

Ελληνικό Ινστιτούτο Μετρολογίας



**Η αβεβαιότητα υλοποίησης του μέτρου (m)
στο Ελληνικό Ινστιτούτο Μετρολογίας.**

Χρήστος Μπαντής, *Ph.D*
Νοέμβριος 2005

Ορισμός & υλοποίηση του μέτρου

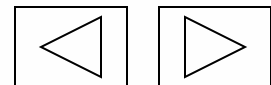


- Ως ένα μέτρο ορίζεται η απόσταση που διανύει το φως στο κενό σε $1/299\,792\,458$ δευτερόλεπτα

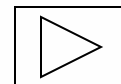
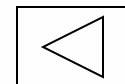
Ταχύτητα του φωτός:

$$c = 299\,792\,458 \text{ m/s}$$

- Η υλοποίηση του ορισμού του μέτρου πραγματοποιείται με την χρήση διατάξεων συμβολής φωτός και λέιζερ με εξαιρετικά σταθερή συχνότητα.



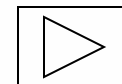
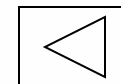
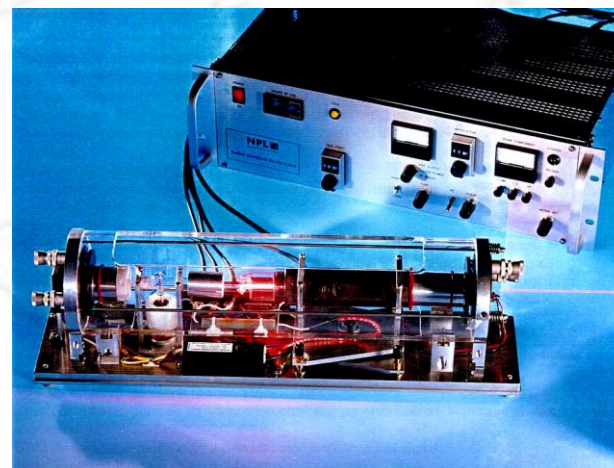
Πυραμίδα ιχνηλασιμότητας



