

Στο κεφάλαιο αυτό θα μελετηθεί η συμπεριφορά του ανιχνευτή MicroMEAS σε δέσμη π^- ενέργειας 450GeV . Τα πειράματα αυτά πραγματοποιήθηκαν στον επιταχυντή *SPS* (Super Proton Synchrotron) στο CERN στο Prènessin, στην τοποθεσία *H4* κατά την διάρκεια του test beam Ιουλίου 2012. Το test beam αυτό έγινε για λογαριασμό του RD51 collaboration μέλος του οποίου είναι το εργαστήριο πειραματικής φυσικής υψηλών ενεργειών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Συγκεκριμένα το εργαστήριο συμμετέχει στο wg7 (working group 7).

6.1 Ευρωπαϊκό Κέντρο Πυρηνικών Ερευνών

Από την ιστοσελίδα της ελληνικής ομάδας εκλαΐκευσης¹

Το Ευρωπαϊκό Εργαστήριο Σωματιδιακής Φυσικής, CERN (European Organization for Nuclear Research, Γαλλικά (Organisation europeenne pour la recherche nucleaire), ιδρύθηκε το 1954, βρίσκεται στα Γαλλο-Ελβετικά σύνορα, κοντά στην Γενεύη, και αποτελεί μια από τις πρώτες κοινές ευρωπαϊκές προσπάθειες στην ανάπτυξη της βασικής έρευνας και της καινοτομίας. Τα κράτη μέλη του Οργανισμού αριθμούν σήμερα 21. Η Ελλάδα αποτελεί ένα από τα 12 ιδρυτικά μέλη. Το «νεαρότερο» μέλος της ευρωπαϊκής αυτής προσπάθειας είναι η Κύπρος. Το CERN είναι ένα από τα μεγαλύτερα στον κόσμο ερευνητικά κέντρα με τεράστια απήχηση.

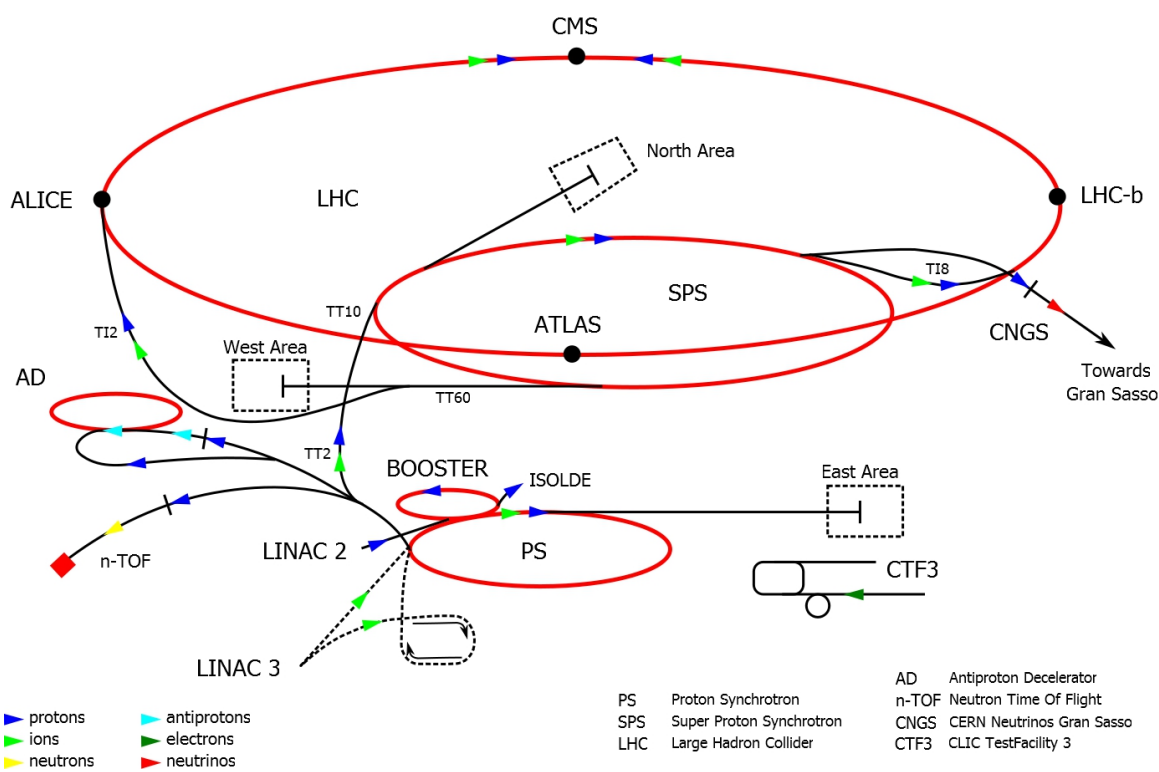
Η έρευνά του εστιάζεται στην θεμελιώδη φυσική της δομής της ύλης και του σύμπαντος. Οι επιταχυντικές και ανιχνευτικές διατάξεις του CERN αποτελούν τα μεγαλύτερα και πιο σύνθετα επιστημονικά εργαλεία για την έρευνα των βασικών δομικών λίθων της ύλης, των στοιχειωδών σωματιδίων. Μελετώντας τις συγκρούσεις μεταξύ αυτών των σωματιδίων, οι φυσικοί αναγνωρίζουν τους νόμους της Φύσης και ανακαλύπτουν την νέα φυσική.

Οι επιταχυντές και οι ανιχνευτές αποτελούν τα βασικά επιστημονικά όργανα του CERN. Οι επιταχυντές επιταχύνουν δέσμες φορτισμένων σωματιδίων σε μεγάλες ταχύτητες (πλησιάζουν την ταχύτητα του φωτός) και τις υποχρεώνουν σε μεταξύ τους συγκρούσεις. Οι ανιχνευτές παρατηρούν και καταγράφουν τα αποτελέσματα αυτών των συγκρούσεων.

¹<http://www.physics.ntua.gr/POPPHYS/why.html>



Σχήμα 6.1: Το CERN και τα πειράματα του LHC[16, εικ. 3.1]



Σχήμα 6.2: Οι επιταχυντές στο CERN

6.2 RD51 collaboration

Η RD51 collaboration ασχολείται με την έρευνα και ανάπτυξη των Micro Pattern Gaseous Detectors, την ανάπτυξη προηγμένων ηλεκτρονικών ανάγνωσης, την βελτιστοποίηση των εν λόγω δομών για συγκεκριμένες εφαρμογές, την προσομοίωσή τους, την ελαχιστοποίηση του κόστους παραγωγής με σκοπό την διευκόλυνση της βιομηχανοποίησής τους και τέλος με τον έλεγχο και τον χαρακτηρισμό τους.

Micro Pattern Gas Detector Technologies and Applications

The work of the RD51 Collaboration

Marco Villa (CERN), Andrew White (University of Texas at Arlington) on behalf of RD51 Collaboration

Current Trends in MPGD: Technologies

The Micro-Strip Gas Chamber, introduced by Oed in 1988 (NIMA 263, 351), was the first Micro-Pattern Gaseous Detector, exploiting photolithography techniques for the production of micrometric structure of electrodes. This family of gaseous detectors led to significant improvements in terms of rate capability and spatial resolution with respect to the Multi-Wire Proportional Chambers.

After 20 years, MPGD technologies are well established. Beside well-known representatives, such as GEM (Gas Electron Multiplier, F. Sauli, NIMA 386 (1997), 531) and Micromegas (Micro Mesh Gaseous Structure, Y. Giomataris, NIMA 376 (1996), 29), other examples of current R&D on technologies are: Thick-GEM, Micro Hole & Strip Plates and other hole-type detectors: structures with resistive electrodes; integration of the MPGD with CMOS pixel ASICs; production of the two in the same process as in the case of Ingrid.

Current Trends MPGD: Performance

MPGDs can be optimized in order to achieve challenging performance in terms of:

- Rate Capability
- High Gain
- Space Resolution
- Time Resolution
- Energy Resolution
- Ageing Properties
- Ion Backflow Reduction
- Photon Feedback Reduction

Current Trends in MPGD: Applications

COMPASS experiment at CERN has been the first application of GEM and Micromegas detectors and MPGD are also present in the apparatus of LHC experiments (LHCb and TOTEM). Actually applications range in High Energy physics environment as well as other fields:

- High-Rate Particle Tracking and Triggering
- Time Projection Chamber Readout
- Photon Detectors for Cherenkov Imaging Counters
- X-Ray Astronomy
- Neutron Detection and Low Background Experiments
- Cryogenic Detectors
- Medical Applications
- Homeland Security and Prevention of Planetary Disasters

More than 50 institutes from 20 countries and 4 continents decided to optimize efforts and resources joining forces in

RD51 collaboration

<http://rd51-public.web.cern.ch/RD51-Public/>

organized in 7 Working Group

WG1	WG2	WG3	WG4	WG5	WG6	WG7
Detector design optimization	Radiation hardness	MPGDs applications	Simulation improvements	Multi-channel Readout System	Common Production facilities	Common test beam facility

WG1: Detector design optimization – Thick GEM rim example

A Thick GEM is a copper-clad fiberglass layer with a matrix of holes realized by means of mechanical drilling and, in some cases, chemical etching. Typical dimension are sub-millimetric.

The introduction of a rim on the two copper layers is effective for the increase of the maximum achievable gain. On the other hand, due to the larger dielectric surface exposed to the charges produced in the avalanche, a larger rim shows also larger and longer charging-up effects, increasing the time to arrive to a stable operation

WG1: Large area MPGD

Limitations in MPGD size can come from the production technique or the available instrumentations and raw material. New production techniques can overcome these limitations and open the way to larger detectors, as in the case of bulk micromegas and single mask GEM foils

WG3: MPGDs applications

Cosmic muon tomography for homeland security (D. Mita – IEE NSS 2009)

X-ray diffractometry parallel issue solved by truly spherical conversion gap → spherical GEM forming from planar GEM

WG5: Multi-channel Readout System

The development of a multi-channel scalable (from small test system to very large LHC-like system) is under way. A special effort is dedicated to make it compatible to the largest possible set of current Front-End Electronics used in gaseous detectors

WG6: Common Production facilities

One of the main WG6 task is to promote the upgrade of the production facilities according to the requirements of the future applications

Detector Technology	Currently produced cm * cm	Future Requirements cm * cm
GEM	40 * 40	50 * 50
GEM, single mask	70 * 40	200 * 50
THGEM	70 * 50	200 * 100
RTHGEM, serial graphics	20 * 10	100 * 50
Micromegas, bulk	150 * 50	200 * 100
Micromegas, microbulk	10 * 10	30 * 30
MHSP (Micro-Hole and Strip Plate)	3*3	10*10

WG4: Simulation improvements

New features have been introduced or are under way in Garfield, the main software for gas detector simulation, in order to take into account the smaller scale of MPGD technologies:

- a new algorithm for microscopic electron tracking and avalanche
- the introduction of Penning transfer mechanism
- the introduction of a Boundary Element Solver (NeBEM) for field calculations
- the integration of Garfield in common platforms such as ROOT and Geant4

WG4: Charging-up simulation

Narrative method with "0.15 equivalent" charge step

Discrepancies in GEM detectors simulation with respect to measurements can be explained by the charging-up of the dielectric. Studies are under way to include this dynamic process in the simulation

WG2: Radiation Hardness

Study of MPGDs performance in a high flux neutron beam is a crucial aspect for all applications in harsh background environment like ALICE

WG7: Common test beam facility

RD51 has built up a semi-permanent test setup on the SPS/H4 beam line at CERN. Common infrastructures such as cables, gas pipes, gas mixing system, as well as common devices for trigger and a tracking telescope, common DAQ and analysis software will reduce installation dead times and will avoid duplication of efforts and resources.

SPS/H4 beam line has been chosen for the availability of the large 'Colliath' dipole magnet, and for the large amount of space of the experimental zone, that allows many groups to take data at the same time.

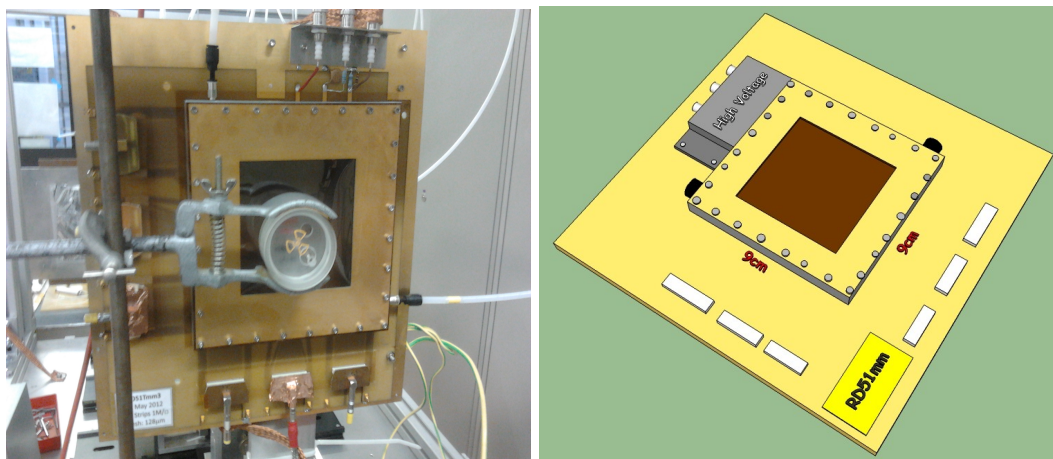
Details of some of the tasks

12th Vienna Conference on Instrumentation – 15–20 February 2010

Σχήμα 6.5: Τελευταίες τεχνολογικές εξελίξεις που έχει επιτύχει RD51 collaboration

6.3 Εργαστηριακή προετοιμασία για το test beam

Την πρώτη εβδομάδα του Ιουλίου, έγινε η προετοιμασία για το test beam. Αυτή περιελάμβανε την εύρεση της βέλτιστης συνδεσμολογίας για το νέο τηλεσκόπιο του RD51, το οποίο αποτελείται από 6 ανιχνευτές resistive MicroMEGAS (RD51Tmm2, RD51Tmm3, RD51Tmm4, RD51Tmm5, RD51Tmm6, RD51Tmm7). Η resistivity των ανιχνευτών είναι $1M\Omega/\square$ εκτός από αυτήν του RD51Tmm7 η οποία είναι $100k\Omega/\square$. Στην εικόνα 6.6 φαίνεται ο ανιχνευτής RD51Tmm3.

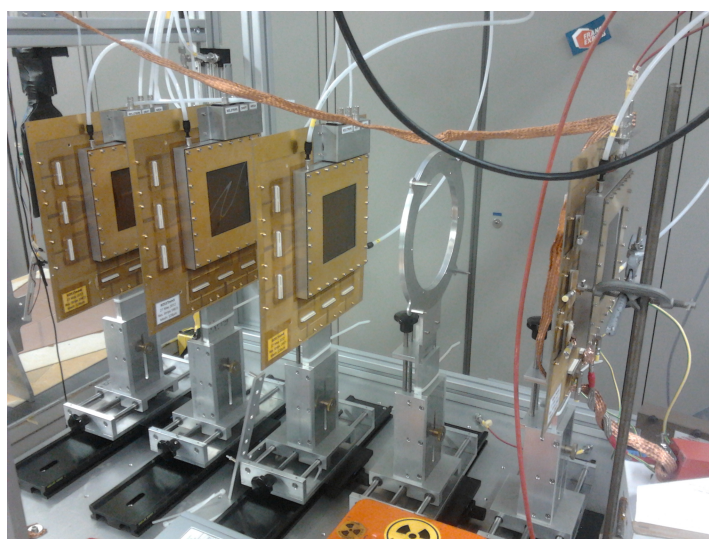


(α) Ο ανιχνευτής RD51Tmm3

(β) Σχεδίαση του RD51Tmm3

Σχήμα 6.6: Ο ανιχνευτής RD51Tmm3

Το τηλεσκόπιο βρίσκεται σε μια κατασκευή από αλουμίνιο, η οποία μπορεί να φιλοξενήσει μέχρι και 5 ανιχνευτές, επιτρέποντάς τους δύο βαθμούς ελευθερίας: κίνηση στον άξονα x και στον άξονα y ². Δεν μπορεί να προσφέρει περιστροφή κατά τον x και y άξονα.



Σχήμα 6.7: Το τηλεσκόπιο MicroMEGAS

²Η δέσημη είναι παράλληλη στον άξονα z

6.3.1 Επιλογή της βέλτιστης γείωσης του μικροπλέγματος

Ένα ενδιαφέρον ζήτημα ήταν να επιλεγεί η κατάλληλη αντίσταση με την οποία θα γειωθεί το μικροπλέγμα(εικ. 6.8). Δοκιμάστηκαν 4 διαφορετικές αντιστάσεις(10 Ω , 1k Ω , 10k Ω , 1M Ω) με σκοπό την επιλογής εκείνης η οποία θα δώσει τον μεγαλύτερο λόγο σήματος/θόρυβο. Η ανάγκη αυτού ελέγχου έγκειται στο γεγονός ότι είναι αναγκαία μία μικρή εμπέδηση για να επιτευχθεί μεγάλο σήμα το οποίο θα περιέχει μεγάλο ποσοστό της πληροφορίας, αλλά και μεγάλο θόρυβο. Γι'αυτόν τον λόγο είναι αναγκαία αυτή η δοκιμή. Επίσης οι ακτίνες x του σιδήρου δημιουργούν περίπου 200 πρωτογενή ηλεκτρόνια. Η δέσμη πιονίων που θα χρησιμοποιηθεί στο test beam αποτελείται από MIPs(Minimum Ionizing Particles) τα οποία δημιουργούν περίπου 50 πρωτογενή ηλεκτρόνια. Συνεπώς η κορυφή τους αναμένεται στο 1/4 της κορυφής του σιδήρου. Οι δοκιμές έδειξαν πως η καταλληλότερη αντίσταση, μέσω της οποίας θα γειωθεί το μικροπλέγμα είναι τα 100 Ω . Η χειρότερη περίπτωση ήταν αυτή της 100k Ω . Στην εικόνα 6.9 φαίνονται δύο φάσματα για τις εν λόγω αντιστάσεις. Ο υπολογισμός του λόγου σήματος προς θόρυβο έγινε διαιρώντας το κεντροειδές της κορυφής του σιδήρου με το «κεντροειδές» της κορυφής του θορύβου.

