

экстремума, так и ручной режим, позволяющий настроить нужное положение пластины резонатора с компьютера.

Таким образом, представленная система даёт возможность управлять магнетроном с высокой точностью, как в автоматическом, так и в ручном режиме, что позволяет полностью автоматизировать работу магнетрона в резонаторной системе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каганов В.И. Радиоэлектронные системы автоматического управления. Учебное пособие. — М.: Горячая линия-Телеком, 2009. — 432 с.
2. А. Дж. Пейтон, В. Волш. Аналоговая электроника на операционных усилителях. — М.: БИНОМ, 1994. — 352 с.

ВВЕДЕНИЕ В ЦИФРОВУЮ ГОЛОГРАФИЮ

Т.Р. Вуец, В.Е. Беляева

Научный руководитель: профессор, д.х.н. В.П. Ципилев
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050
E-mail: vuechv@mail.ru

INTRODUCTION A L'HOLOGRAPHIE NUMERIQUE

T.R. Vuyets, V.E. Belyaeva

Consultant de recherche: V.P. Tsipelev
Université Polytechnique de Tomsk, Russie, Tomsk, rue Lenine, 30, 634050
E-mail: vuechv@mail.ru

The article presents a brief overview of the basic concepts and terms used in digital holographic microscopy, describes the main advantages and disadvantages of this method of research, as well as the prospects for its application.

Introduction. L'holographie numérique est comparativement nouvelle méthode que on utilise pour observation et investigation les particules les plus petites avec la resolution des submicrons. Bien que l'hologramme a été inventé déjà en l'an 1947 par un physician hongrois, D. Gábor [1], le developpement d'holographie numérique commençait seulement après une demie du siècle grâce à l'apparition des appareils numériques pour enregistrement des images, matrices CCD.

En comparaison avec une microscopie traditionnelle, qui est représentée par un microscope électronique à balayage, un microscope électronique à transmission et un microscope à diffraction de rayons X [2], un microscope holographique est plus simple pour utilisation et moins cher pour réalisation. Les éléments essentiels pour capture un hologramme sont un illuminant monochromatique puissant, un objectif de microscope et un appareil photographique numérique avec assez bonne resolution.

Les principes fondamentals. L'enregistrement d'hologramme numérique est, de meme que c'est celle

classique, par rapport à la phenomena d'interférence. Fig. 1 illustre la schéma du principe de capture d'hologramme numérique. La lumière de la source lumineuse est se dirigée à l'objet examiné, en formant l'onde de référence. Une partie du flux de lumière se diffuse par surfaces des particules, en passant par le milieu, et forme l'onde objet. Les deux ondes interfèrent sur le plan du capteur de caméra. Ainsi, l'image capturée ne presente que la figure d'interférence consistant en franges d'intensité alternants.

L'hologramme détecté donne l'information des amplitudes et phases des objets observes, c'est dire que on peut reconstruire les localisations au volume, les tailles et les configurations des particules, qui plus est possibilité des vélocimétrie et pistage.

Les appareils mathematiques. Pour obtenir une information nécessaire d'objet analysé, qui est enregistrée par capteur, il faut reconstruire l'hologramme. Dans l'holographie numérique la reconstruction est faite par méthode calculative. Les appareils mathematiques comme le calcul direct de diffraction de Fresnel, le calcul de diffraction de Fresnel via transformation de Fourier et la méthode du spectre angulaire sont connus bien et sont utilisés largement. On peut se mettre au courant des ses méthodes dans une littérature spéciale [3]. En reconstruisant des hologrammes, il faut considérer que la taille de capteur CCD est limitée toujours, c'est pourquoi il faut assortir la distance entre la source lumineuse et l'objet, et entre l'objet et la caméra de manière à

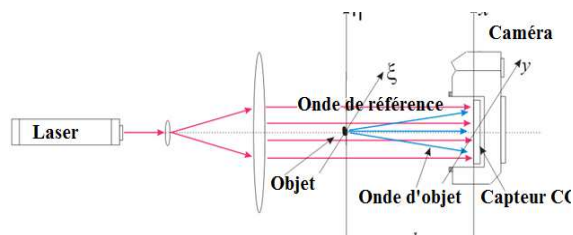


Fig. 1. Schéma de principe de l'holographie numérique en ligne

la largeur de bande d'interférence se contient la taille effective de pixel.

Conformément à la théorie de discrétisation, la fréquence de la discrétisation du signal doit être plus 2 fois que la fréquence maximale du spectre:

$$F_D \geq 2 f_m \tag{1}$$

où F_D est une fréquence de la discrétisation, Hz ; f_m est une fréquence maximale du spectre, Hz . En ne suivant pas cette condition, c'est impossible de reconstruire d'hologramme.