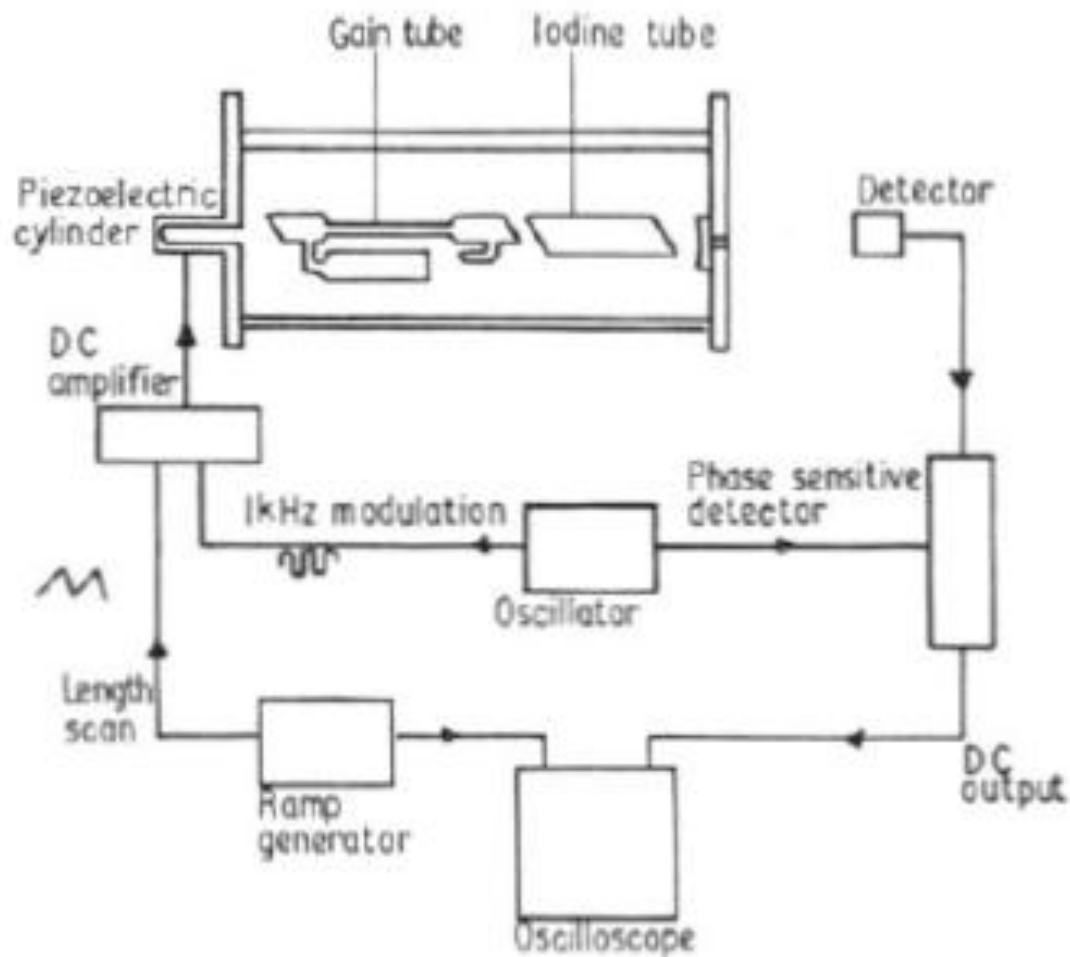
Πρότυπα Λείζερ



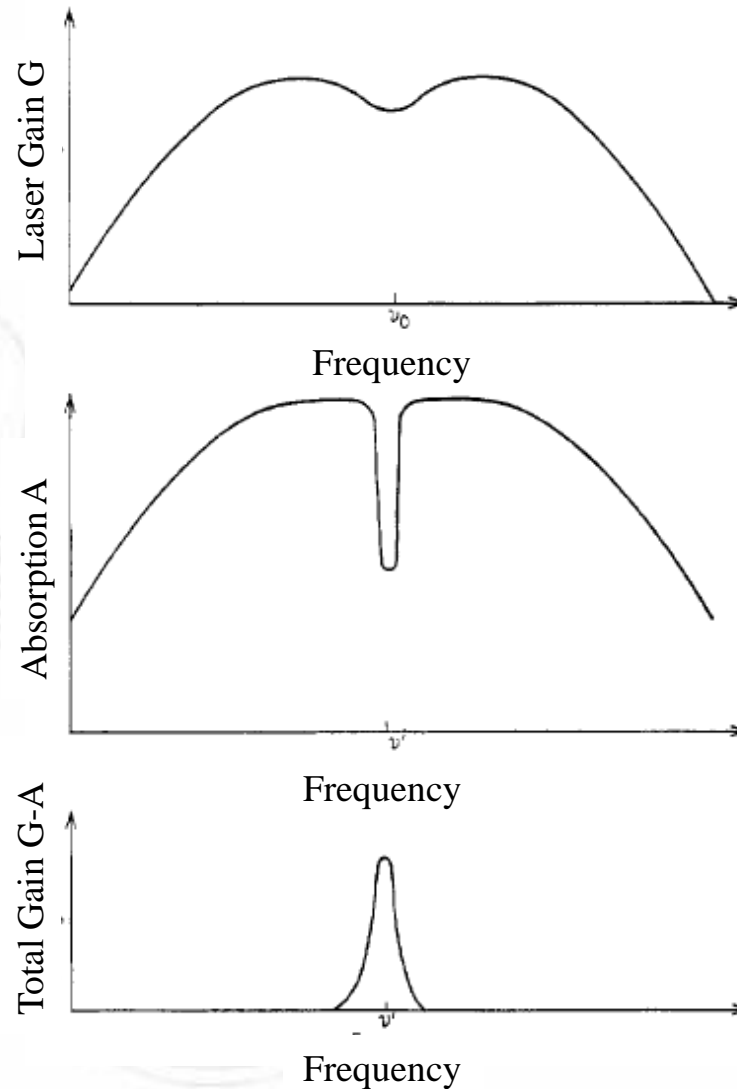
- He-Ne Λείζερ με δια ιωδίου σταθεροποιημένη συχνότητα (iodine-stabilized helium-neon laser)
- Το μήκος κύματος του είναι γνωστό με ακρίβεια καλύτερη από 0.000 000 000 000 000 02 m



