

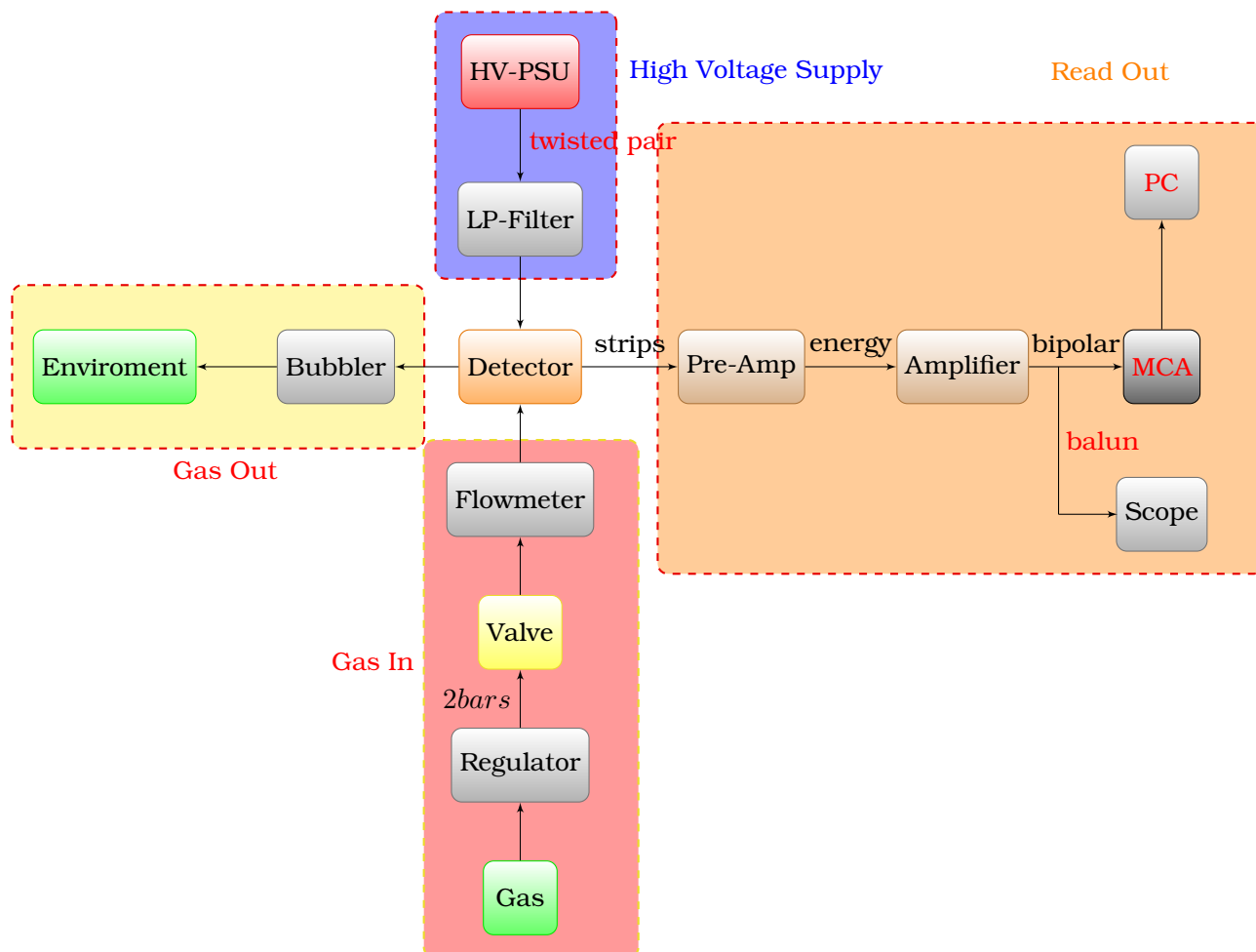
Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστούν οι κατασκευές, οι προσομοιώσεις και οι μετρήσεις που έλαβαν χώρα, κατά τους μήνες Απρίλιο, Μάιο και Ιούνιο, στο εργαστήριο πειραματικής φυσικής υψηλών ενεργειών, στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Κατά την διάρκεια των πειραμάτων, μελετήθηκαν 4 ανιχνευτές *MicroMeGaS*(NTUASmm1, NTUASmm2, NTUASmm3, NTUARmm2), χρησιμοποιώντας απλό read out(preAmplifier-Amplifier-Multi Channel Analyser), 3 διαφορετικές αναλογίες μίγματος αερίου  $Ar - CO_2$  (93%–7%, 80%–20%, 70%–30%), μία ραδιενεργό πηγή ακτίνων- $x$  ( $^{55}Fe$ ) και μία σωματιδίων- $\alpha$  ( $^{210}Po$ ).

### 5.1 Ο ανιχνευτής NTUASmm1

Η πρώτη επαφή και γνωριμία με τους ανιχνευτές MicroMEGAS έγινε με τον ανιχνευτή NTUASmm1, οποίος αντί για strips διαθέτει ένα μεγάλο μεταλλικό επίπεδο(pad). Οι δοκιμές έγιναν χρησιμοποιώντας αέριο μίγμα  $Ar - CO_2$  σε αναλογία 93% – 7%, πηγή σιδήρου ( $^{55}Fe$ ) και για την ανάγνωση και επεξεργασία του σήματος χρησιμοποιήθηκε προενισχυτής-ενισχυτής-πολυκαναλικός αναλυτής. Η πειραματική διάταξη φαίνεται στο διάγραμμα 5.1.

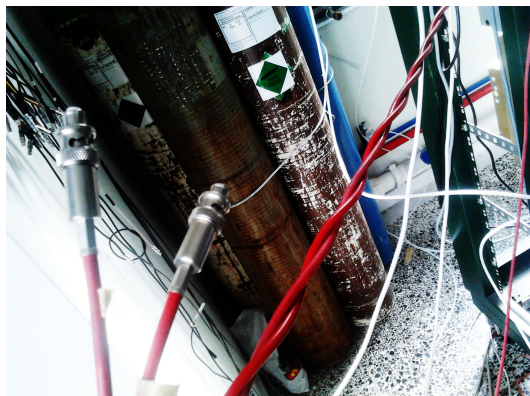
Στην συνδεσμολογία που χρησιμοποιήθηκε υπάρχουν μερικά βασικά σημεία που χρήζουν παρατήρησης.

1. Η τροφοδοσία υψηλής τάσης πραγματοποιήθηκε με καλώδια SHV(Safe High Voltage) τα οποία περιπλέχθηκαν μεταξύ τους(εικ. 5.2(α)). Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται, σε έναν βαθμό η αποκοπή του υψηλής συχνότητας θορύβου. Η παραπάνω τεχνική είναι γνωστή σαν twisted pair και προτάθηκε από τον Alexander Graham Bell.
2. Το χαμηλοπερατό φίλτρο(Low Pass Filter) που παρεμβάλεται μεταξύ τροφοδοσίας και ανιχνευτή, χρησιμοποιείται για την αποκοπή του υψηλής συχνότητας θορύβου που παράγεται από το τροφοδοτικό. Στην περίπτωση του NTUASmm1 το φίλτρο βρίσκεται μέσα στον θάλαμο του ανιχνευτή(εικ. 5.2(δ)).
3. Η σύνδεση του προενισχυτή με τον ανιχνευτή πρέπει να γίνεται με τις μικρότερες δυνατές απώλειες. Αυτό επιτυγχάνεται συνδέοντας τον προενισχυτή απευθείας στον ανιχνευτή(εικ. 5.2(γ)) ή χρησιμοποιώντας το ελάχιστο δυνατό μήκος σύζευξης.



Σχήμα 5.1: Πειραματική διάταξη των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν στην Αθήνα

4. Ο MCA που χρησιμοποιήθηκε (πίνακας 5.1) δέχεται μόνο θετικούς παλμούς. Γι' αυτόν τον λόγο επιλέχθηκε η bipolar έξοδος του ενισχυτή. Δοκιμάστηκε επίσης η inverted έξοδος μια μονάδας Fan In-Fan Out η οποία δεν προτιμήθηκε γιατί προσέθετει περισσότερο θόρυβο κατά την ανάγνωση του σήματος.
5. Για την περαιτέρω μείωση του υψίσυχνου θορύβου χρησιμοποιήθηκε ένα αυτοσχέδιο φίλτρο balun(εικόνα 5.2(β')), το οποίο εκτός από την αποκοπή του θορύβου βοηθάει στην σύνδεση συσκευών με διαφορετικές εμπεδησεις. Στην συνδεσμολογία του πειράματος τοποθετήθηκε μεταξύ του ενισχυτή και του πολυκαναλικού αναλυτή.
6. Μία σημαντική παράμετρος που εισάγει θόρυβο σε ένα πείραμα, είναι η μη κοινή γείωση των επιμέρους ηλεκτρονικών συσκευών. Ένας τρόπος αντιμετώπισης αυτού του προβλήματος είναι η άμεση επαφή των συσκευών μεταξύ τους με μια μεγάλου εμβαδού μεταλλικής επιφάνειας(εικ. 5.2(γ)).



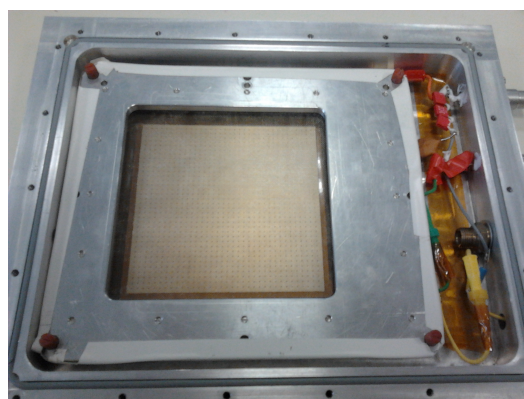
(α) Twisted Pair



(β) Balun







(γ) Close Readout



(δ) Filter

Σχήμα 5.2: Τεχνικές Μείωσης του Θορύβου

<b>NIM Module</b>	<b>Χρήσιμα Χαρακτηριστικά</b>	<b>Εικόνα</b>	<b>URL</b>
PSU CAEN N1470	4 channels +/- Output Polarity		<a href="#">N1470</a>
Pre-Amp Ortec 142a	4 Sensitivity $20mV/MeV Si$		<a href="#">142a</a>
Amplifier Ortec 672	shaping time= $0.5\mu s$ fine gain= 0.5 coarse gain= 200 gain= 100		<a href="#">672</a>
MCA AmpTek 8000A	range= 10V # channels= 1024		<a href="#">MCA</a>

Πίνακας 5.1: Τα ηλεκτρονικά των μετρήσεων με τον NTUASmm1

### 5.1.1 Electron Transparency

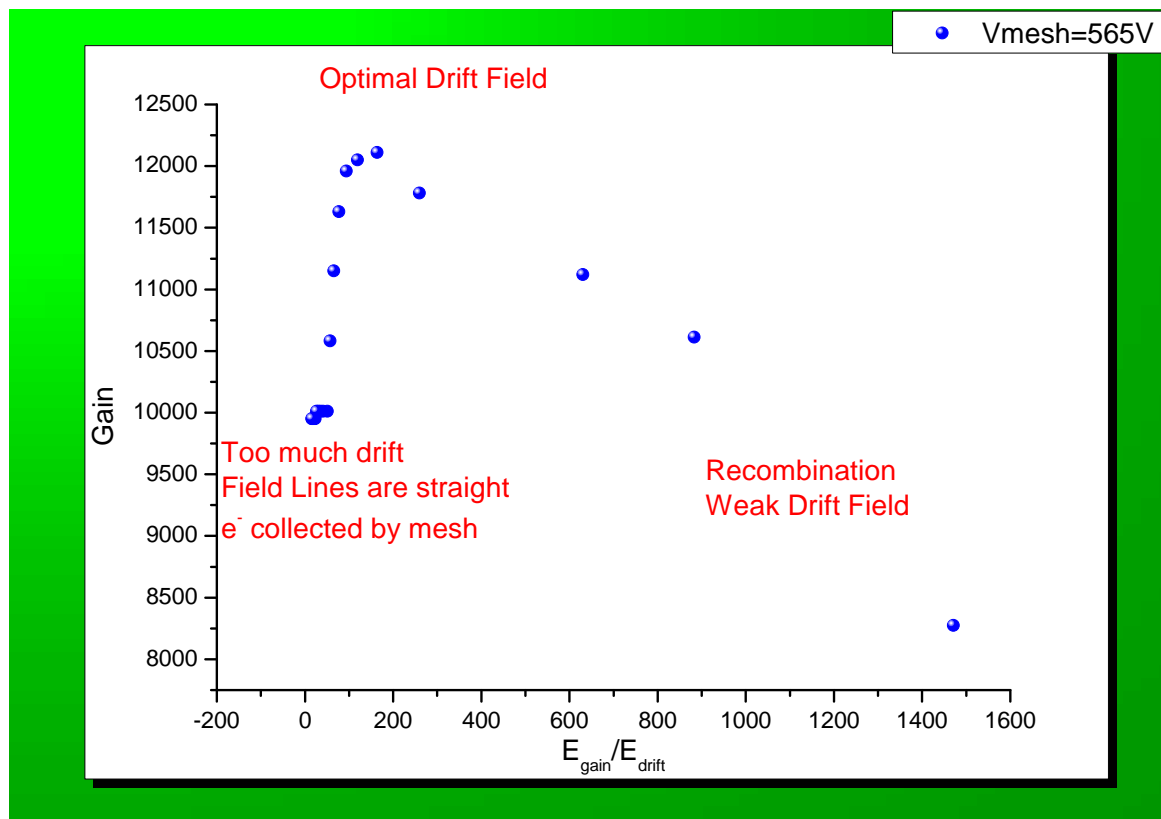
Ένα από τα πρώτα σημεία που πρέπει να καθοριστούν για την βέλτιστη λειτουργία ενός ανιχνευτή αερίου, είναι η electron transparency. Ο ρόλος της περιοχής ολίσθησης στον ανιχνευτή MicroMegas είναι να οδηγήσει τα ηλεκτρόνια που έχουν παραχθεί από ιονισμό, στην περιοχή πολλαπλασιασμού. Για να βελτιστοποιηθεί αυτός ο στόχος, το ηλεκτρικό πεδίο στην εν λόγω περιοχή πρέπει να είναι αρκετό ώστε η ταχύτητα ολίσθησης των ηλεκτρονίων να είναι τόση ώστε απαιτείται για να αποφευχθεί η επανασύνδεση. Αν όμως το πεδίο είναι αρκετά μεγάλο, τότε οι δυναμικές γραμμές «κλείνουν» στο μικροπλέγμα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τα ηλεκτρόνια να συλλέγονται από το μικροπλέγμα, οπότε δεν εισέρχονται στην περιοχή πολλαπλασιασμού γεγονός που συνεπάγεται μειωμένη απόδοση. Από την παραπάνω επεξήγηση φαίνεται πως ο προσδιορισμός του βέλτιστου πεδίου ολίσθησης είναι ζωτικής σημασίας. Για τον εν λόγω προσδιορισμό, επιλέχθηκε μια τάση πολλαπλασιασμού της τάξης των 565V. Η αιτία επιλογής αυτού του πεδίου, έχει να κάνει με τις αντίστοιχες τιμές που υπάρχουν στην βιβλιογραφία για τα 128 $\mu m$  καθώς και με την δοκιμή τους. Να σημειωθεί επίσης, πως η περιοχή ολίσθησης έχει μήκος 5mm. Ακολουθεί ο πίνακας των μετρήσεων και η πρώτη καμπύλη της electron transparency.

$V_{\text{mesh}} = 550V$			$V_{\text{mesh}} = 555V$			$V_{\text{mesh}} = 560V$			$V_{\text{mesh}} = 565V$		
$V_{dr}$ (V)	Mean	Gain ( $10^3$ )	$V_{dr}$ (V)	Mean	Gain ( $10^3$ )	$V_{dr}$ (V)	Mean	Gain ( $10^3$ )	$V_{dr}$ (V)	Mean	Gain ( $10^3$ )
700	242	7.25	600	260	8.24	570	90	2.70	550	282	8.54
750	243	7.28	650	275	7.79	580	270	8.09	560	357	10.5
800	240	7.19	700	292	7.25	590	300	9.00	580	276	8.27
850	232	6.95	750	289	7.28	600	310	9.30	590	354	10.6
900	205	6.15	800	284	7.19	650	327	9.80	600	371	11.1
950	206	6.18	850	273	6.95	700	333	9.98	650	393	11.8
1000	194	5.82	900	258	6.15	750	332	9.95	700	404	12.1
1100	194	5.82	950	243	6.18	800	329	9.86	750	402	12.1
1200	191	5.73	1000	228	5.82	850	320	9.59	800	399	12.0
1300	194	5.82	—	—	—	900	306	9.17	850	388	11.6
1400	193	5.79	—	—	—	950	287	8.60	900	372	11.2
—	—	—	—	—	—	1000	270	8.09	950	353	10.6
—	—	—	—	—	—	—	—	—	1000	334	10.1

Table 5.2: Αποτελέσματα μετρήσεων για την electron transparency

Ο υπολογισμός της ενίσχυσης του αερίου έγινε από την σχέση 4.9. Στην περίπτωση του NTUA-Smm1 ισχύουν:

- range= 10 V(πιν. 5.1)
- # channels= 1024(πιν. 5.1)
- $W_{\text{pair}}^{\text{Ar}} = 26 eV$ (πιν. 3.1)
- $E_{\text{particle}} = 5.9 keV$
- gain= 100(πιν. 5.1)
- $X = 20 mV$ (πιν. 5.1)
- $E_{\text{cg}}^{\text{Si}} = 3.62[6]$



Σχήμα 5.3: Electron Transparency για τον ανιχνευτή NTUASmm1 για  $V_{mesh} = 565 V$

Αντικαθιστώντας τις παραπάνω τιμές στην εξίσωση 4.9 προκύπτει ότι

$$Gain \approx 30 \cdot (centroid) \quad (5.1)$$

Στην εικόνα 5.3 φαίνεται η καμπύλη της electron transparency για  $V_{mesh} = 565 V$ . Σε αυτήν την γραφική παράσταση διακρίνονται τρεις περιοχές.