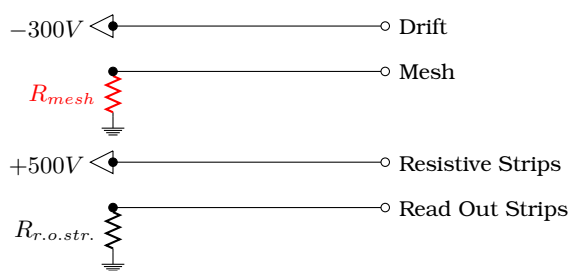
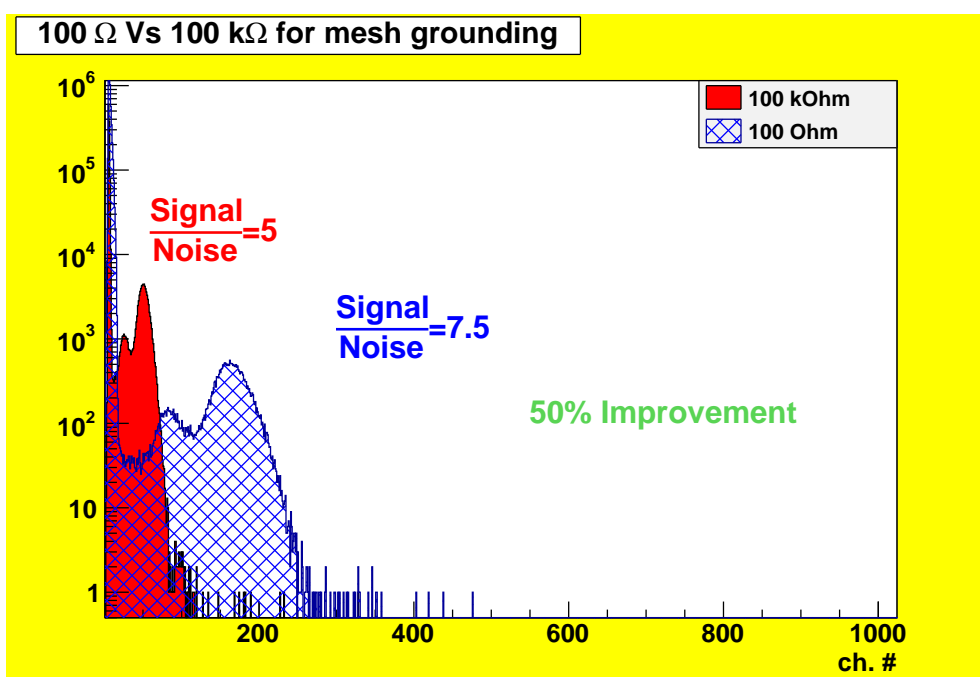
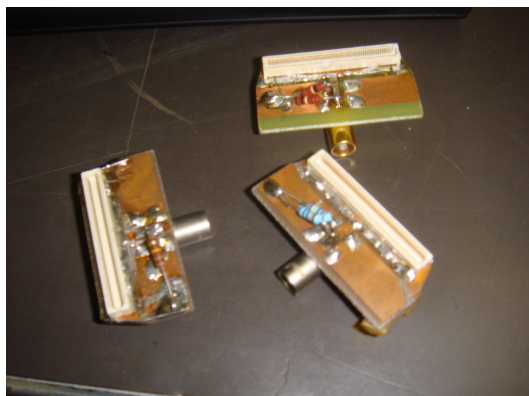


Figure 6.8: Η συνδεσμολογία για τις δοκιμές του λόγου σήματος/θόρυβο

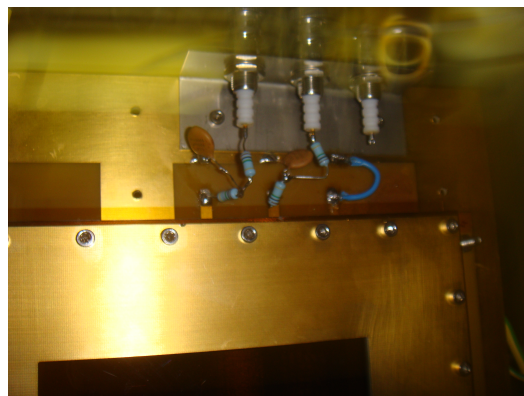


Σχήμα 6.9: Σύγκριση φασμάτων για την βέλτιστη και χειρίστη γείωση

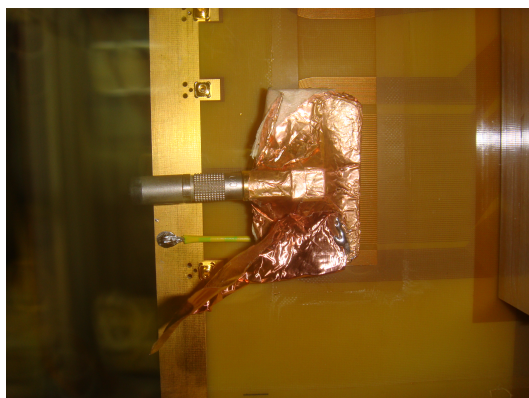
Στην εικόνα 6.3.1 παρουσιάζονται οι τρόποι μείωσης του θορύβου που χρησιμοποιήθηκαν.



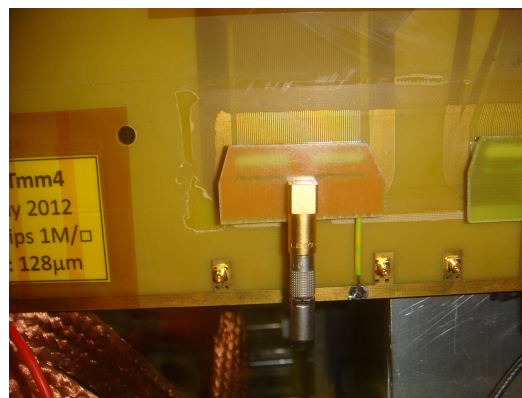
(α) Γείωση των read-out strips



(β) Χαμηλοπερατό φίλτρο



(γ) Θωράκιση για μείωση του θορύβου

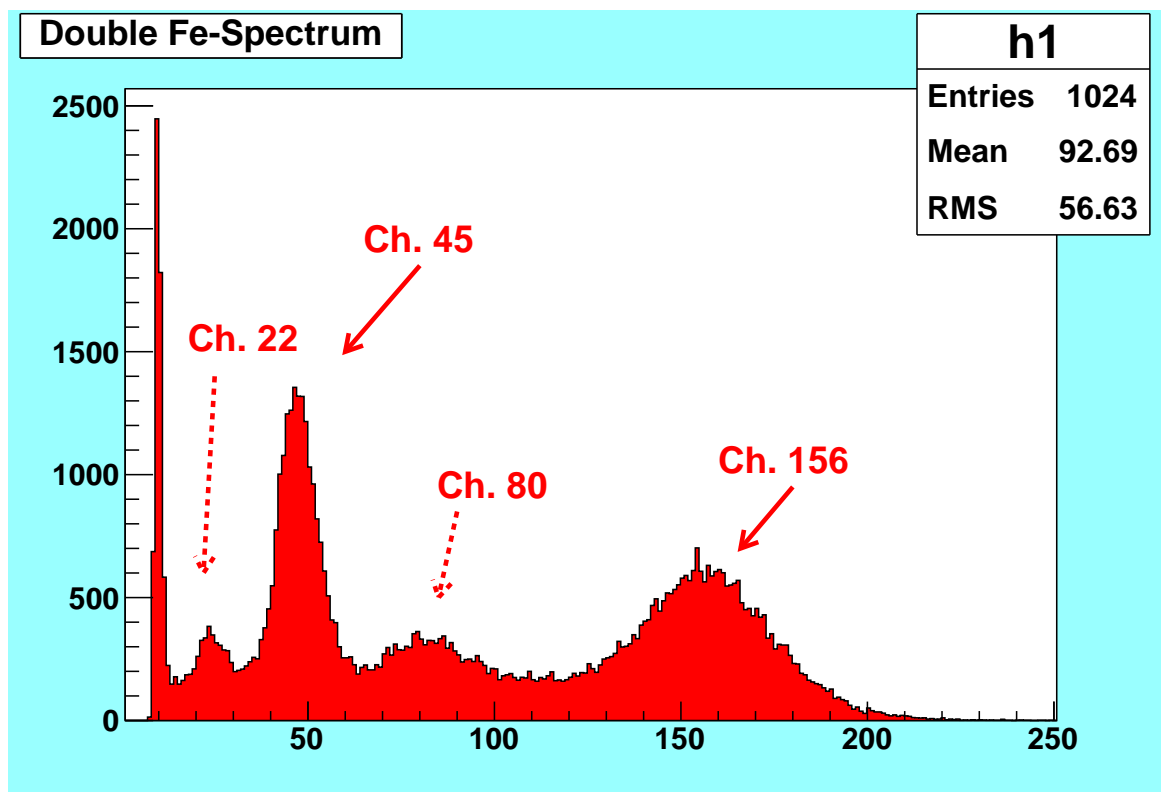


(δ) Άμεση γείωση των read-out strips

6.3.2 Επιλογή του βέλτιστου χαμηλοπερατού φίλτρου

Το επόμενο βήμα ήταν να προσδιοριστεί το βέλτιστο φίλτρο για την αποκοπή του υψίσυχνου θορύβου που προέρχεται από την τροφοδοσία υψηλής τάσης. Αρχικά έγινε χρήση ενός απλού φίλτρου $R - C$ το οποίο, όπως αποδείχθηκε δεν ήταν η καλύτερη επιλογή. Κατά την διάρκεια των δοκιμών, η πηγή βρισκόταν πάνω από τα read-out strips. Στον παλμογράφο απεικονίζονταν 2 σήματα. Το μεγαλύτερο από αυτά ήταν το σήμα από τα ηλεκτρόνια. Το μικρότερο ιδανικά θα ήταν το σήμα από τα ιόντα. Η εικόνα βέβαια δεν ήταν τόσο καθαρή, αφού το υποτιθέμενο σήμα από τα ιόντα ήταν πρακτικά δύο σήματα.

Μια σκέψη ήταν να μεταφερθεί η πηγή μακριά από τα read-out strips, ώστε να δούμε την απόκριση του συστήματος. Αυτό που αναμένεται είναι μικρότερο rate αφού λόγω της μακρινής απόστασης λιγότερα φωτόνια x θα φτάσουν στα read-out strips. Αυτό που δεν πρέπει να αλλάζει είναι το ύψος του σήματος αφού η ενέργεια που εναποτίθεται στον ενεργό όγκο του ανιχνευτή δεν μπορεί να είναι διαφορετική. Αυτό που επιβεβαιώθηκε είναι το χαμηλότερο rate. Αυτό που προκάλεσε έκπληξη και απορία, ήταν το γεγονός πως το ύψος του παλμού μειώθηκε. Χρησιμοποιήθηκε επίσης και ευθυγραμμιστής της πηγής. Το φάσμα που προέκυψε φαίνεται στην εικόνα 6.10.

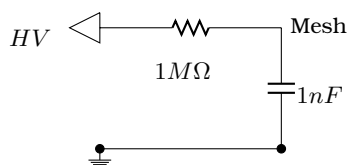


Σχήμα 6.10: Διπλό φάσμα σιδήρου

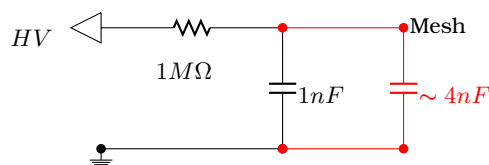
Το παραπάνω φάσμα είναι εντυπωσιακό! Οι διπλές αυτές κορυφές οφείλονται στο γεγονός ότι έχει αγνοηθεί η συμπεριφορά του ανιχνευτή σαν πυκνωτή. Ο ανιχνευτής έχει μια διόλου ευκαταφρόνητη χωρητικότητα ($\simeq 4nF$) η οποία στο πεδίο των συχνοτήτων είναι μια μιγαδική αντίσταση

$$Z_C = \frac{1}{j\omega C} \quad (6.1)$$

η οποία λόγω του μη ταιριάσματος με την μιγαδική αντίσταση του φίλτρου προκαλεί ανακλάσεις οι οποίες δίνουν πολλαπλά σήματα, το μεγαλύτερο από τα οποία δίνει το δεύτερο φάσμα του σιδήρου.

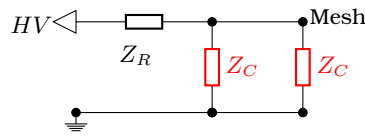


(α) Φίλτρο χωρίς την χωρητικότητα του μικροπλέγματος



(β) Φίλτρο με την χωρητικότητα του μικροπλέγματος

Σχήμα 6.11: Χαμηλοπερατό φίλτρο για την μείωση του υψίσυχνου θορύβου



Σχήμα 6.12: Χαμηλοπερατό φίλτρο για την μείωση του υπήσυχνου θορύβου στον χώρο των συχνοτήτων

Το διπλό φάσμα σιδήρου(εικ. 6.10) μπορεί να εξηγηθεί από την κυματική φυσική αν θεωρηθεί το σύστημα των δύο χωρητικότητων σαν μια γραμμή μεταφοράς. Χρησιμοποιώντας την έκφραση για τον συντελεστή ανάκλασης στην περίπτωση που το παραγόμενο σήμα οδεύει από την Z_m (μιγαδική εμπέδηση του μικροπλέγματος) στην Z_f (μιγαδική εμπέδηση του φίλτρου) και το γεγονός ότι $\frac{Z_f}{Z_m} = 4$ ισχύει ότι

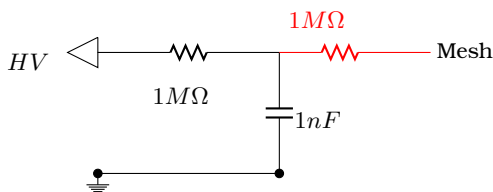
$$\Gamma_{mf} = \frac{Z_f - Z_m}{Z_f + Z_m} = \frac{Z_m \left(\frac{Z_f}{Z_m} - 1 \right)}{Z_m \left(\frac{Z_f}{Z_m} + 1 \right)} = \frac{4 - 1}{4 + 1} \cong 60\% \quad (6.2)$$

Τα παραπάνω συνηγορούν στο γεγονός πως αν το παραγόμενο από την Z_m σήμα έχει ύψος 1, τότε το ανακλώμενο από την Z_f προς τα πίσω θα έχει ύψος 0.6. Το ανακλώμενο από την Z_m το οποίο θα οδεύει προς το read out θα έχει ύψος $0.6 \times 0.6 = 0.36$. Στην περίπτωση του διπλού φάσματος το αρχικό σήμα έχει ύψος 156 μονάδες, το ανακλώμενο προς τα πίσω θα έχει $156 \times 0.6 = 94$ και το δεύτερο σήμα προς το read out θα έχει ύψος $94 \times 0.6 = 56$ τιμή η οποία συμπίπτει με την δεύτερη κορυφή του φάσματος.

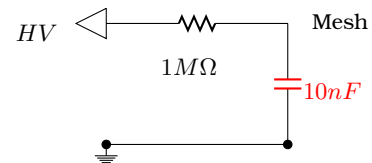
Για να διορθωθεί το εν λόγω πρόβλημα υπάρχουν δύο λύσεις

1. $R - C - R$ φίλτρο

2. $R - C$ φίλτρο με $C \gg C_{mesh}$



(α) $R - C - R$ φίλτρο



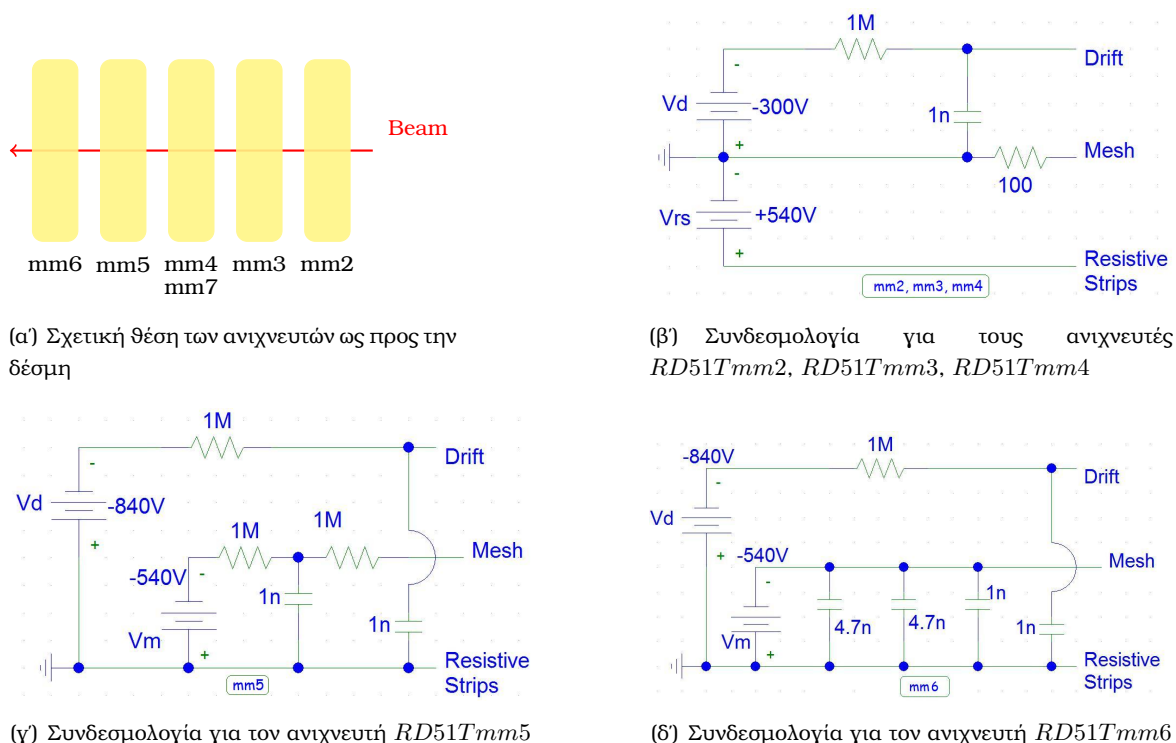
(β) $R - C$ φίλτρο με $C \gg C_{mesh}$

Σχήμα 6.13: Προτάσεις για το βέλτιστο χαμηλοπερατό φίλτρο για την μείωση του υπήσυχνου θορύβου

Τα δύο αυτά φίλτρα θα δοκιμαστούν κατά την διάρκεια του test beam.