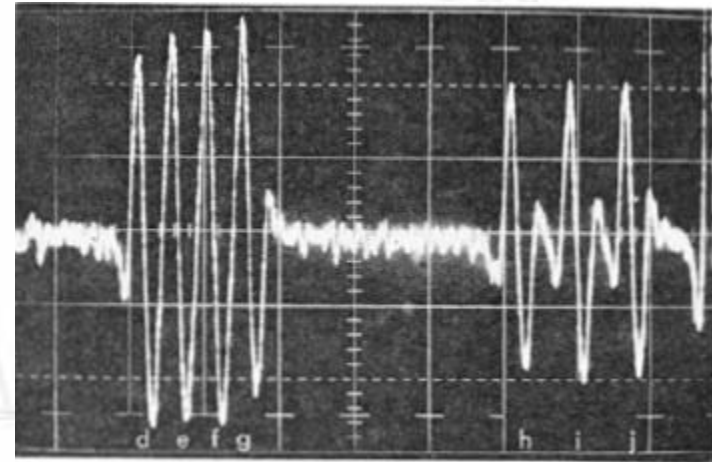
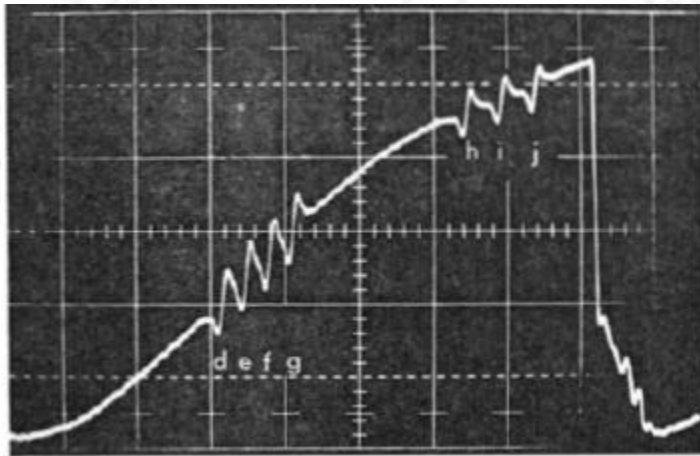
Λείζερ σταθεροποιημένα με ατμούς ιωδίου



Σταθεροποίηση με κορεσμένη απορρόφηση



Παράγωγοι σήματος ισχύος εξόδου λέιζερ

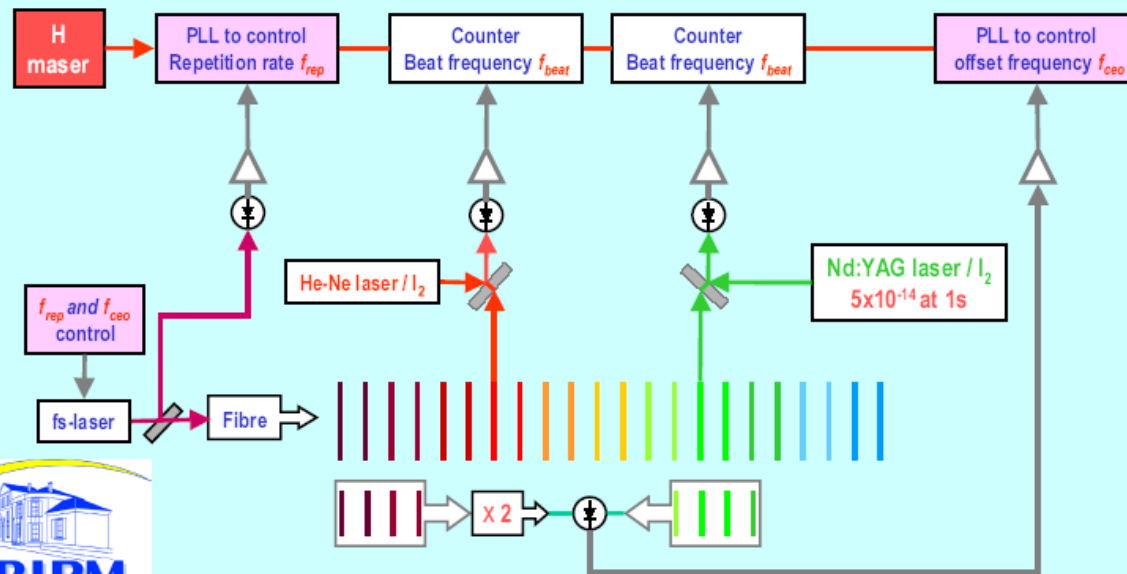


Τυπική μορφή της πρώτης και τρίτης παραγώγου του σήματος της ισχύος εξόδου του λέιζερ. Τα παρατηρούμενα χαρακτηριστικά οφείλονται στην κορεσμένη απορρόφηση των ατμών ιωδίου, συνιστώσες d, e, f, g, h, i, j. Η συνιστώσα f για παράδειγμα οφείλεται στη μετάβαση 11-5, R(127) του $^{127}\text{I}_2$ με συχνότητα $f = 473\,612\,353\,604\text{ kHz}$ και $\lambda = 632\,991\,212.58\text{ fm}$

