

第一章

序論

単色光源とワイドバンドスペクトル光源を用いた高さ、形状の測定の相違点について述べる。そして、透過型計測と反射型計測による多層構造吸収スペクトルと厚さの同時測定について述べる。

1.1 背景・研究目的

形状、高さの測定では、ギャップの大きい測定対象を測る場合、例えば、半導体デバイス、光導波路、精密機械部品などの場合、図1.1.1のように滑らかな形状と大きいギャップを測定する必要がある。従来、形状測定では、単色光源を使って高精度測定を行ってきた。フーリエ変換法¹⁾ および位相シフト法、空間的、時間的ヘテロダイン法^{2) 6)} などの縞走査法は、一般的に連続した表面プロフィールを高精度で測定するのに使用される。これらの方法は特にサンプルがほとんど平らな連続した形状の場合に適している。しかし、測定対象に大きいギャップがある場合、単色光のコヒーレンス長が長いことから、 2π の不確定性が残る。

図 1.1.2 のように、測定対象が滑らかな形状の場合、正しい形状を再現することができるが、図 1.1.3 のように測定対象の形状に大きいギャップがある場合、ギャップの情報を得ることができないので、正しい形状を再現することができない。

改善の方法として、複数の単色光源を使うことによって、合成波長により、

短いコヒーレンス長を形成する方法⁷⁻⁹⁾、または、アルゴリズムを使って解析する方法¹⁰⁻¹²⁾などがある。それに対し、ワイドバンドスペクトル光源を用いた干渉計測では、ワイドバンドスペクトル光源の可干渉性が低いため、形成されたインターフェログラムから、絶対的な計測ができる。また、フィルタ等を利用してスペクトルを切り出すことで、複数波長の光源を用いたのと同等の測定ができることから、絶対的な形状計測に適用できると考えられる。

