

スーパーコンティニューム光源の複数モード間干渉を用いた屈折率計測のレンジ拡大 Expansion of Measuring Refractive Index using Mode Interferences of Supercontinuum Light Source

埼玉大理工,[○]中堀秀治, 渡部未来, 塩田達俊

Saitama Univ.,[○]Shuji Nakabori, Miku Watabe, and Tatsutoshi Shioda

Graduate school of Science and Engineering, Saitama University

E-mail: tshioda@mail.saitama-u.ac.jp

1.はじめに

近年, 産業界での光学系の普及が進んでおり, さらなる発展のために高精度な光学系が要求される. そこで, 光学系に用いる光学材料の特性を評価する重要性が増している. 特に, 屈折率というパラメータは重要であり, その計測を高精度で行う必要がある.

また, 現在の試料を評価する測定機器の多くは, 放電ランプが光源として利用される. 例えば, 水銀 e 線 546.07nm, ヘリウム d 線 587.56nm などの基準波長が挙げられる. しかしながら, これら放電ランプは短い動作寿命やランニングコスト, 材料の環境安全性等の問題があり, 光源において選択可能な波長が制限される.

そこで本研究では, スーパーコンティニューム光源(SC 光源)の広帯域光から狭線幅の光を切り出し任意の波長を選択できる光源を用いた屈折率計測システムを開発している^[1]. 加えて, SC 光源は光周波数コムのような性質を持ち, そのモード間で生じるビート信号の位相を観測することで屈折率計測を行う手法を提案する. 本講演では, 異なるビート周波数を用いた位相計測から, 精度を維持し屈折率計測の計測レンジ拡大を試みた結果を報告する.

2. 原理

Fig.1 に実験系の概念図を示す. SC 光源から, モノクロメータにより切り出した光を試料に通し, PD に受光されビート信号の位相をロックイン検波する. 試料の有無によって位相に差 $\Delta\phi$ が生じるが, これが屈折率に依存する. 計測する試料の屈折率を n_s とすると, n_s は $\Delta\phi$ を用いて

$$n_s = \frac{c\Delta\phi}{2\pi f_b Z_s} + n_{air} \quad (1)$$

と表せられる. この時, c は光速, f_b はビート信号の周波数, Z_s は試料の幾何学長, $n_{air}(=1)$ は空気屈折率である.

ここから, 計測レンジ n_{max} と精度 δn はそれぞれ

$$n_{max} = \frac{c}{f_b Z_s} + n_{air} \quad (2)$$

$$\delta n = \frac{c}{2\pi f_b Z_s} \times \delta(\Delta\phi) \quad (3)$$

となる. ここで, $\delta(\Delta\phi)$ は位相の検波精度であり, 今回は $\delta(\Delta\phi) = 2\pi/1000$ とした.

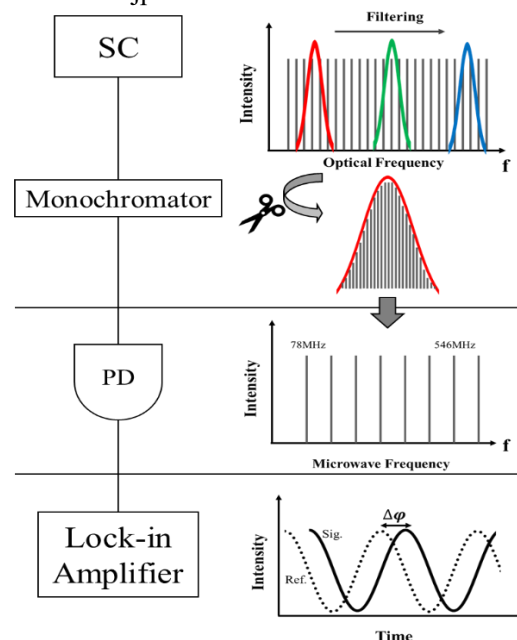


Fig.1 Principle of measuring refractive index

3.実験結果

計測レンジのシミュレーション結果と精度の実験結果を Fig.2 および Fig.3 に示す.

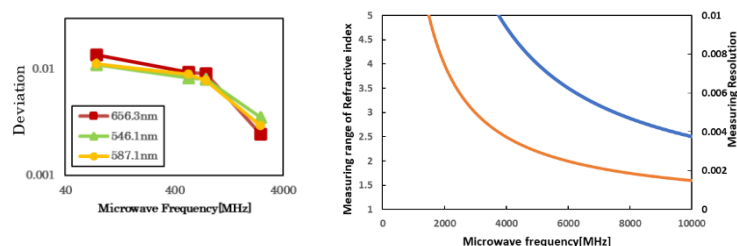


Fig.2

結果から, 精度は向上した

謝辞

本研究の一部は, JSPS 科研費 16H03879 と科研費 17K19069 の助成を受けて進められた.

参考文献

1.唐澤, 郡司, 塩田「広帯域光源を用いた簡易な波長可変光源の開発」Optics & Photonics Japan 2018, 1aP20 (2018).