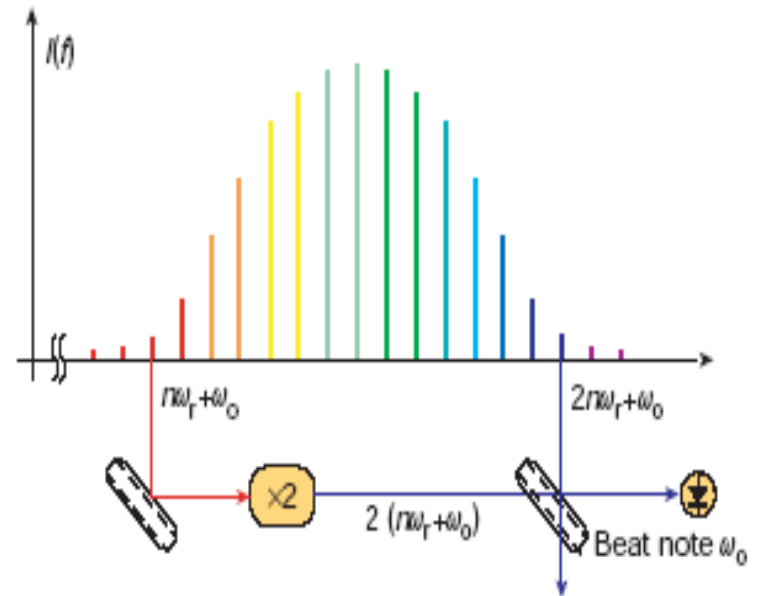
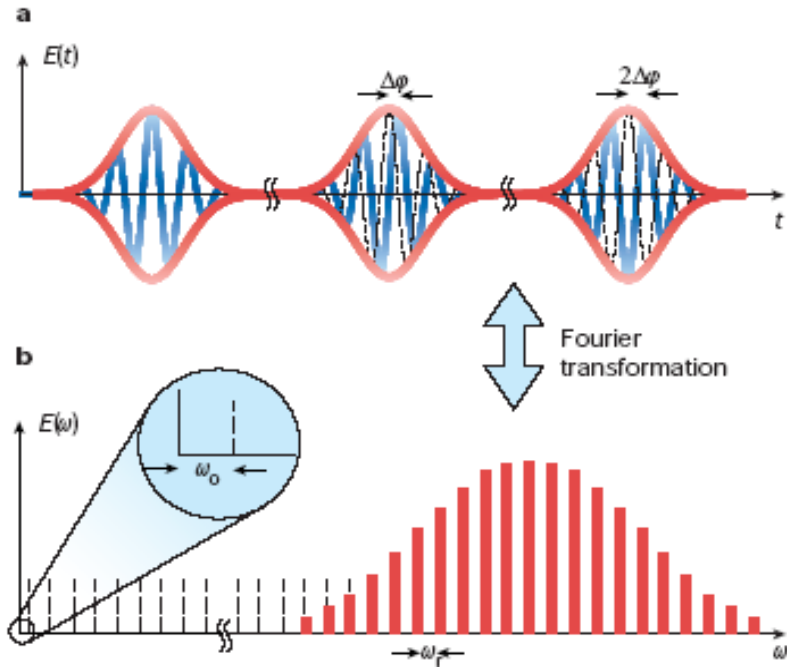
BIPM laser comb system

Optical frequency measurements at 633 nm and 532 nm
based on RF frequency standard-H maser

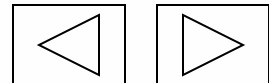
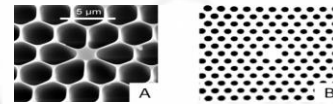
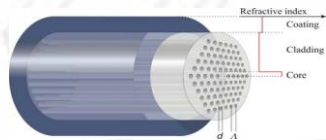
$$f = f_{ceo} + N \times f_{rep} + f_{beat}$$