6.4 Test Beam Ιουλίου 2012

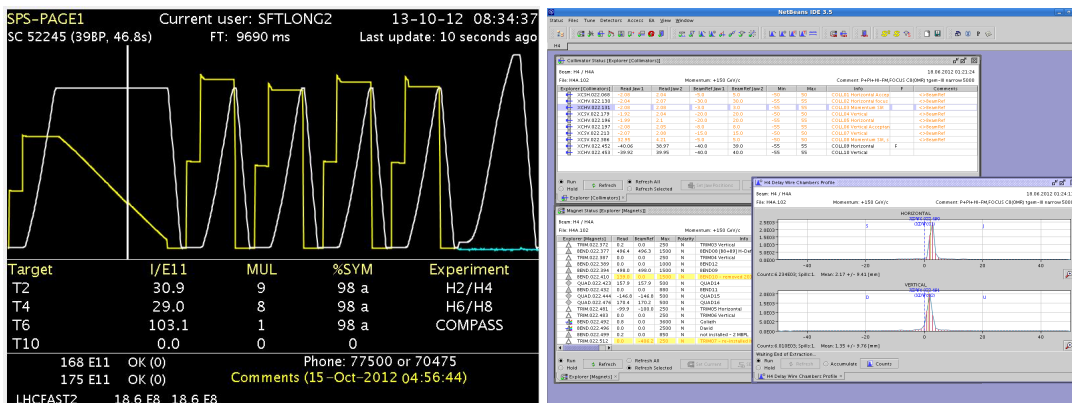
Το test beam πραγματοποιήθηκε κατά τον μήνα Ιούλιο στην τοποθεσία $H4 - 134$ στην βόρεια πλευρά του επιταχυντή SPS (north area στην εικόνα 6.2). Το test beam διήρκεσε 2 εβδομάδες όπου έγιναν $\simeq 200$ runs, καταγράφηκαν $\simeq 10^6$ γεγονότα συνολικού όγκου $\simeq 5GB$. Στην αίθουσα ελέγχου του πειράματος υπήρχε δυνατότητα παρακολούθησης on-line της δέσμης μέσω μιας οθόνης που ενημέρωνε για τυχόν τεχνικά προβλήματα(εικ. 6.15(α)). Η δέσμη που χρησιμοποιήθηκε ήταν δέσμη αρνητικών πιονίων ενέργειας $450 GeV$. Το $sril$ της δέσμης ήταν $9.6s$. Η συνδεσμολογία που χρησιμοποιήθηκε για κάθε ανιχνευτή καθώς και σχετική τους θέση ως προς την δέσμη φαίνονται στην εικόνα 6.14.



Σχήμα 6.14: Σχετική θέση και συνδεσμολογία των ανιχνευτών του τηλεσκοπίου

6.4.1 Συνδεσμολογία που χρησιμοποιήθηκε κατά την διάρκεια του test beam

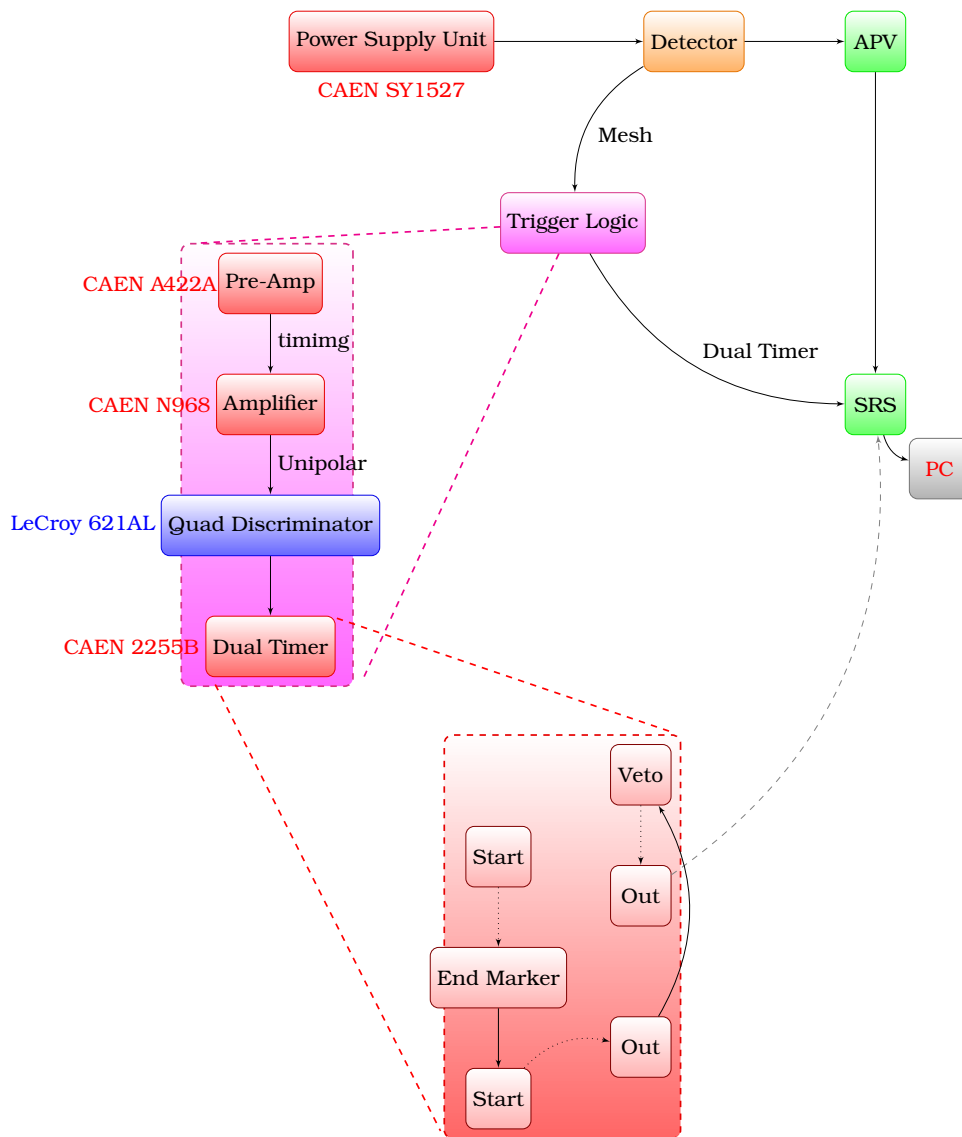
Στην υποενότητα αυτή, θα παρουσιαστούν τα ηλεκτρονικά που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάγνωση του σήματος. Στο σχήμα 6.16 φαίνεται το διάγραμμα που απεικονίζει τις ηλεκτρονικές μονάδες που χρησιμοποιήθηκαν για την τροφοδοσία υψηλής τάσης, για την ανάγνωση του σήματος καθώς και η trigger logic των δοκιμών ενώ στον πίνακα 6.1 τα βασικά χαρακτηριστικά αυτών.








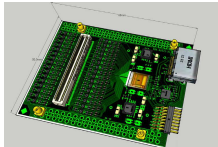
(α) Η οθόνη επίβλεψης της δέσμης

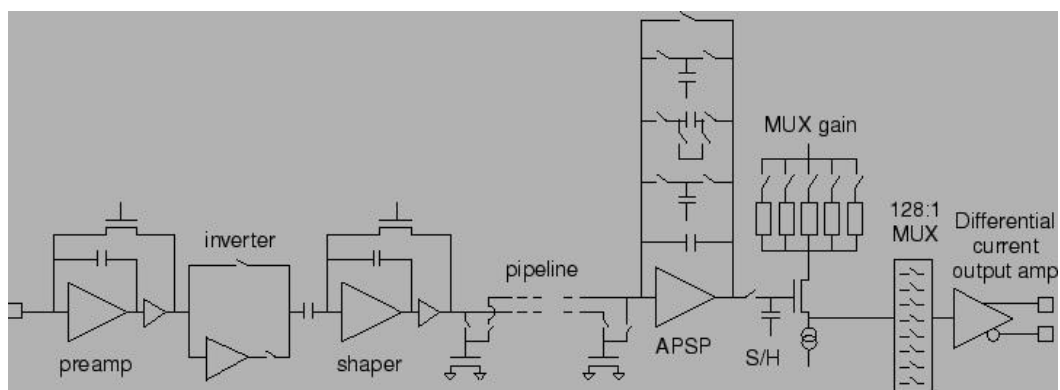
(β) Η οθόνη ελέγχου της δέσμης

Σχήμα 6.15: Επίβλεψη και έλεγχος της δέσμης



Σχήμα 6.16: Block διάγραμμα των ηλεκτρονικών συσκευών που χρησιμοποιήθηκαν κατά την διάρκεια του test beam

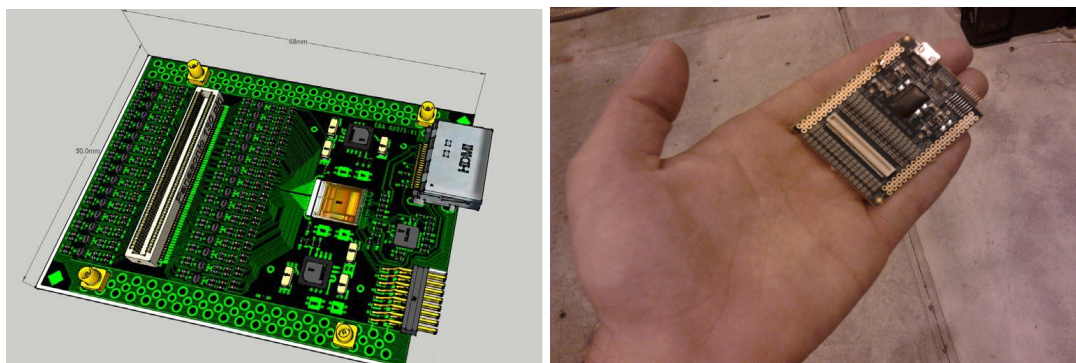
NIM Module	Χρήσιμα Χαρακτηριστικά	Εικόνα	URL
PSU CAEN SY1627 Mainframe	8×2 channels +/- Output Polarity		SY1527
Pre-Amp CAEN A422A	Sensitivity $30mV/MeV Si$		A422A
Amplifier Ortec 672	shaping time= $0.5\mu s$ fine gain= 0.5 coarse gain= 50 gain= 25		N968
Quad Discriminator LeCroy 621AL	—		621AL
Dual Timer CAEN N93B	—		N93B
Front End Chip APV25 Hybrid	<ul style="list-style-type: none"> o 128 channels o 25ns time-slots o mini HDMI connectors o 192 deep-sampling memory o δυνατότητα σύνδεσης με δεύτερο APV25 Hybrid o 40MHz sampling o 50ns shaping time 		APV25

Πίνακας 6.1: Τα ηλεκτρονικά των μετρήσεων με τον *NTU ASmm1*

Σχήμα 6.17: Το σχηματικό του APV25

Σε αυτό το σημείο χρειάζεται να ειπωθούν μερικά λόγια για το front end chip. Κατά την διάρκεια των δοκιμών χρησιμοποιήθηκε το APV25 Hybrid, το οποίο είναι μια παραλλαγή του front end chip του CMS tracker, APV25, το σχηματικό του οποίου φαίνεται στην εικόνα 6.17.

Για τις ανάγκες των δοκιμών του RD51 κατασκευάστηκε το APV25 hybrid τα βασικά χαρακτηριστικά του οποίου φαίνονται στον πίνακα 6.1. Στην εικόνα 6.18 φαίνεται πως με μια μικρών διαστάσεων κατασκευή μπορούμε να αντικαταστήσουμε τουλάχιστον 3 ηλεκτρονικές συσκευές(προενισχυτή, ενισχυτή και πολυκαναλικού αναλυτή). Αν προστεθεί και το γεγονός ότι χρησιμοποιώντας front end chips υπάρχει δυνατότητα μελέτης των χρονικών ιδιοτήτων του ανιχνευτή, καταλαβαίνει κανείς πως πρόκειται για ένα πολύ σημαντικό εργαλείο.



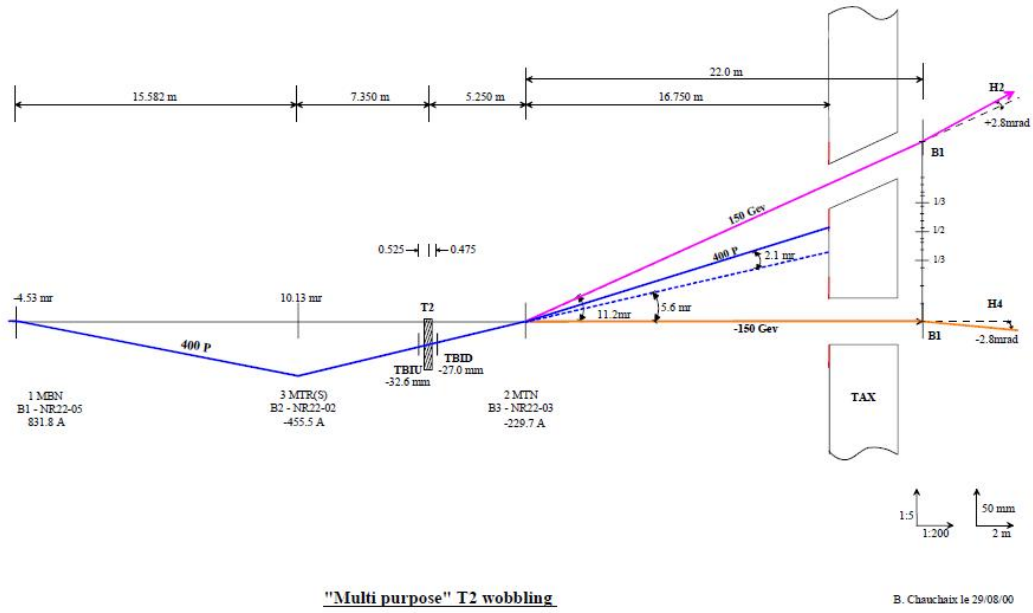
(α) Σχέδιο του APV25 hybrid

(β) Ένα από τα APV25 hybrid που χρησιμοποιήθηκαν

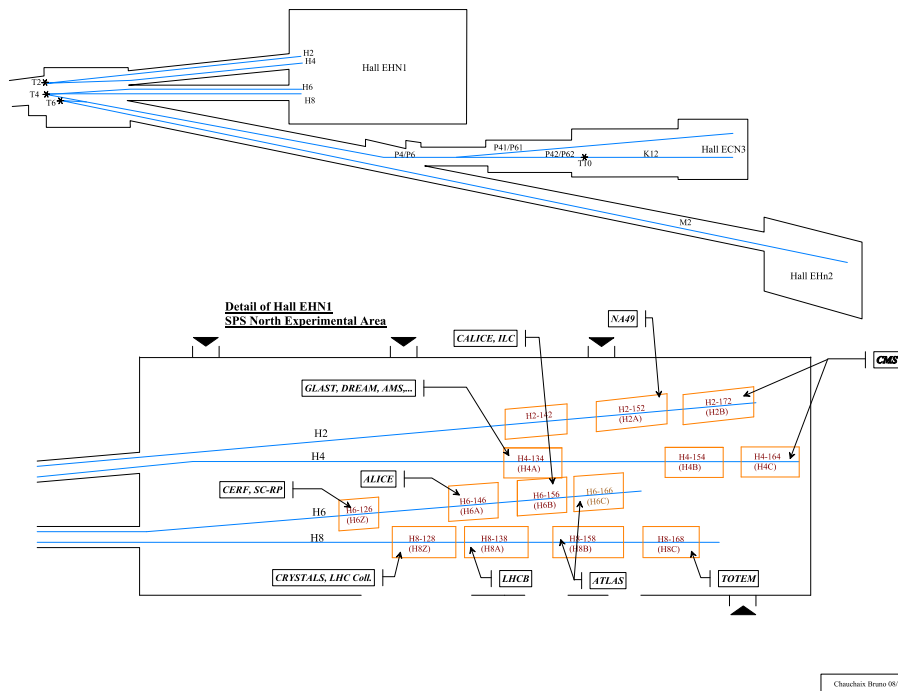
Σχήμα 6.18: Το front end chip APV25 hybrid

6.4.2 Στοιχεία για την τοποθεσία και την παροχή δέσμης

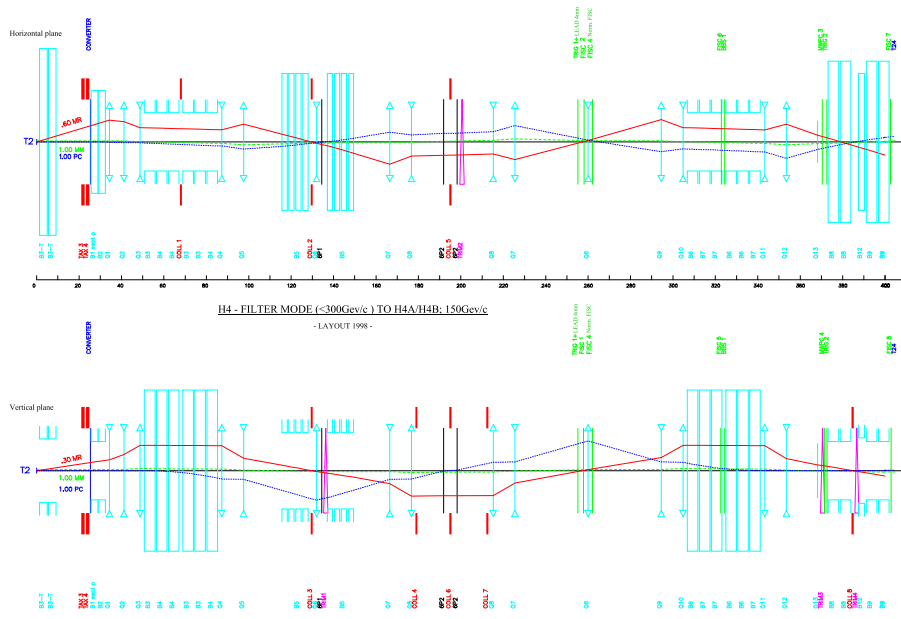
Οι δοκιμές έλαβαν χώρα στην τοποθεσία $H4 - 134$ στην βόρεια πλευρά του επιταχυντή SPS. Η παραγωγή δέσμης πιονίων προκύπτει από την σύγκρουση δέσμης πρωτονίων σε στόχο βολφραμίου. Στην συνέχεια η δέσμη με κατάλληλες «οπτικές» διατάξεις μεταφέρεται και διαμοιράζεται στις εκάστοτε περιοχές δοκιμών. Επίσης υπάρχει η δυνατότητα «απενεργοποίησης» της δέσμης τοπικά, μέσω της προσθήκης μεγάλων κομματιών από σκυρόδεμα, το οποίο απορροφά την δέσμη ολικά. Για την είσοδο στην περιοχή δοκιμών υπήρχε ένα πρωτόκολλο ασφαλείας(ένας ηλεκτρονικός έλεγχος,εικ. 6.22(γ')), το οποίο ήταν σχεδιασμένο ώστε να απαγορεύει την είσοδο στην περιοχή αν υπήρχε δέσμη ή μαγνητικό πεδίο, το οποίο παράγαγε ο ηλεκτρομαγνήτης Goliath(εικ. 6.22(β')). Το μέγιστο μαγνητικό πεδίο που μπορεί να παράξει είναι $1.4T$. Στις εικόνες που θα ακολουθήσουν οι στόχοι αυτοί αναφέρονται ως TAX . Στην εικόνα 6.20 φαίνεται η δομή της βόρειας περιοχής, στην 6.21 φαίνονται τα «οπτικά» που παράγουν τις εκάστοτε επιθυμητές ιδιότητες της δέσμης, στην 6.19 το σχεδιάγραμμα του διαμοιράσματος της δέσμης στις περιοχές $T2, T4$ και τέλος στην 6.23 το σχεδιάγραμμα της περιοχής $H4 - 134$ όπου έλαβαν χώρα οι δοκιμές.



