

Ολογραφία-συμβολομετρική ολογραφία

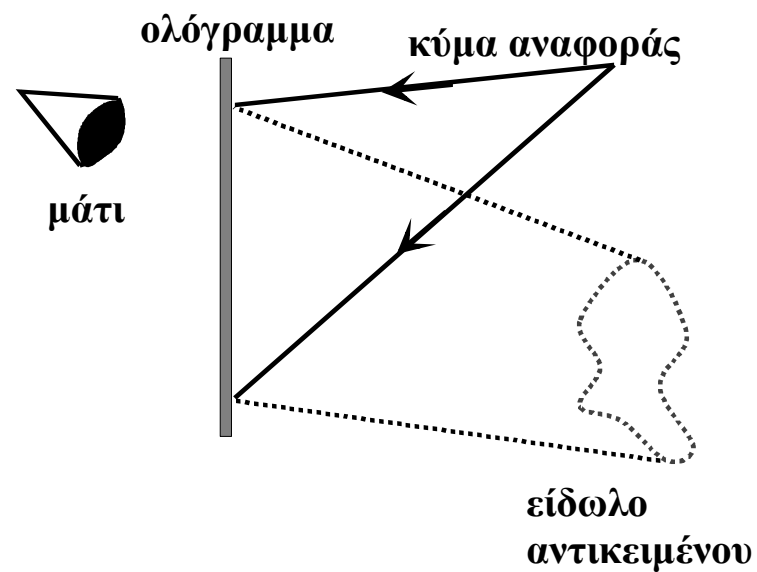
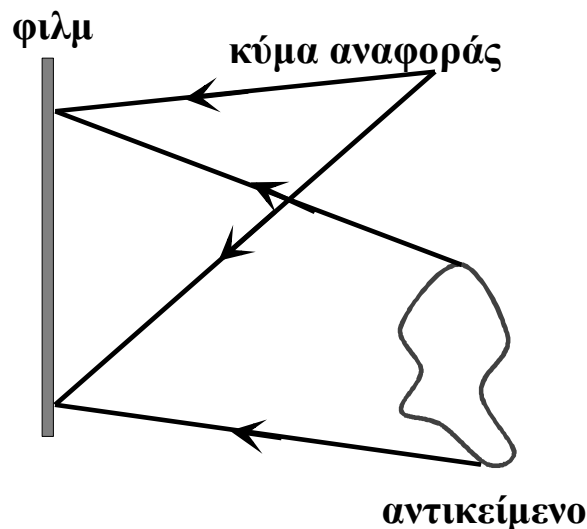
- Η λέξη ολογραφία, προέρχεται από τις ελληνικές λέξεις "όλο" και "γραφή", και σημαίνει την καταγραφή του συνόλου της πληροφορίας σχετικά με την τρισδιάστατη εμφάνιση ενός αντικειμένου, όπως ακριβώς το βλέπουμε στην καθημερινή ζωή όπου και θεωρούμε την αντίληψη αυτή προφανή.
- Στην πράξη, η ολογραφία παρέχει τη δυνατότητα όχι μόνο να δούμε μία εικόνα τρισδιάστατα, αλλά ταυτόχρονα και τη σχετική θέση των αντικειμένων από διαφορετικές οπτικές γωνίες.
- Επιπλέον, επειδή ένα ολόγραμμα είναι ανεξάρτητο του χρόνου, αυτό μπορεί να μας δώσει περισσότερες πληροφορίες απ' ότι θα βλέπαμε με τα μάτια μας για μία συγκεκριμένη μόνο στιγμή.
- Η ολογραφία ανακαλύφθηκε το 1948 από τον D. Gabor (βραβείο Nobel 1951). Το βασικό του όμως πρόβλημα ήταν πως δεν είχε κατάλληλη πηγή φωτός για τα πειράματά του.
- Προσπάθησε να φτιάξει ολογράμματα με μια λάμπα υδραργύρου, αλλά η ένταση του φωτός που απέμενε δεν ήταν αρκετή. Μόνο μετά την ανακάλυψη του laser το 1960, οι ερευνητές πέτυχαν να πάρουν καλής ποιότητας ολογράμματα.