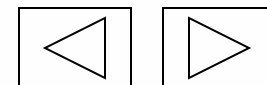
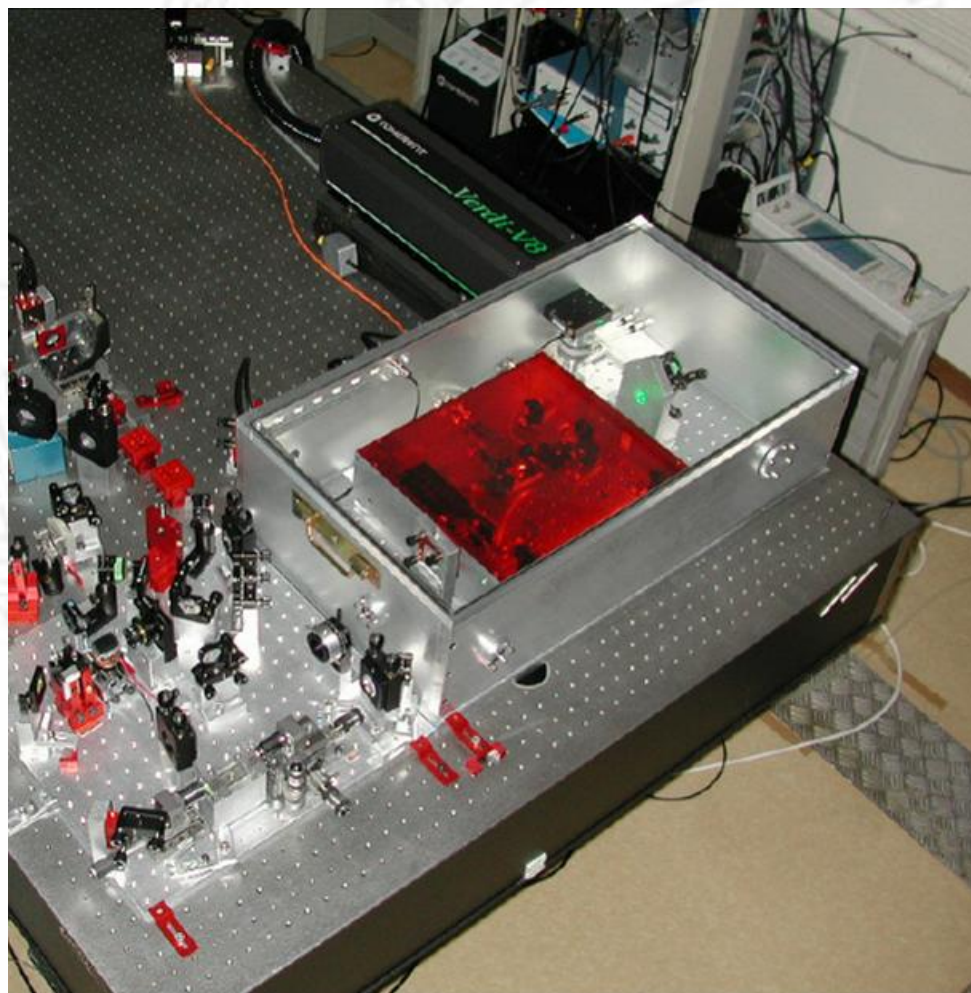
Αρχή λειτουργίας



Photonic Crystal Fibers



BIPM laser comb system

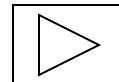
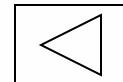


