されますが、基盤材料は、必要な波長領域を透過しなければなりません。BK7 ガラスは可視スペクトルに便利で、低コストな物質ですが、UV や NIR 波長では強い減衰を示します。フューズシリカは高額ですが、光学的損失が少なく波長領域が広いので、高出力レーザーアプリケーションに用いられます。

2 つのプリズムを接合する方法は、CBS 完成品において重要です。光学セメントは安定した CBS を形成しますが、構造的にはより低い光パワー用途に適しています。Norland Optical Adhesive 61 (NOA 61) と呼ばれる接着剤がその例です。鮮明かつ無色で、液体フォトポリマーであり、紫外線に当たると硬化します。一方、高パワーレーザーアプリケーションでは、セメントの使用を避け、光学接触法または屈折率適合油浸を使用します。これらは高パワーの閾値が高く、機械的により不安定なため適切に取り扱わなければなりません。

CBS の偏光特性は通常レーザーを使用した干渉デバイスに使用されま
す。例えば、干渉計ナノポジショニングシステムの性能は、部分的に高
Tpと/ Ts の比と対応する高 Rsの/Rp の比によって決定されます。本ア
プリケーションノートで測定された CBS は、このような偏光ビームスプリ
ッターや図 2 に示すものでした。

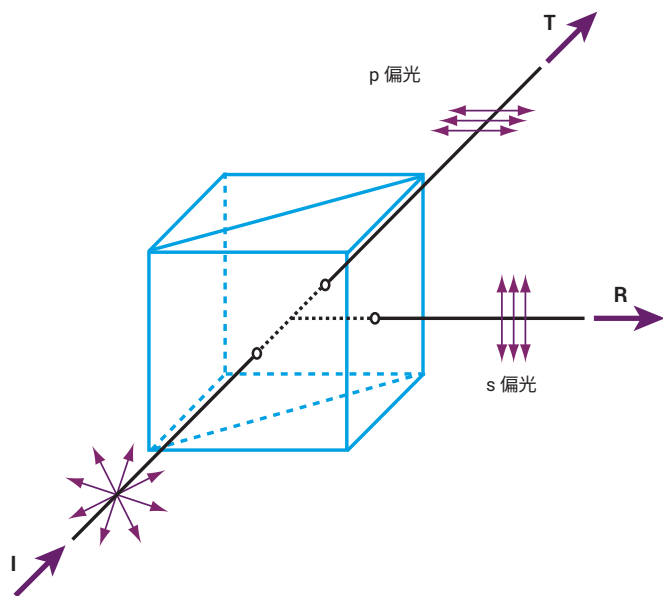


図 2. 偏光 CBS における入射光の反射と透過の 3D 図

実験方法

サンプル

CBS は 25 mm のキューブ型で、二酸化チタンと二酸化ケイ素による反
射防止コーティング処理が施されたビームスプリッターを使用しました。
2 つのプリズムは光学接着剤で接合されています。

装置構成

全自動でサンプルへの入射角度および検出角度が各々可変な Cary
7000 UMS を用いてデータを測定しました。Cary 7000 UMS を使用す
れば、サンプルのさまざまな角度における絶対反射率および透過率、吸
収率および散乱の測定をほぼ 360 ° で行えます。サンプル回転と検出器
の独立した操作により CBS を迅速かつ正確に測定します。

従来の反射率と透過率の測定は、付属の分光光度計が必要でした。この
場合、測定モードによりビーム照射のスポットサイズが異なりました。

コーティング処理の過程において不均一な厚さの膜が形成されると、反
射率と透過率に影響してしまいます。

Cary 7000 UMS の開発により、T および R をサンプルの着脱なく、正確
に測定することができます。さらに、サンプルは自動で 180°回転するた
め、各入射角度における T および R を透過の位置と反射の位置で測定
することができます。いずれの方向でも、T および R はサンプルを動かす
ことなく同じポイントでの測定が可能です。

本研究では、Cary 7000 UMS は s 偏光および p 偏光の透過率を 0°
AOI にて測定するために用いました。図 3 に示した通り、反射率のデー
タは入射ビームから 90°の位置で採取し、透過率データは 0°の位置で直
接測定しました。サンプルは、キューブの中心が入射ビームの焦点位置に
くるように、サンプルと検出器の両方の回転軸上になるように取り付けま
した。サンプルに入射する光の円錐角は 2°、垂直方向と水平方向の開口
によって制限しました。