Σχήμα 6.19: Σχεδιάγραμμα του διαμοιράσματος της δέσμης στις περιοχές T2, T4



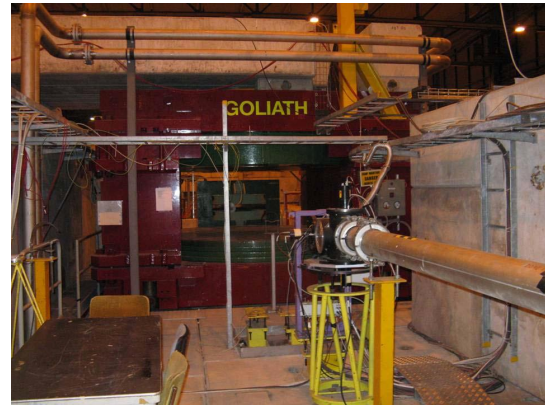
Σχήμα 6.20: Η δομή της βόρειας πλευράς του SPS



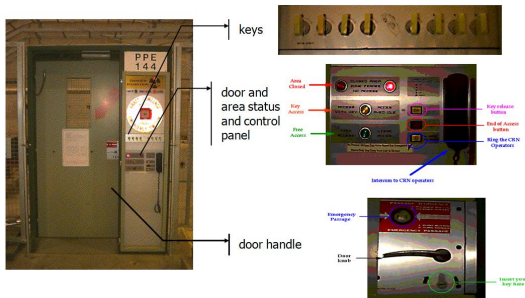
Σχήμα 6.21: Τα οπτικά στοιχεία για την επεξεργασία της δέσμης



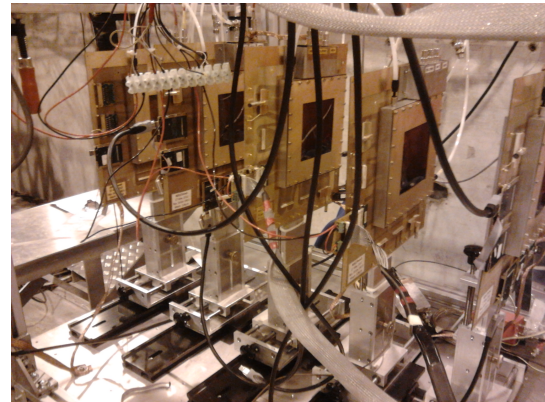
(α) Η αίθουσα ελέγχου της δέσμης και των ανιχνευτών



(β) Ο ηλεκτρομαγνήτης Goliath

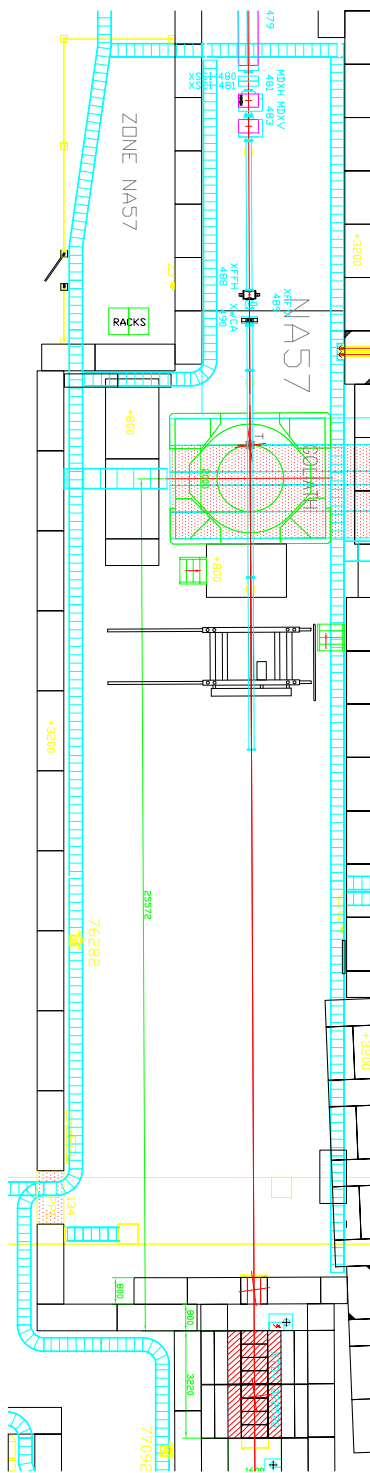


(γ) Ηλεκτρονικό σύστημα ασφαλούς πρόσβασης



(δ) Το τηλεσκόπιο κατά την διάρκεια των δοκιμών

Σχήμα 6.22: Χαρακτηριστικά γνωρίσματα της περιοχής H4 – 134



Σχήμα 6.23: Το σχεδιάγραμμα της περιοχής H4 – 134



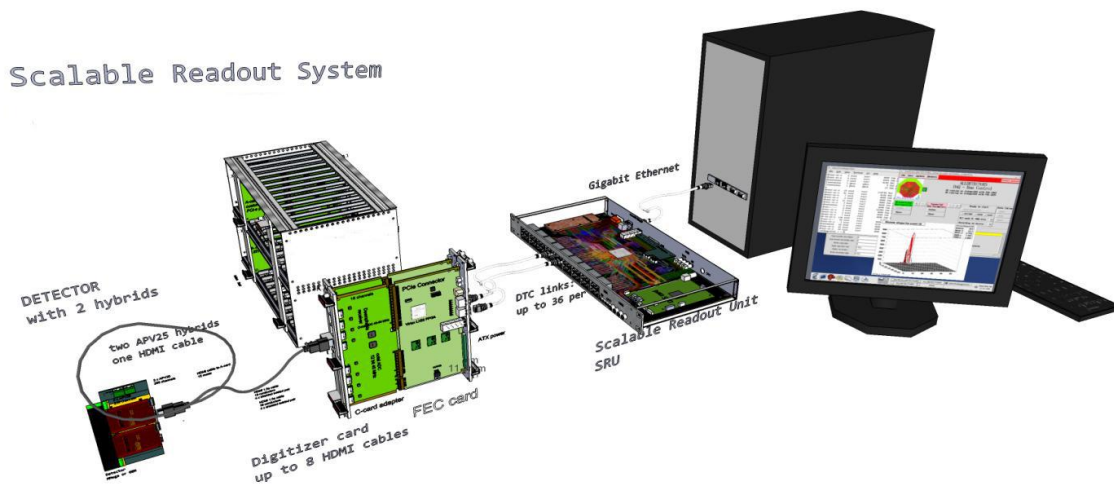
Σχήμα 6.24: Η αίθουσα ελέγχου των αερίων

6.4.3 Λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε κατά την διάρκεια του test beam

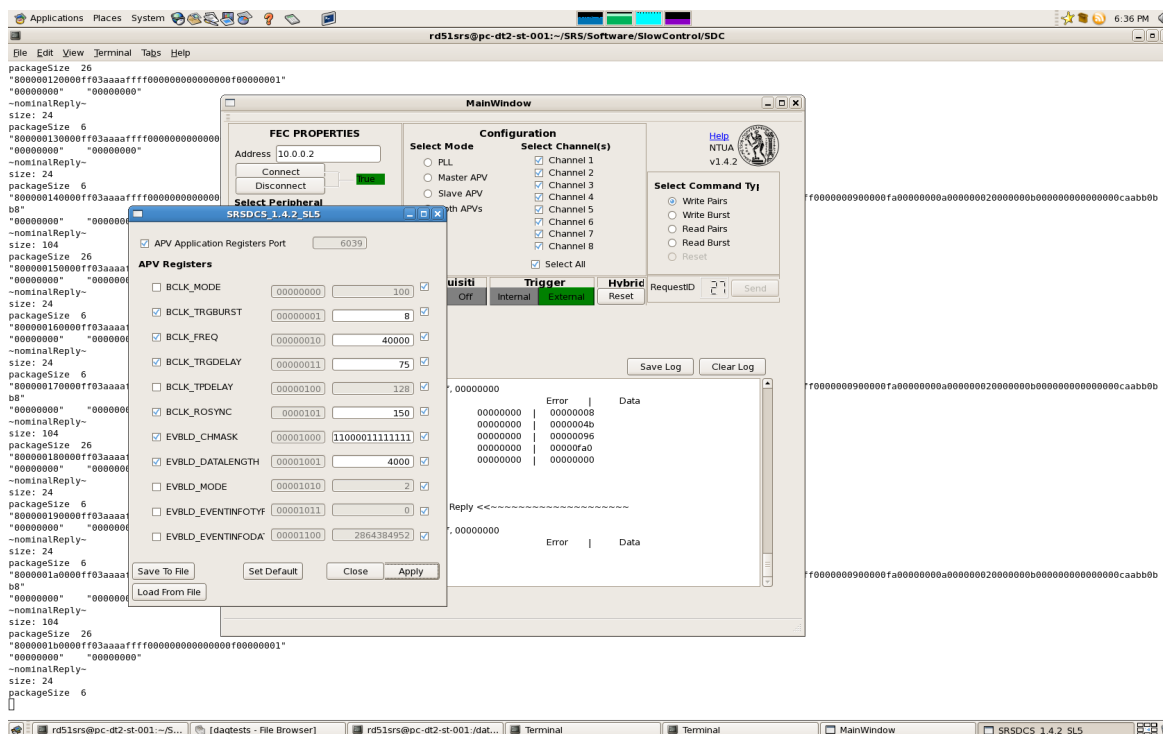
Κατά την διάρκεια του test beam χρησιμοποιήθηκαν λογισμικά τα οποία αναπτύχθηκαν από την RD51 collaboration για τις ανάγκες της έρευνας και ανάπτυξης που πραγματοποιεί. Τα λογισμικά αυτά έχουν αφορούν στην ανάγνωση του σήματος από τον ανιχνευτή (σύστημα ανάγνωση σήματος), στην λήψη και καταγραφή των δεδομένων που έχει επιτρέψει το σύστημα ανάγνωσης να καταγραφούν και τέλος στην απεικόνιση σε ιστογράμματα κάποιων βασικών δεδομένων όπως είναι το φορτίο που έχει συλλέξει η άνοδος, ο χρόνος που έκανε να σχηματιστεί κ.τ.λ.. Σε αυτήν την ενότητα θα παρουσιαστούν τα λογισμικά αυτά, από την σκοπιά του χρήστη χωρίς να αναφερθούν τεχνικές λεπτομέρειες ανάπτυξής τους. Τα λογισμικά αυτά έχουν σχεδιαστεί, αναπτυχθεί και υλοποιηθεί από τους Marcin Byszewski, Γιώργο Ιακωβίδη, Κωνσταντίνο Καρακώστα και Κωνσταντίνο Ντέκα.

6.4.3.1 Σύστημα ανάγνωσης σήματος

Για την ανάγνωση του σήματος έχει αναπτυχθεί το σύστημα SRS(Scalable Read-out System) το οποίο φαίνεται στην εικόνα 6.25. Ο ρόλος που επιτελεί το εν λόγω σύστημα είναι να επιτρέπει ή όχι την ανάγνωση του σήματος από το λογισμικό λήψης δεδομένων, να κατατάσσει και να ξεχωρίζει τον κάθε ανιχνευτή με το chip που είναι συνδεδεμένος καθώς και να διαβιβάζει τις παραπάνω πληροφορίες στο σύστημα λήψης δεδομένων το οποίο τελικά θα δώσει πληροφορίες που αφορούν στο κάθε ανιχνευτή ξεχωριστά. Όλες αυτές οι ρυθμίσεις πραγματοποιούνται μέσω ενός γραφικού περιβάλλοντος(εικ. 6.26).



Σχήμα 6.25: Το σύστημα ανάγνωσης και καθοδήγησης του σήματος

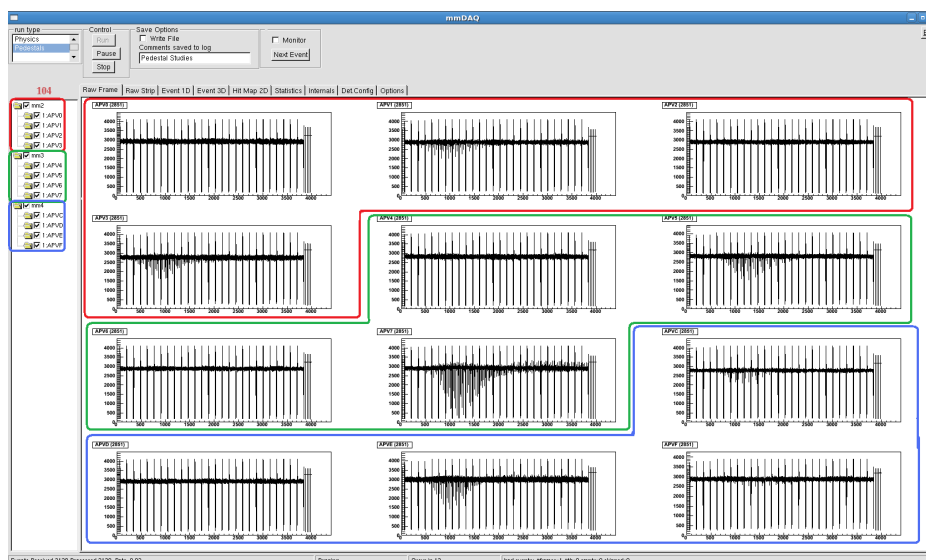


Σχήμα 6.26: Το γραφικό περιβάλλον του SRS

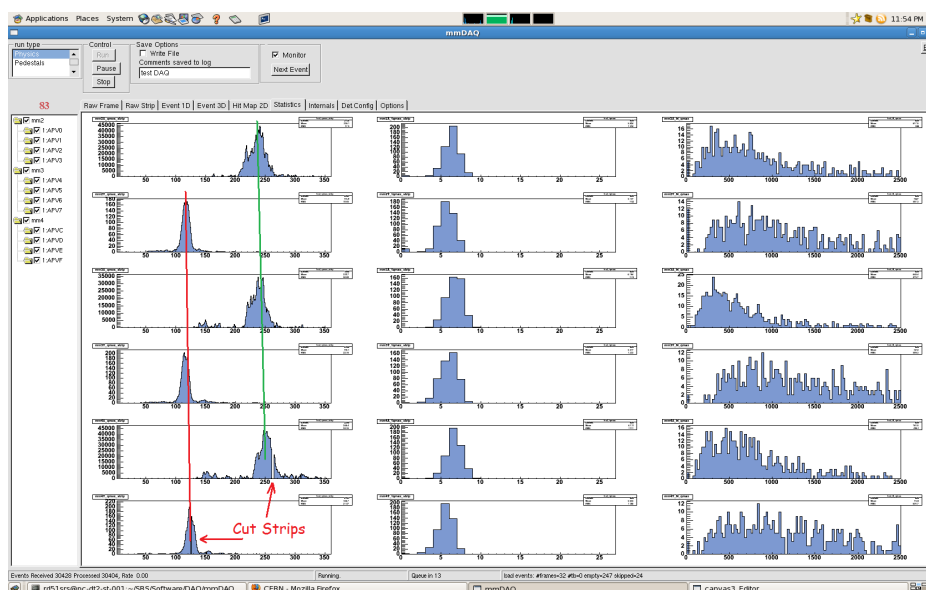
6.4.3.2 Σύστημα λήψης δεδομένων

Αν ένας παλμός έχει ύψος μεγαλύτερο από το κατώφλι που έχει οριστεί από την trigger logic, τότε το σύστημα ανάγνωσης επιτρέπει την διέλευσή του ώστε να καταγραφεί από το σύστημα λήψης δεδομένων. Κατά την διάρκεια των δοκιμών χρησιμοποιήθηκε το mmDaq(MicroMegas Data Acquisition) το οποίο προσφέρει on-line έλεγχο και απεικόνιση του σήματος. Κάποια βασικά χαρακτηριστικά του είναι:

1. Έχει δυνατότητα απεικόνισης μέχρι 12 chips
2. Μπορεί να παρακολουθεί μέχρι 400Hz εισερχόμενης πληροφορίας
3. Δίνει επίσης πληροφορίες για βασικές μεταβλητές που ενδιαφέρουν έναν πειραματιστή, όπως για παράδειγμα
 - κατανομή φορτίου
 - προφίλ της δέσμης
 - χρόνος που χρειάζεται το φορτίο ώστε να συλλεχθεί από την άνοδο
4. Η επικοινωνία με τον χρήστη γίνεται μέσω μιας γραφικής πλατφόρμας η οποία φαίνεται στην εικόνα 6.27 και 6.28
5. Τα εξαγόμενα αρχεία είναι root ntuples άρα απαιτεί την εγκατάσταση του root³



Σχήμα 6.27: Το γραφικό περιβάλλον του mmDAQ για την απεικόνιση του σήματος

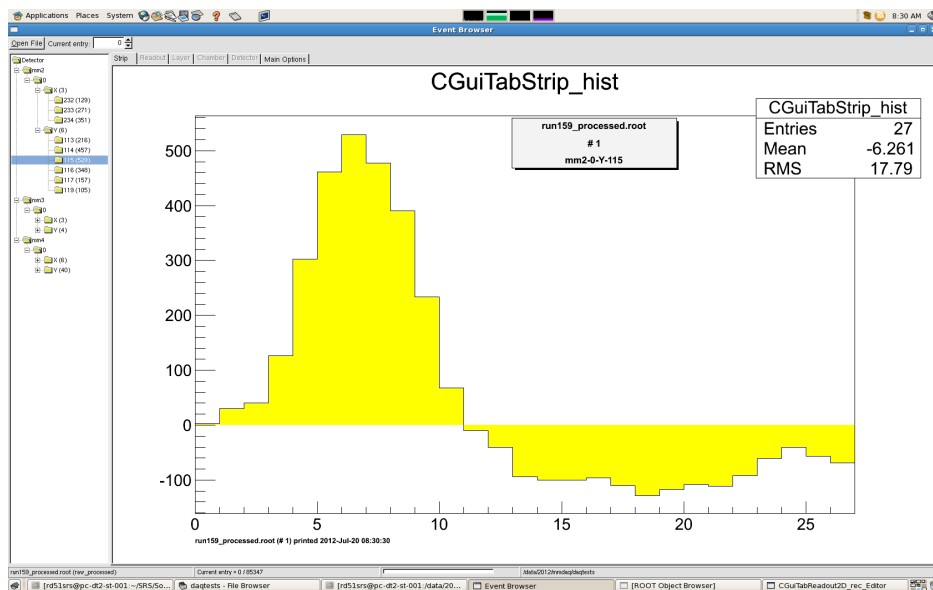


Σχήμα 6.28: Το γραφικό περιβάλλον του mmDAQ για την απεικόνιση χρήσιμων μεταβλητών

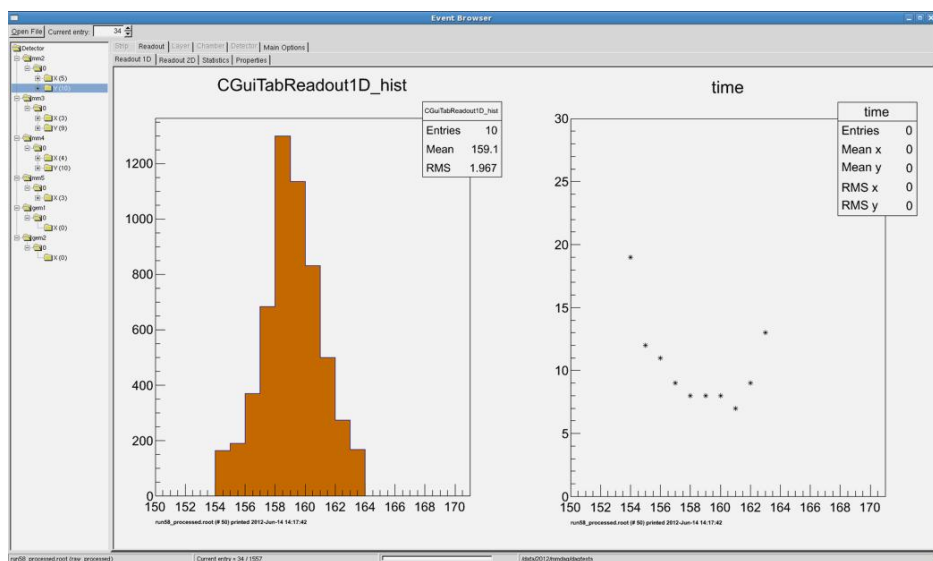
³<http://root.cern.ch/drupal/>

6.4.3.3 Απεικόνιση των δεδομένων

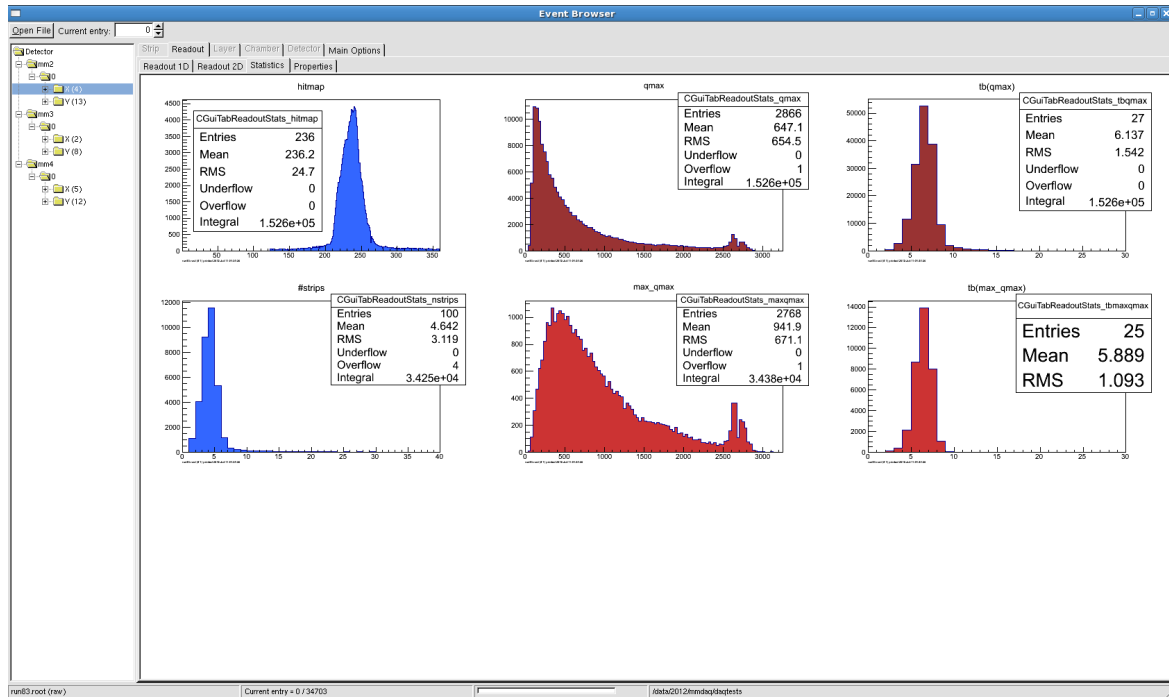
Το τελευταίο λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε αφορά στην απεικόνιση των δεδομένων που έχουν καταχωρηθεί από το σύστημα λήψης δεδομένων. Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε κατά τις δοκιμές του Ιουλίου, είναι ο Event Browser, ο οποίος απεικονίζει σε μορφή ιστογραμμάτων τις μεταβλητές που έχει αποθηκεύσει το σύστημα λήψης δεδομένων. Επιπλέον παρέχει την δυνατότητα παρακολούθησης των μεταβλητών για κάθε γεγονός, ανιχνευτή και $x - y$ strips ξεχωριστά. Απαιτεί την προεγκατάσταση του root καθώς και τις βιβλιοθήκες boost 1.49 της C.



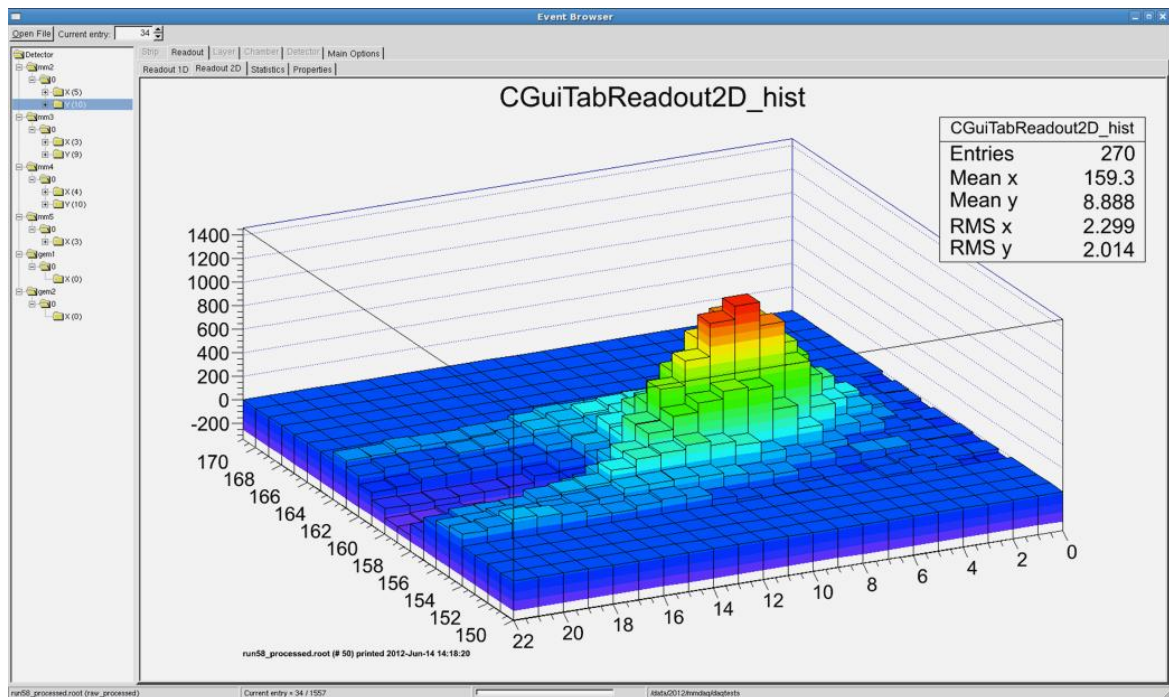
Σχήμα 6.29: Εξέλιξη του συλλεγόμενου φορτίου στον χρόνο, για ένα strip



Σχήμα 6.30: Ιστογράμμο των strips που έχουν δώσει σήμα(αριστερά) και διάγραμμα του strip που έχει δώσει σήμα σε συνάρτηση με τον χρόνο που χρειάστηκε μέχρι να συλλεχθεί το μέγιστο φορτίο(δεξιά).



Σχήμα 6.31: Ιστογράμματα χρήσιμων μεταβλητών



Σχήμα 6.32: Τρισδιάστατο ιστογράμμο της χρονικής εξέλιξης φορτίου και του strip το οποίο έχει δώσει σήμα

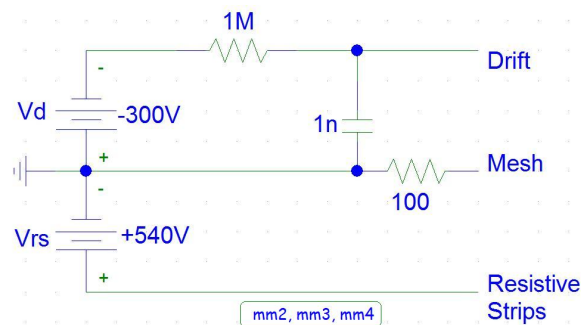
6.5 Ανάλυση των δεδομένων

Στην ενότητα αυτή θα παρατεθούν τα γραφήματα τα οποία έχουν προκύψει από την ανάλυση των δεδομένων. Λόγω του μεγάλου όγκου δεδομένων και της πίεσης χρόνου για την ολοκλήρωση της εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας, η ανάλυση δεν έχει ολοκληρωθεί πλήρως. Υπάρχουν ακόμη κάποιες μικρές εκκρεμότητες οι οποίες θα αναλυθούν προσεχώς. Η δομή αυτής της ενότητας έχει ως εξής: Για κάθε ανιχνευτή θα παρατίθενται τα γραφήματα τα οποία προέκυψαν από την ανάλυση για κάθε μεταβλητή. Όπου χρειάζεται, θα σχολιάζεται το εκάστοτε αποτέλεσμα.

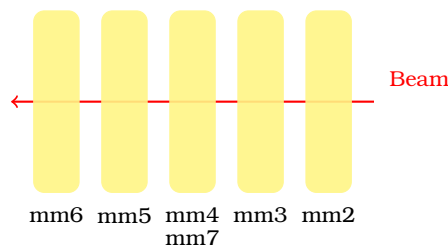
6.5.1 Ο ανιχνευτής $RD51Tmm2$

Ο ανιχνευτής αυτός είναι ένας resistive MicroMEGAS με x,y read-out strips με τα εξής χαρακτηριστικά:

1. η αντίσταση των resistive strips είναι $1M\Omega/\square$
2. το μήκος της περιοχής ολίσθησης είναι $5cm$
3. το μήκος της περιοχής πολλαπλασιασμού είναι $128\mu m$
4. η απόσταση μεταξύ των κέντρων δύο διαδοχικών strips (pitch) είναι $250\mu m$
5. διαθέτει 360 strips.

