

ΠΡΟΤΥΠΑ ΔΟΣΙΜΕΤΡΙΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΚΡΙΒΩΣΕΙΣ ΔΟΣΙΜΕΤΡΩΝ ΣΤΗΝ ΚΛΙΝΙΚΗ ΜΑΣΤΟΓΡΑΦΙΑ

Χουρδάκης Κ.Ι.¹, Πάνος Φ.², Ποτηριάδης Κ.¹, Καλέφ Εζρά Τζ.²

¹ Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας, Τ.Θ. 60092, 15310 Αγία Παρασκευή Αττικής

² Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής, Ιωάννινα

e-mail συγγραφέα : khour@eeae.gr

Η μαστογραφία είναι μία από τις πιο έγκυρες διαγνωστικές μεθόδους ανίχνευσης καλοηθών και κακοηθών όγκων του μαστού. Ευρεία είναι η χρήση της μαστογραφίας σε προγράμματα ελέγχου (screening) υγιούς πληθυσμού. Η μαστογραφία γίνεται με χρήση ειδικών ακτινολογικών συστημάτων (μαστογράφων) και συστημάτων αποτύπωσης εικόνας (φίλμ ή/και ψηφιακά). Τα τελευταία χρόνια, κατασκευάζονται μαστογράφοι νέας τεχνολογίας με χαρακτηριστικά που διαφέρουν σημαντικά από αυτούς παλαιότερης γενεάς.

Η δόση ακτινοβολίας από τη μαστογραφία είναι σημαντικός παράγοντας, καθόσον ο μαστός είναι ακτινο-ευαίσθητος ιστός. Ο έλεγχος ποιότητας των μαστογράφων, που γίνεται από τους κλινικούς ακτινοφυσικούς ιατρικής, περιλαμβάνει τη μέτρηση της δόσης. Τα δοσίμετρα που χρησιμοποιούνται πρέπει να είναι κατάλληλα διακριβωμένα.

Από το 2000, το Εργαστήριο Βαθμονόμησης Οργάνων Ιοντιζουσών Ακτινοβολιών (ΕΒΟΙΑ) της Ελληνικής Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας (ΕΕΑΕ), το οποίο είναι συνεργαζόμενο περιφερειακό εργαστήριο του Ελληνικού Ινστιτούτου Μετρολογίας (ΕΙΜ), έχει αναπτύξει πρότυπα δοσιμετρίας μαστογραφικών εφαρμογών και διακριβώνει δοσίμετρα μαστογραφίας. Τα υπάρχοντα διεθνή πρότυπα (IEC/ISO) και τα πρότυπα του ΕΒΟΙΑ/ΕΕΑΕ-ΕΙΜ βασίζονται σε ακτινολογικές λυχνίες με άνοδο Μολυβδαινίου και φίλτρα Μολυβδαινίου (Μο/Μο).

Για τη βαθμονόμηση των δοσιμέτρων μαστογραφίας, χρησιμοποιείται συνήθως λυχνία ακτίνων Χ με άνοδο μολυβδαινίου και με φίλτρο μολυβδαινίου, με τιμές πρώτου HVL αλουμινίου μεταξύ 0.28 και 0.35 mm

Ωστόσο, οι κλινικοί μαστογράφοι νέας τεχνολογίας χρησιμοποιούν λυχνίες με άνοδο Βολφραμίου και φίλτρα Ροδίου, Μολυβδαινίου, Αργύρου και Αλουμινίου (W/Rh,Mo,Ag,Al), με συνέπεια τη διαφοροποίηση της ποιότητας των δεσμών ακτίνων Χ.

Πρόσφατα (2011), το ΕΒΟΙΑ/ΕΕΑΕ-ΕΙΜ ανέπτυξε δέσμες μαστογράφου με άνοδο Βολφραμίου και φίλτρα Ροδίου, Μολυβδαινίου, Αργύρου και Αλουμινίου.