Τεχνικές καταγραφής εικόνας

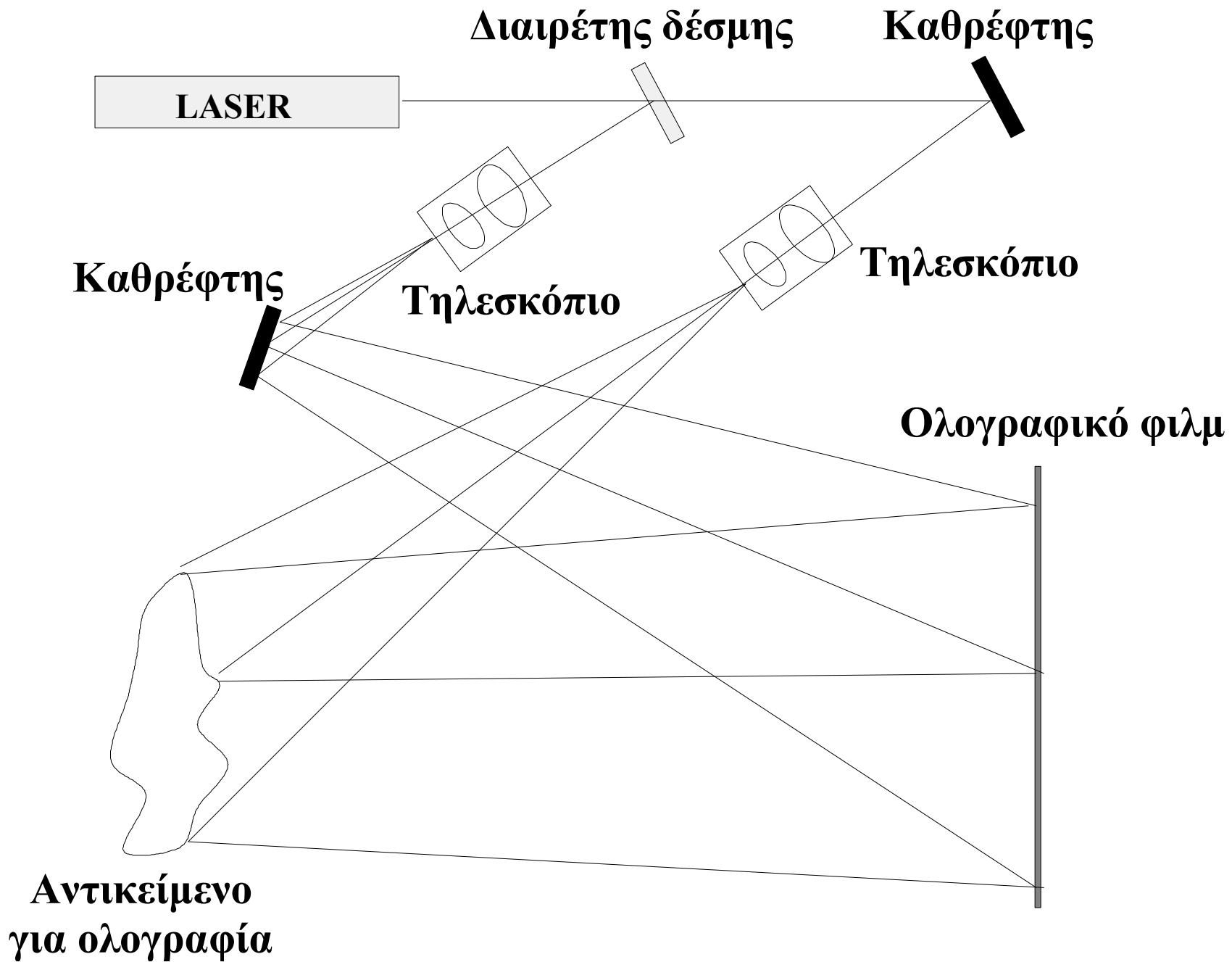
- Η όραση είναι μια διαδικασία κατά την οποία φως από ένα αντικείμενο ανιχνεύεται από το μάτι. Η αίσθηση της τρισδιάστατης εικόνας δημιουργείται από τον εγκέφαλο όταν ένα αντικείμενο ανιχνεύεται και από τα δύο μάτια.
- Η απλή φωτογραφία "παγώνει" μια δισδιάστατη εικόνα ενός τρισδιάστατου κόσμου. Το φωτογραφικό φιλμ καταγράφει την ολική ένταση του φωτός που πέφτει σε κάθε σημείο του κατά τη διάρκεια της έκθεσης του σε ένα αντικείμενο. Έτσι η εικόνα είναι ουσιαστικά μια δισδιάστατη καταγραφή της φωτεινότητας του αντικειμένου χωρίς πληροφορίες για το βάθος πεδίου.
- Η στερεοσκοπική φωτογραφία μπορεί να δημιουργήσει μια ψευδαίσθηση βάθους, χρησιμοποιώντας δύο εικόνες της ίδιας σκηνής από δύο διαφορετικές οπτικές γωνίες με χρήση δύο φακών που είναι τοποθετημένοι σε απόσταση παρόμοια με αυτή των ματιών.
- Κοιτάζοντας την εικόνα με ειδική συσκευή με δύο φακούς, κάθε μάτι βλέπει τη εικόνα μέσω του αντιστοίχου φακού. Η ψευδαίσθηση βάθους έχει σχέση με τον εγκέφαλο και τη φυσιολογία της όρασης. Δεν είναι δυνατό να παρατηρήσουμε την εικόνα από άλλες γωνίες, ούτε μέρος εικόνας κρυμμένο πίσω από ένα άλλο.
- Σε αντίθεση, η συμβολή κυμάτων μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην αποθήκευση πληροφορίας σχετικά με την τρισδιάστατη εικόνα ενός αντικειμένου.