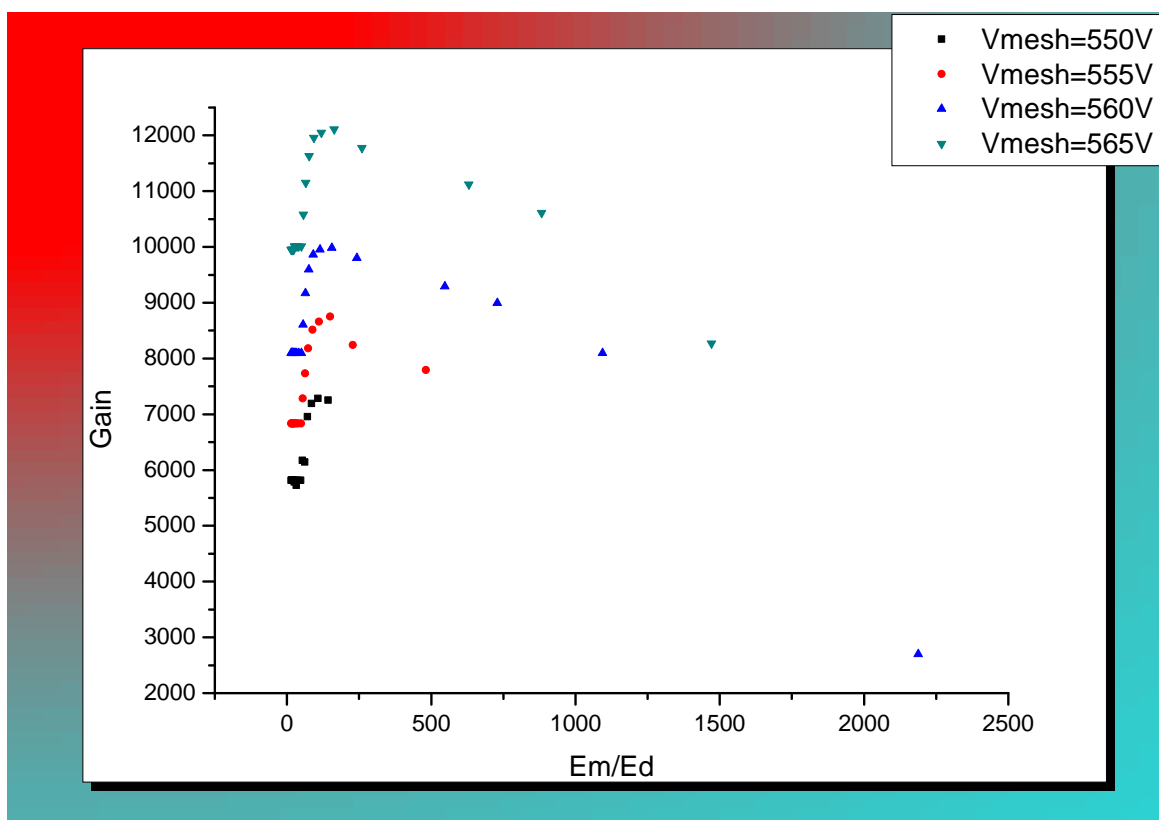
1. Στην περιοχή I η ενίσχυση έχει μια ανοδική τάση καθώς μειώνεται το πεδίο ολίσθησης. Αυτό σημαίνει πως για μεγάλες τιμές  $E_{drift}$  τα ηλεκτρόνια δεν μπορούν να περάσουν στην περιοχή πολλαπλασιασμού και συλλέγονται από το μικροπλέγμα
2. Στην περιοχή II έχουμε την μέγιστη transparency. Σε αυτήν την περιοχή παρατηρείται η βέλτιστη λειτουργία του ανιχνευτή. Μια σημαντική παρατήρηση είναι πως ιδανικά θα περίμενε κανείς αυτή η περιοχή να είναι ένα πλατώ. Στην περίπτωση αυτών των μετρήσεων αυτό δεν συμβαίνει διότι το αέριο ήταν σε χαμηλή στάθμη, γεγονός που συμβάλλει στην μη καθαρότητά του.
3. Στην περιοχή III το πεδίο είναι πολύ μικρό και τα ηλεκτρόνια δεν έχουν την κατάλληλη ταχύτητα για να φτάσουν στην περιοχή πολλαπλασιασμού και συνεπώς παρατηρείται επανασύνδεση με τα ιόντα του Αργού.

Ο υπολογισμός του λόγου των πεδίων είναι απλός.

$$E_{gain} = \frac{V_{mesh} - V_{strips}^0}{d^{amp}} = \frac{V_{mesh}}{128 \mu m} \quad (5.2)$$

$$E_{drift} = \frac{V_{drift} - V_{mesh}}{d^{drift}} = \frac{V_{drift} - V_{mesh}}{5 mm} \quad (5.3)$$

Ακολουθούν οι καμπύλες της transparency(εικ. 5.4) για 4 διαφορετικές τάσεις στο μικροπλέγμα:  $V_{mesh} = 550 V, 555 V, 560 V, 565 V$ .

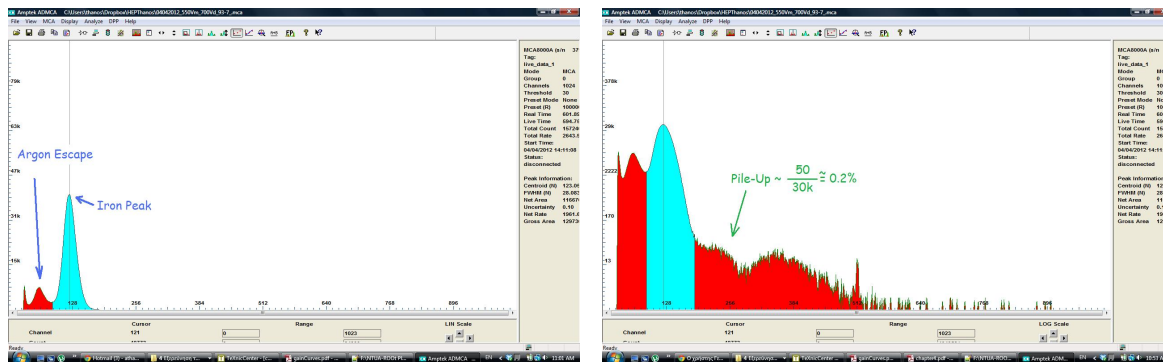


Σχήμα 5.4: Καμπύλες transparency για τον ανιχνευτή NTUASmm1

Στις παραπάνω καμπύλες παρατηρείται η αναμενόμενη συμπεριφορά. Σημαντικό στοιχείο είναι πως η μέγιστη transparency επιτυγχάνεται για λόγο πεδίων  $\sim 150$  το οποίο αντιστοιχεί σε  $V_{drift} \approx 750 V$ . Εντυπωσιακό είναι δε το γεγονός, πως η τιμή αυτή δεν εξαρτάται ισχυρά από την τάση στο μικροπλέγμα. Συνεπώς η περιοχή μέγιστης transparency μπορεί να προσδιοριστεί για ένα πεδίο πολλαπλασιασμού ώστε για την συνέχεια των πειραμάτων να επιλεγθεί η κατάλληλη τάση στην κάθοδο.

Για τον υπολογισμό του centroid χρησιμοποιήθηκε αρχικά το πρόγραμμα Amptek ADMCA<sup>1</sup> μέσω της επιλογής *Define ROI*. Στην εικόνα 5.5 φαίνεται ένα τυπικό φάσμα  $^{55}Fe$  σε γραμμική και λογαριθμική κλίμακα.

<sup>1</sup><http://www.amptek.com/mcasoft.html>



(α) Γραμμική Κλίμακα

(β) Λογαριθμική Κλίμακα

Σχήμα 5.5: Τυπικό φάσμα πηγής <sup>55</sup>Fe με χρήση του ADMCA της Amptek

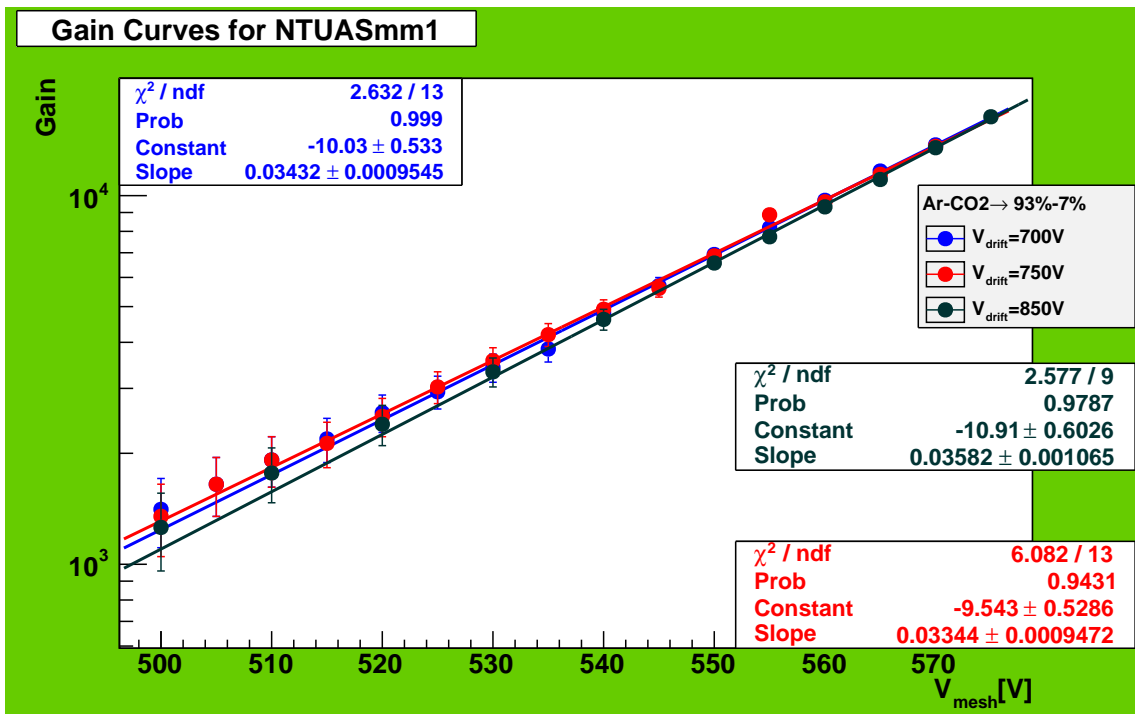
### 5.1.2 Υπολογισμός καμπύλων ενίσχυσης

Το επόμενο βήμα είναι να προσδιοριστούν οι καμπύλες ενίσχυσης του αερίου. Αυτές υπολογίζονται εύκολα αν για συγκεκριμένη τάση στην κάθοδο(drift) μεταβληθεί η τάση στο μικροπλέγμα. Οι σειρά των εν λόγω μετρήσεων φαίνεται στον πίνακα 5.3.

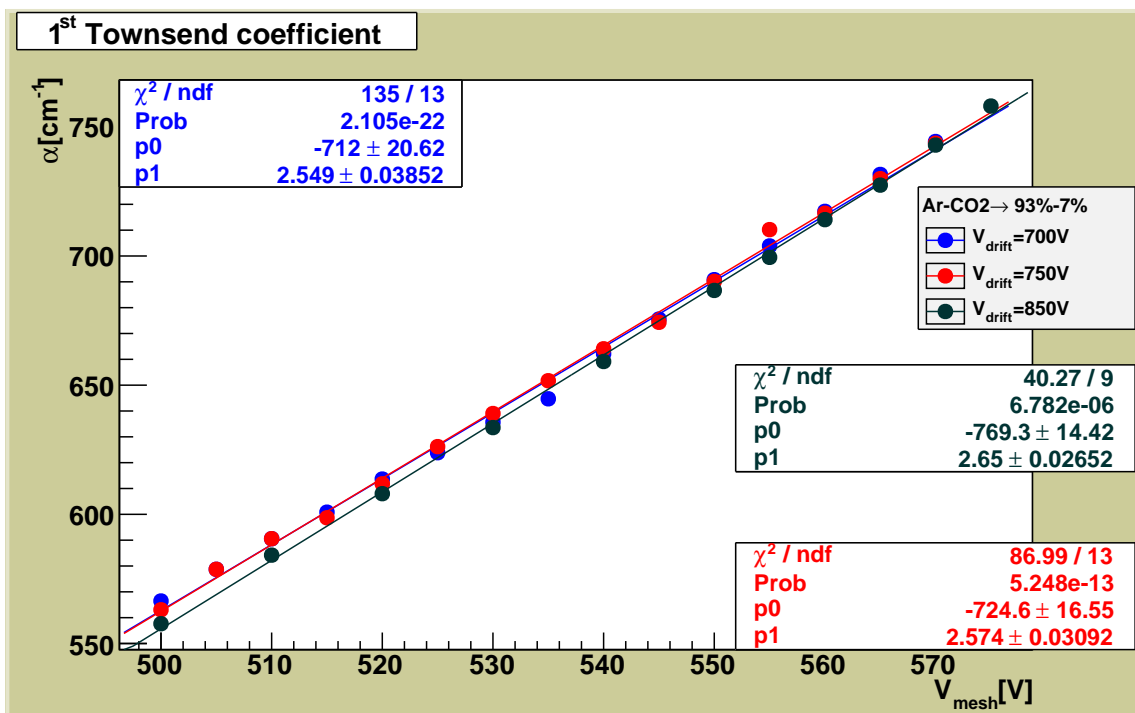
$V_{mesh}$ (V)	$V_{drift} = 700 V$		$V_{drift} = 750 V$		$V_{drift} = 850 V$	
	Mean	Gain ( $10^3$ )	Mean	Gain ( $10^3$ )	Mean	Gain ( $10^3$ )
500	47	1.41	45	1.35	42	1.26
505	55	1.65	55	1.65	—	—
510	64	1.92	64	1.92	59	1.77
515	73	2.19	71	2.13	—	—
520	86	2.58	84	2.52	80	2.40
525	98	2.94	101	3.03	—	—
530	114	3.42	119	3.57	111	3.33
535	128	3.84	140	4.20	—	—
540	160	4.80	164	4.92	154	4.62
545	190	5.70	187	5.61	—	—
550	231	6.92	229	6.86	219	6.56
555	273	8.18	269	8.87	258	7.73
560	324	9.71	321	9.62	311	9.32
565	389	11.7	381	11.4	369	11.1
570	458	13.7	454	13.6	450	13.5
575	—	—	—	—	546	16.4

Πίνακας 5.3: Αποτελέσματα μετρήσεων για τον προσδιορισμό των καμπύλων ενίσχυσης

Στην εικόνα 5.6 φαίνονται οι καμπύλες ενίσχυσης για αέριο μείγμα  $Ar - CO_2 \rightarrow 93\% - 7\%$  για διάφορα πεδία ολίσθησης. Στην εικόνα 5.7 φαίνεται η εξάρτηση του συντελεστή townsend(ενοτ. 3.5). Ο υπολογισμός του έγινε χρησιμοποιώντας την σχέση 3.18 για δεδομένες τιμές της ενίσχυσης του αερίου ( $G$ ) και για  $x = 128 \mu m$ .



Σχήμα 5.6: Καμπύλες ενίσχυσης του  $NTUASmm1$  για αέριο  $Ar - CO_2 \rightarrow 93\% - 7\%$



Σχήμα 5.7: Πρώτος συντελεστής Townsend για αέριο  $Ar - CO_2 \rightarrow 93\% - 7\%$



Στο σχήμα 5.6 φαίνεται η εκθετική συμπεριφορά που παρουσιάζει η ενίσχυση ενός αερίου. Εξαιτίας αυτής, είναι πολύ σημαντικό να γνωρίζουμε ποια είναι τα όρια λειτουργίας του ανιχνευτή, καθώς μια μικρή αύξηση στο πεδίο πολλαπλασιασμού μπορεί να επιφέρει μη αντιστρεπτά αποτελέσματα ακόμα και καταστροφή του.

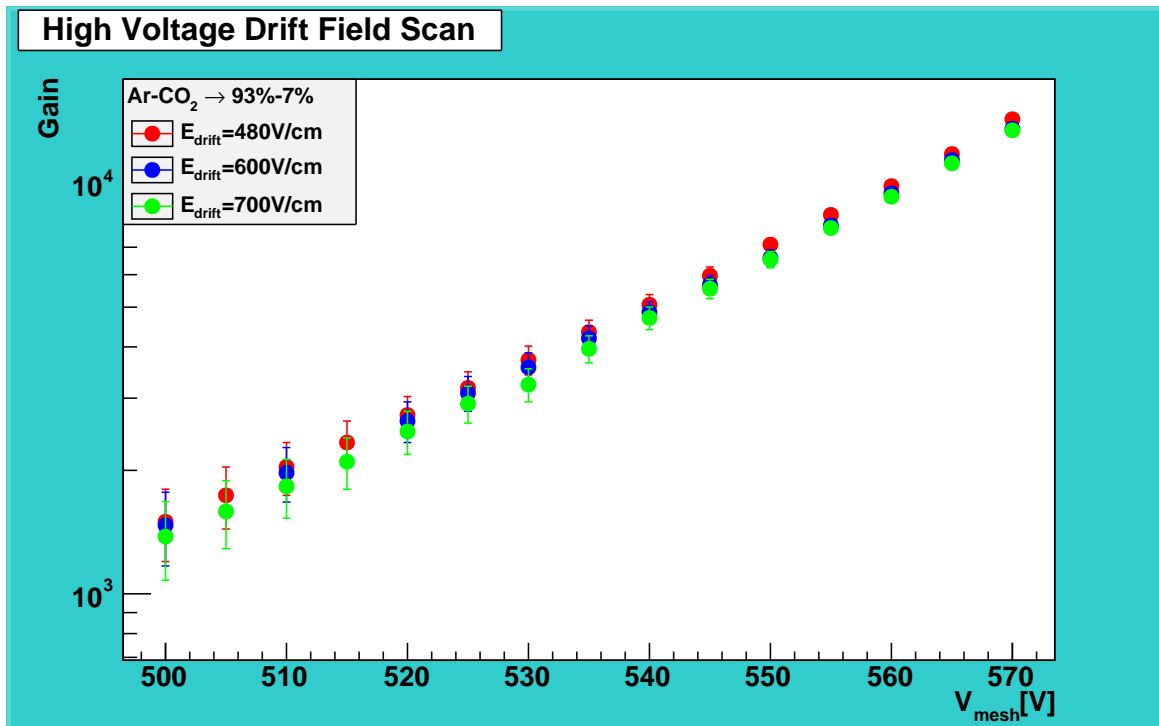
### 5.1.3 High Voltage Scan

Το επόμενο στάδιο είναι να προσδιοριστεί η βέλτιστη διαφορά δυναμικού μεταξύ καθόδου και μικροπλέγματος. Αυτό γίνεται αν για σταθερό πεδίο ολίσθησης μεταβάλλουμε το πεδίο πολλαπλασιασμού. Στον πίνακα 5.4 φαίνονται οι παραπάνω μετρήσεις.