Πίνακες αβεβαιοτήτων από BIPM.L.K11 διεργαστηριακή

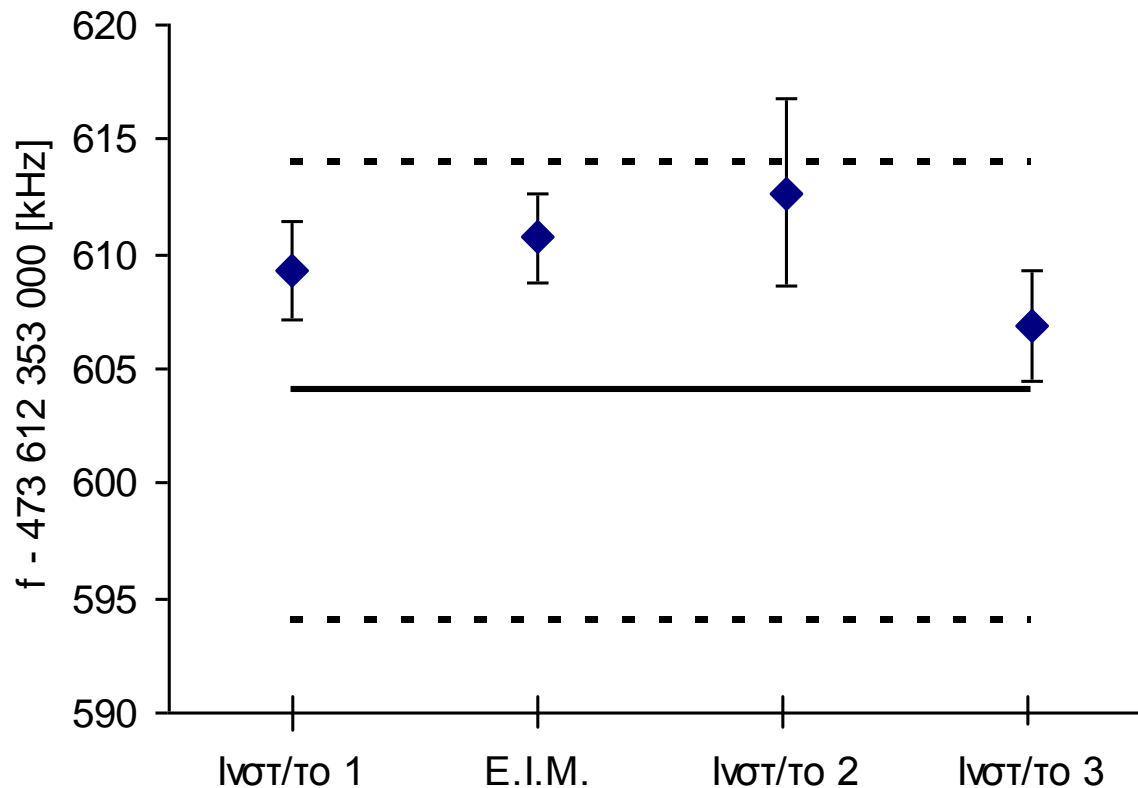


Προέλευση αβεβαιότητας	Τιμή	Μονάδες
Συχνότητα αναφοράς	30	Hz
Τυπική απόκλιση αποτελεσμάτων	256	Hz
Αβεβαιότητα μεθόδου	20	Hz
Σύνολο	258	Hz

Προέλευση Αβεβαιότητας	Τιμή	Μονάδες
Ισχύς λέιζερ	0.20	kHz
Πλάτος συχνότητας διαμόρφωσης	0.77	kHz
Θερμοκρασία ψυχρού δακτυλίου ιωδίου	1.49	kHz
Θερμοκρασία τοιχωμάτων κοιλότητας ιωδίου	0.12	kHz
Σφάλμα ηλεκτρονικών	0.58	kHz
Ευθυγράμμιση λέιζερ	0.87	kHz
Σύνολο	1.98	kHz