Ολογραφική καταγραφή.

- Η ολογραφική καταγραφή επιτρέπει την εγγραφή σε ολόγραμμα όλης της πληροφορίας που περιέχει η εικόνα ενός αντικειμένου στο χώρο.
- Σε ένα ολόγραμμα δεν καταγράφεται μόνο η ένταση των σημείων της εικόνας (όπως συμβαίνει στη φωτογραφία) αλλά και η φάση τους, μέγεθος που περικλείει πληροφορίες όπως το βάθος πεδίου.
- Η ταυτόχρονη καταγραφή της έντασης και της φάσης επιτυγχάνεται με την συμβολή του οπτικού κύματος που προέρχεται από το αντικείμενο με ένα άλλο οπτικό κύμα αναφοράς. Ουσιαστικά δηλαδή, το ολόγραμμα αποτελείται από τους κροσσούς συμβολής των δύο αυτών κυμάτων, οι οποίοι καταγράφονται σε ένα φωτογραφικό φιλμ.



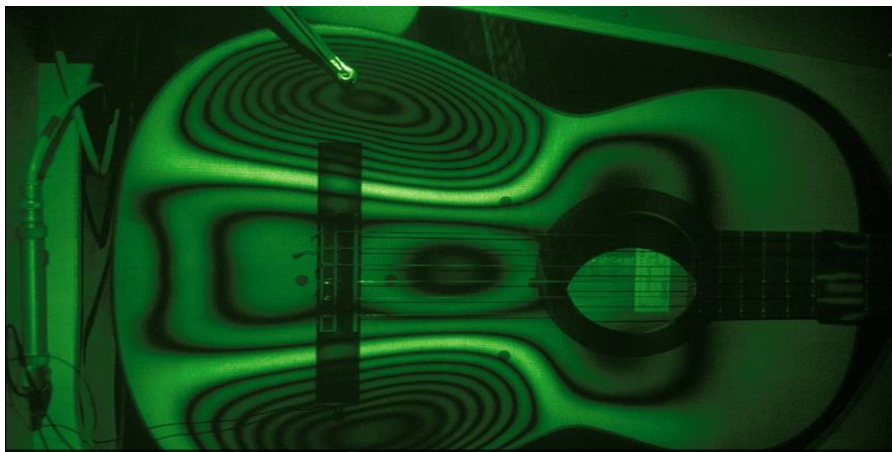
- Το κύμα από το αντικείμενο και το κύμα αναφοράς προσπίπτουν στην ίδια περιοχή του φωτογραφικού φιλμ όπου και συμβάλλουν δημιουργώντας το ολόγραμμα.
- Για να διαβαστεί το ολόγραμμα, μετά την εμφάνιση του φιλμ, τοποθετείται ακριβώς στην ίδια θέση που βρισκόταν κατά την εγγραφή και φωτίζεται με το κύμα αναφοράς υπό ίδιες συνθήκες όπως και κατά την εγγραφή.
- Μέσω περίθλασης της δέσμης αναφοράς στο ολόγραμμα, δημιουργείται στην θέση όπου βρισκόταν το αντικείμενο ένα πραγματικό είδωλο του αντικειμένου. Το είδωλο του αντικειμένου που δημιουργείται έχει όλες τις λεπτομέρειες του πρωτότυπου και μπορεί να ειδωθεί από διαφορετικές γωνίες.
- Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι μέσω του ολογράμματος μπορεί ένα αντικείμενο να παρατηρηθεί καλύτερα καθώς η εικόνα του είναι παγωμένη σε σχέση με τον χρόνο.
- Η ολογραφία βασίζεται σε διαφορετικές αρχές της οπτικής απ' αυτές της απλής φωτογραφίας. Είναι χαρακτηριστικό ότι αν κόψουμε το ολόγραμμα σε κομμάτια, πάλι θα είναι εφικτό να το διαβάσουμε.