$V_{mesh}$ (V)	$E_{drift} = 600 \text{ V/cm}$		$E_{drift} = 480 \text{ V/cm}$		$E_{drift} = 700 \text{ V/cm}$	
	Mean	Gain ( $10^3$ )	Mean	Gain ( $10^3$ )	Mean	Gain ( $10^3$ )
500	49	1.47	50	1.50	46	1.38
505	—	—	58	1.74	53	1.59
510	66	1.97	68	2.04	61	1.83
515	—	—	78	2.34	70	2.10
520	88	2.64	91	2.73	83	2.49
525	103	3.09	106	3.18	97	2.91
530	119	3.57	124	3.72	108	3.24
535	140	4.20	145	4.35	132	3.96
540	162	4.86	169	5.07	157	4.71
545	189	5.67	199	5.97	185	5.55
550	220	6.59	237	7.10	218	6.53
555	264	7.91	280	8.39	260	7.79
560	316	9.47	329	9.86	310	9.29
565	381	11.4	394	11.8	374	11.2
570	454	13.6	479	14.4	450	13.5

Πίνακας 5.4: Αποτελέσματα μετρήσεων για τον προσδιορισμό των καμπύλων ενίσχυσης

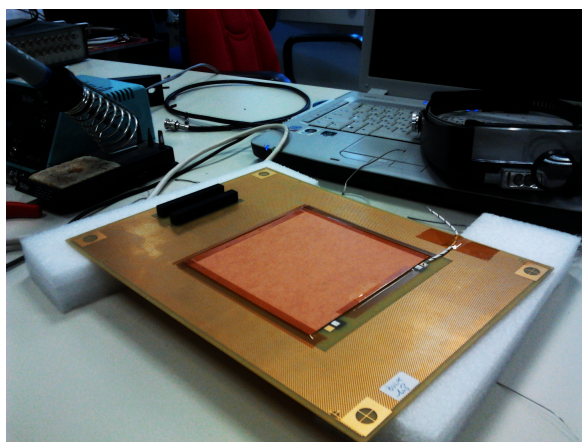
Στην εικόνα 5.8 φαίνεται το high voltage scan για τον ανιχνευτή *NTUASmm1*. Η βέλτιστη διαφορά δυναμικού για το  $Ar - CO_2 \rightarrow 93\% - 7\%$  είναι  $300 \text{ V}$ . Στην περίπτωση που το μήκος του πεδίου ολίσθησης είναι  $0.5 \text{ cm}$  αυτή η διαφορά δυναμικού μπορεί εύκολα να μετατραπεί σε πεδίο ολίσθησης, το οποίο θα ισούται με  $600 \text{ V/cm}$ . Στην εικόνα 5.8 φαίνεται πως η βέλτιστη διαφορά δυναμικού είναι τα  $240 \text{ V}$ . Αν συνεκτιμηθεί η μικρή περιοχή βέλτιστης transparency (εικ. 5.3) και το γεγονός ότι η στάθμη του αερίου ήταν ιδιαίτερα χαμηλή την περίοδο των μετρήσεων, τότε δικαιολογείται αυτή η απόκλιση.



Σχήμα 5.8: High Voltage Scan για τον ανιχνευτή *NTUASmm1*

## 5.2 Ο ανιχνευτής NTUASmm3

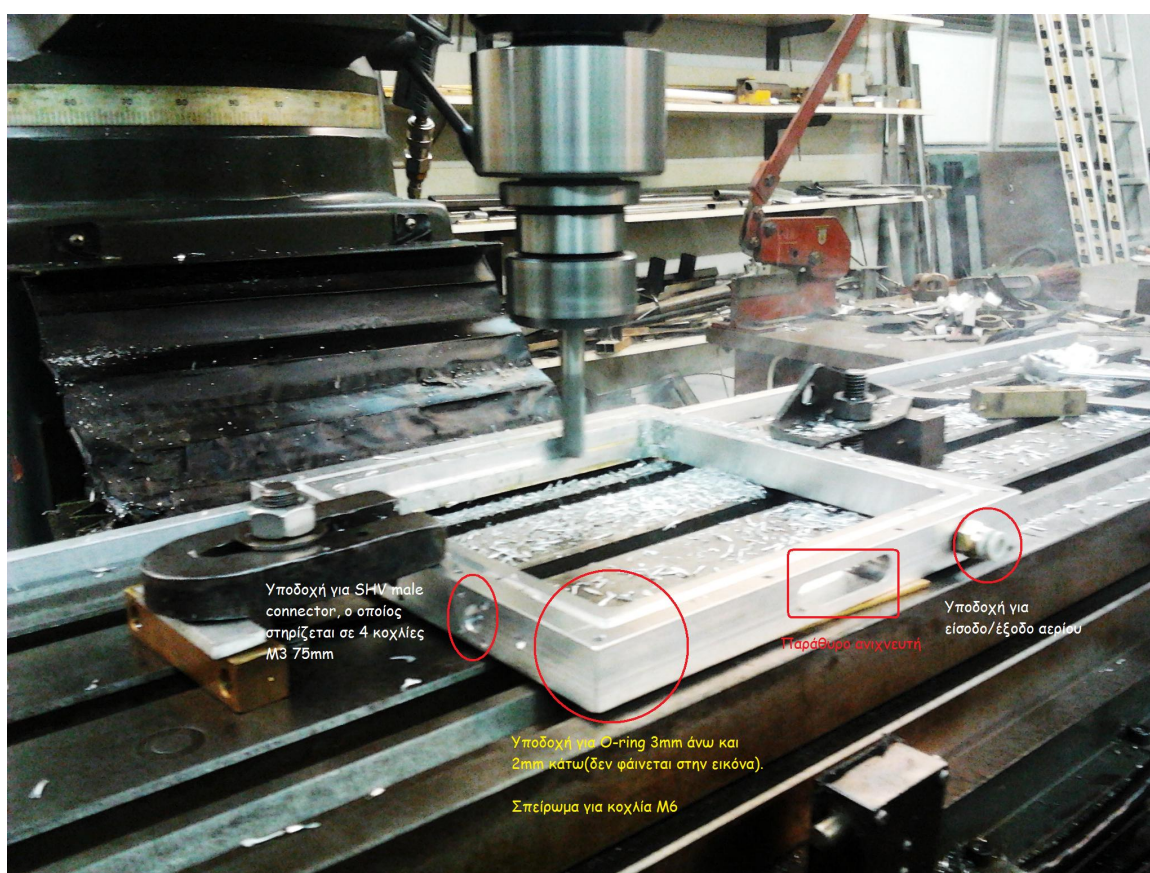
Ο ανιχνευτής NTUASmm3(εικ. 5.9) είναι το καινούριο απόκτημα του Εργαστηρίου Πειραματικής Φυσικής Υψηλών Ενεργειών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Είναι ένας bulk MicroMEGAS για την χρησιμοποίηση του οποίου έπρεπε να κατασκευαστεί ο θάλαμος ο οποίος θα τον φιλοξενήσει και να τοποθετηθούν οι κατάλληλες αντιστάσεις για την ανάγνωση του σήματος από την άνοδο μαζί με τους οι απαραίτητους υποδοχείς για την σύνδεση της ανόδου με τα ηλεκτρονικά ανάγνωσης του σήματος.



Σχήμα 5.9: Ο ανιχνευτής *NTUASmm3* στον οποίο έχουν τοποθετηθεί οι μαύροι connectors για την ανάγνωση του σήματος

### 5.2.1 Κατασκευή του θαλάμου

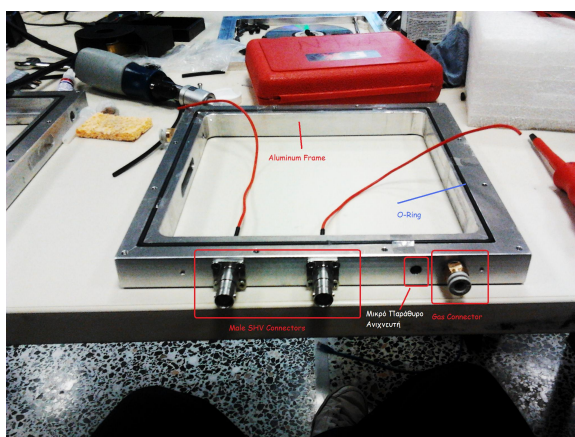
Για την κατασκευή του θαλάμου(εικ. 5.10) που φιλοξενεί τον *NTUASmm3* χρησιμοποιήθηκε ένα πλαίσιο αλουμινίου, το οποίο αρχικά λόγω κατασκευαστικού λάθους είχε κριθεί ανεπαρκές για τέτοιες κατασκευές. Η όλη ιδέα λοιπόν, ήταν να σμιλευτεί και να διορθωθεί ώστε να αποφευχθεί η αγορά καινούριου υλικού. Το πλαίσιο αυτό κατασκευάστηκε στο μηχανουργείο του Τομέα Φυσικής του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Διαθέτει υποδοχές για την τοποθέτηση connectors υψηλής τάσης και βαλβίδων για την είσοδο και έξοδο του αερίου, σπειρώματα 12 M6 περιμετρικά στην άνω πλευρά, 8 M6 στην κάτω πλευρά και υποδοχή για κυλινδρική φλάντζα στεγανοποίησης(O-Ring) διαμέτρου 3mm στην άνω πλευρά και 2mm στην κάτω. Τέλος έχει προβλεφθεί η προσθήκη δύο οπών οι οποίες μπορούν να χρησιμεύσουν σαν παράθυρο του ανιχνευτή.



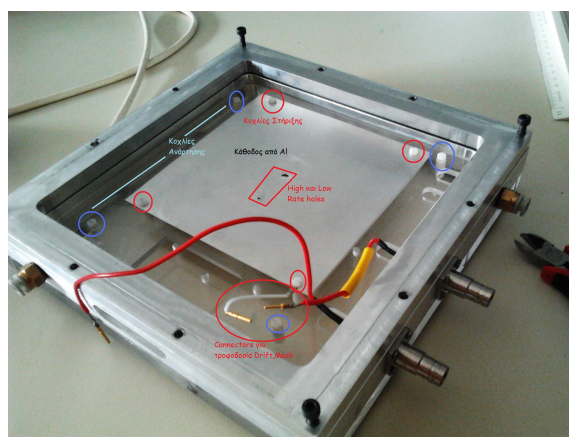
Σχήμα 5.10: Κατασκευή του πλαισίου αλουμινίου για τον ανιχνευτή *NTUASmm3*

Μετά την κατασκευή του πλαισίου και την τοποθέτηση των απαραίτητων υποδοχέων(υψηλής τάσης, αερίου) έπρεπε να τοποθετηθούν οι μεταλλικοί αγωγοί οι οποίοι θα τροφοδοτούν την κάθοδο και το μικροπλέγμα(εικ. 5.11(α)). Για αυτήν την σύνδεση χρησιμοποιήθηκε πολύκλωνο καλώδιο χαλκού διαμέτρου 1mm το οποίο συγκολλήθηκε στους αρσενικούς υποδοχείς υψηλής τάσης(Safe High Voltage Connectors). Στην ελεύθερη άκρη του καλωδίου συγκολλήθηκε αρσενικός connector στην τροφοδοσία της καθόδου και θηλυκός στην τροφοδοσία του μικροπλέγματος(εικ. 5.11(β)). Επιλέχθηκαν υποδοχές για την εύκολη αποσυναρμολόγηση του ανιχνευτή από τον θάλαμο σε περίπτωση εκ νέου χρήσης του θαλάμου για άλλον ανιχνευτή. Το

επόμενο βήμα ήταν να κατασκευαστεί η κάθοδος καθώς και ένας μηχανισμός που θα την στηρίζει. Για την κάθοδο χρησιμοποιήθηκε αλουμίνιο πάχους  $0.5\text{mm}$  διαστάσεων  $11\text{cm} \times 11\text{cm}$  στο οποίο κατασκευάστηκαν δύο οπές για να αποφευχθεί η απορρόφηση των ακτίνων- $x$  του  $^{55}\text{Fe}$  από το αλουμίνιο. Δημιουργήθηκαν δύο οπές: μια διαμέτρου  $3\text{mm}$  και μια δεύτερη διαμέτρου  $1\text{mm}$  για να υπάρχει δυνατότητα τεχνητής μείωσης του rate της εκάστοτε πηγής. Η κάθοδος έχει κοχλιωθεί σε ένα πλαίσιο από plexiglass το οποίο σχεδιάστηκε για να μπορεί να φιλοξενήσει διάφορες κατασκευές καθόδων. Οι κοχλίες που χρησιμοποιήθηκαν είναι  $M3 \times 10$ , φτιαγμένοι από polyamide. Το plexiglass αναρτάται μέσω 4 κοχλιών ( $M3 \times 20$  από polyamide), από ένα κάλυμμα πάχους  $7\text{mm}$  και διαστάσεων  $22\text{mm} \times 22\text{mm}$  από plexiglass. Η ανάρτηση ολοκληρώνεται χρησιμοποιώντας αποστάτες από polyamide  $M3 \times 15$ . Με τον τρόπο αυτόν δίδεται η δυνατότητα μεταβολής της απόστασης μεταξύ καθόδου και μικροπλέγματος μέσω της ρύθμισης των 4 κοχλιών ανάρτησης.



(α) Ολοκληρωμένο frame



(β) Ολοκληρωμένος chamber

Σχήμα 5.11: Πλαίσιο αλουμινίου και τοποθέτηση καθόδου σε αυτό

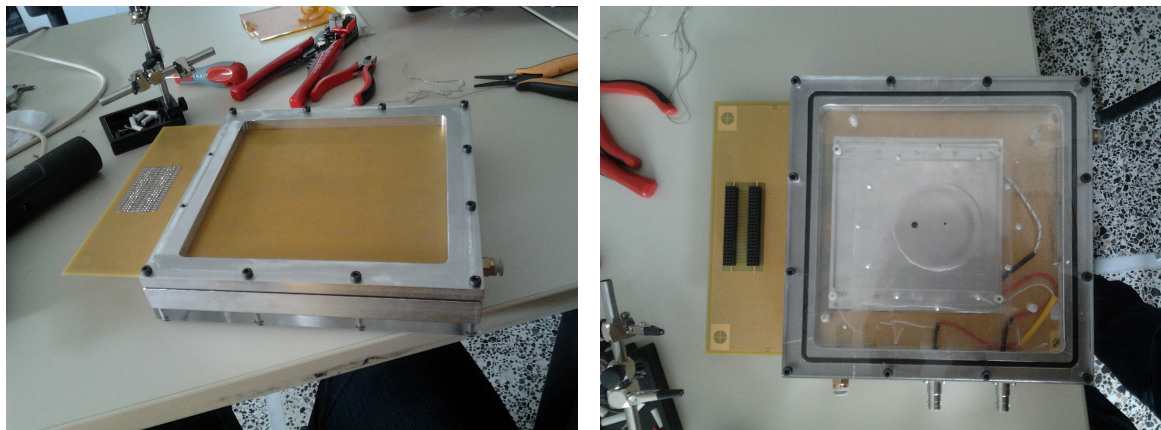
(α) Ο ανιχνευτής  $NTUASmm3$  στην PCB

(β) Συγκόλληση αντιστάσεων SMD

Σχήμα 5.12: Προετοιμασία του ανιχνευτή  $NTUASmm3$  για ανάγνωση σήματος

Στην συνέχεια της συναρμολόγησης του ανιχνευτή, συγκολλήθηκαν 96 αντιστάσεις  $1M\Omega$  τεχνολογίας SMD στην άνοδο για την ανάγνωση του σήματος(εικ. 5.12(β)). Τα επιμέρους τμήματα

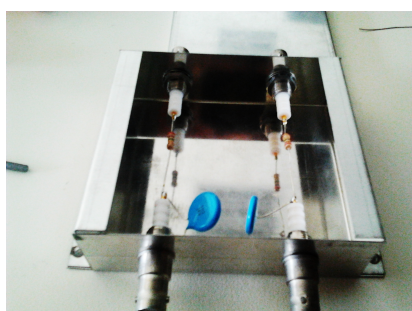
καθαρίστηκαν και συναρμολογήθηκαν καθιστώντας τον ανιχνευτή αρχικά έτοιμο για δοκιμή και στην συνέχεια για μετρήσεις.



(α) Κάτω όψη του ανιχνευτή NTUASmm3

(β) Άνω όψη του ανιχνευτή NTUASmm3

Σχήμα 5.13: Ο ανιχνευτής NTUASmm3

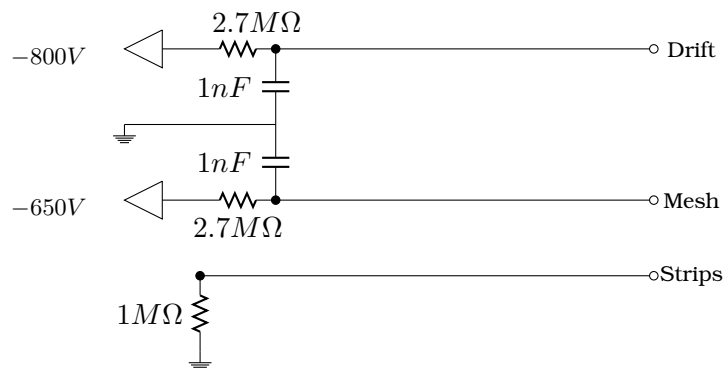



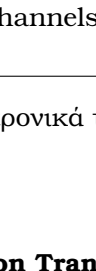

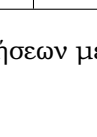
Σχήμα 5.14: Χαμηλοπερατό Φίλτρο

Παράλληλα κατασκευάστηκε ένα φίλτρο αποκοπής υψηλών συχνοτήτων με συχνότητα αποκοπής  $f_c = 5.9 kHz$ . Για την κατασκευή του παραπάνω φίλτρου(εικ. 6.13) χρησιμοποιήθηκε μια αντίσταση  $2.7M\Omega$ , ( $1/2W$ ) και ένας κεραμικός πυκνωτής με χωρητικότητα  $10nF$  ( $3kV$ ). Το φίλτρο παρεμβάλλεται μεταξύ του τροφοδοτικού υψηλής τάσης και του ανιχνευτή.