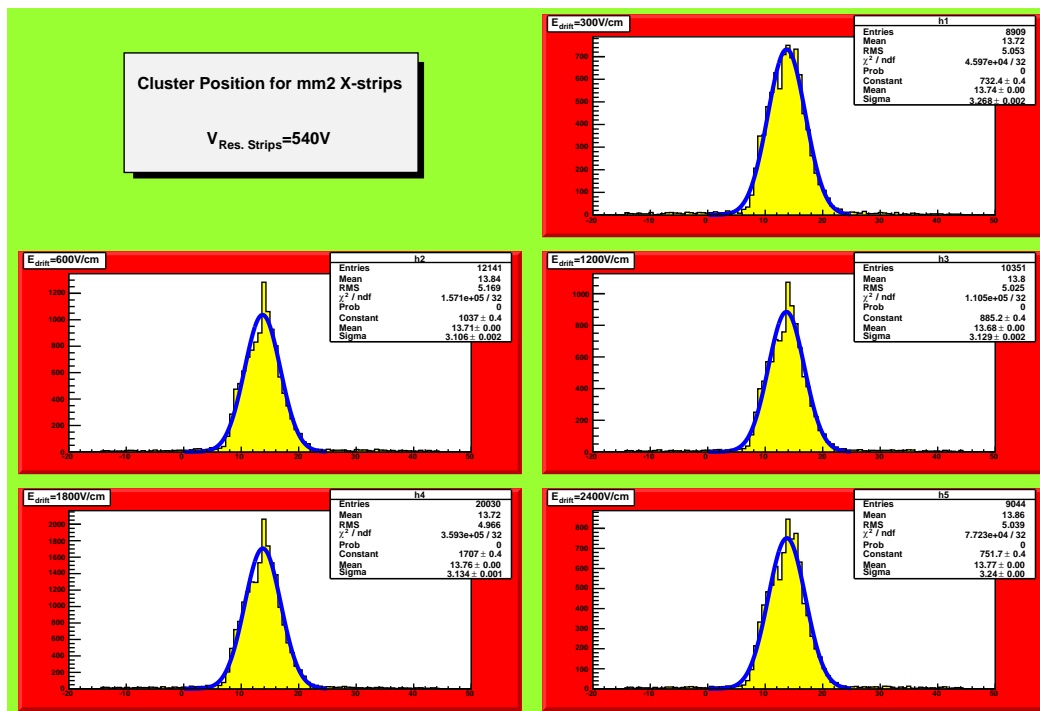


Σχήμα 6.33: Συνδεσμολογία για τους ανιχνευτές $RD51Tmm2$, $RD51Tmm3$, $RD51Tmm4$

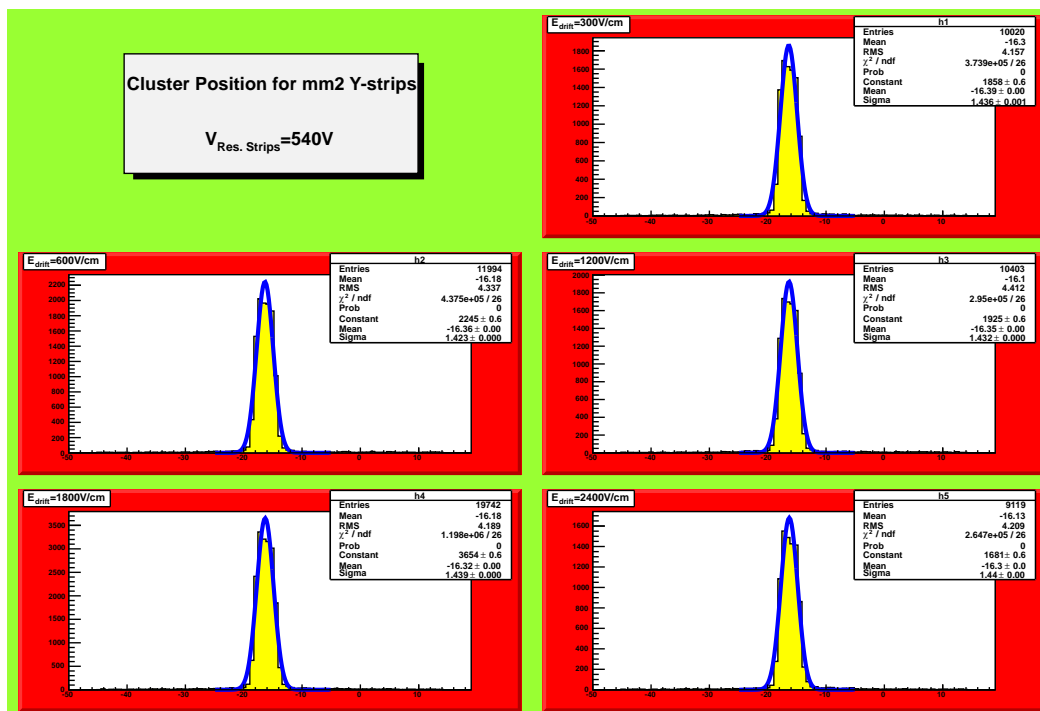


Σχήμα 6.34: Σχετική θέση των ανιχνευτών ως προς την δέσμη

6.5.1.1 Θέση των clusters

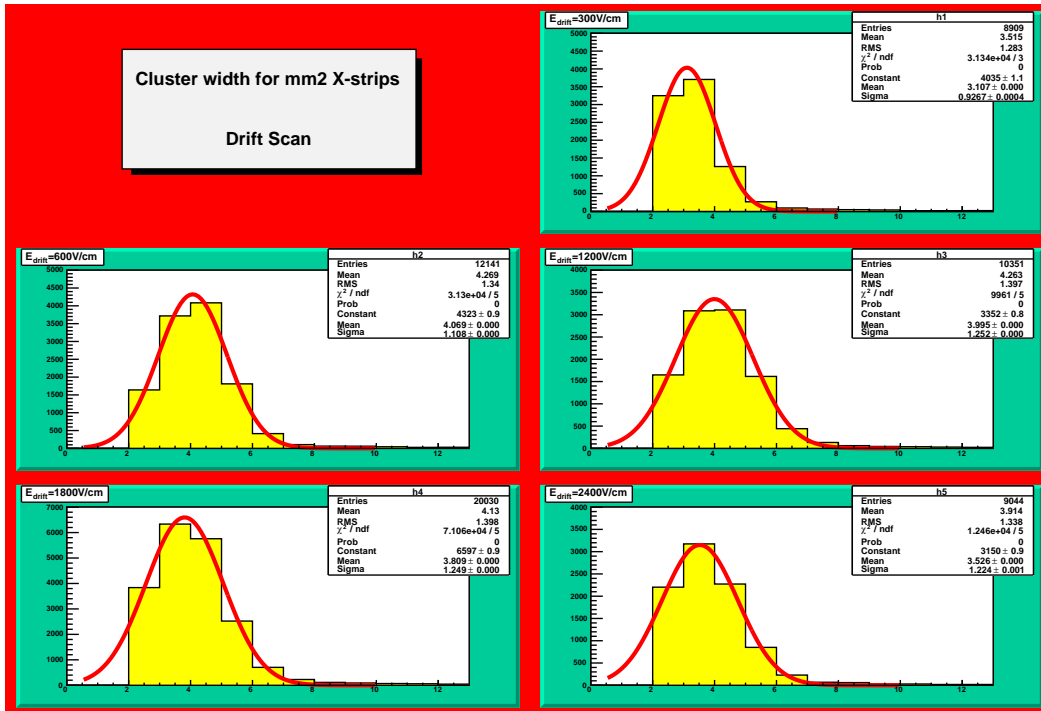


Σχήμα 6.35: Προφίλ της δέσμης όπως καταγράφηκε από τα $x - strips$ του $RD51Tmm2$ για διαφορετικά πεδία ολίσθησης

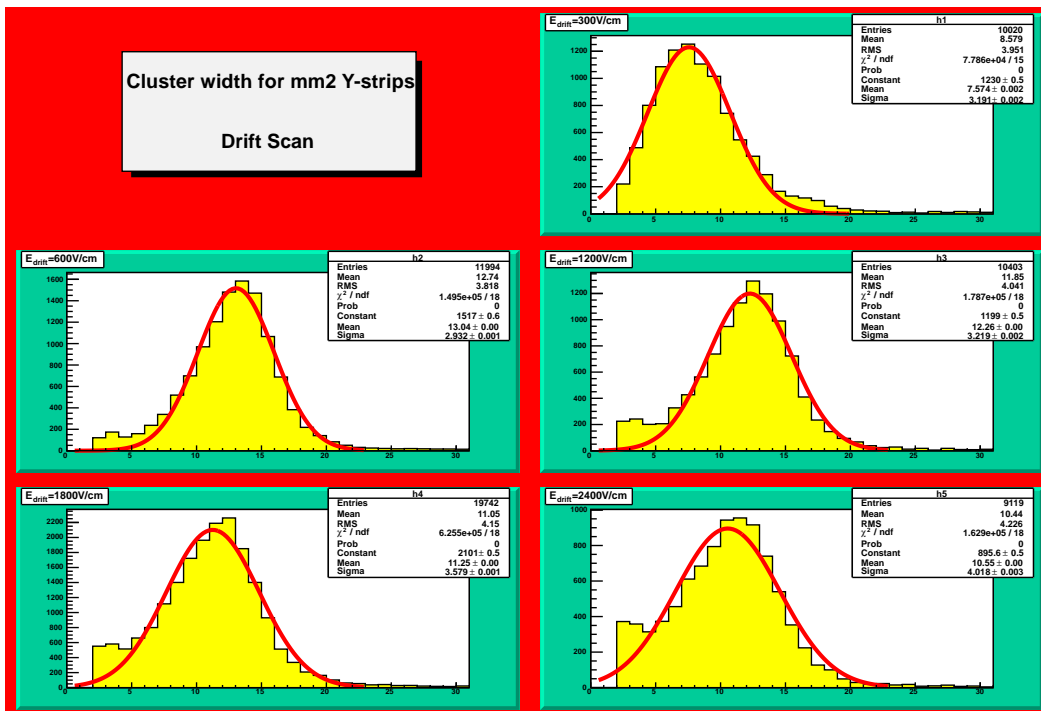


Σχήμα 6.36: Προφίλ της δέσμης όπως καταγράφηκε από τα $y - strips$ του $RD51Tmm2$ για διαφορετικά πεδία ολίσθησης

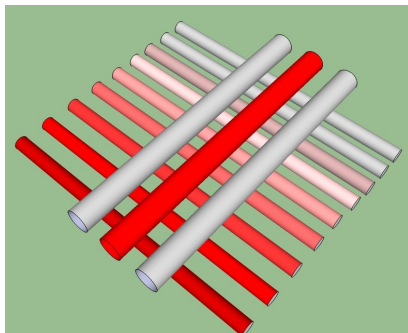
6.5.1.2 Μέγεθος των clusters



Σχήμα 6.37: Το μέγεθος των clusters όπως καταγράφηκε από τα x - strips του $RD51Tmm2$ για διαφορετικά πεδία ολίσθησης



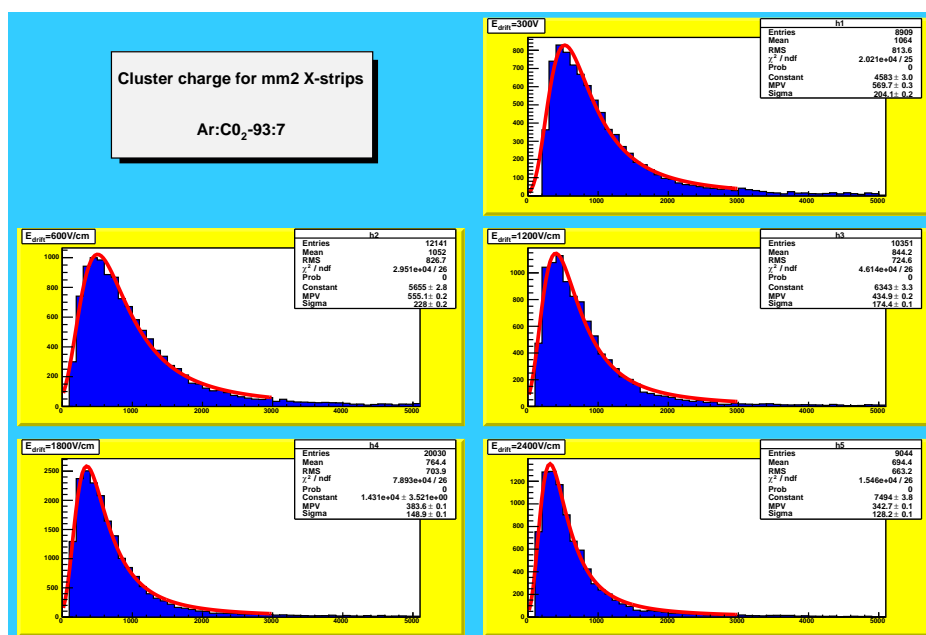
Σχήμα 6.38: Το μέγεθος των clusters όπως καταγράφηκε από τα Y - strips του $RD51Tmm2$ για διαφορετικά πεδία ολίσθησης



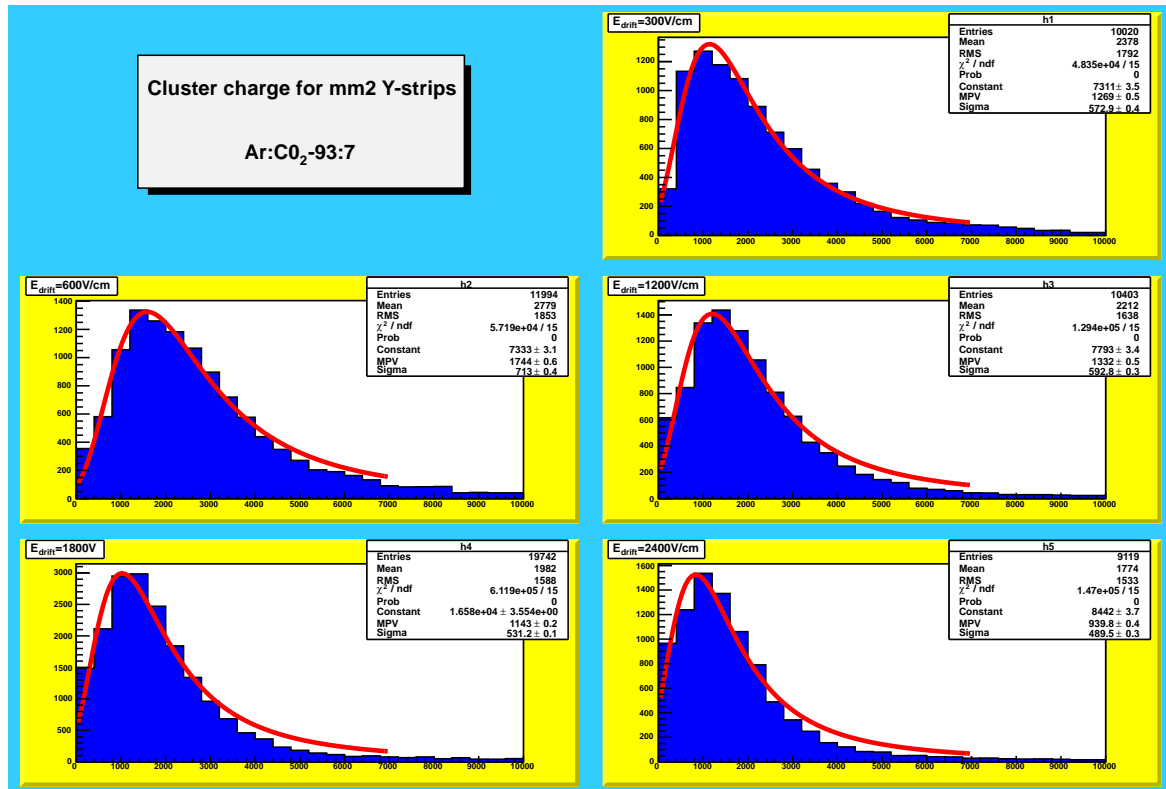
Σχήμα 6.39: Η κίνηση φορτίου στα resistive strips σε σχέση με την αντίστοιχη στα y-strips

Ο λόγος για τον οποίο τα y-strips παρουσιάζουν μεγαλύτερη τυπική απόκλιση είναι ως βρίσκονται κάθετα ως προς το κατακόρυφο επίπεδο με τα resistive strips. Όταν εκείνα θα συλλέξουν το φορτίο, τότε λόγω επαγωγής αυτό θα κατοπτριστεί στα y τα οποία βρίσκονται από κάτω. Συνεπώς το φορτίο από τα resistive strips θέλει να φτάσει στην γείωση. Η κίνησή τους αυτή αντικατοπτρίζεται στα y-strips και είναι λογικό πως αν το φορτίο κινείται κατά μήκος ενός resistive strip, περισσότερα από ένα y-strips θα εμφανίσουν φορτίο. Στην εικόνα 6.39 φαίνεται αυτό το φαινόμενο. Το χρώμα κόκκινο δηλώνει εμφάνιση φορτίου και η ένταση του χρώματος δηλώνει ποσότητα φορτίου. Εντονότερο κόκκινο σημαίνει περισσότερο φορτίο, ενώ απαλότερο κόκκινο δηλώνει λιγότερο φορτίο.

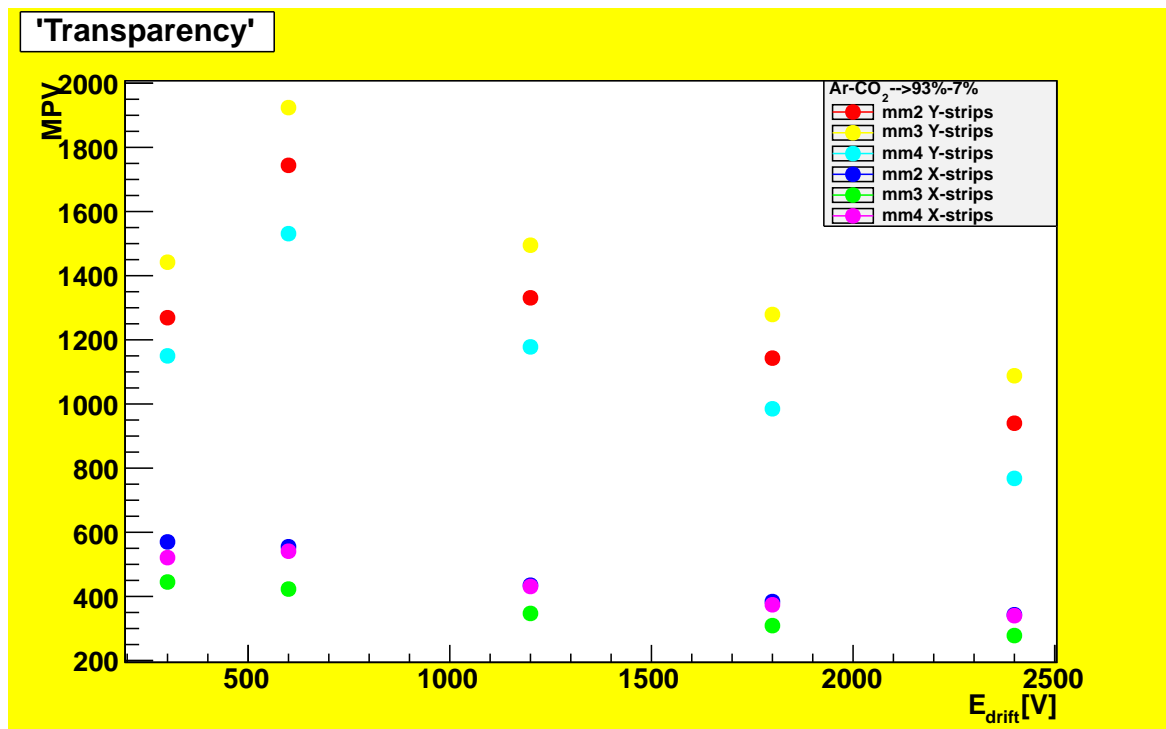
6.5.1.3 Κατασκευή των καμπυλών της transparency



Σχήμα 6.40: Φάσματα που προέκυψαν από τα X - strips του RD51Tmm2 για διαφορετικά πεδία ολίσθησης

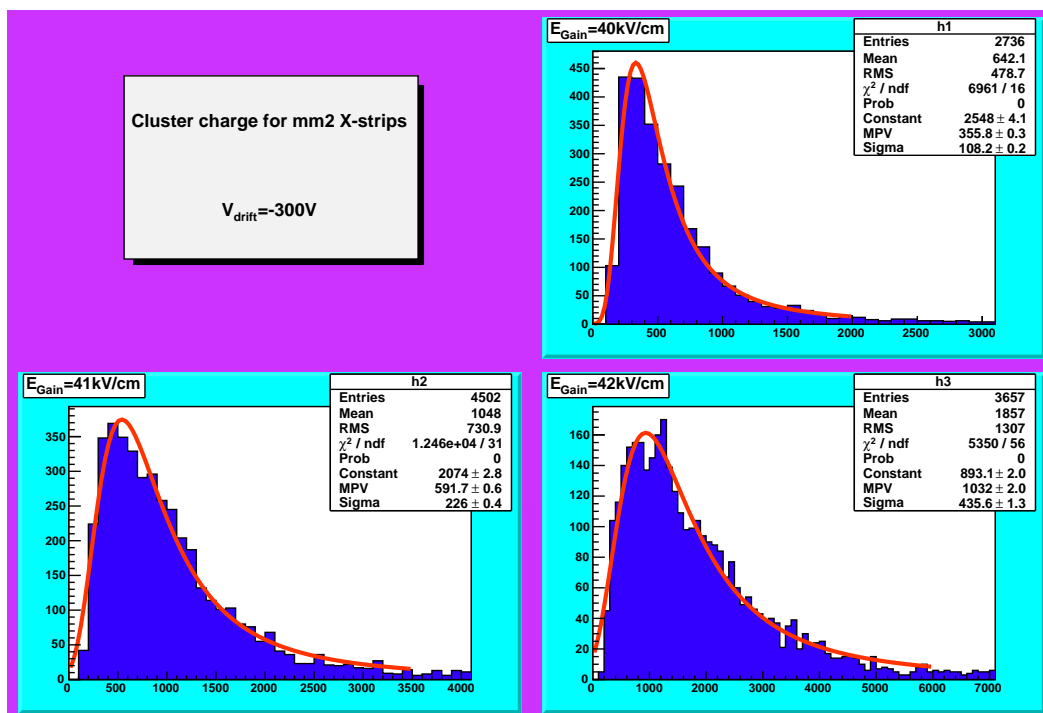


Σχήμα 6.41: Φάσματα που προέκυψαν από τα Y - strips του $RD51Tmm2$ για διαφορετικά πεδία ολίσθησης