- Μία βασική προϋπόθεση για την δημιουργία ολογράμματος είναι η χρήση πηγής laser και μάλιστα με δέσμη πολύ καλής ποιότητας και μεγάλο μήκος συμφωνίας, διαφορετικά η συμβολή των δύο κυμάτων στο φιλμ δεν θα είναι καλής ποιότητας.
- Η διάταξη ολογραφίας πρέπει να παρουσιάζει μηχανική σταθερότητα, καθώς οποιεσδήποτε κινήσεις-δονήσεις στα οπτικά πρέπει να έχουν πλάτος μικρότερο από το μήκος κύματος. Συνήθως χρησιμοποιούνται ειδικά οπτικά τραπέζια που ακουμπάνε σε στρώμα αέρα, ή παλμικά συστήματα laser ώστε να ελαττώνεται ο χρόνος έκθεσης.
- Για να υπάρχει επικάλυψη όλου του αντικειμένου με ακτινοβολία, η διάμετρος της δέσμης-κύματος πληροφορίας μεγαλώνει με κατάλληλο τηλεσκόπιο, ενώ αντίστοιχη μεγέθυνση προκαλείται και στο κύμα αναφοράς έτσι ώστε οι δύο δέσμες να έχουν τις ίδιες περίπου διαστάσεις επάνω στο ολογραφικό φιλμ όπου συμβάλλουν.
- Το ολογραφικό φιλμ έχει επικάλυψη από ειδικό φωτοευαίσθητο υλικό. Τα συνηθέστερα ολογραφικά υλικά είναι φωτογραφικά γαλακτώματα από αλογονούχο άργυρο, διχρωμικές ζελατίνες, φωτορητίνες, φωτοπολυμερή και θερμοπλαστικά.
- Σε κάθε περίπτωση, το φιλμ πρέπει να παρουσιάζει μέγιστη ευαισθησία στο μήκος κύματος του υπό χρήση laser, με διακριτική ικανότητα της τάξης 10^3 - 10^4 γραμμές/mm (10πλάσια έως 100πλάσια από απλά φωτογραφικά φιλμ).

Συμβολομετρική ολογραφία

- Με τον όρο συμβολομετρική ολογραφία αναφερόμαστε σε μια τεχνική η οποία μέσω της συμβολομετρικής σύγκρισης δύο κυμάτων, από τα οποία το ένα τουλάχιστον είναι ολογραφικά καταγραμμένο, επιτυγχάνεται η αναγνώριση και καταγραφή φυσικών διαδικασιών που μεταβάλλουν την φυσική κατάσταση σε ένα αντικείμενο όπως παραμόρφωση, μετατόπιση, περιστροφή, μηχανική τάση, θερμοκρασία, πίεση κλπ.
- Στην πράξη, η συμβολή δύο ολογραμμάτων του ίδιου αντικειμένου, ενός σε στατική και ενός σε δυναμική απόκριση, δίνει κροσσούς συμβολής η μορφή των οποίων σχετίζεται άμεσα με τις αλλαγές που έχει προκαλέσει στη φάση του κύματος του αντικειμένου η αλλαγή στην εμφάνιση του. Δηλαδή, στα προβληματικά σημεία θα εμφανιστούν κροσσοί συμβολής των οποίων η θέση και ο αριθμός θα εξαρτάται από την υπό μελέτη δυναμική απόκριση.



Υπάρχουν τρεις τεχνικές συμβολομετρικής ολογραφίας:

α) «Παγωμένοι» κροσσοί συμβολής.