### 5.2.2 Μετρήσεις με τον ανιχνευτή NTUASmm3

Κατά την διάρκεια των πειραματικών μετρήσεων με τον ανιχνευτή NTUASmm3, χρησιμοποιήθηκε αέριο μείγμα  $Ar - CO_2 \rightarrow 70\% - 30\%$ , διότι το αποδοτικότερο  $Ar - CO_2 \rightarrow 93\% - 7\%$  είχε καταναλωθεί. Η χρήση αυτού του αερίου υπήρξε η αφορμή για να δοκιμαστεί ο ανιχνευτής σε περιβάλλον μεγάλου ιονισμού. Η μεγαλύτερη κατ' όγκο ποσότητα  $CO_2$  θα κατευνάσει εν μέρει τον ιονισμό, αλλά θα προφυλάξει τον ανιχνευτή από την δημιουργία ηλεκτρικών εκκενώσεων. Για να δημιουργηθεί ένα περιβάλλον με μεγάλο ιονισμό χρησιμοποιήθηκε πηγή σωματιδίων- $\alpha$  ( $^{210}Po$ ) μαζί με την συνηθισμένη πηγή σιδήρου ( $^{55}Fe$ ). Τα ηλεκτρονικά που χρησιμοποιήθηκαν για τις μετρήσεις με τον υπό μελέτη ανιχνευτή φαίνονται στον πίνακα 5.5. Στην εικόνα 5.15 φαίνεται η συνδεσμολογία που χρησιμοποιήθηκε.

Figure 5.15: Συνδεσμολογία για τον *NTU ASmm3*

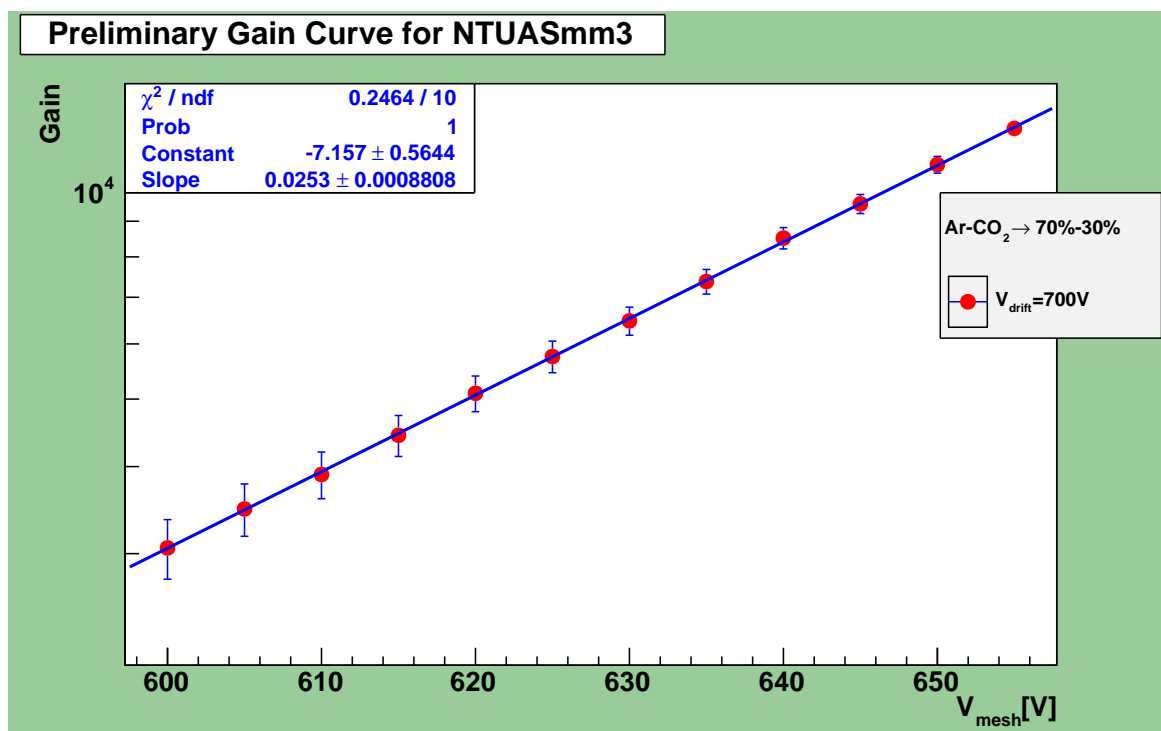
NIM Module	Χρήσιμα Χαρακτηριστικά	Εικόνα	URL
PSU CAEN N1470	4 channels +/- Output Polarity		<a href="#">N1470</a>
Pre-Amp CAEN A1422	4 Sensitivity $5mV/MeV Si$		<a href="#">A1422</a>
Amplifier Ortec 672	shaping time= $0.5\mu s$ fine gain= 0.5 coarse gain= 10 gain= 5		<a href="#">672</a>
MCA AmpTek 8000A	range= 10V # channels= 1024		<a href="#">MCA</a>

Πίνακας 5.5: Τα ηλεκτρονικά των μετρήσεων με τον *NTU ASmm3*

### 5.2.2.1 Υπολογισμός της Electron Transparency

Αρχικά, επειδή πρόκειται για έναν καινούριο ανιχνευτή, πρέπει να καθοριστεί αν είναι λειτουργικός. Αυτό θα ελεγχθεί παίρνοντας μια καμπύλη ενίσχυσης με πηγή σιδήρου. Οι εν λόγω μετρήσεις ελέγχου φαίνονται στον πίνακα 5.6. Η προκαταρκτική καμπύλη της ενίσχυσης του αερίου φαίνεται στην εικόνα 5.16, η οποία έχει την αναμενόμενη εκθετική συμπεριφορά. Να σημειωθεί πως για αυτόν τον έλεγχο χρησιμοποιήθηκε ο προενισχυτής της Ortec για να μειωθούν οι εξωτερικές παράμετροι του συστήματος, αφού ο εν λόγω προενισχυτής έχει χρησιμοποιηθεί σε προηγούμενες μετρήσεις οπότε έχει γνωστή συμπεριφορά. Άρα σε αυτήν την περίπτωση η ενίσχυση υπολογίζεται από την εξίσωση 5.1.

$$Gain \approx 30 \cdot (\text{centroid})$$

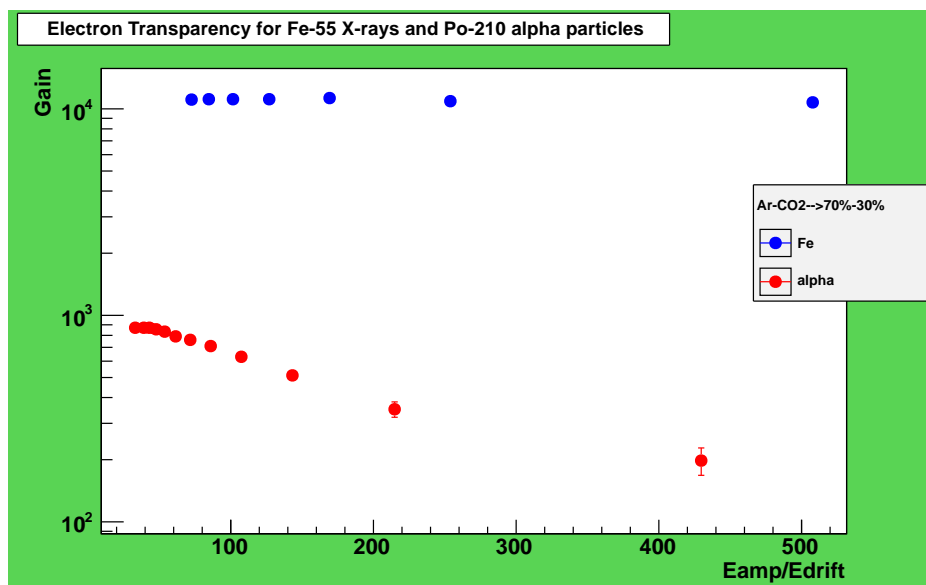
Σχήμα 5.16: Η καμπύλη ενίσχυσης για τον *NTUASmm3*

V <sub>mesh</sub> (V)	Centroid	Gain (10 <sup>3</sup> )
600	51	3.06
605	58	3.48
610	65	3.90
615	74	4.44
620	85	5.10
625	96	5.76
630	108	6.48
635	123	7.37
640	142	8.51
645	159	9.53
650	181	10.9
655	204	12.2

Πίνακας 5.6: Αποτελέσματα μετρήσεων για τον προσδιορισμό των καμπύλων ενίσχυσης

Αφού επιβεβαιώθηκε η σωστή λειτουργία του νέου ανιχνευτή, συνέχεια έχει ο προσδιορισμός των καμπύλων της electron transparency για τις δύο πηγές. Η σειρά των μετρήσεων φαίνεται στον πίνακα 5.8, όπου παρατηρείται(εικ. 5.17) ότι στην περίπτωση του σιδήρου βρισκόμαστε στο πλατώ της transparency. Στην περίπτωση των σωματιδίων- $\alpha$  όμως φαίνεται πως το πλατώ αυτό είναι μικρό ενώ παράλληλα η επανασύνδεση είναι κυρίαρχη. Μία πιθανή εξήγηση έχει να

κάνει με το γεγονός πως στην περίπτωση των σωματιδίων- $\alpha$  ο ιονισμός που προκαλείται είναι μεγάλος. Αυτό σημαίνει πως μεγάλες ομάδες ηλεκτρονίων θα κινούνται προς το μικροπλέγμα, επηρεαζόμενες όχι μόνο από το πεδίο ολίσθησης αλλά και από τις μεταξύ τους απώσεις, οι οποίες ενισχύουν την εγκάρσια διάχυση γεγονός που αυξάνει την πιθανότητα επανασύνδεσης, αφού η ολική ταχύτητα διάχυσης  $v_d$  θα μειωθεί<sup>2</sup> λόγω της αύξησης της εγκάρσιας συνιστώσας.



Σχήμα 5.17: Καμπύλη της electron transparency για τον *NTUASmm3*

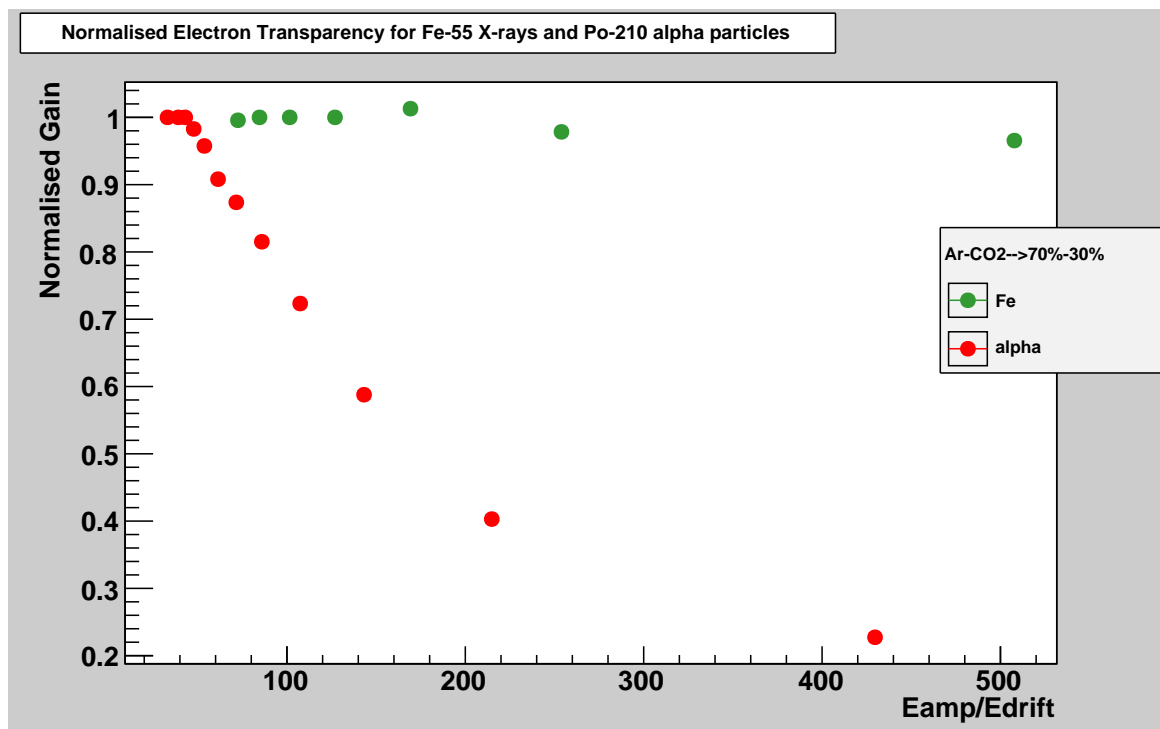
$^{210}\text{Po}/V_{\text{mesh}} = 550\text{V}$			$^{55}\text{Fe}/V_{\text{mesh}} = 650\text{V}$		
$V_{\text{drift}}$ (V)	Centroid	Gain	$V_{\text{drift}}$ (V)	Centroid	Gain ( $10^3$ )
600	27	198	700	224	10.8
650	48	351	750	227	10.9
700	70	512	800	235	11.3
750	86	630	850	232	11.1
800	97	710	900	232	11.1
850	104	761	950	232	11.1
900	108	791	1000	231	11.1
950	114	834	—	—	—
1000	117	856	—	—	—
1050	119	871	—	—	—
1100	119	871	—	—	—
1200	119	871	—	—	—

Πίνακας 5.7: Αποτελέσματα μετρήσεων για τον προσδιορισμό της electron transparency

<sup>2</sup> $\vec{v}_d = v_{\text{long}} + \vec{v}_{tr}$



Για να επιβεβαιωθεί ή να απορριφθεί ο προηγούμενος συλλογισμός, υπολογίστηκαν οι κανονικοποιημένες καμπύλες της transparency (εικ. 5.18) στις οποίες φαίνεται πως η συμπεριφορά είναι εκείνη η οποία περιγράφηκε προηγούμενα, γεγονός που ενισχύει τον παραπάνω συλλογισμό.



Σχήμα 5.18: Κανονικοποιημένη καμπύλη της electron transparency για τον *NTUASmm3*

Ο υπολογισμός της ενίσχυσης έγινε από τον τύπο 4.9 αντικαθιστώντας τις σωστές παραμέτρους. Στην περίπτωση του σιδήρου είναι εύκολο:

- range= 10 V (πιν. 5.5)
- # channels= 1024 (πιν. 5.5)
- $W_{pair}^{Ar} = 26 eV$  (πιν. 3.1)
- $E_{particle} = 5.9 keV$
- gain= 5 (πιν. 5.5)
- $X = 5 mV$  (πιν. 5.5)
- $E_{cg}^{Si} = 3.62 [6]$

Συνεπώς η 4.9 θα δώσει ότι:

$$Gain^{Fe} \approx 48 \cdot centroid \quad (5.4)$$

Η περίπτωση των  $\alpha$  χρήζει μεγαλύτερης προσοχής. Τα σωματίδια- $\alpha$  του  $^{210}Po$  έχουν ενέργεια  $5.4 MeV [20]$ . Χρησιμοποιώντας την βάση δεδομένων *astar*<sup>3</sup>, βρέθηκε πως η απώλεια ενέργειας στο αργό είναι

<sup>3</sup><http://physics.nist.gov/PhysRefData/Star/Text/ASTAR.html>

$$\frac{dE}{dx} = 5.073 \times 10^2 \text{ MeV cm}^2/\text{gr} \quad (5.5)$$

Γνωρίζοντας ότι η πυκνότητα του αργού είναι  $\rho = 1.5 \text{ kg/m}^3 = 1.5 \times 10^{-3} \text{ gr/cm}^3$  και πως η περιοχή ολίσθησης  $x = 0.5 \text{ cm}$  είναι δυνατός ο υπολογισμός της ενέργειας που θα εναποτεθεί στον ανιχνευτή

$$\Delta E = \int_0^x \frac{dE}{dx} dx \approx \frac{dE}{dx} x = 5.073 \times 10^2 \text{ MeV} \frac{\text{cm}^2}{\text{gr}} \cdot 1.5 \times 10^{-3} \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} 0.5 \text{ cm} \cong 400 \text{ keV} \quad (5.6)$$

Αντικαθιστώντας τις σωστές παράμετρος στην εξίσωση 4.9 θα προκύψει ότι ο υπολογισμός της ενίσχυσης για τα σωματίδια- $\alpha$  θα είναι

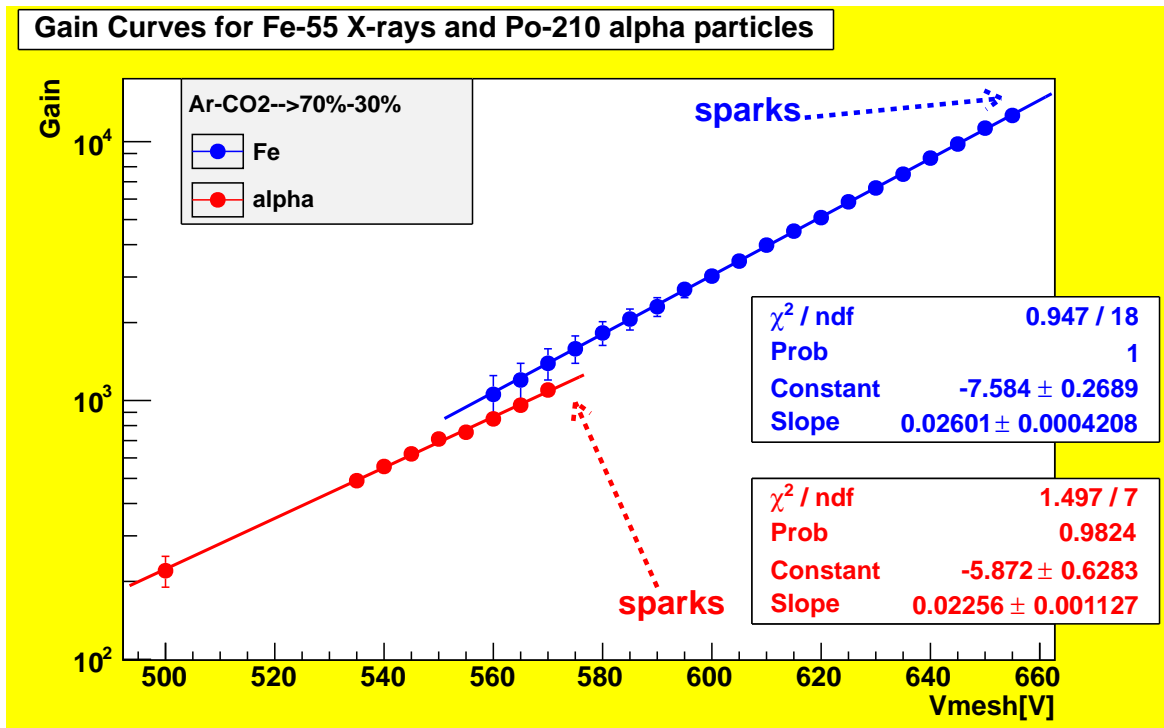
$$\text{Gain}^{Po} \approx 7.32 \cdot \text{centroid} \quad (5.7)$$

### 5.2.2.2 Υπολογισμός καμπύλων ενίσχυσης

Στην προηγούμενη παράγραφο, φάνηκε πως η τάση για την κάθοδο επηρεάζει τις μετρήσεις μόνο για την πηγή  $^{210}\text{Po}$ . Συνεπώς θα επιλεγεί σαν  $V_{drift}$  η τάση για την οποία υπάρχει μέγιστη transparency, η οποία είναι  $V_{drift} = 800 \text{ V}$ . Κρατώντας λοιπόν σταθερή αυτήν την τάση και μεταβάλλοντας την τάση στο μικροπλέγμα θα προκύψουν οι καμπύλες ενίσχυσης(εικ. 5.19) του αερίου.