Χρησιμοποιήθηκε λυχνία ακτίνων-Χ με άνοδο W και πρόσθετα φίλτρα Rh (50 μm), Mo (30 μm) και Ag (75 μm) και Al (50 μm), φίλτρα που συχνά χρησιμοποιούνται στη μαστογραφία. Με τη βοήθεια ανιχνευτή ανιχνευτή γερμανίου Ge καταγράφηκαν τα αντίστοιχα φάσματα. Επίσης έγιναν μετρήσεις του air kerma για τάσεις λυχνίας 25, 28, 30 και 35 kV με θάλαμο ιονισμού παράλληλων πλακών (plane parallel) με και χωρίς την παρεμβολή εξασθενητών αλουμινίου, ώστε να υπολογιστούν τα 1^ο, 2^ο, 3^ο πάχη υπο-διπλασιαμού HVL της δέσμης. Τα πάχη υποδιπλασιασμού και τα φάσματα συγκρίθηκαν με τα αντίστοιχα δυο προτύπων εργαστηρίων (BIPM, PTB), όπου υπήρχαν δεδομένα. Τα δεδομένα παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες.

Πρώτο HVL για διάφορους συνδυασμούς τάσης και φίλτρων

Τάση (kV)	25	28	30	35	25	28	30	35
<i>1^ο HVL / mm Al</i>	0,47	0,48	0,50	0,50	0,34	0,36	0,37	0,39
Φίλτρο	50μm Rh				60μm Mo			
Τάση (kV)	25	28	30	35	25	28	30	35
<i>1^ο HVL / mm Al</i>	0,35	0,40	0,43	0,51	0,50	0,61	0,66	0,72
Φίλτρο	60μm Al				75μm Ag			

Συγκριτικός Πίνακας W/Al

Δέσμες EBOAI/EEAE-EIM					Differ % 1st HVL	
<i>Τάση</i>	<i>Φίλτρο</i>	<i>1st HVL</i>	<i>2st HVL</i>	<i>3st HVL</i>	<i>PTB%</i>	
<i>kV</i>	<i>mm Al</i>	<i>mm Al</i>	<i>mm Al</i>	<i>mm Al</i>		
25	0,6	0,35	0,81	1,33	-0,1%	
28	0,6	0,40	0,95	1,62	0,6%	
30	0,6	0,43	1,02	1,81	0,7%	
35	0,6	0,51	1,24	2,23	0,7%	

Συγκριτικός Πίνακας W/Mo

Δέσμες EBOAI/EEAE-EIM					Differ % 1st HVL	
<i>Τάση</i>	<i>Φίλτρο</i>	<i>1st HVL</i>	<i>2st HVL</i>	<i>3st HVL</i>	<i>BIPM %</i>	<i>PTB%</i>
<i>kV</i>	<i>mm Mo</i>	<i>mm Al</i>	<i>mm Al</i>	<i>mm Al</i>		
25	0,06	0,34	0,39	0,43	-0,4%	-5,3%
28	0,06	0,36	0,43	0,45	0,5%	-3,3%
30	0,06	0,37	0,44	0,47	0,5%	-3,7%
35	0,06	0,39	0,49	0,54	-0,7%	-6,0%