- Η τεχνική αυτή βασίζεται στην διπλή έκθεση του φιλμ και την εγγραφή δύο ολογραμμάτων στην ίδια επιφάνεια, ενός σε στατική απόκριση του αντικειμένου και ενός σε δυναμική.**
- Κατά την ανάγνωση των ολογραμμάτων, έχουμε την δημιουργία δύο ειδώλων τα οποία συμβάλλουν και δίνουν σχέδιο κροσσών συμβολής, το οποίο μπορεί να μας δώσει πληροφορίες για αλλαγές στην μορφή ή την θέση του αντικειμένου.**
- Φυσικά, με τους «παγωμένους κροσσούς συμβολής μπορεί να έχει κάποιος μόνο ένα στιγμιότυπο από την δυναμική συμπεριφορά του υλικού και η πλήρης γνώση της χρονικής εξέλιξης της δυναμικής συμπεριφοράς απαιτεί την καταγραφή πολλών ολογραμμάτων διπλής έκθεσης.**
- Η χρήση παλμικών laser μικρής χρονικής διάρκειας επιτρέπει την καταγραφή πολύ γρήγορων παραμορφώσεων ή μετατοπίσεων.**

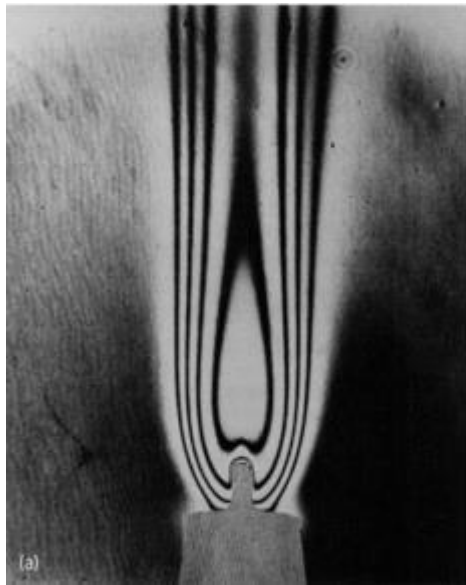
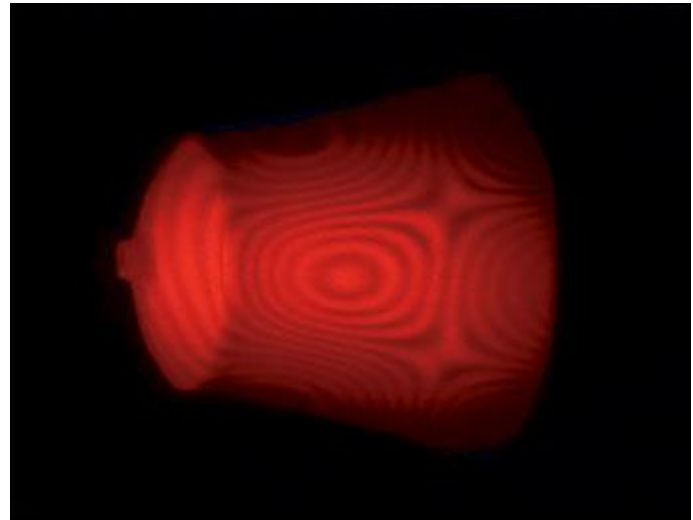
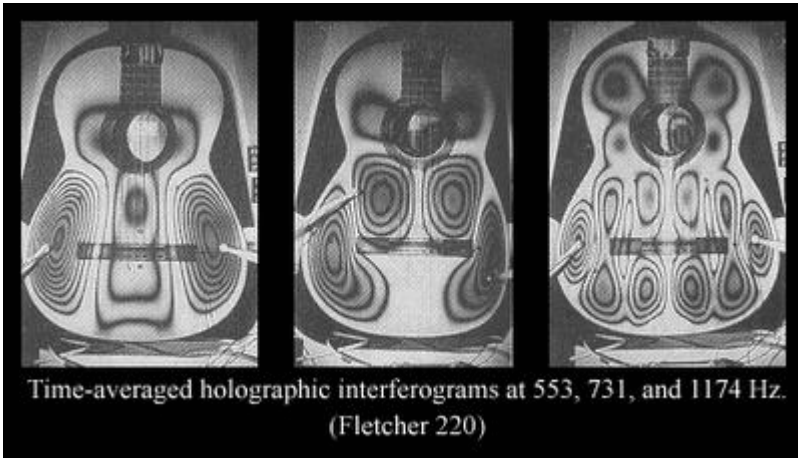
(β) Ζωντανοί» κροσσοί συμβολής.