Ιδανικά θα περίμενε κανείς πως οι δύο καμπύλες θα συνέπιπταν διότι η ενίσχυση σε έναν ανιχνευτή εξαρτάται προφανώς από τον ίδιο τον ανιχνευτή, αλλά ουσιαστικά είναι ιδιότητα του αερίου. Σε καμία περίπτωση δεν εξαρτάται από την ακτινοβολία! Στην εικόνα 5.19 θα περίμενε κανείς πως η μία καμπύλη θα ήταν συνέχεια της άλλης. Κάτι τέτοιο δεν παρατηρείται επακριβώς καθώς υπάρχει μικρή απόκλιση, εντός των πειραματικών σφαλμάτων. Αυτή οφείλεται στο γεγονός ότι λόγω της «τραυματισμένης» πηγής σιδήρου<sup>4</sup> έπρεπε η πηγή να ακουμπά στην κάθοδο. Για να επιτευχθεί αυτό, ήταν απαραίτητο να γινόταν αποσυναρμολόγηση του ανιχνευτή, διαδικασία που εισάγει μεγάλο σφάλμα καθώς απαιτείται αρκετός χρόνος μέχρι το γέμισμα του θαλάμου και την πλήρη απομάκρυνση του ατμοσφαιρικού αέρα μέσα από αυτόν.

<sup>4</sup>Η πηγή σιδήρου είναι μια ραδιενεργή σκόνη, καλυμμένη από ένα φύλλο αλουμινίου. Κατά την διάρκεια των πειραμάτων το φύλλο αυτό αποκολλήθηκε με αποτέλεσμα να διαρεύσει η ραδιενεργός σκόνη. Για την προστασία λοιπόν των εκάστοτε πειραματιστών, η πηγή τοποθετήθηκε σε ένα πλαστικό φάκελο, ο οποίος απορροφούσε ένα μεγάλο μέρος των εξερχόμενων από την πηγή φωτονίων.



Σχήμα 5.19: Καμπύλες ενίσχυσης για το αέριο  $Ar - CO_2 \rightarrow 70\% - 30\%$  από τον ανιχνευτή  $NTUASmm3$

<sup>210</sup> Po/ $V_{\text{drift}} = 800V$			<sup>55</sup> Fe/ $V_{\text{drift}} = 800V$		
$V_{\text{mesh}}$ (V)	Centroid	Gain	$V_{\text{mesh}}$ (V)	Centroid	Gain (10 <sup>3</sup> )
500	30	220	560	22	1.06
535	67	490	565	25	1.20
540	76	556	570	29	1.39
545	85	622	575	33	1.58
550	97	710	580	38	1.82
555	103	754	585	43	2.06
560	116	849	590	48	2.30
565	131	959	595	56	2.69
570	150	1098	600	63	3.02
—	—	—	605	72	3.46
—	—	—	610	83	3.98
—	—	—	615	94	4.51
—	—	—	620	106	5.09
—	—	—	625	122	5.86
—	—	—	630	138	6.62
—	—	—	635	156	7.49
—	—	—	640	180	8.64
—	—	—	645	204	9.79
—	—	—	650	235	11.3
—	—	—	655	263	12.6

Πίνακας 5.8: Αποτελέσματα μετρήσεων για τον προσδιορισμό των καμπύλων ενίσχυσης

Σε αυτό το σημείο πρέπει να παρατηρηθεί κάτι εξαιρετικά σημαντικό. Οι τιμές της ενίσχυσης για την περίπτωση του σιδήρου είναι αρκετά μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες του πολωνίου. Αυτό αποτελεί μια επιβεβαίωση του ορίου Raether(σχ. 3.19). Η σχέση αυτή μπορεί να αναπτυχθεί περαιτέρω ως εξής:

$$Q = A_{max} \cdot n_0 < 10^6 - 10^7 \quad (5.8)$$

Η παράμετρος  $A_{max}$  είναι η μέγιστη ενίσχυση του αερίου και  $n_0$  ο αριθμός των πρωτογενών ηλεκτρονίων. Στην περίπτωση του σιδήρου  $n_0 = 225 = O(10^2)$  άρα η μέγιστη ενίσχυση θα είναι

$$A_{max} \approx \frac{Q}{n_0} = \frac{10^6}{10^2} = O(10^4)$$

γεγονός που επιβεβαιώνεται από τις πειραματικές μετρήσεις. Στην περίπτωση του πολωνίου  $n_0 = O(10^4)$  άρα η μέγιστη ενίσχυση θα είναι

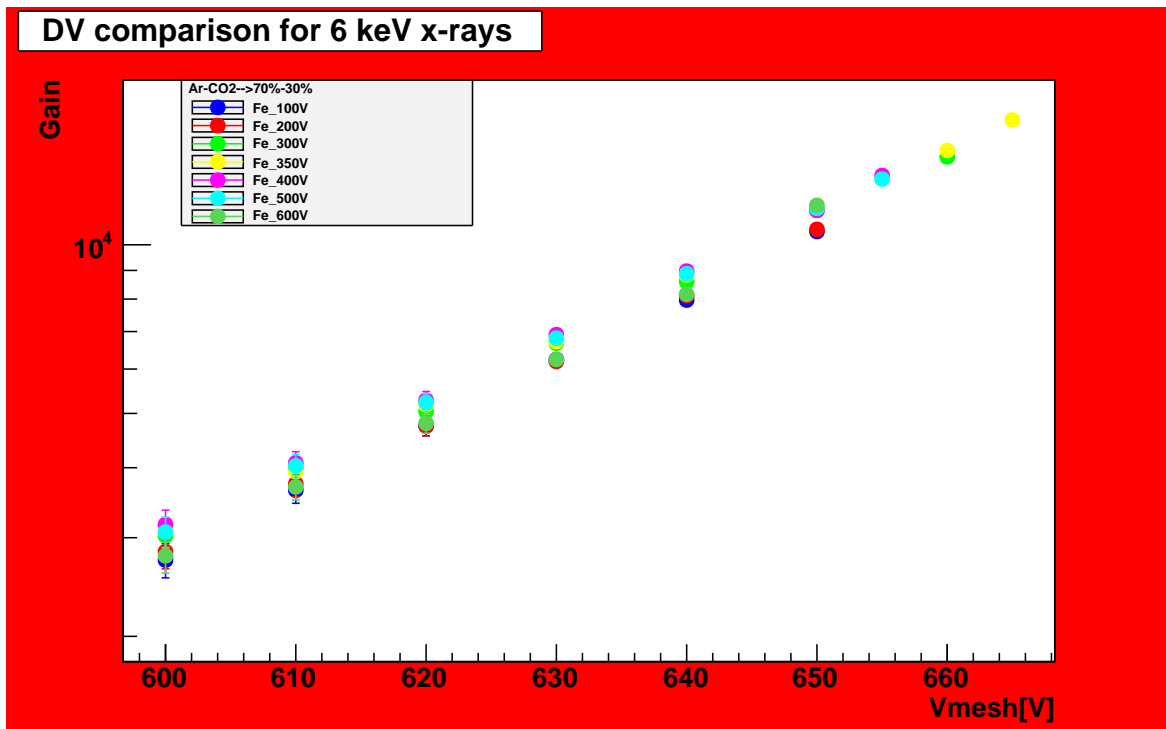
$$A_{max} \approx \frac{Q}{n_0} = \frac{10^6}{10^4} = O(10^2)$$

γεγονός που επιβεβαιώνεται από τις πειραματικές μετρήσεις και δικαιολογεί τις χαμηλές τιμές ενίσχυσης για την πηγή  $\alpha$ .

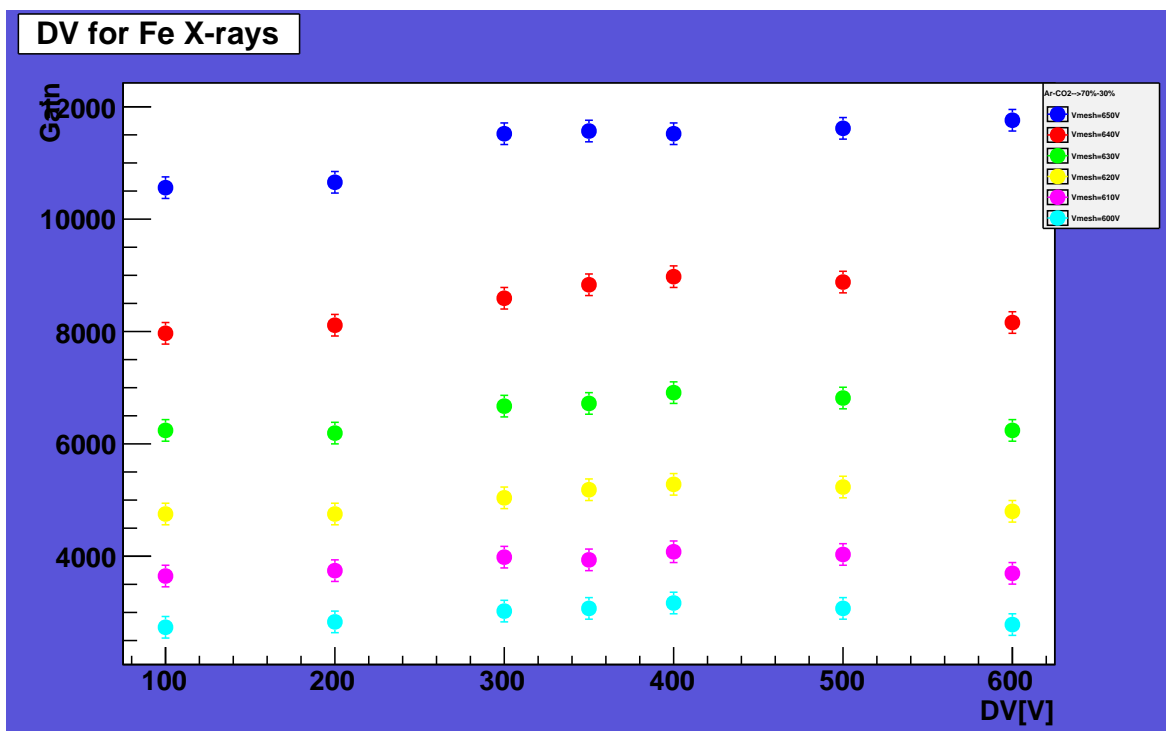
### 5.2.2.3 High Voltage Scan για τον ανιχνευτή NTUASmm3

Σειρά έχει το high voltage scan για τις δύο πηγές. Κατά την διάρκεια αυτού εξετάστηκαν αρκετές τιμές της διαφοράς δυναμικού μεταξύ καθόδου και μικροπλέγματος ώστε να υπάρχει μεγάλη εποπτεία του συστήματος. Στις εικόνες 5.20, 5.21 φαίνονται οι εν λόγω καμπύλες για την πηγή  $^{55}Fe$  ενώ στις 5.22, 5.23 οι αντίστοιχες για την πηγή  $^{210}Po$ .

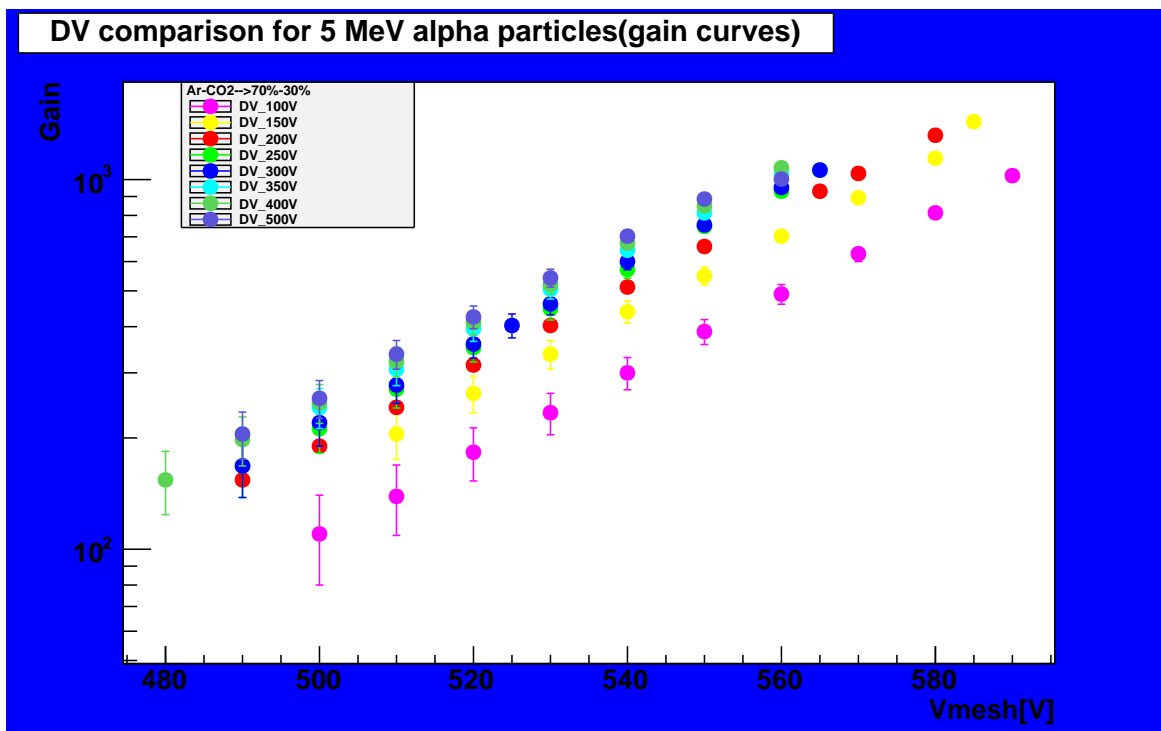
Στην καμπύλη 5.20 φαίνεται να υπερισχύει μια διαφορά δυναμικού μεταξύ 400 – 500V. Για να σχηματιστεί μια καθαρότερη εικόνα κατασκευάστηκαν οι «συμπληρωματικές» καμπύλες οι οποίες φαίνονται στην εικόνα 5.21. Σε αυτές διακρίνεται ένα πλατώ μεταξύ 300 – 400V, αν και δεν φαίνεται να υπάρχει σημαντική διαφορά μεταξύ των διαφορετικών διαφορών δυναμικού. Στην περίπτωση των  $\alpha$  όμως φαίνεται αρχικά (εικ. 5.22) πως η συνεχής αύξηση της διαφοράς δυναμικού επάγει αύξηση της ενίσχυσης του αερίου. Για να σχηματιστεί μια περισσότερο ολοκληρωμένη εικόνα για την παρατηρούμενη συμπεριφορά κατασκευάστηκαν οι καμπύλες της εικόνας 5.23. Σε αυτές φαίνεται χαρακτηριστικά πως για τις διάφορες τάσεις στο μικροπλέγμα η ενίσχυση του αερίου δείχνει να φτάνει σε ένα πλατώ με την αύξηση της διαφοράς δυναμικού. Αυτό εκλαμβάνεται ως το όριο Raether. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι στην περίπτωση του σιδήρου, καθ'όλη την σάρωση υψηλής τάσης, το σύστημα βρίσκεται πρακτικά στο όριο Raether. Στην περίπτωση των σωματιδίων  $\alpha$  λόγω του μεγάλου αριθμού των πρωτογενών ηλεκτρονίων( $O(10^4)$ ) σε μικρά πεδία είναι κυρίαρχη η εγκάρσια διάχυση με αποτέλεσμα τις μικρές τιμές ενίσχυσης.