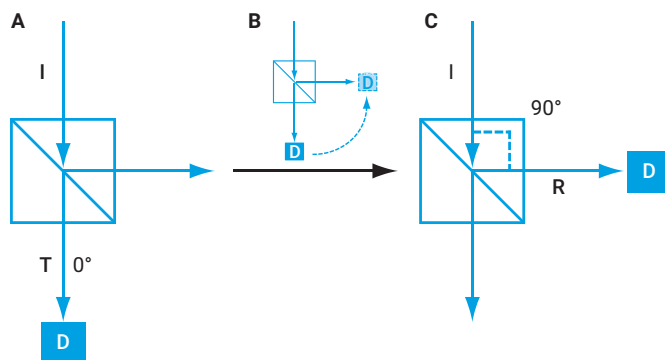


図 3. (A) キューブビームスプリッターと検出器 (D) 透過率測定方向
(B) 反射角測定のため、検出器はサンプルの周りを回転、(C) 検出器は入射ビーム
とサンプルから 90°の位置にある 注：サンプルは動きません。

スペクトルは 500 ~ 720 nm にて、1 nm のインターバル、5 nm バンド
幅、平均 0.5 秒にて測定されました。

結果と考察

キューブビームスプリッターは波長 632.8 nm のヘリウムネオンレーザ
放射向けにデザインされました。この波長では CBS は p 偏光を 100 %
透過し、s 偏光を 100 % 反射します。実際には、偏光の透過角と反射角
は完全に一致しないため、CBS の正確な性能を測定することが重要です。

図 4A に、Cary 7000 UMS を用いた s 偏光の透過および反射スペクトルの測定結果を示します。633 nm 付近にてそれぞれのスペクトルを拡大することにより、633 nm での透過率と反射率を確認することができます (図 4B および 4C を参照)。633 nm での s 偏光の透過率は 0.04 % T で、CBS の仕様である <0.2 % T 内にあることが分かりました。p 偏光のスペクトルは図 5 に示してあります。633 nm での p 偏光の透過率は 98.19 % T で、CBS の仕様である >98 % T 内にあることが分かりました。

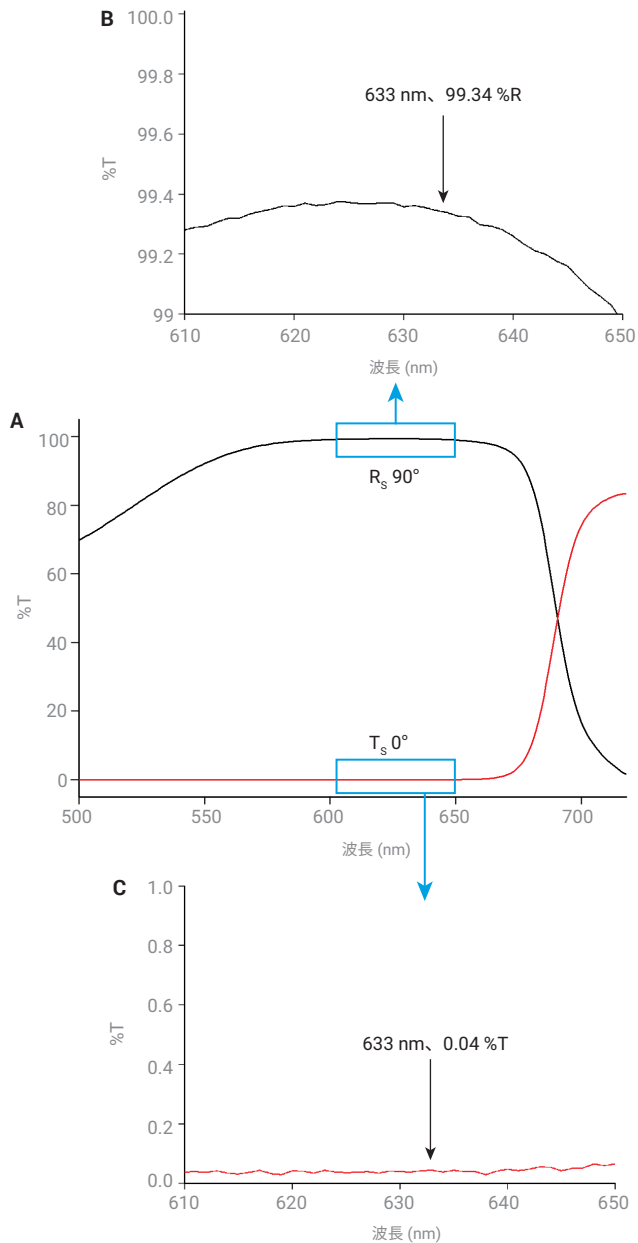


図 4. (A) Agilent Cary 7000 UMS を用いて CBS サンプルを測定した際の、s 偏光測定用透過および反射スペクトル (B) 約 633 nm にズームされた反射スペクトル (C) 約 633 nm にズームされた透過スペクトル