- Βασίζεται στην δημιουργία ολογράμματος του υπό μελέτη αντικειμένου σε στατική συμπεριφορά και την εν συνεχεία προσεκτική τοποθέτηση του στην αρχική του θέση. Παράλληλα, το αντικείμενο και οι δέσμες laser παραμένουν όπως είχαν κατά την αρχική έκθεση.
- **Με αυτόν τον τρόπο, το είδωλο που δημιουργείται από την ανάγνωση του ολογράμματος επικάθεται στο αντικείμενο. Οποιαδήποτε αλλαγή στην θέση ή την μορφή του αντικειμένου λόγω κάποιας δυναμικής απόκρισης, θα έχει σαν αποτέλεσμα την δημιουργία κροσσών συμβολής της συμβολομετρικής ολογραφίας επάνω στο ίδιο το αντικείμενο.**
- Είναι ιδιαίτερα ευαίσθητη και επιτρέπει την πλήρη καταγραφή της χρονικής εξέλιξης της δυναμικής συμπεριφοράς. Όμως ταυτόχρονα απαιτεί και την πολύ ακριβή τοποθέτηση του στατικού ολογράμματος στην αρχική θέση του φιλμ.

γ) Συμβολομετρική ολογραφία μέσης τιμής (ή με ολοκλήρωση στο χρόνο).

- **Βασίζεται στην έκθεση για μεγάλο χρονικό διάστημα του φιλμ καταγραφής του ολογραφήματος. Αν ο χρόνος αυτός είναι μεγαλύτερος από την περίοδο ενός περιοδικού φαινομένου παραμόρφωσης (π.χ. μία δόνηση), τότε στο φιλμ θα καταγραφούν κροσσοί συμβολής ανάλογοι με το πλάτος και το είδος του περιοδικού αυτού φαινομένου (π.χ. τον τρόπο δόνησης).**
- Είναι μία ιδιαίτερα ευαίσθητη τεχνική για την καταγραφή της δυναμικής απόκρισης υλικών σε περιοδικά εξωτερικά αίτια.

- Η συμβολομετρική ολογραφία γενικά είναι μια ιδιαίτερα ευαίσθητη τεχνική για την καταγραφή παραμορφώσεων ή αλλαγών θέσεων σε διάφορα αντικείμενα.
- Η διακριτική της ικανότητα είναι της τάξης μισού μήκους κύματος (π.χ. 0.3 μm), επομένως έχει την δυνατότητα λεπτομερούς καταγραφής των προβλημάτων και μάλιστα σε τρεις διαστάσεις.
- Λειτουργεί άψογα άσχετα με την κατάσταση του υπό μελέτη υλικού, είναι μη καταστρεπτική, λειτουργεί χωρίς πρόβλημα σε επικίνδυνο περιβάλλον και στην εκδοχή των «ζωντανών» κροσσών μπορούμε να έχουμε μία διαγνωστική τεχνική πραγματικού χρόνου.
- Ανιχνεύει μετατοπίσεις παράλληλες ή κάθετες στην επιφάνεια, δονήσεις, μεταβολές ή διαταραχές επιφάνειας ή όγκου και ραγίσματα ή παραμορφώσεις σε δύο ή τρεις διαστάσεις.
- Επιπλέον μπορεί να χαρτογραφήσει κατανομές πυκνοτήτων, θερμοκρασιών και πιέσεων .

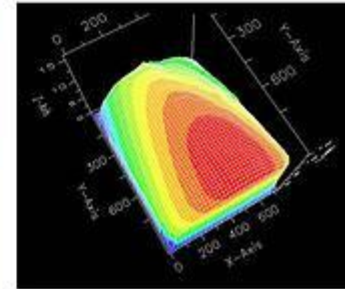
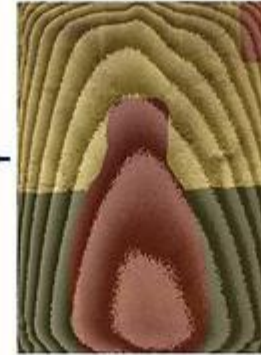




Studied panel painting



Interferogram indicating surface movement recorded after climate change (10% → 44% RH)



3D deformation map