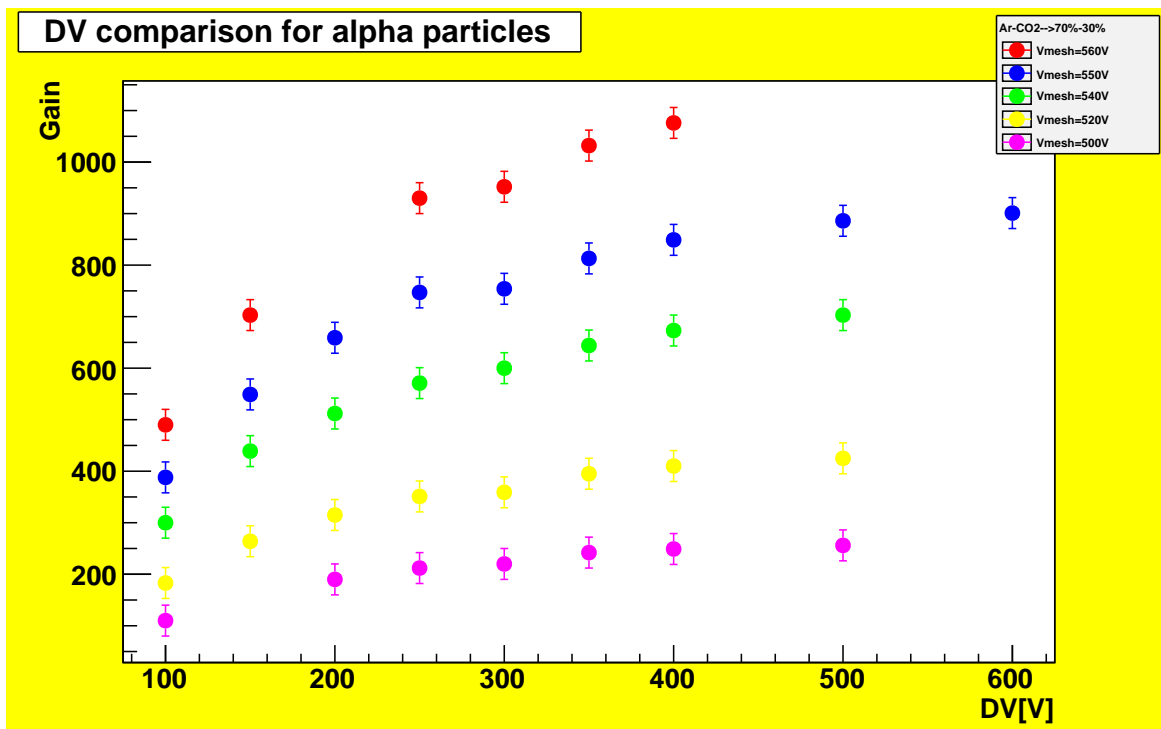
Σχήμα 5.20: High voltage scan με πηγή <sup>55</sup>Fe



Σχήμα 5.21: High voltage scan με πηγή <sup>55</sup>Fe



Σχήμα 5.22: High voltage scan με πηγή <sup>210</sup>Po



Σχήμα 5.23: High voltage scan με πηγή <sup>210</sup>Po

$^{210}\text{Po}$												
$V_m(V)$	$\Delta V = 100\text{ V}$		$\Delta V = 150\text{ V}$		$\Delta V = 200\text{ V}$		$\Delta V = 250\text{ V}$					
	Mean	Gain	Mean	Gain	Mean	Gain	Mean	Gain	Mean	Gain	Mean	Gain
490	–	–	–	–	21	154	23	168				
500	15	110	–	–	26	190	29	212				
510	19	139	28	205	33	242	37	271				
520	25	183	36	264	43	315	48	351				
530	32	234	46	337	55	403	61	447				
540	41	300	60	439	70	512	78	571				
550	53	388	75	549	90	659	102	747				
560	67	490	96	703	–	–	127	930				
565	–	–	–	–	127	930	145	1061				
570	86	630	122	893	142	1039	–	–				
580	111	813	156	1142	180	1318	–	–				
585	–	–	169	1435	–	–	–	–				
590	140	1025	–	–	–	–	–	–				

$V_m(V)$	$\Delta V = 300\text{ V}$		$\Delta V = 350\text{ V}$		$\Delta V = 400\text{ V}$		$\Delta V = 500\text{ V}$	
	Mean	Gain	Mean	Gain	Mean	Gain	Mean	Gain
480	–	–	–	–	21	154	–	–
490	23	168	–	–	27	198	28	205
500	–	–	33	242	34	249	35	256

Συνέχεια στην επόμενη σελίδα ...

Συνέχεια από προηγούμενη σελίδα ...									
510	38	278	42	307	44	322	46	337	
520	49	359	54	395	56	410	58	425	
525	55	403	—	—	—	—	—	—	
530	63	461	69	505	71	520	74	542	
540	82	600	88	644	92	673	96	703	
550	103	754	111	813	116	849	121	886	
560	130	952	141	1032	147	1076	—	—	
565	145	1061	—	—	—	—	137	1003	

Πίνακας 5.9: High Voltage Scan με την πηγή  $^{210}\text{Po}$



$^{55}\text{Fe}$									
$V_m(V)$	$\Delta V = 100\text{ V}$		$\Delta V = 200\text{ V}$		$\Delta V = 300\text{ V}$		$\Delta V = 350\text{ V}$		
	Mean	Gain	Mean	Gain	Mean	Gain	Mean	Gain	
600	57	2736	59	2832	63	3024	64	3072	
610	76	3648	78	3744	83	3984	82	3936	
620	99	4752	99	4752	105	5040	108	5184	
630	130	6240	129	6192	139	6672	140	6720	
640	166	7968	169	8112	179	8592	184	8832	
650	220	10560	222	10656	240	11520	241	11568	
660	—	—	—	—	299	14352	307	14736	
665	—	—	—	—	—	—	348	16704	

$V_m(V)$	$\Delta V = 400\text{ V}$		$\Delta V = 500\text{ V}$		$\Delta V = 600\text{ V}$		
	Mean	Gain	Mean	Gain	Mean	Gain	
600	66	3168	64	3072	58	2784	
610	85	4080	84	4032	77	3696	
620	110	5280	109	5232	100	4800	
630	144	6912	142	6816	130	6240	
640	187	8976	185	8880	170	8160	
650	240	11520	242	11616	245	11760	
655	277	13296	273	13104	—	—	

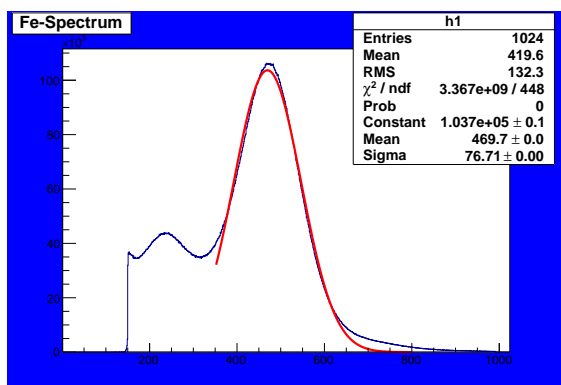
Πίνακας 5.10: High Voltage Scan με την πηγή  $^{55}\text{Fe}$

### 5.2.2.4 Ενεργειακή διακριτική ικανότητα

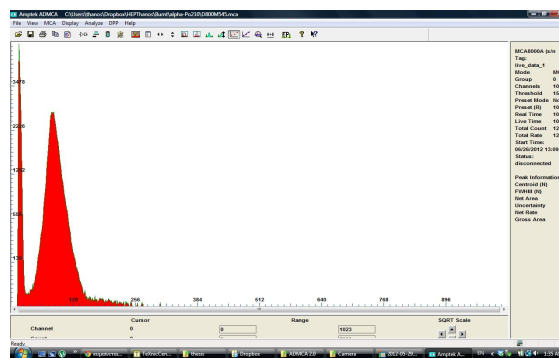
Στην συνέχεια της ανάλυσης θα υπολογιστεί η σχετική ενεργειακή διακριτική ικανότητα του ανιχνευτή για τις δύο πηγές, ο υπολογισμός της οποίας έγινε κάνοντας χρήση της σχέσης

$$Resolution = \frac{\Delta E}{E} = \frac{FWHM}{E} = \frac{2\sigma \ln 2}{E} \quad (5.9)$$

Η τυπική διαδικασία που ακολουθήθηκε ήταν να γίνει ένα gauss fit στην φωτοκορυφή του σιδήρου(εικ. 5.24(α')) και από την σχέση 5.9 να υπολογιστούν οι εκάστοτε ενεργειακές διακριτικές ικανότητες.



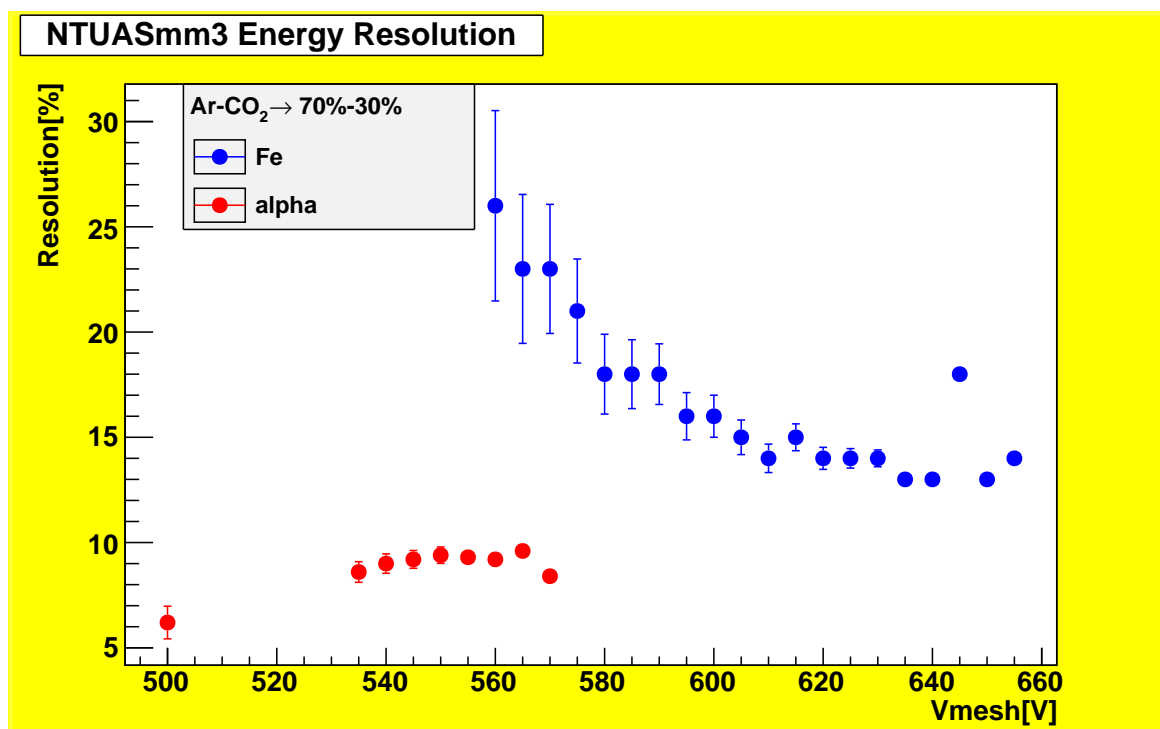
(α') Τυπικό φάσμα σιδήρου με gauss fit στην φωτοκορυφή των  $5.9\text{keV}$



(β') Τυπικό φάσμα  $^{210}\text{Po}$

Σχήμα 5.24: Τυπικά φάσματα για τις δύο πηγές

Στην συνέχεια κατασκευάστηκαν οι καμπύλες για τις δύο πηγές(εικ. 5.25). Στις καμπύλες αυτές φαίνεται πως η βέλτιστη διακριτική ικανότητα για την περίπτωση του σιδήρου επιτυγχάνεται για υψηλές τιμές του πεδίου ενίσχυσης η οποία παίρνει τιμές της τάξης του 15%. Στην περίπτωση των  $\alpha$  η διακριτική ικανότητα είναι καλύτερη και παίρνει τιμές περί 10%. Έκπληξη προκαλεί το γεγονός ότι η συμπεριφορά της διακριτικής ικανότητας παραμένει πρακτικά σταθερή για ένα μεγάλο εύρος πεδίων ενίσχυσης. Αυτή η συμπεριφορά βρίσκεται προς διερεύνηση. Σε περίπτωση που αποδειχθεί πραγματική θα αποτελεί μια μεγάλη ευχέρια για έναν πειραματιστή καθώς θα έχει την επιλογή ενίσχυσης μέσα από ένα εύρος, χωρίς να θυσιάζει την σχετική διακριτική ικανότητα του ανιχνευτή.



Σχήμα 5.25: Σχετική ενεργειακή διακριτική ικανότητα

Στην εικόνα 5.24(β) φαίνεται ένα τυπικό φάσμα από την πηγή  $^{210}\text{Po}$ .

### 5.2.2.5 Επίδραση της θερμοκρασίας στην ενίσχυση του ανιχνευτή

Καθώς η εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας έφτανε στην ολοκλήρωση, παρατηρήθηκε μια ενδιαφέρουσα εξάρτηση της ενίσχυσης του αερίου από την θερμοκρασία. Όλες οι προηγούμενες μετρήσεις έλαβαν χώρα τον μήνα Ιούνιο σε θερμοκρασία περιβάλλοντος  $\simeq 35^\circ\text{C}$ . Μερικούς μήνες αργότερα χρησιμοποιώντας τον κλιματισμό του εργαστηρίου, η θερμοκρασία έπεσε στους  $\simeq 20^\circ\text{C}$ . Κατά την διάρκεια κάποιων αναγνωριστικών μετρήσεων παρατηρήθηκε μεγάλη απόκλιση από τις τιμές του Ιουνίου. Τελικά είχε ενδιαφέρον να ελεγχθεί αν η θερμοκρασία επιδρά στην ενίσχυση του αερίου. Οι μετρήσεις φαίνονται στον πίνακα 5.11. Στην εικόνα 5.27 φαίνεται πόσο μεγάλη επίδραση έχει η μεταβολή της θερμοκρασίας! Παρόμοιες μελέτες[1, σχ. 10] έχουν δείξει μεταβολή 35 καναλιών για μεταβολή 7 βαθμών θερμοκρασίας. Στην περίπτωση του εργαστηρίου η διαφορά αυτή είναι  $15^\circ$ . Αναλογικά η μεταβολή στα κανάλια θα είναι 70. Αυτό σημαίνει ότι η διαφορά στην ενίσχυση θα δίνεται από

$$\Delta G = 60\Delta(\text{centroid}) = 4200$$

Άρα η αναμενόμενη ενίσχυση θα είναι

$$10000 - 4200 = 5800$$

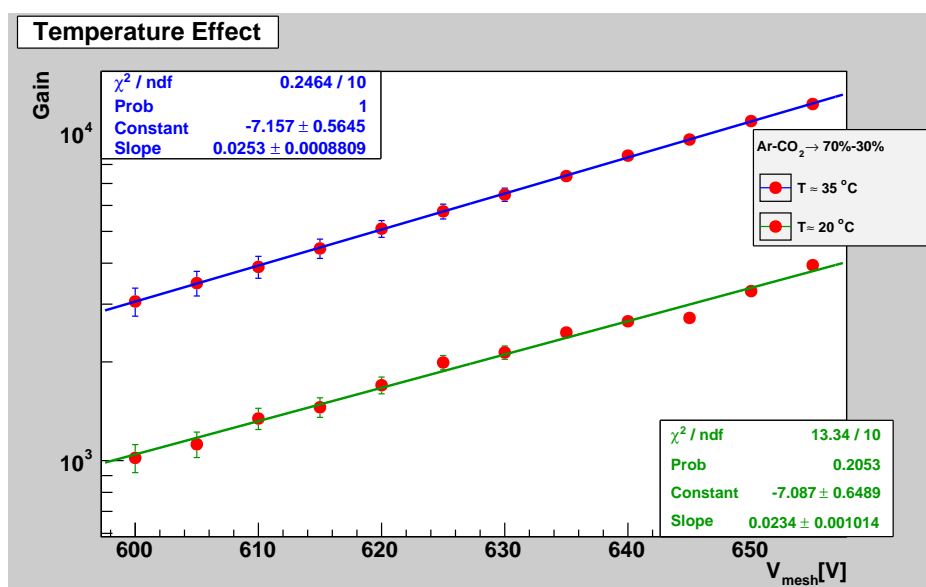
Επομένως ο λόγος των ενισχύσεων θα είναι

$$\frac{10000}{5800} \approx 1.7$$

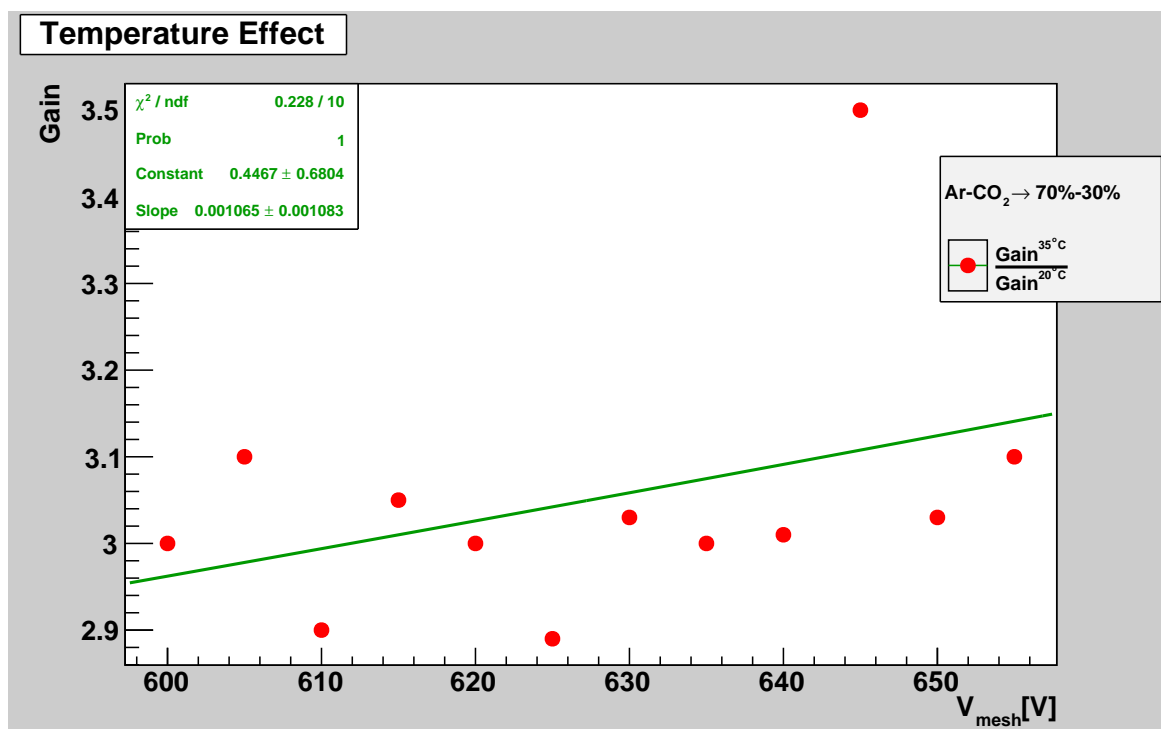
Αυτή είναι μια σεβαστή διαφορά, όχι τόσο όμως όση παρατηρήθηκε στο εργαστήριο. Στην εικόνα 5.26 φαίνεται ο λόγος των ενισχύσεων για τις δύο θερμοκρασίες. Η τιμή του κυμαίνεται κοντά στο 3. Η τιμή αυτή, επιβεβαιώνει εν μέρει την επίδραση της θερμοκρασίας στην ενίσχυση του αερίου.