Alors, en considération de la condition qui est la taille effective de pixel doit être commesurable à la largeur de bande interférentielle, on peut écrire:

$$\Delta x \approx \frac{1}{\Delta f} \approx B = \frac{D}{2l} \lambda \tag{2}$$

là x est une taille effective de pixel, m ; B est une largeur de bande interférentielle, m ; λ est une longueur d'onde de la source lumineuse, m ; l est une distance entre points lumineux (une largeur de la source lumineuse), m ; D est une distance de la source au plan d'objet (parfois cela est une distance du plan d'objet au plan d'image), m ; f est une gamme de fréquences du signal.

Pour obtenir des hologrammes d'une grande capacité la caméra doit être ajustée à l'image défocalisée. Conséquemment il permet reconstruire des images à la profondeur différente, en changeant la valeur de distance du plan d'objet au plan du capteur, ainsi on peut «scanner» tout le volume d'objet examiné.

Le procédé de reconstruction est une problème calculatif compliqué pour l'ordinateur, il occupe beaucoup de mémoire et demande comparativement une grande quantité de temps calculatif. Depuis les années passées pour amélioration du stade de calcul on réalise la programmation par rapport à processeur graphique avec l'utilisation d'architecture des calculs parallèles. Dans l'article [4] il y a une comparaison de la rapidité des calculs faits par les deux processeur graphique et processeur central. De quoi il est clair que le programme marchant par

процессор графический является в 1000 раз быстрее, чем процессор центральный. Можно получить уменьшение объема памяти, используемой для вычислений, например, в исследовании [5] была проведена реконструкция в два этапа дифракции Френеля с ограниченной частотой. В результате, этот метод позволил достичь 75% уменьшения объема памяти по сравнению с методом спектра углового.

Способность разрешения. Проблемы реконструкции. Схематическая линия хорошо подходит для анализа мелких частиц непрозрачных (размером в микрон) и более крупных прозрачных. Объекты исследования – жирная ткань, плазма, кровь, аэрозоли. В лаборатории лазерной и оптической техники Томского государственного технического университета будет использован экспериментальный монтаж для регистрации голограммы порошков взрывчатых веществ. Это позволит анализировать их состав и дисперсивные свойства.

Однако, этот метод имеет ограничения. Во-первых, плотность частиц влияет на разрешение по пространству и глубину реконструкции. Причиной ограничений по плотности является необходимость наличия пучка не дисперсного для формирования волны отсчета, иначе интерференция не произойдет. Если исследовать среду с высокой плотностью, все пучки рассеиваются на частицах. Для повышения разрешения по плотности необходимо использовать источник света с низкой когерентностью, но в этой ситуации частицы в ближней зоне излучения видны только.

Шум «зернистый» – это другая фундаментальная проблема, возникающая при отражении и рассеивании на дефектных оптических поверхностях, таких как линзы, зеркала, поверхности, покрытые пылью. Таким образом, свет когерентно интерферирует с его отраженным в пространстве и попадает на изображение голограммы. Для решения этой проблемы предлагается также использовать источник с низкой когерентностью или, если возможно, добавить функцию фильтрации к вычислениям.

Как уже было сказано выше, другие трудности реконструкции голографии – выбор частоты дискретизации из-за ограничения пикселя; проверка расстояний между объектом и камерой, и между объектом и плоскостью изображения; наложение реального и виртуального изображений, когда применяется схематическая линия, ограничение разрешения по глубине.

Вывод. Таким образом, голографическая микроскопия является перспективной научной областью, она позволяет проводить измерения и исследование размеров, форм, и локализацию в пространстве частиц, их количества, скорости и траектории в реальном времени. Кроме того, этот метод относится к методам неразрушающего контроля, что делает возможным наблюдение живых клеток, развитие микропроцессов в организме.

REFERENCES

1. Сайт. Цифровая голография [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://physique.unice.fr/sem6/2009-2010/PagesWeb/Holographie/diff-opt-num.html> – 01.03.14
2. Суворов А. Л. Микроскопия в науке и технике. – М.: Наука, 1981. – 136 с.
3. Андреева О.В. Прикладная голография: Учебное пособие. - СПб.: СПбГУ ИТМО, 2008. – 184 с.
4. D. Ekimov, V. Kaikkonen, A. Mäkyunen, Using digital holographic microscopy for 4D tracking of colloid particles, in Laser Applications in Life Sciences, edited by Matti Kinnunen, Risto Myllylä, Proceedings of SPIE Vol. 7376 (SPIE, Bellingham, WA 2010) 737615.
5. N. Okada, T. Shimobaba, Y. Ichihashi, R. Oi, K. Yamamoto, M. Oikawa, T. Kakue, N. Masuda, T. Ito, Band-limited double-step Fresnel diffraction and its application to computer-generated holograms, J. Opt. Express 21 (2013) 9192–9197.