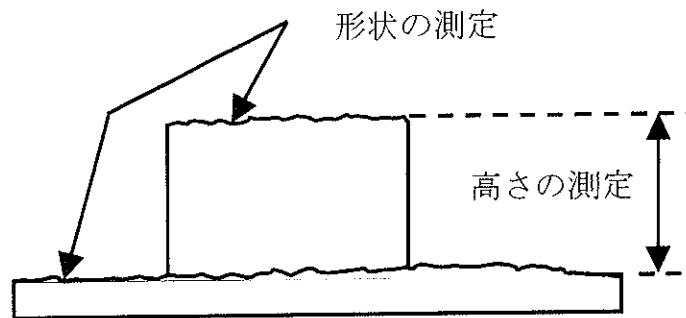


図1.1.1 滑らかな形状と大きいギャップの高さがある測定物

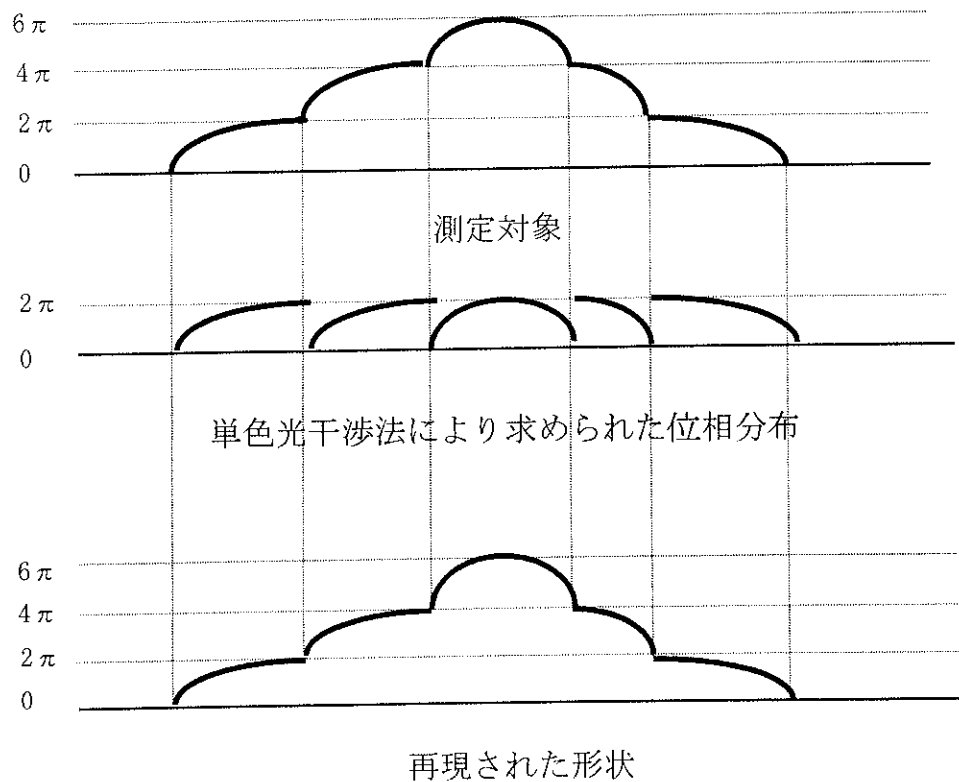


図 1.1.2 滑らかな測定対象の形状測定

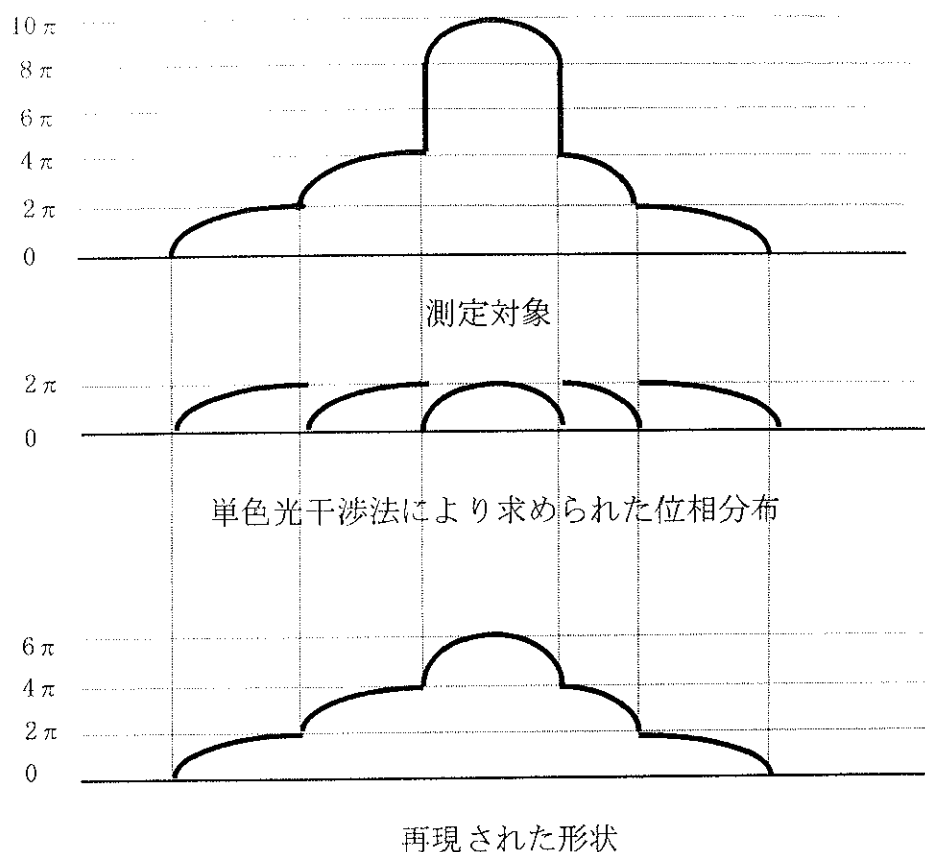


図 1.1.3 大きいギャップがある測定対象の形状測定

次に、多層構造の吸収スペクトルの測定と厚さ測定では、従来、それぞれの測定量を独立に、別のデバイス、方法を用いて測定してきた。厚さの測定では、従来、単色光源とスーパーluminescent光源などを用いてきたが、前に述べたように単色光源の方は厚さに対し、 2π の不確定性がある。一方、スーパーluminescent光源を用いると、その欠点を解消することができるが、スーパーluminescent光源のスペクトル範囲は吸収スペクトル測定のためには狭いため、測定範囲が制限される。