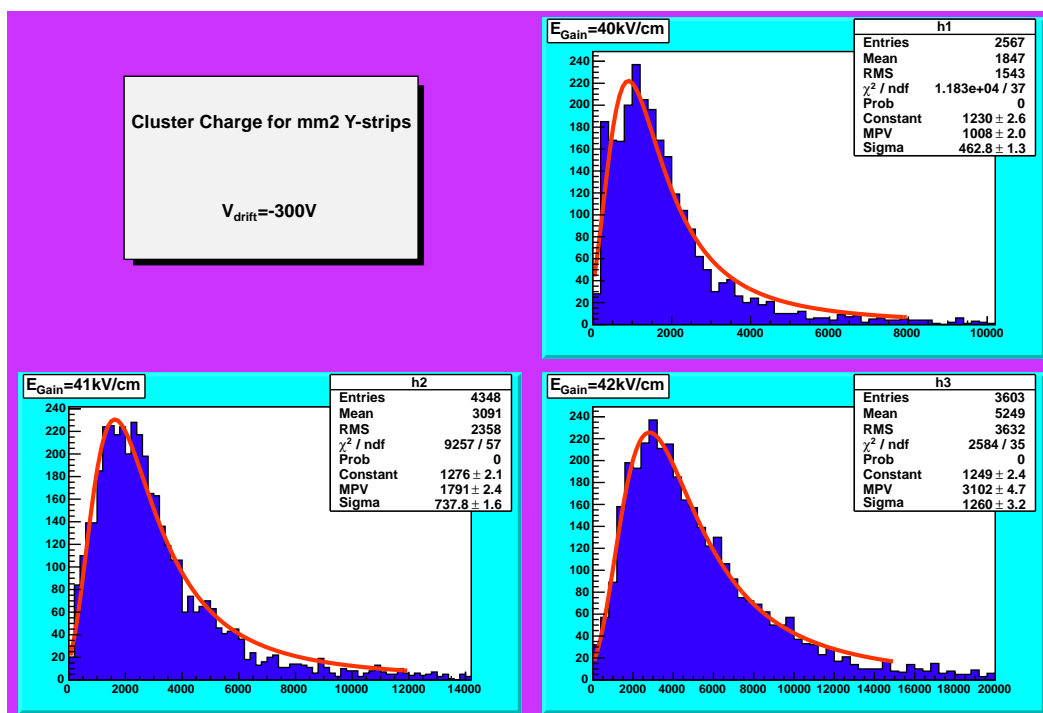


Σχήμα 6.42: Καμπύλες transparency για τους ανιχνευτές του τηλεσκοπίου, όπου φαίνεται πως η βέλτιστη τάση για την κάθοδο είναι τα 300V

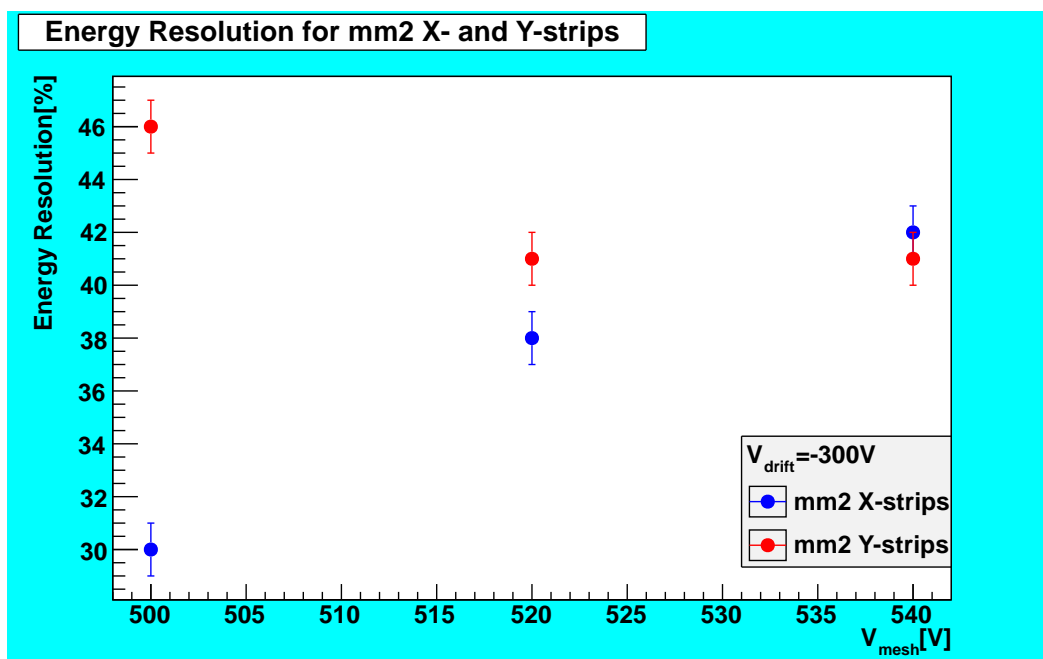
6.5.1.4 Ενεργειακή διακριτική ικανότητα



Σχήμα 6.43: Φάσματα που προέκυψαν από τα X - strips του $RD51Tmm2$ για διαφορετικά πεδία ενίσχυσης



Σχήμα 6.44: Φάσματα που προέκυψαν από τα Y - strips του $RD51Tmm2$ για διαφορετικά πεδία ενίσχυσης



Σχήμα 6.45: Ενεργειακή διακριτική ικανότητα για τα x και y strips του $RD51Tmm2$

6.5.1.5 Αριθμός clusters

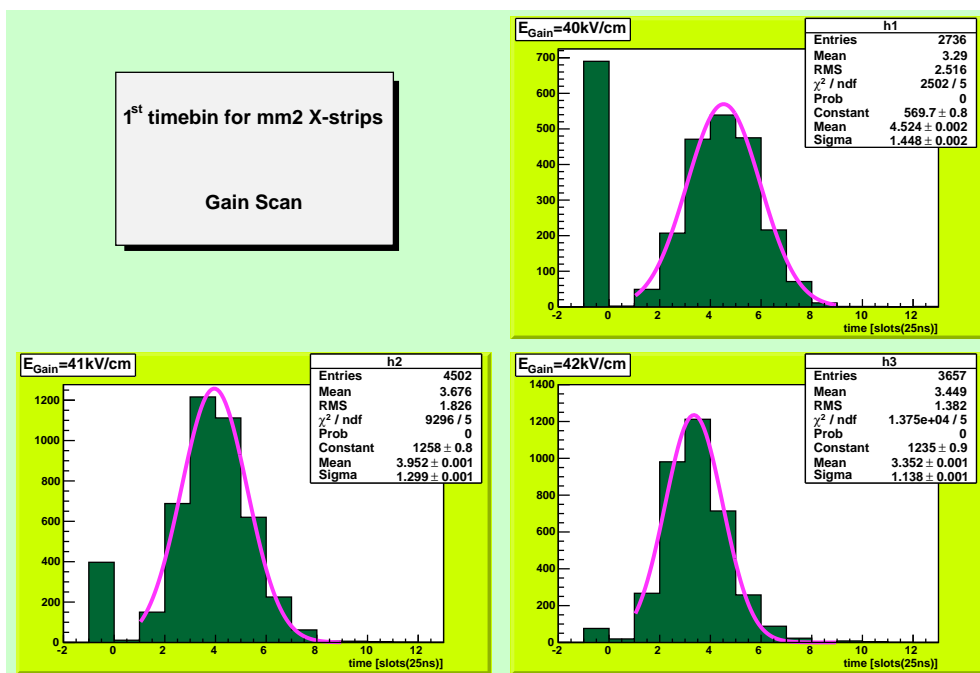


Σχήμα 6.46: Αριθμός clusters για τα X - strips του $RD51Tmm2$ για διαφορετικά πεδία ενίσχυσης

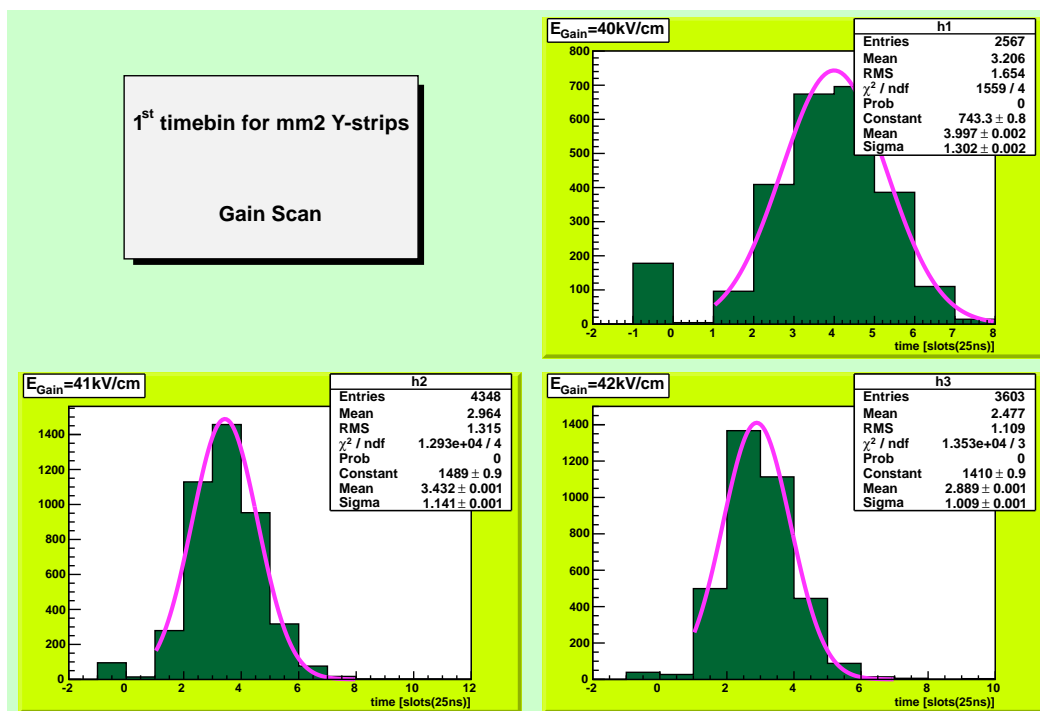


Σχήμα 6.47: Αριθμός clusters για τα Y – strips του $RD51Tmm2$ για διαφορετικά πεδία ενίσχυσης

6.5.1.6 Χρόνος στον οποίο αρχίζει ο σχηματισμός του σήματος



Σχήμα 6.48: Χρόνος(σε time-slots) στον οποίο αρχίζει να σχηματίζεται το σήμα για τα X – strips του $RD51Tmm2$ για διαφορετικά πεδία ενίσχυσης. Οι αρνητικοί χρόνοι ερμηνεύονται ως θόρυβος.

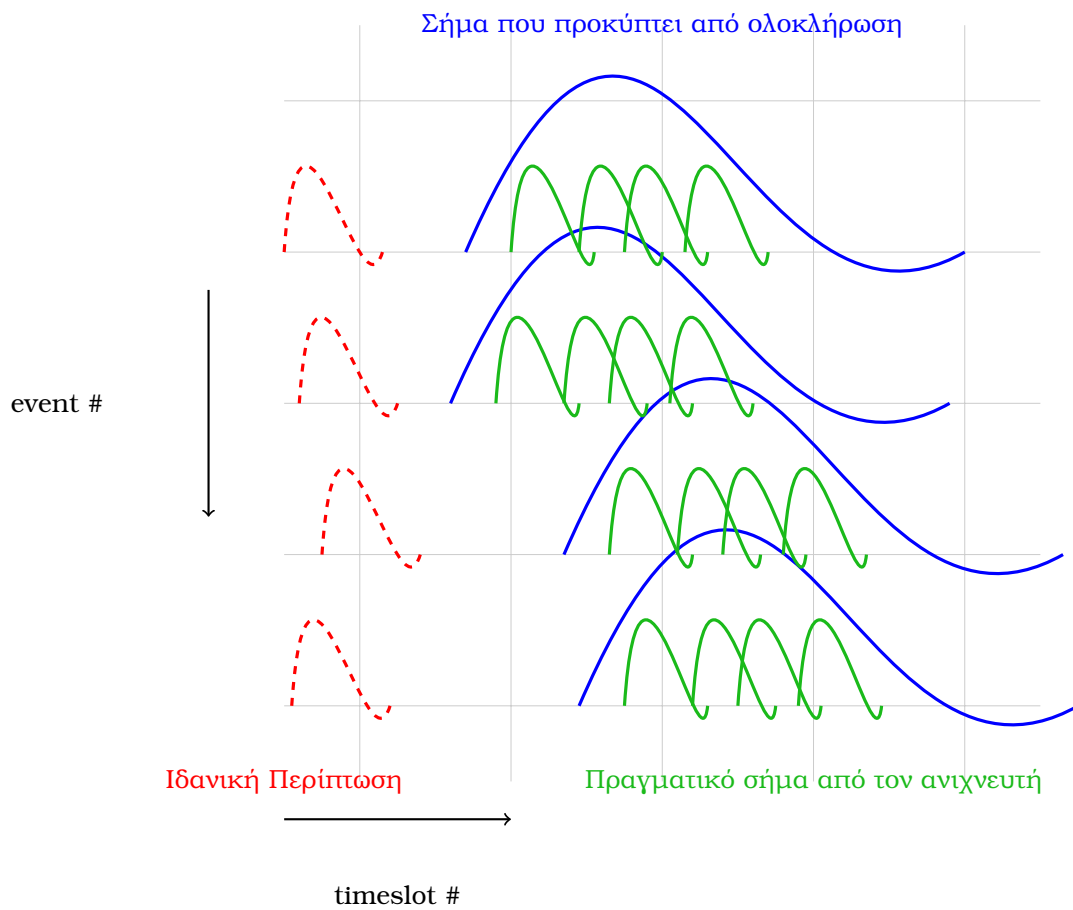


Σχήμα 6.49: Χρόνος(σε time-slots) στον οποίο αρχίζει να σχηματίζεται το σήμα για τα Y -strips του $RD51T\text{mm}2$ για διαφορετικά πεδία ενίσχυσης. Οι αρνητικοί χρόνοι ερμηνεύονται ως θόρυβος.

Παρατηρείται πως ο χρόνος που χρειάζεται για την εμφάνιση του σήματος είναι μεταξύ $75 - 100\text{ns}$. Αυτός ο χρόνος είναι μια πάρα πολύ κακή ιδιότητα, η οποία δεν μπορεί να είναι πραγματική. Αυτό που πραγματικά συμβαίνει φαίνεται στο σχήμα 6.50.

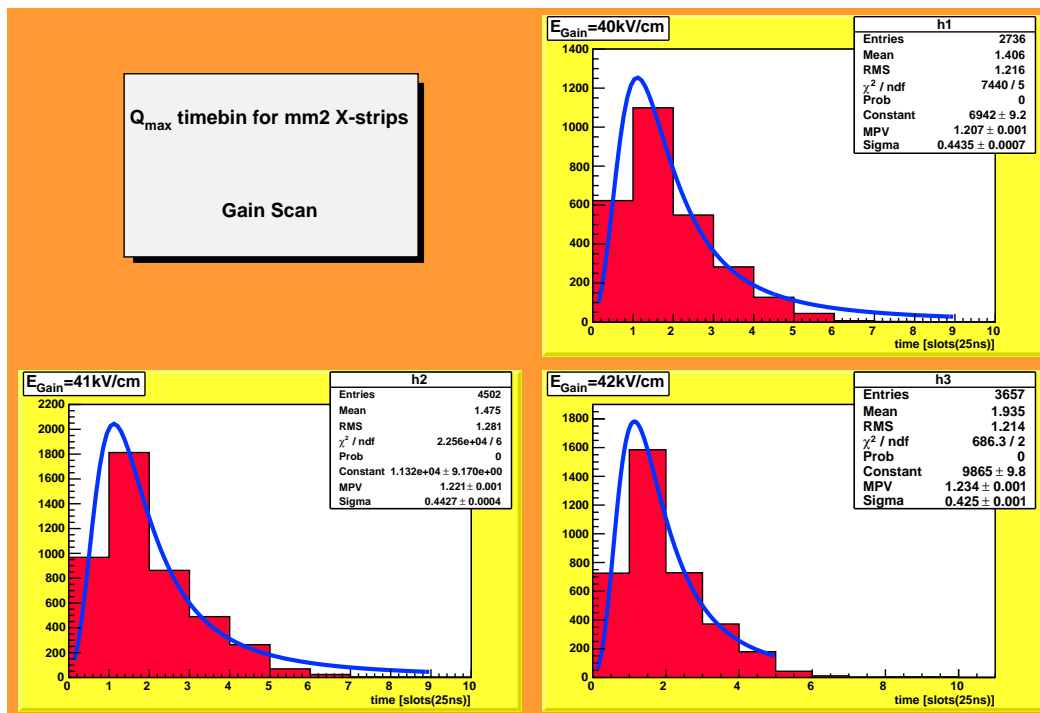
Στον οριζόντιο άξονα βρίσκεται ο αριθμός των χρονοθυρίδων(timeslots) και στον κατακόρυφο ο αριθμός του γεγονότος που καταμετράται από το ανιχνευτικό σύστημα. Ιδανικά θα περίμενε κανείς να χρειαζόταν μόνο μια χρονοθυρίδα για τον σχηματισμό του σήματος. Στην πραγματικότητα όμως αυτό δεν συμβαίνει. Στα προηγούμενα ιστογράμματα φαίνεται μια προτίμηση εμφάνισης του παλμού στην $3^{\text{η}} - 4^{\text{η}}$ χρονοθυρίδα. Αν αναλογιστεί κανείς πως το shaping time του APV είναι 50ns , δηλαδή 2 χρονοθυρίδες, γίνεται αντιληπτό πως υπάρχει περιορισμός από τα ηλεκτρονικά του πειράματος.

Επιπλέον, το chip για να μπορέσει να δώσει χρονική πληροφορία και κυρίως πληροφορία φορτίου χρειάζεται να ολοκληρώσει το σήμα που παράγει ο ανιχνευτής. Κατά την διαδικασία αυτή το σύστημα είναι αναγκασμένο να μην πάρει πληροφορία για έναν ξεχωριστό παλμό από τον ανιχνευτή, αλλά θα χάσει σημαντικό κομμάτι χρονικής πληροφορίας, αφού λόγω της ολοκλήρωσης πρακτικά παράγει έναν πλατύτερο παλμό που αποτελείται από μικρούς και βραχύχρονους παλμούς. Μια ιδέα για να λυθεί αυτό το πρόβλημα είναι ένα chip το οποίο θα έχει μικρό shaping time και θα «σταματάει» την καταγραφή μόλις αντιληφθεί τον πρώτο παλμό από τον ανιχνευτή.