	35°C	20°C	
$V_{mesh}$ (V)	Gain (10 <sup>3</sup> )	Gain (10 <sup>3</sup> )	Ratio
600	3.06	1.02	3.01
605	3.48	1.14	3.10
610	3.90	1.32	2.87
615	4.44	1.44	3.05
620	5.10	1.68	3.02
625	5.76	1.98	2.89
630	6.48	2.16	3.03
635	7.37	2.46	3.01
640	8.51	2.68	3.21
645	9.53	2.70	3.50
650	10.9	3.30	3.32
655	12.2	3.96	3.14

Πίνακας 5.11: Αποτελέσματα μετρήσεων για τον προσδιορισμό των καμπύλων ενίσχυσης



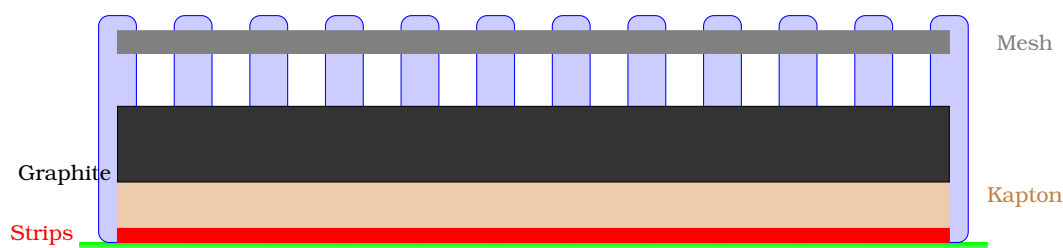
Σχήμα 5.26: Καμπύλες ενίσχυσης για δύο διαφορετικές θερμοκρασίες



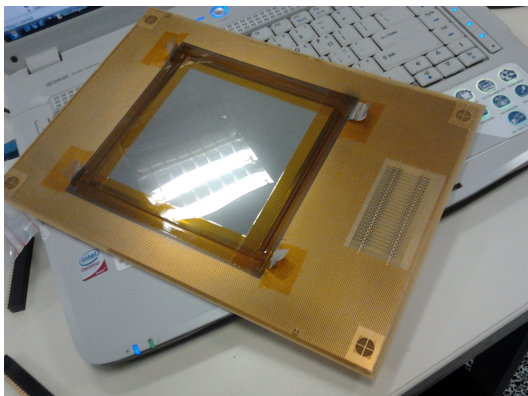
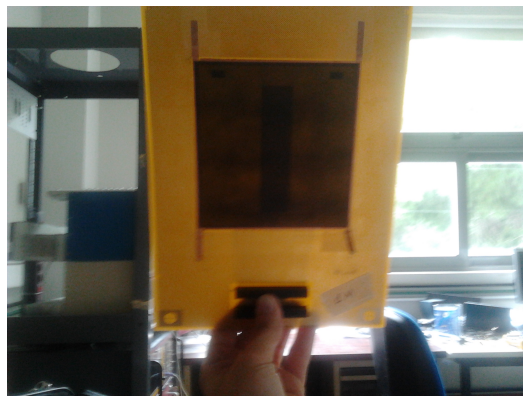
Σχήμα 5.27: Λόγος των ενισχύσεων για τις δύο θερμοκρασίες

### 5.3 Ο ανιχνευτής NTUARmm2

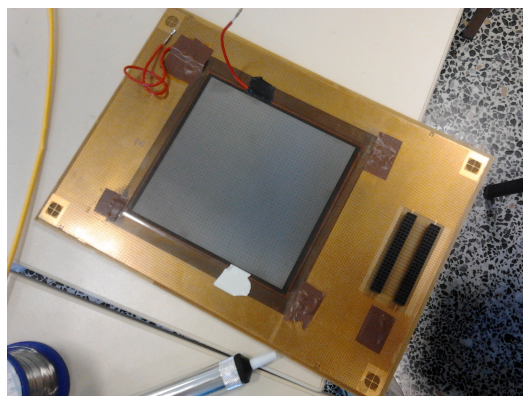
Ο επόμενος ανιχνευτής που μελετήθηκε είχε την ιδιαιτερότητα πως πρόκειται για έναν resistive MicroMEGAS . Συγκεκριμένα ελέγχθηκε μια νέα resistive τεχνολογία: resistive plane φτιαγμένο από γραφίτη. Και σε αυτόν τον ανιχνευτή προστέθηκαν connectors για παροχή με υψηλή τάση τόσο για το μικροπλέγμα όσο και για τον γραφίτη όπως επίσης και οι read out connectors για την λήψη σήματος από την άνοδο του ανιχνευτή. Στην εικόνα 5.29 φαίνεται η διαδικασία προετοιμασίας του ανιχνευτή. Να σημειωθεί πως το εργαστήριο διαθέτει μία κατασκευή ανιχνευτή με γραφίτη στην οποία απουσιάζει το μικροπλέγμα(εικ. 5.29(β)). Η δομή του ανιχνευτή κατά στρώματα φαίνεται στην εικόνα 5.28.



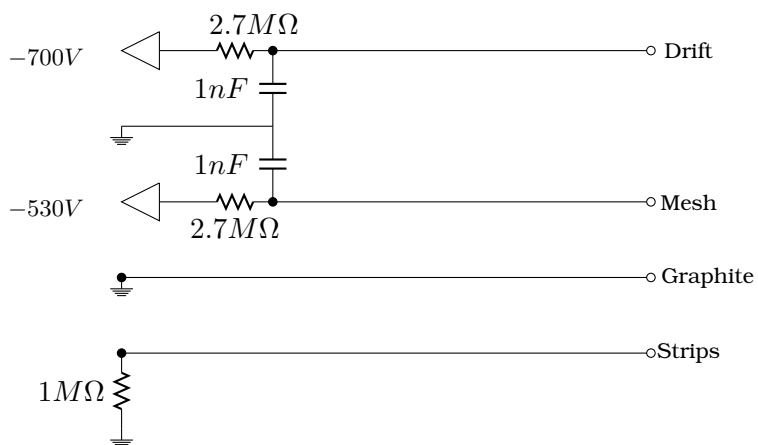
Σχήμα 5.28: Δομή ανιχνευτή NTUARmm2

(α) Ο ανιχνευτής *NTU ARmm2* στην PCB

(β) Επιστροφή γραφίτη

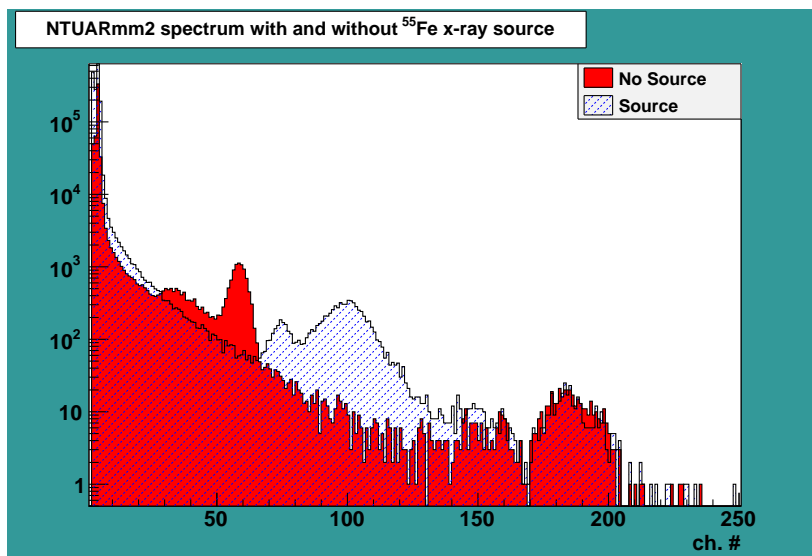
(γ) Ο ανιχνευτής *NTU ARmm2* με τους readout connectors(δ) Ο ανιχνευτής *NTU ARmm2* έτοιμος για χρήσηΣχήμα 5.29: Προετοιμασία του ανιχνευτή *NTU ARmm2*

Για να εξακριβωθεί η δυνατότητα παραγωγής σήματος από τον ανιχνευτή, αρχικά χρησιμοποιήθηκε η συνδεσμολογία που φαίνεται στο σχήμα 5.30.

Figure 5.30: Συνδεσμολογία για τον *NTU ARmm2*

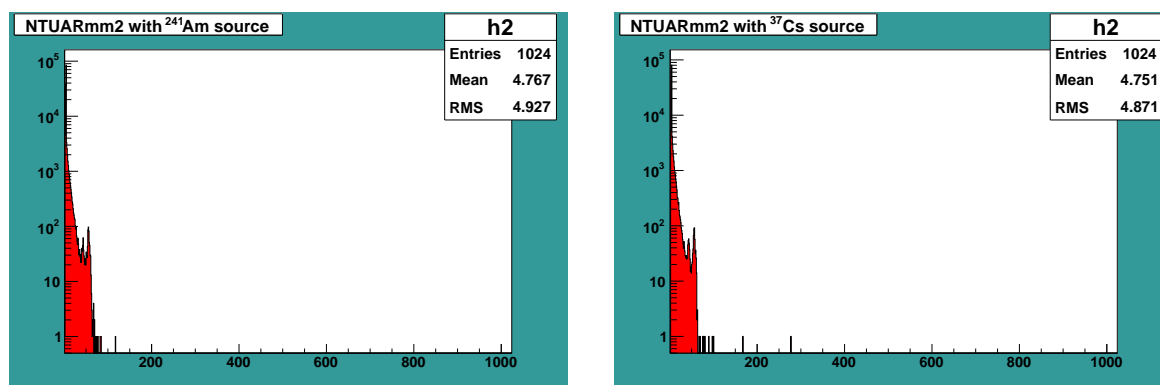
Στην πρώτη φάση έγινε ένα run χωρίς πηγή για να ελεγχθούν τα επίπεδα θορύβου του ανιχνευτή. Στην συνέχεια χρησιμοποιήθηκε πηγή σιδήρου για να εξακριβωθεί αν ο ανιχνευτής

αποκρίνεται. Στην εικόνα 5.31 φαίνεται πως ο ανιχνευτής δεν αποκρίνεται παρά την έκθεσή του στις ακτίνες- $x$  του σιδήρου.



Σχήμα 5.31: Πρώτη δοκιμή του ανιχνευτή *NTUARmm2* με και χωρίς πηγή σιδήρου

Μια εξήγηση είναι πως ο θόρυβος είναι πολύ μεγάλος και η φωτοκορυφή του σιδήρου επικαλύπτεται από τον θόρυβο. Μια άλλη εξήγηση είναι πως τα πεδία που εφαρμόστηκαν δεν είναι επαρκή. Δοκιμάστηκαν πολλοί συνδυασμοί πεδίων αλλά σε κανέναν από αυτούς δεν προέκυψε κάποιο χρήσιμο φάσμα. Η μόνη εξήγηση που μπορεί να δοθεί είναι αυτή που έχει να κάνει με τον θόρυβο. Γιάυτόν τον λόγο δοκιμάστηκαν δύο ισχυρές πηγές  $\gamma$  μια  $^{241}\text{Am}$  και μια  $^{137}\text{Cs}$ . Τα φάσματα που προέκυψαν φαίνονται στην εικόνα 5.32.

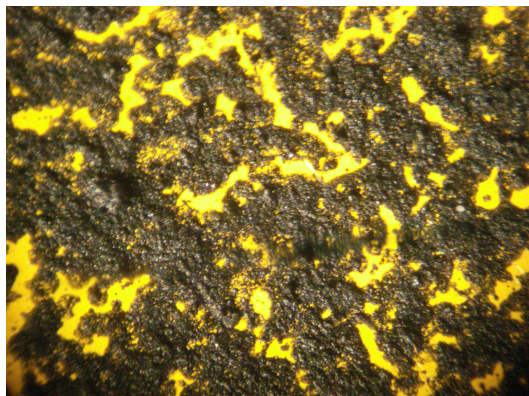


(α) Φάσμα με πηγή  $^{241}\text{Am}$

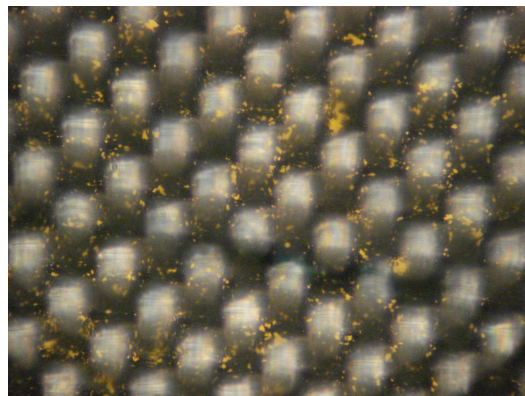
(β) Φάσμα με πηγή  $^{137}\text{Cs}$

Σχήμα 5.32: Δοκιμή του ανιχνευτή *NTUARmm2* με πηγές  $^{241}\text{Am}$  και  $^{137}\text{Cs}$

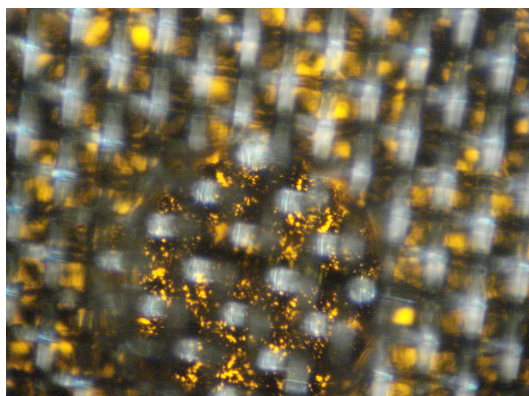
Και σε αυτήν την περίπτωση δεν φαίνεται κάποια σημαντική απόκριση. Η επόμενη σκέψη ήταν πως ίσως υπάρχει κάποιο κατασκευαστικό σφάλμα. Για να διερευνηθεί περαιτέρω το παραπάνω, χρησιμοποιήθηκε ένα απλό οπτικό μικροσκόπιο το οποίο στόχευε στην επιστροφή του γραφίτη. Στις εικόνες 5.33 φαίνονται τα διάφορα τμήματα του ανιχνευτή.



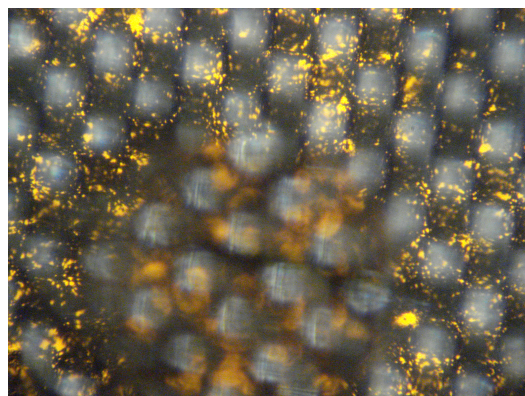
(α) Επίστρωση γραφίτη



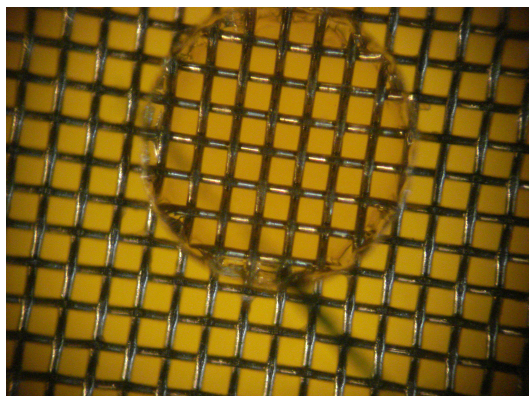
(β) Επίστρωση γραφίτη κάτω από το μικροπλέγμα



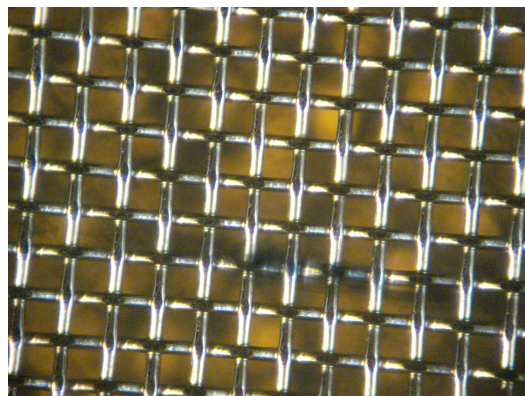
(γ) Επίστρωση γραφίτη κάτω από το pillar



(δ) Επίστρωση γραφίτη γύρω από το pillar



(ε) Το μικροπλέγμα σε έναν standard MicroMEGAS

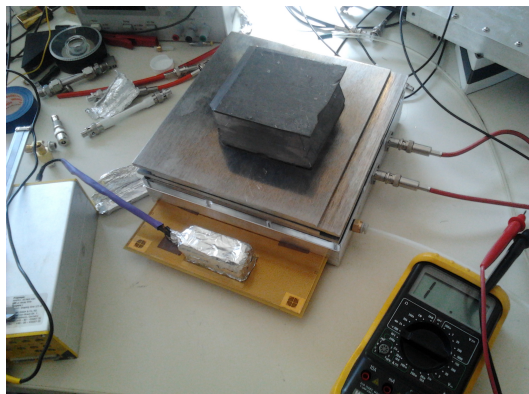


(ϛ) Το μικροπλέγμα σε έναν resistive MicroMEGAS με γραφίτη

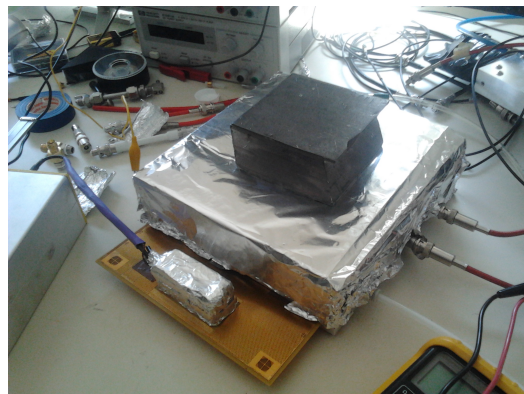
Σχήμα 5.33: Οπτική μικροσκοπία για την μελέτη των επιμέρους τμημάτων του ανιχνευτή

Οι παραπάνω εικόνες είναι κατατοπιστικές και υποδεικνύουν πως παρά την γείωση του γραφίτη, υπάρχουν μεγάλες περιοχές οι οποίες δεν προσγειώνονται γεγονός που εισάγει τεράστιο θόρυβο στο σύστημα. Μία ύστατη ιδέα είναι να τοποθετηθεί ο ανιχνευτής σε έναν υποτυπώδη κλωβό Faraday. Δυστυχώς δεν υπήρχε δυνατότητα κατασκευής ενός κλωβού, οπότε χρησιμοποιήθηκε αλουμίνιο πάχους 1cm και φύλλο αλουμινίου για να κατασκευαστεί μια υποτυπώδης ασπίδα(εικ. 5.34).