Αποτελέσματα διεργαστηριακής BIPM.L.K11

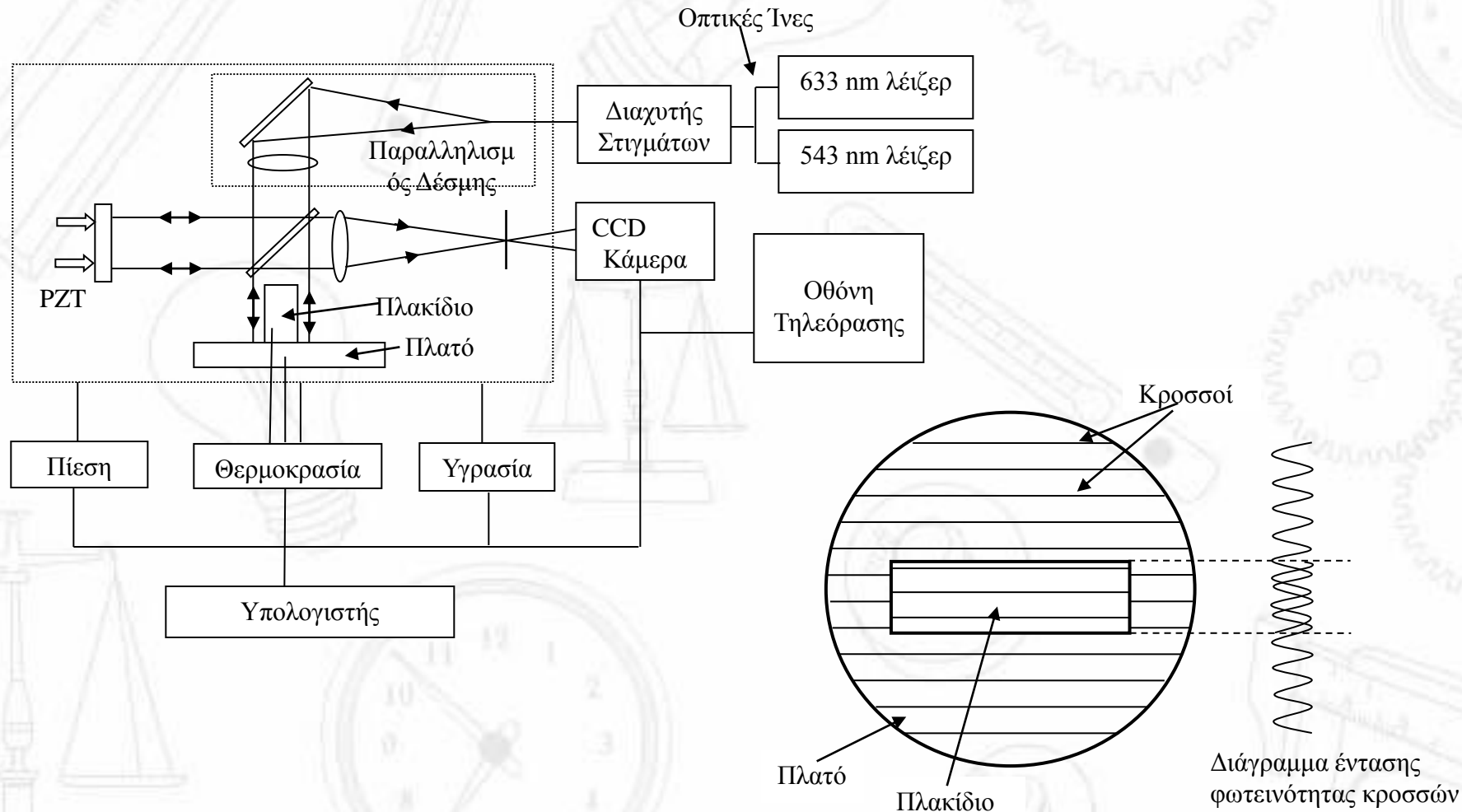


Αποτελέσματα μετρήσεων της συχνότητας των
προτύπων λέιζερ

Διακρίβωση Πλακιδίων με Συμβολομετρία



Αρχή λειτουργίας συμβολόμετρου

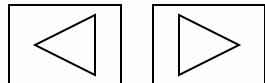


Πίνακας Αβεβαιοτήτων Διακρίβωσης Πλακιδίων με Συμβολομετρία

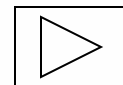
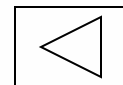
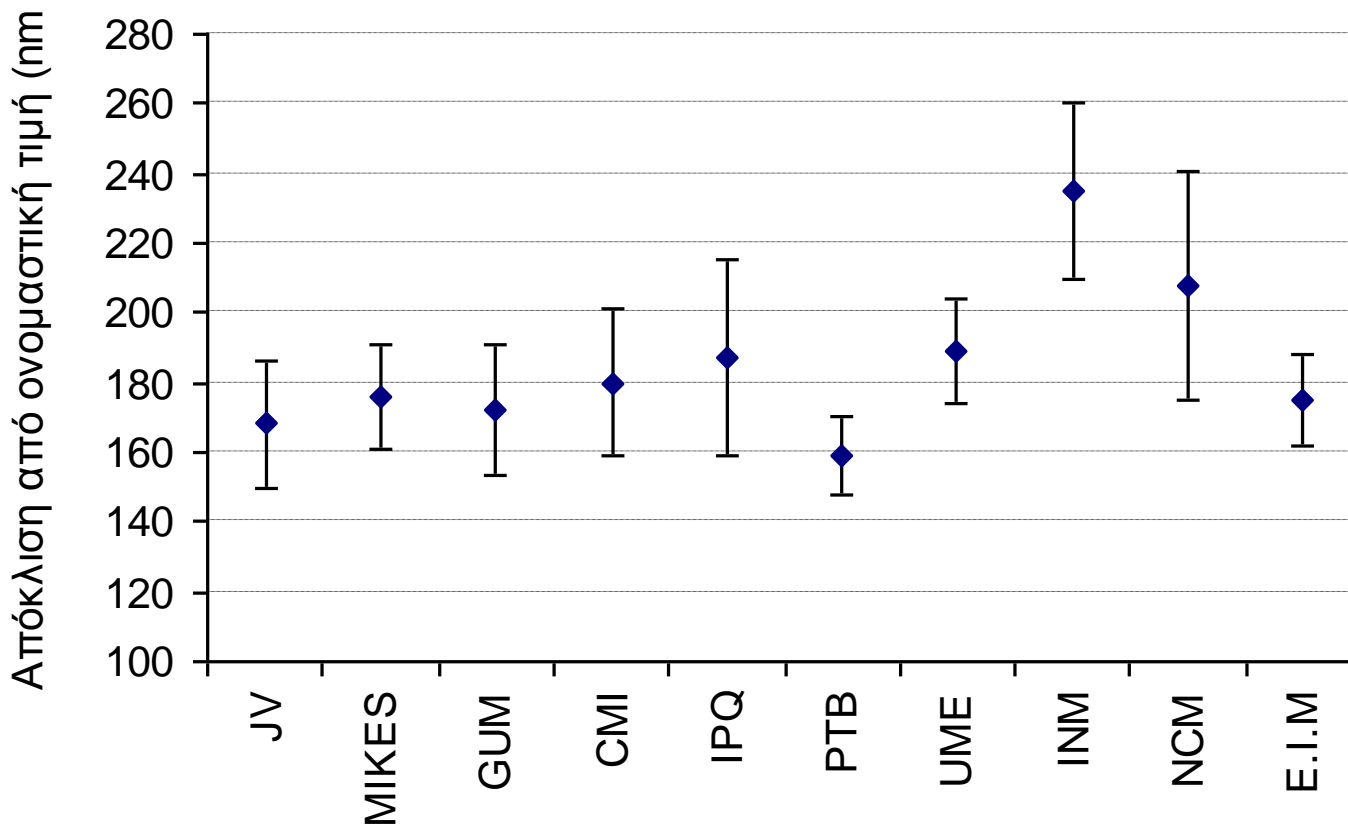