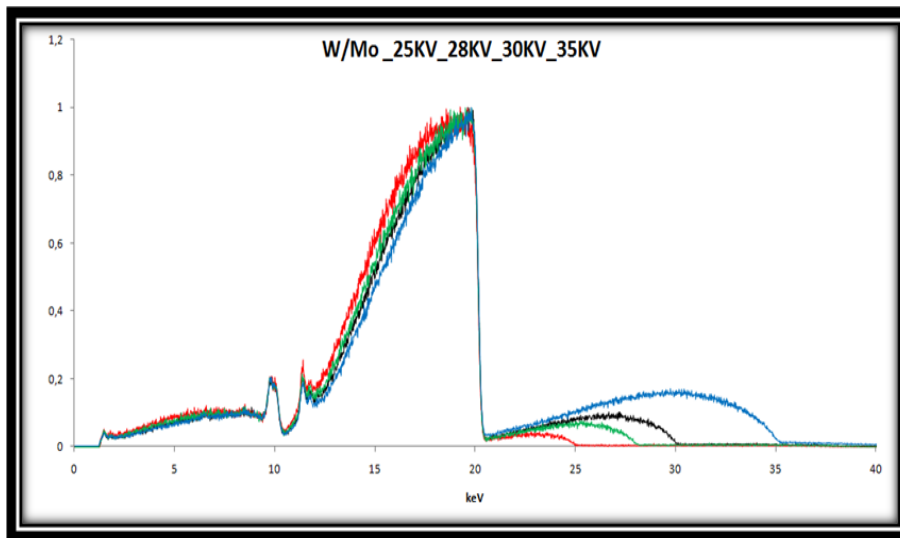
Συγκριτικός Πίνακας W/Rh

Δέσμες EBOAI/EEAE-EIM					Differ % 1st HVL		
<i>Τάση</i>	<i>Φίλτρο</i>	<i>1st HVL</i>	<i>2st HVL</i>	<i>3st HVL</i>	<i>BIPM %</i>	<i>PTB%</i>	<i>mm PMMA</i>
<i>kV</i>	<i>mm Rh</i>	<i>mm Al</i>	<i>mm Al</i>	<i>mm Al</i>			
25	0,05	0,47	0,52	0,59	0,4%	-2,9%	4mm
28	0,05	0,48	0,54	0,66	-	-5,1%	-
30	0,05	0,50	0,57	0,70	-0,3%	-3,2%	-
35	0,05	0,54	0,62	0,77	-	-3,6%	-

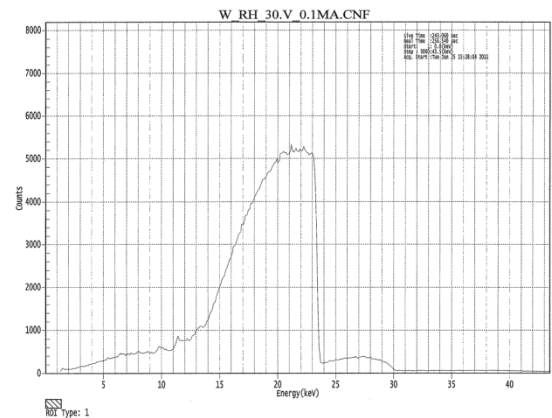
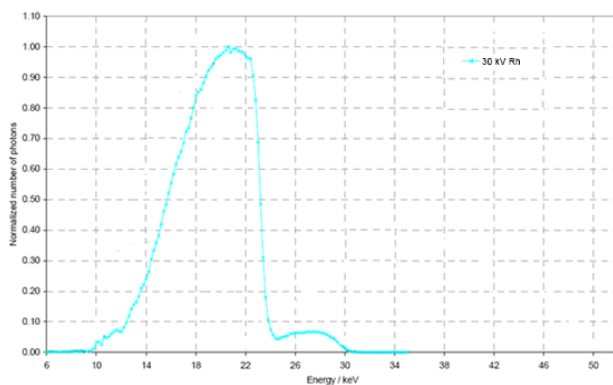
Πίνακας αποκλίσεων W/Ag

Δέσμες EBOAI/EEAE-EIM					Differ % 1st HVL
Τάση	Φίλτρο	1st HVL	2st HVL	3st HVL	PTB%
kV	mm Ag	mm Al	mm Al	mm Al	
25	0,75	0,50	0,54	0,62	0,4%
28	0,75	0,61	0,68	0,77	9,2%
30	0,75	0,66	0,75	0,84	13,8%
35	0,75	0,72	0,82	0,93	13,6%

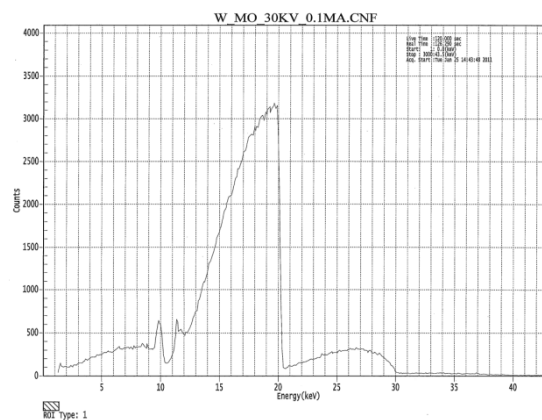
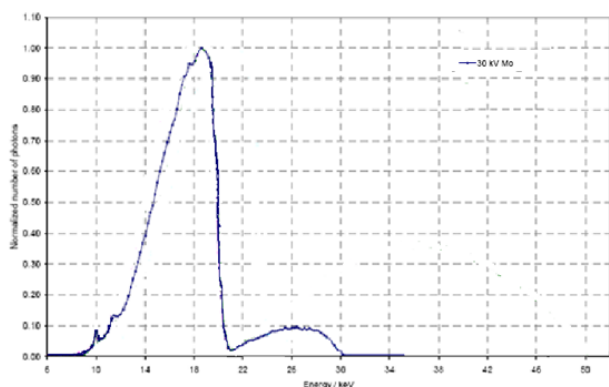
EBOIA : Παράδειγμα φασμάτων ακτίνων-X με χρήση φίλτρου μολυβδαινίου



Παράδειγμα σύγκρισης φασμάτων μεταξύ BIMP (αριστερά) και EBOAI/EEAE-EIM (δεξιά) για τάση 30 kV για φίλτρο Rh πάχους 50μm με άνοδο W.