吸収スペクトルの測定法では、透過型、反射型がある。透過型では、一般的に、図 1.1.4 のように透過光を利用したスペクトルアナライザによる方法で行ってきた。多層構造物に対し、得られる情報は単一体のスペクトルで、深さの情報が含まれていない。そのため、多層構造物に対し、各層の吸収スペクトルと高さを調べるのに、透過型を利用した測定では困難である。

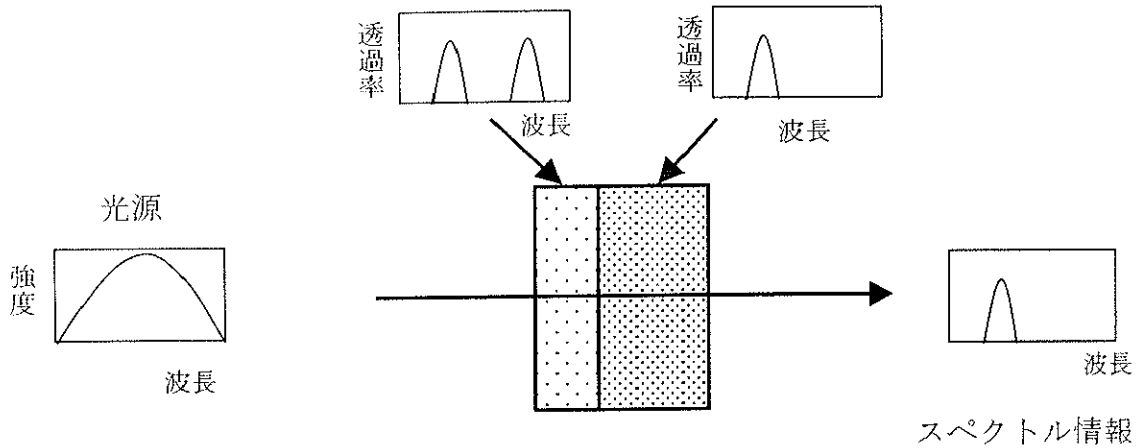


図 1.1.4 透過光を利用したスペクトルアナライザによる測定

それに対し、図 1.1.5 のような反射型では各層からの反射光で形成されたインターフェログラムから、深さの絶対的な計測ができる。また、その各層のインターフェログラムがスペクトルの情報を含んでいるので、厚さと吸収スペクトルを同時に測定することができる。