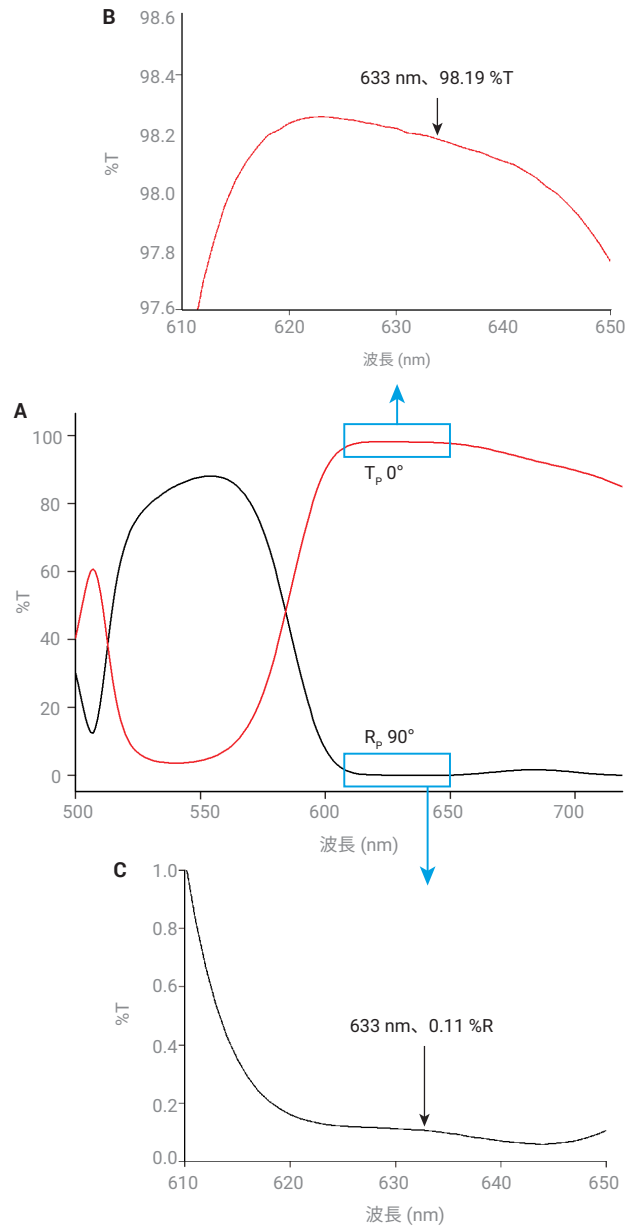


図 5. (A) Agilent Cary 7000 UMS を用いて CBS サンプルを測定した際の、p 偏光測定用透過および反射スペクトル (B) 約 633 nm にズームされた透過スペクトル (C) 約 633 nm にズームされた反射スペクトル

サンプルの着脱なしに透過率と反射率を測定できるため、総損失量を知るために有益な一貫したスペクトルデータを採取しました。図 6 に、s および p 偏光における光の損失（吸収率 $A = 1 - T - R$ ）に関する測定結果を示します。

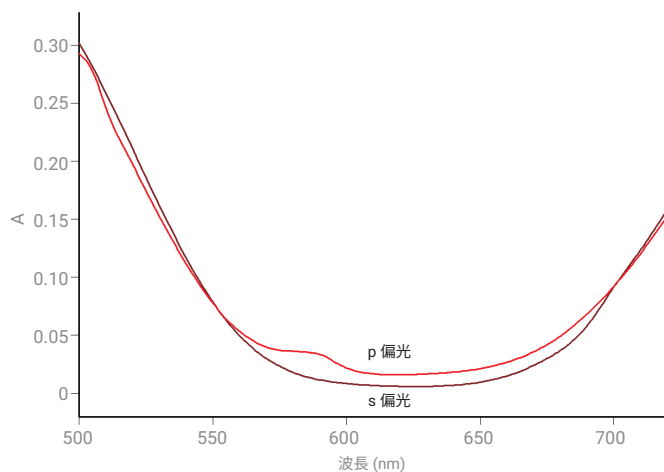


図 6. s および p 偏光の吸収スペクトル

結論

Agilent Cary 7000 UMS がキューブ型ビームスプリッターの光学特性の測定に有効であることが分かりました。この装置にて、サンプルの回転と検出器の位置を、自動化された操作にて行うことができました。サンプルの着脱なしに T および R が測定できる独自の測定機構により、サンプルの入射光を変えずにビームスプリッターの吸収率についての詳細なスペクトル情報を得ることができます。

Cary 7000 UMS は、便利で使いやすく、QA/QC の管理にも理想的です。

参考文献

1. Amotchkina, T. V. et al. Oscillations in Spectral Behavior of Total Losses ($1 - R - T$) in Thin Dielectric Films. *Optics Express* **2012**, 20(14), 16129–16144.

Cary 7000 の製品ページもご覧ください。

ホームページ

www.agilent.com/chem/jp

カスタムコンタクトセンター

0120-477-111

email_japan@agilent.com

本製品は一般的な実験用途での使用を想定しており、医薬品医療機器等法に基づく登録を行っておりません。本文書に記載の情報、説明、製品仕様等は予告なしに変更されることがあります。

DE28029956

アジレント・テクノロジー株式会社

© Agilent Technologies, Inc. 2022

Printed in Japan, December 7, 2022

5991-2522JAJP