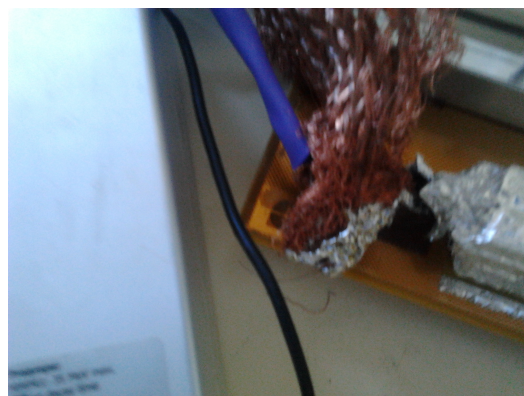
(α) Χρήση αλουμινίου για θωράκιση



(β) Χρήση φύλλου αλουμινίου για θωράκιση



(γ) Προετοιμασία για συγκόλληση χάλκινου braid

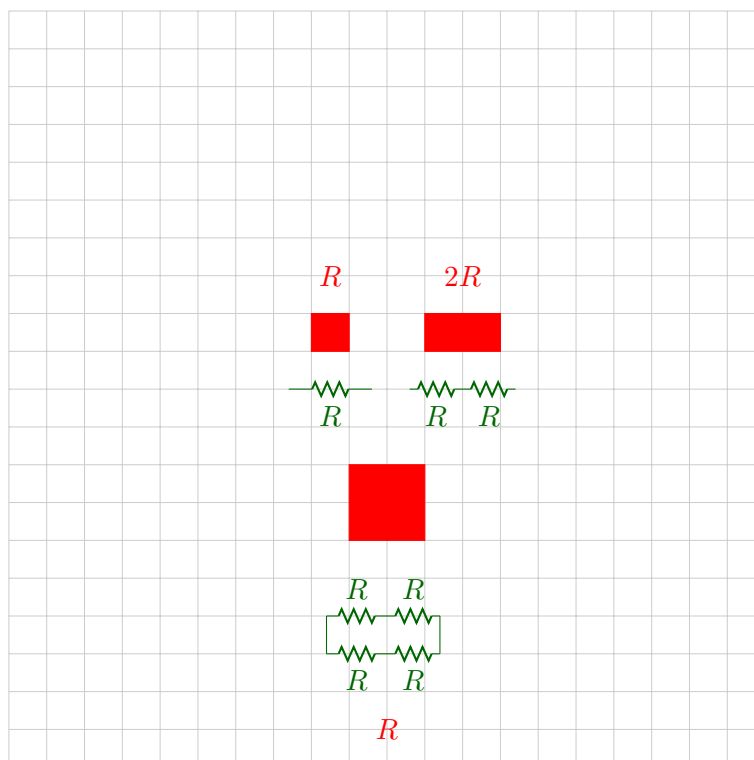


(δ) Συγκόλληση χάλκινου braid

Σχήμα 5.34: Θωράκιση για την μείωση θορύβου

Στην συνέχεια δοκιμάστηκαν δύο ακόμη συνδεσμολογίες (εικ. 5.36) οι οποίες δεν απέδωσαν. Όλες οι δοκιμές συνηγορούν προς την κατεύθυνση της αδυναμίας λειτουργίας resistive MicroMEGAS με γραφίτη. Η αδυναμία αυτή οφείλεται στο γεγονός της κακής επίστρωσης όπως και της χαμηλής resistivity η οποία είναι  $0.5 M\Omega/\square$ . Αυτό επηρεάζει σημαντικά την λειτουργία ενός resistive MicroMEGAS καθώς το φορτίο που συλλέγεται στον γραφίτη θα κινηθεί προς την γείωση. Ταυτόχρονα λόγω της επαγωγής φορτίου, η γείωση θα δημιουργήσει φορτίο, ανάλογο με αυτό που συλλέχθηκε στον γραφίτη. Αν η resistivity είναι πολύ μικρή, τότε το φορτίο που συλλέγεται στον γραφίτη θα κινηθεί γρήγορα προς την γείωση με επακόλουθο την δύσκολη καταγραφή του σήματος.

Σε αυτό το σημείο πρέπει να διευκρινιστεί η μέτρηση της resistivity. Ίσως η μονάδα μέτρησης της ( $M\Omega/\square$ ) να φαίνεται δυσνόητη αλλά πολύ εύκολα μπορεί να γίνει κατανοητή. Η πρώτη ερώτηση που θα μπορούσε να γίνει αφορά στο μέγεθος του τετραγώνου. Στην πραγματικότητα δεν έχει σημασία! Αν παρομοιάσουμε το κάθε τετράγωνο με μια αντίσταση, μπορεί εύκολα να δειχθεί(εικ. 5.35) πως δεν έχει καμία σημασία το μέγεθος του τετραγώνου.



Σχήμα 5.35: Επεξήγηση της μονάδας μέτρησης  $\Omega/\square$

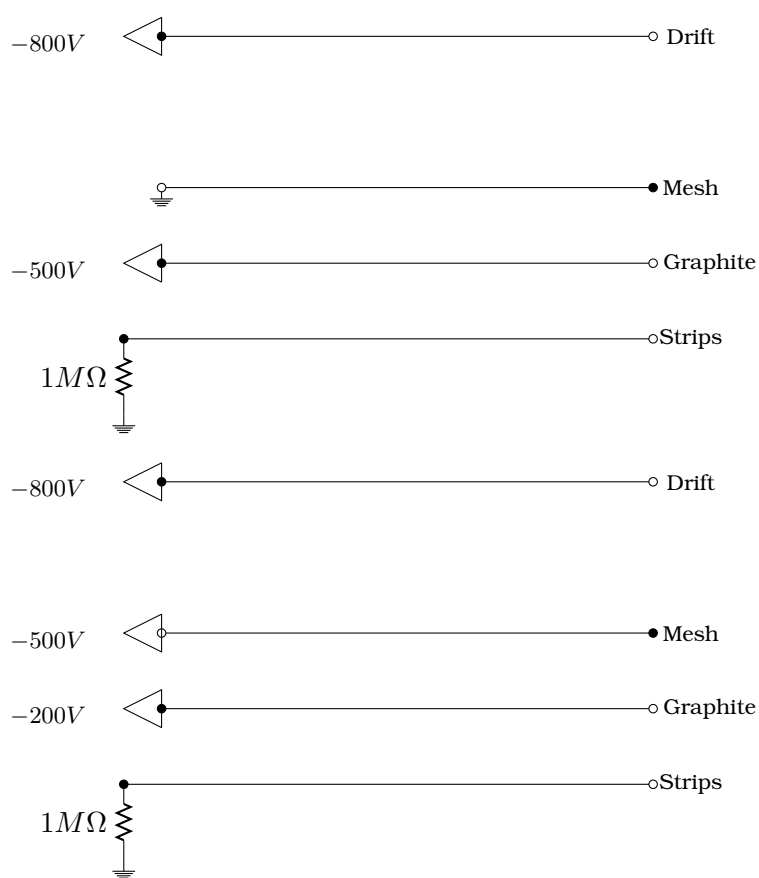
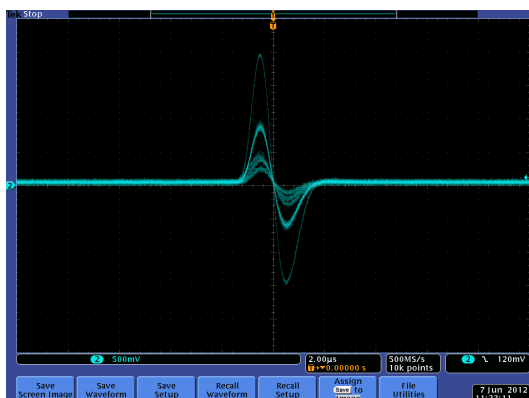
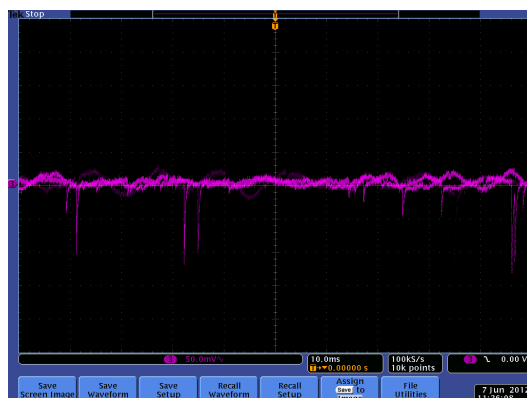


Figure 5.36: Συνδεσμολογίες για τον  $NTU AR_{mm2}$

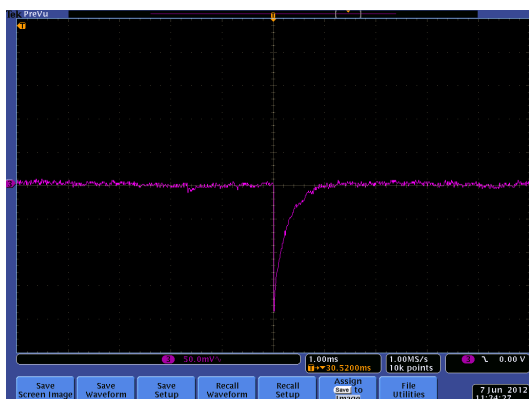
Τέλος, παρατίθενται κάποιοι παλμοί από τον ανιχνευτή.



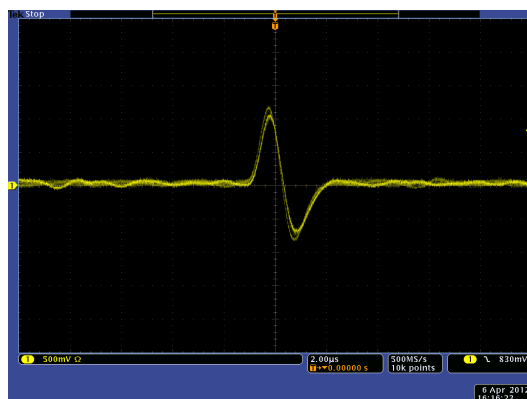
(α)  $V_d = 700V$ ,  $V_m = 500V$ , σήμα από μικροπλέγμα χωρίς πηγή



(β)  $V_d = 700V$ ,  $V_m = 500V$ , σήμα από μικροπλέγμα χωρίς πηγή, από προενισχυτή



(γ)  $V_d = 700V$ ,  $V_m = 500V$ , σήμα από μικροπλέγμα χωρίς πηγή, από προενισχυτή

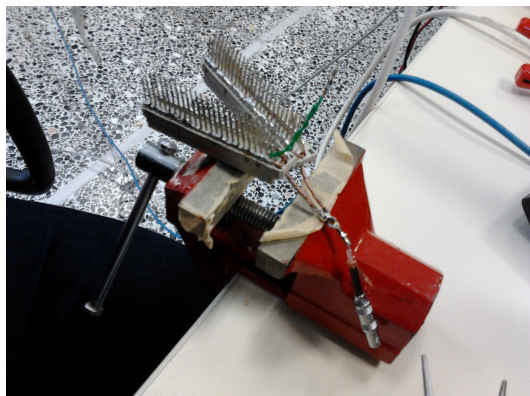


(δ) Τυπικό σήμα από MicroMEGAS

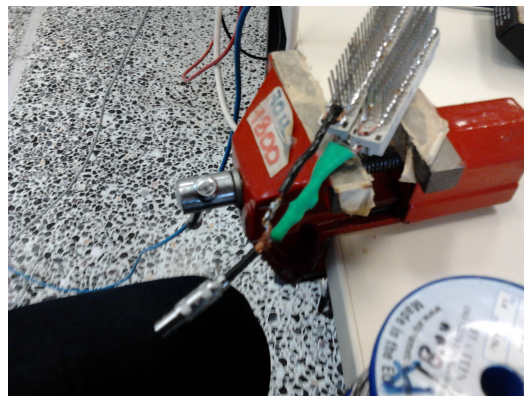
Σχήμα 5.37: Θωράκιση για την μείωση θορύβου

## 5.4 Ο ανιχνευτής NTUASmm2

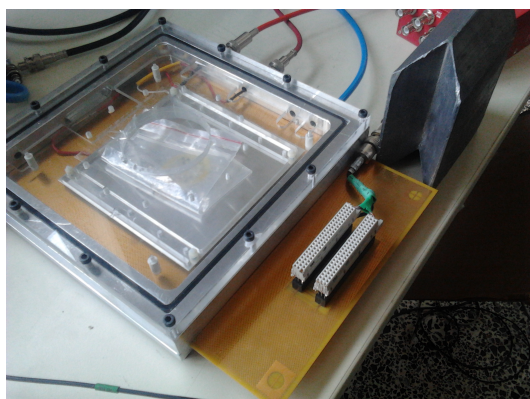
Ο τελευταίος ανιχνευτής που μελετήθηκε είναι ο NTUASmm2, ο οποίος είχε σταλεί στο CERN για απομάκρυνση του ισοβουτανίου το οποίο είχε κατακαθίσει στο μικροπλέγμα. Αφού προστέθηκε η τροφοδοσία για υψηλή τάση και τοποθετήθηκε στον θάλαμο(εικ. 5.39) κατασκευάστηκε ένας αυτοσχέδιος connector για την ανάγνωση σήματος από την άνοδο. Μέχρι τώρα το σήμα που λαμβανόταν ήταν από το μικροπλέγμα, γιατί εκεί συλλέγονται τα ιόντα του Αργού, τα οποία ως βαρύτερα από τα ηλεκτρόνια, δίνουν ένα πιο αργό και άρα αξιοποιήσιμο για τα read-out ηλεκτρονικά, σήμα. Για την ανάγνωση του σήματος από την άνοδο είναι απαραίτητη η κάρτα Gassiplex την οποία δεν διαθέτει το εργαστήριο. Γι'αυτόν τον λόγο κατασκευάστηκε ο connector των εικόνων 5.38. Στην εικόνα 5.40 φαίνεται το πρώτο φάσμα που ελήφθη από την άνοδο.



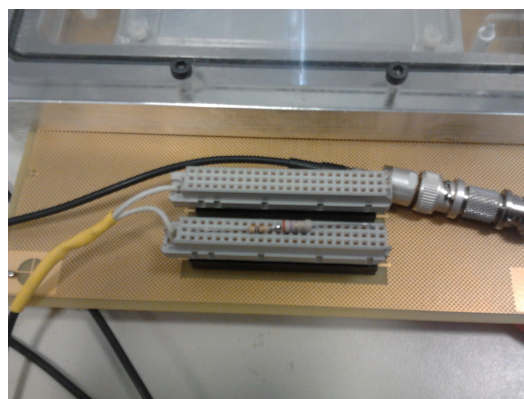
(α) Βραχυκύκλωμα των ακίδων ενός VME connector



(β) Προσθήκη γείωσης για βέλτιστη μεταφορά σήματος

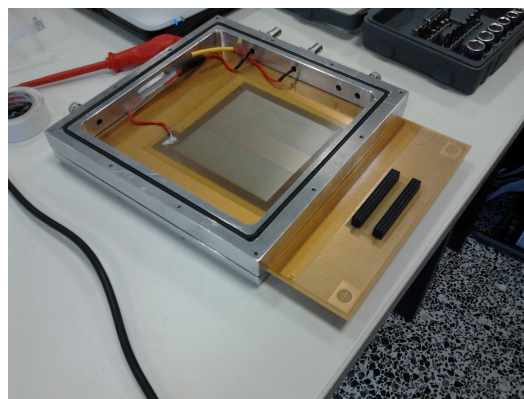
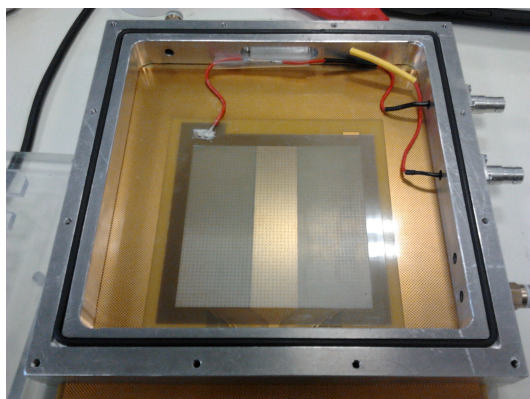


(γ) Απευθείας επαφή του θαλάμου με τον connector

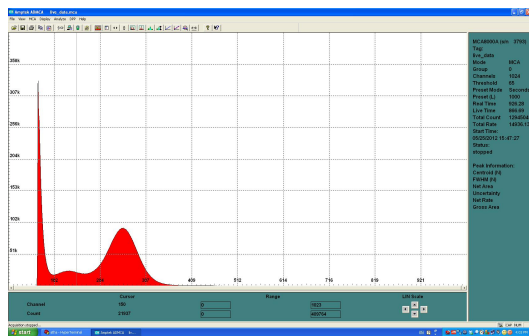


(δ) «Ειδικός τερματισμός» 50Ω για μείωση του θορύβου

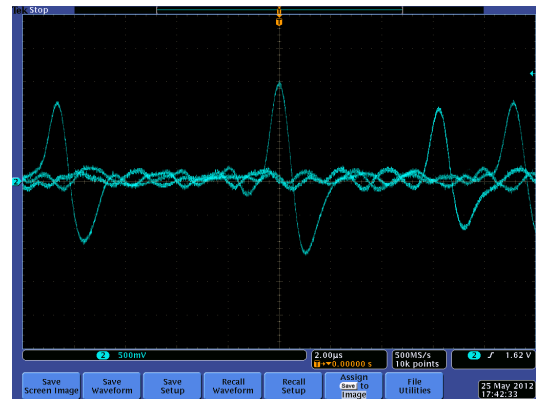
Σχήμα 5.38: Κατασκευή ειδικού connector για ανάγνωση σήματος από την άνοδο



Σχήμα 5.39: Ο ανιχνευτής NTUASmm2



(α) Το πρώτο φάσμα με λήψη δεδομένων από την άνοδο



(β) Το σήμα από την άνοδο

Σχήμα 5.40: Σήμα από την άνοδο με χρήση του ειδικού connector