	x_i	$u(x_i)$	n_i	$c_i = dl/dx_i$	$u_i(l)$ (nm)
Wavelength 1	λ_1	1,0 10 ⁻⁸	50	L/2	0,005 L
Wavelength 2	λ_2	2,0 10 ⁻⁸	50	L/2	0,010 L
Fringe Fraction 1	F ₁	0,14 fringe	5	$\lambda_1/4$	2,284
Fringe Fraction 1	F ₂	0,14 fringe	5	$\lambda_2/4$	1,959
Air index of refraction	n	0,0174 nm/mm	50	L	0,017 L
Gauge block temperature	Δt_g	0,01 °C	50	$\alpha \cdot L$	0,043 L
Thermal coef. of expansion	α	5,77 10 ⁻⁸ K ⁻¹	50	$\Delta t \cdot L$	0,017 L
Thermal effects 2 nd order	$\Delta t_g \alpha$ (2 nd ord.)	0,001 nm/mm	50	L	0,001 L
Obliquity	δl_Ω	0,011 nm/mm	50	L	0,011 L
Source size	s	10 μ m	50	$s/(8 f^2)$ L	0,006 L
Wave-front errors	δl_A	3,406 nm	50	1	3,406
Flatness-parallelism	δl_G	2 nm	50	1	2,000
Wringing Film	δl_W	8 nm	50	1	8,000
Phase-change	δl_Φ	7,85 nm	50	1	7,850

$$u_c(l) = \sqrt{12,26^2 + 0,05^2 \cdot L^2}$$



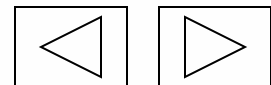
Προκαταρκτικά αποτελέσματα διεργαστηριακής EUROMET.L-K1.1



Συμπεράσματα



- Οι μετρητικές διαδικασίες που ακολουθούνται στο E.I.M για την σύνδεση του άυλου ορισμού του μέτρου με φυσικά αντικείμενα και συγκεκριμένα πρότυπα πλακίδια μήκους έχουν ως τεκμηριωμένο μέσω διεθνών δι-εργαστηριακών αποτελεσμα ότι οι συνολικές τυπικές αβεβαιότητες που αφορούν την διακρίβωση πρότυπων πλακιδίων μήκους είναι της τάξης των 10 nm.
- Η υλοποίηση αυτή του μέτρου έχει ιχνηλασιμότητα, μετά και την συμμετοχή του ινστιτούτου μας στην δι-εργαστηριακή με τίτλο «BIPM.L.K11 ongoing key comparison, 2005» στα πρότυπα χρόνου του Bureau International des Poids et Mesures (BIPM)



Πυραμίδα Ιχνηλασιμότητας