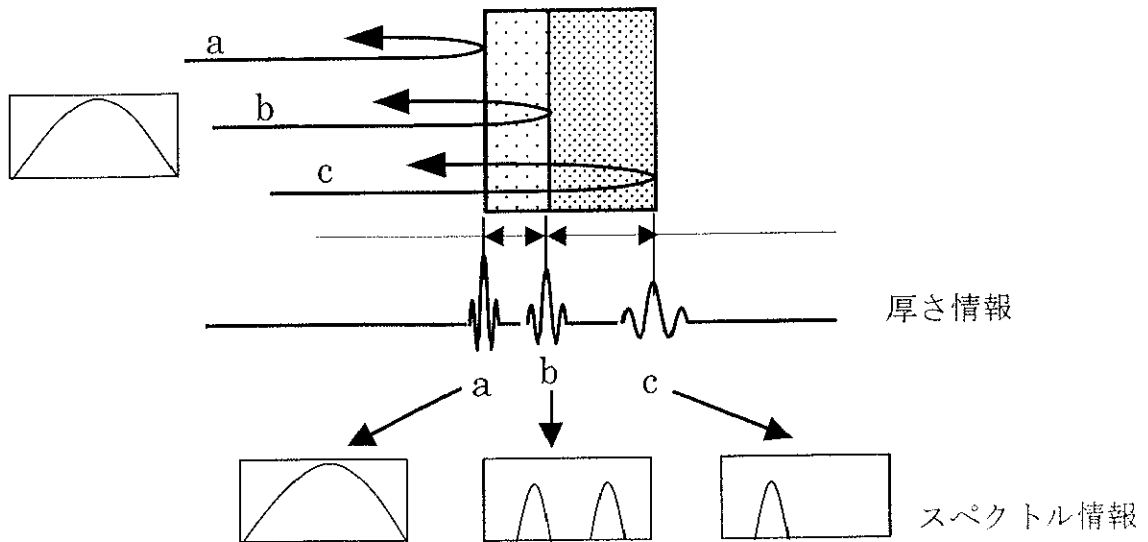


図 1.1.5 反射光から形成されたインターフェログラムによる測定

本研究では、ワイドバンドスペクトル光源の利点を用いて物体の絶対長さ、絶対形状、多層構造物の厚さと吸収スペクトルの測定法に関する研究を行った。

1.2 論文概要

ワイドバンドスペクトル光源を用いた干渉計測に関する研究をおこない、これを用いた物体の絶対長さ、絶対形状、及び多層構造の吸収スペクトル測定法の開発を目指した。ワイドバンドスペクトルによる干渉縞から色フィルターで特定のスペクトルの干渉縞を選択的に抽出する方法を提案し、ブロックゲージの絶対長及びワイドギャップの絶対形状を測定した。また、ワイドバンドスペクトルの特徴である低い可干渉性を利用して、多層膜構造の厚さ及びその吸収スペクトルを同時に測定する方法を開発した。ブロックゲージの絶対長計測においては、厚さを8桁の精度で自動測定することに成功した。ワイドギャップの絶対形状測定ではギャップ $5 \mu\text{m}$ の物体に対し、 2π の位相不確定性なしに測定することができた。また、吸収スペクトルの測定においては2層構造の色フィルターの厚さと吸収スペクトルの同時測定を実現した。

参考文献

- 1) M. Takeda and K. Mutoh: *Appl. Opt.*, **22**, 3977-3982 (1983).
- 2) K. Creath: "Phase-Measurement Interferometry Techniques," in *Progress in Optics*, Vol XXVI, E. Wolf ed., pp. 349-393, North-Holland Elsevier Science Publishers, Amsterdam (1988).
- 3) V. Srinivasan, H. C. Liu and M. Halioua: *Appl. Opt.*, **23**, 3105-3108 (1984).
- 4) K. Hibino, B. F. Oreb, D. I. Farrant, and K. G. Larkin: *J. Opt. Soc. Am. A*, **14**, 918-930 (1997).
- 5) K. Creath: "Temporal Phase Measurement Methods," *Interferogram Analysis: Digital Fringe pattern Measurement Techniques*, D. W. Robinson and G. T. Reid ed., pp. 94-140, Institute of Physics Publishing Bristol and Philadelphia (1993).
- 6) J. H. Bruning: "Fringe Scanning Interferometers," in *Optical Shop Testing*, D.

Malacara ed., pp. 409-439, John Wiley and Son's, Inc., New York (1978).

7) P. de Groot: *Appl. Opt.*, 33 (1994) 5948.

8) P. de Groot: *Appl. Opt.*, 30 (1991) 3612.

9) J. Li, H. Su and X. Su: *Appl. Opt.* 36 (1997) 277.

10) C. Candler: *Modern Interferometers*, Hilger and Watts, Glasgow, London (1951) p. 218.

11) W. H. Steel: *Interferometry*, A. Herzenberg and J. M. Ziman ed., Great Britain, Cambridge, U. P., London (1967) p. 137.

12) P. Hariharan: *Optical Interferometry*, Academic Press, New York (1985) p. 119.