Παράδειγμα σύγκρισης φασμάτων μεταξύ BIMP (αριστερά) και EBOAI/EEAE-EIM (δεξιά) 30 kV για φίλτρο Mo πάχους 60μm με άνοδο W.



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι τιμές HVL στο E.B.O.I.A. διέφεραν από με τις αντίστοιχες των εργαστηρίων BIMP και PTB από 0.1% ως 6.0%, με εξαίρεση όταν γινόταν χρήση φίλτρου αργύρου, 0.4% - 13.8%, καθώς τα πάχη των φίλτρων είναι διαφορετικά.

Από τα φάσματα που βρέθηκαν με τη βοήθεια του ανιχνευτή Ge είναι εμφανής η επίδραση της αιχμής απορρόφησης, λόγω του φωτοηλεκτρικού φαινομένου στα φίλτρα μεσαίου ατομικού αριθμού, (Mo, Ag, Rh). Αντίθετα, στα φάσματα με απορροφητή Al δεν παρατηρείται η αντίστοιχη ασυνέχεια, γιατί η αιχμή απορρόφησης είναι στις χαμηλές ενέργειες (< 2 keV). Το φαινόμενο pile-up δεν ήταν ιδιαίτερα μεγάλο και διατηρήθηκε σε επίπεδο < 8%.

Από την σύγκριση των φασμάτων του EBOAI/EEAE-EIM με τα αντίστοιχα φάσματα του εργαστηρίου BIMP, για συνδυασμούς φίλτρων W/Rh & W/Mo, βρέθηκε ότι η μορφή τους είναι ικανοποιητικά όμοια. Όταν χρησιμοποιείται φίλτρο Rh, το μέγιστο της φασματικής κατανομής αντιστοιχεί στην ενέργεια των ~ 21 keV, ενώ το FWHM της κύριας κορυφής του φάσματος του EBOAI/EEAE-EIM είναι ~7.2 keV έναντι ~7.0 keV στο φάσμα του BIMP. Εμφανής όμως ήταν η διαφορά στη αρχή των φασμάτων. Αυτή οφείλεται στα φωτόνια τα οποία προσέδωσαν μόνο μέρος της ενέργειάς τους στον ανιχνευτή, φαινόμενο για το οποίο δεν έγινε διόρθωση στα φάσμα του EBOAI/EEAE-EIM. Αυτό οφείλεται κυρίως στη διαφυγή φωτονίων Compton ή στη διαφυγή χαρακτηριστικών ακτίνων-X του Ge. Τέλος, πρέπει να τονιστεί και η μικρή διαφορά που εμφανίζεται κυρίως σε υψηλές ενέργειες λόγω του φαινομένου pile-up. Πρέπει όμως να τονιστεί ότι άμεση σύγκριση μεταξύ των φασμάτων δεν μπορεί να γίνει, γιατί τα φάσματα του EBOAI/EEAE-EIM δεν έχουν υποστεί κατάλληλη μαθηματική επεξεργασία (deconvolution).

Στα φάσματα W/Mo εντοπίστηκαν δυο κορυφές. Οι ενέργειες των μεγίστων τη μεγάλης κορυφής του φάσματος του EBOAI/EEAE-EIM και του BIMP ήταν 19.0 και 18.5 keV, όπως και του εύρους ενεργειών FWHM, 5.2 και 5.5 keV, αντίστοιχα. Βρέθηκε όμως, όπως και στην περίπτωση του φάσματος με φίλτρο Rh, σημαντικές αποκλίσεις στην περιοχή χαμηλών ενεργειών.

Συμπερασματικά, οι νέες δέσμες μαστογράφου του EBOAI/EEAE-EIM δημιουργήθηκαν με επιτυχία και είναι απολύτως συγκρίσιμες με αυτές πρότυπων Ευρωπαϊκών εργαστηρίων.