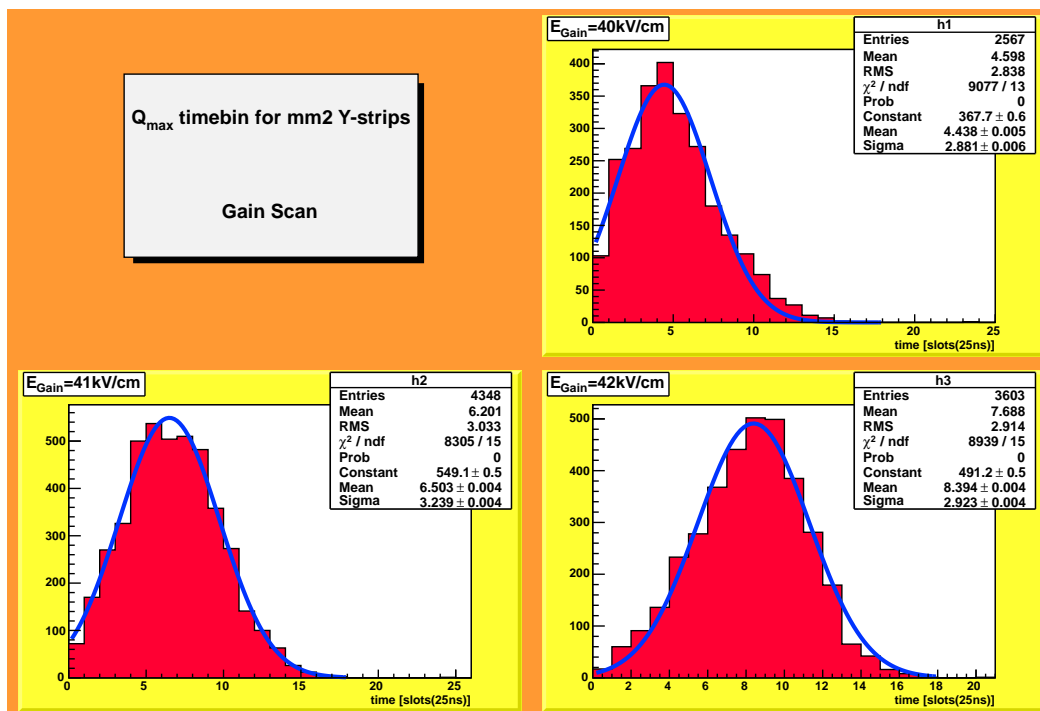


Σχήμα 6.50: Παραγόμενα σήματα και η επίδραση της ολοκλήρωσης από τον APV

6.5.1.7 Χρόνος στον οποίο εμφανίζεται το μέγιστο φορτίο



Σχήμα 6.51: Χρόνος(σε time-slots» ο οποίος απαιτείται για να σχηματιστεί η μέγιστη κορυφή του παλμού για τα $X - strips$ του $RD51Tmm2$ για διαφορετικά πεδία ενίσχυσης

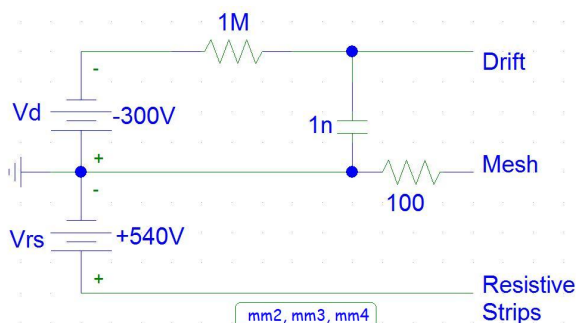


Σχήμα 6.52: Χρόνος(σε time-slots» ο οποίος απαιτείται για να σχηματιστεί η μέγιστη κορυφή του παλμού για τα $Y - strips$ του $RD51Tmm2$ για διαφορετικά πεδία ενίσχυσης

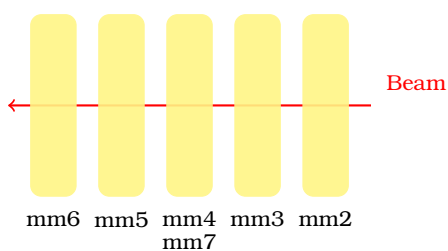
6.5.2 Ο ανιχνευτής RD51Tmm3

Ο ανιχνευτής αυτός είναι ένας resistive MicroMEGAS με x,y read-out strips με τα εξής χαρακτηριστικά:

1. η αντίσταση των resistive strips είναι $1M\Omega/\square$
2. το μήκος της περιοχής ολίσθησης είναι $5cm$
3. το μήκος της περιοχής πολλαπλασιασμού είναι $128\mu m$
4. η απόσταση μεταξύ των κέντρων δύο διαδοχικών strips(pitch) είναι $250\mu m$
5. διαθέτει 360 strips.



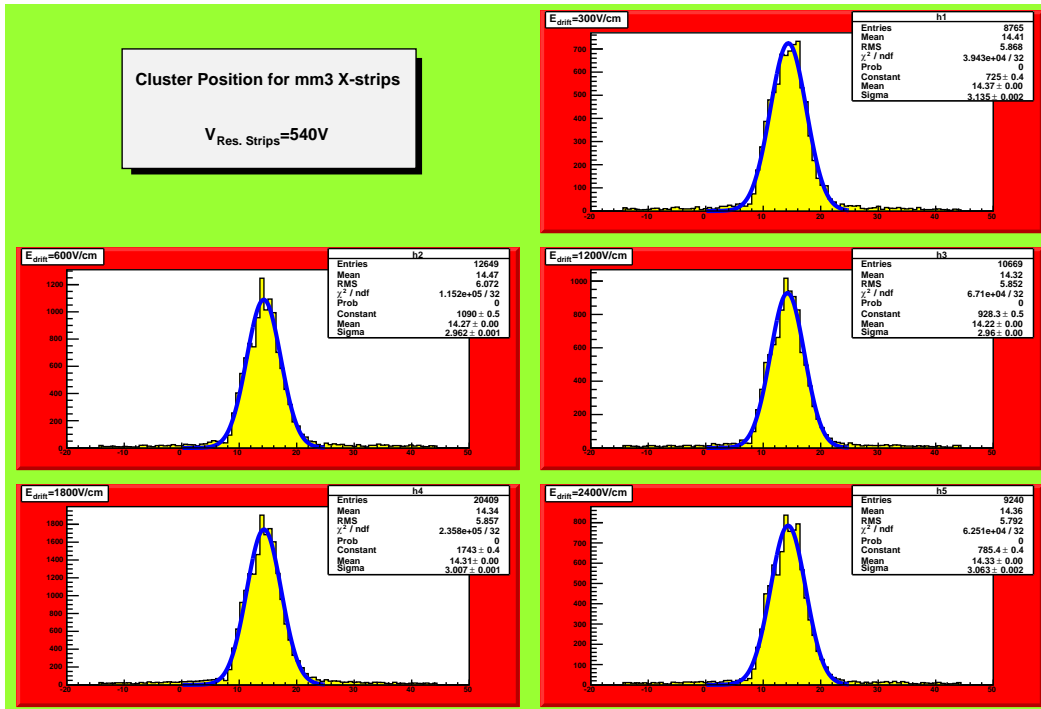
Σχήμα 6.53: Συνδεσμολογία για τους ανιχνευτές RD51Tmm2, RD51Tmm3, RD51Tmm4



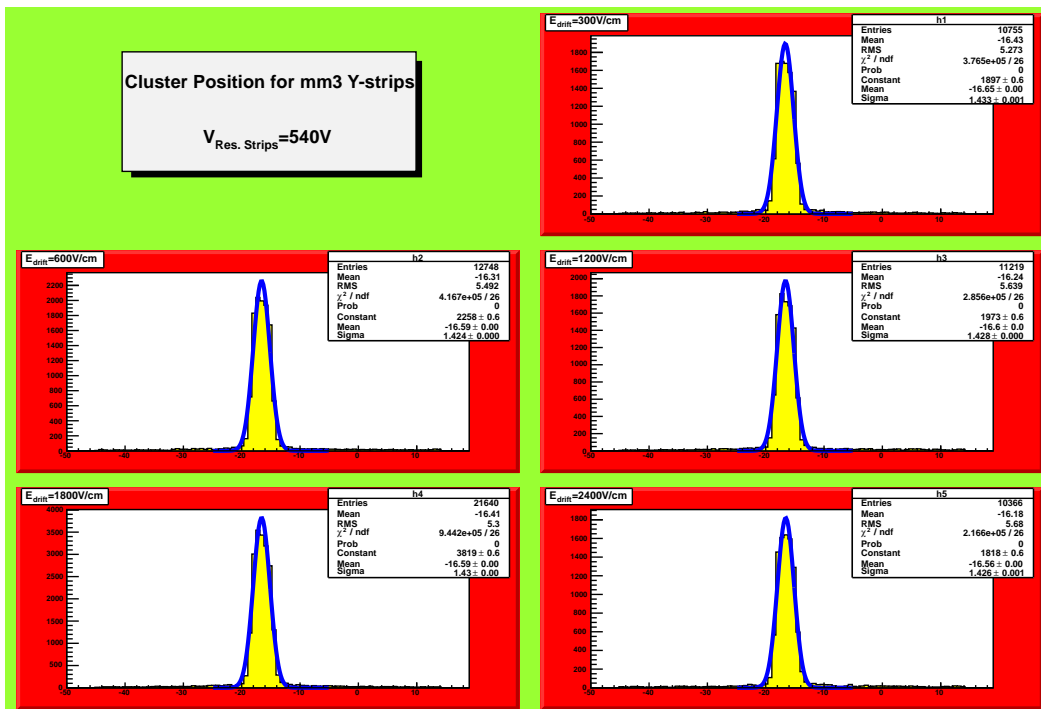
Σχήμα 6.54: Σχετική θέση των ανιχνευτών ως προς την δέσμη

Τα γενικά συμπεράσματα που προκύπτουν από την μελέτη του ανιχνευτή RD51Tmm3 είναι πως κι αυτός είναι λειτουργικός, με αναμενόμενη συμπεριφορά ως προς το φορτίο, τον χρόνο και το μέγεθος και πλήθος των clusters. Σε αυτόν τον ανιχνευτή παρατηρήθηκε ένα ρεύμα διαρροής της τάξης των $5nA$.

6.5.2.1 Θέση των clusters

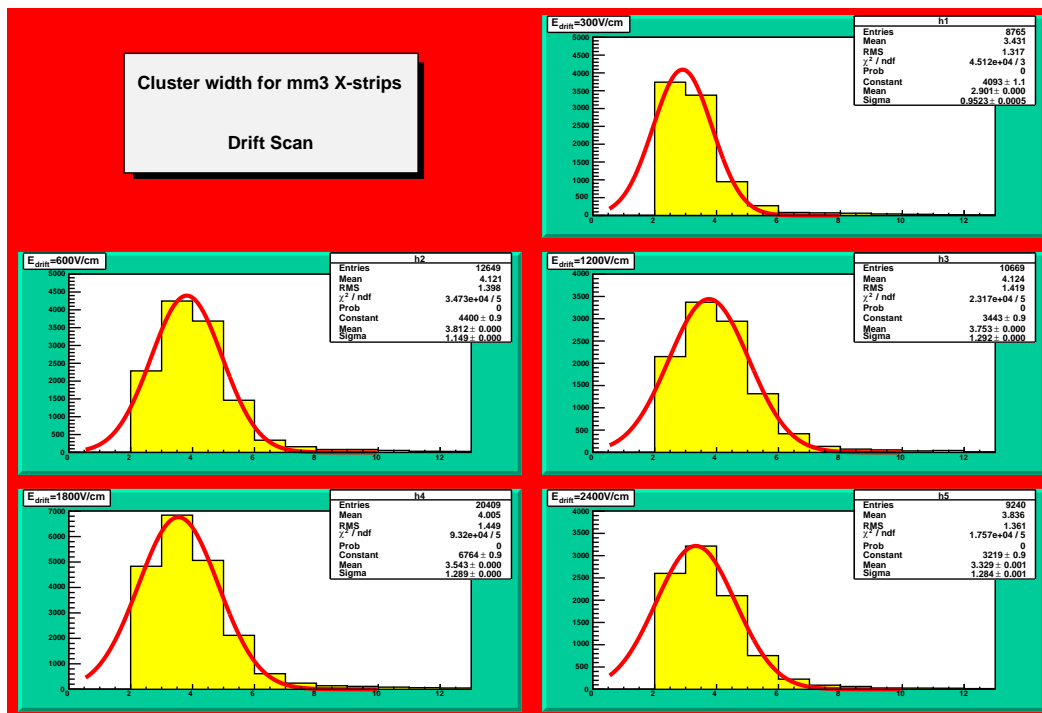


Σχήμα 6.55: Προφίλ της δέσμης όπως καταγράφηκε από τα x - strips του $RD51Tmm3$ για διαφορετικά πεδία ολίσθησης

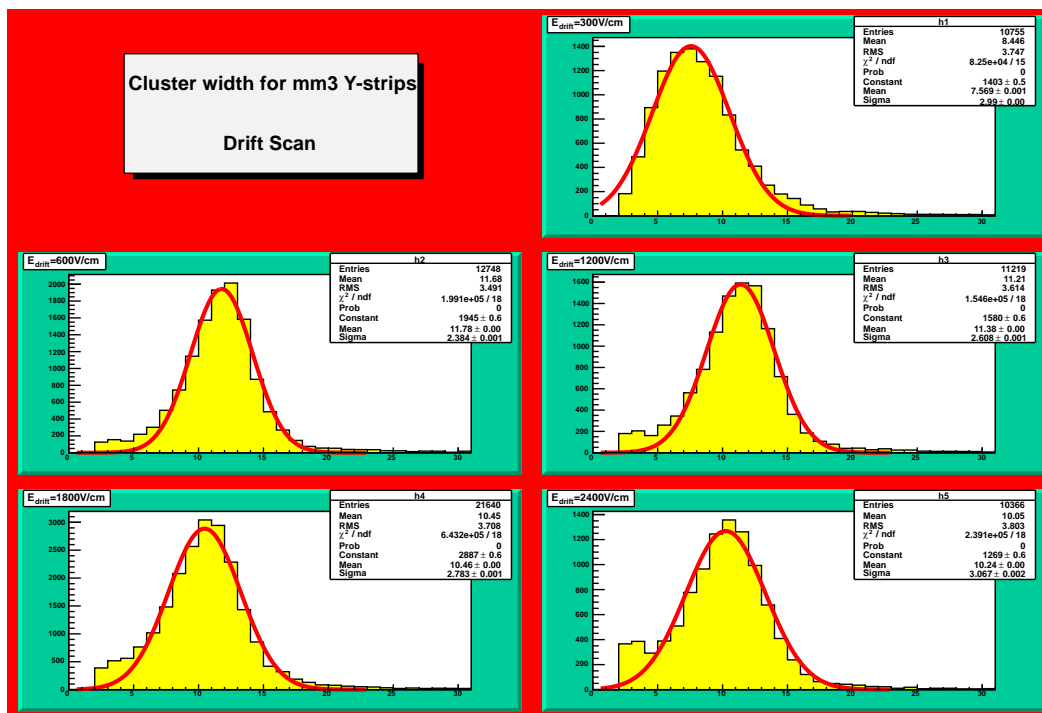


Σχήμα 6.56: Προφίλ της δέσμης όπως καταγράφηκε από τα y - strips του $RD51Tmm3$ για διαφορετικά πεδία ολίσθησης

6.5.2.2 Μέγεθος των clusters

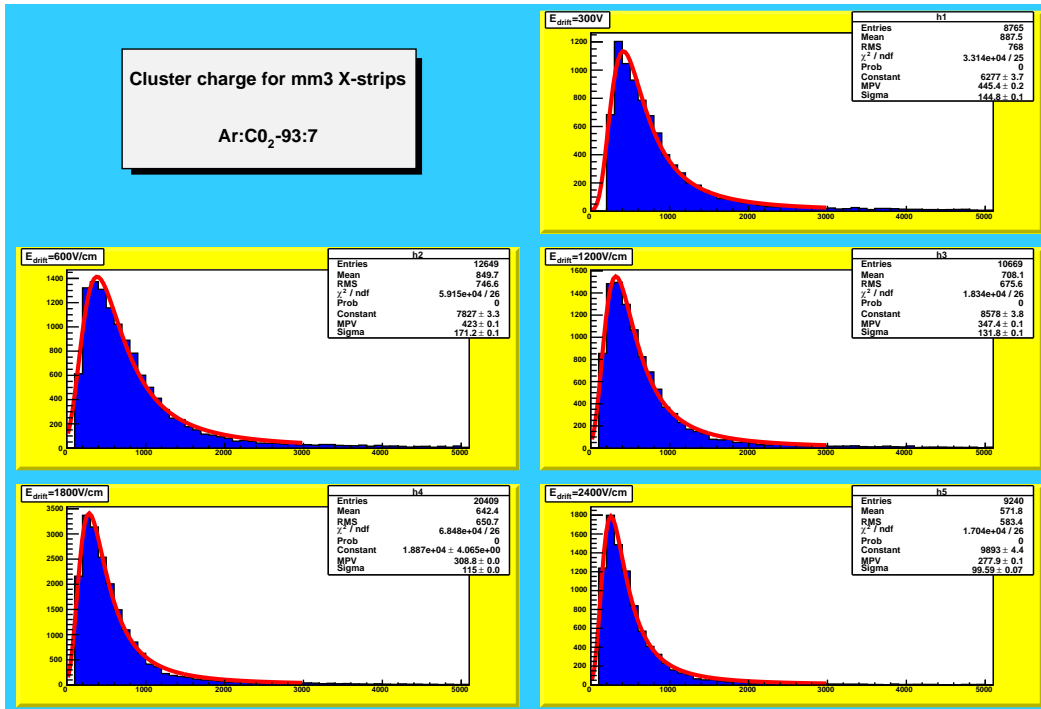


Σχήμα 6.57: Το μέγεθος των clusters όπως καταγράφηκε από τα $x - strips$ του $RD51Tmm3$ για διαφορετικά πεδία ολίσθησης

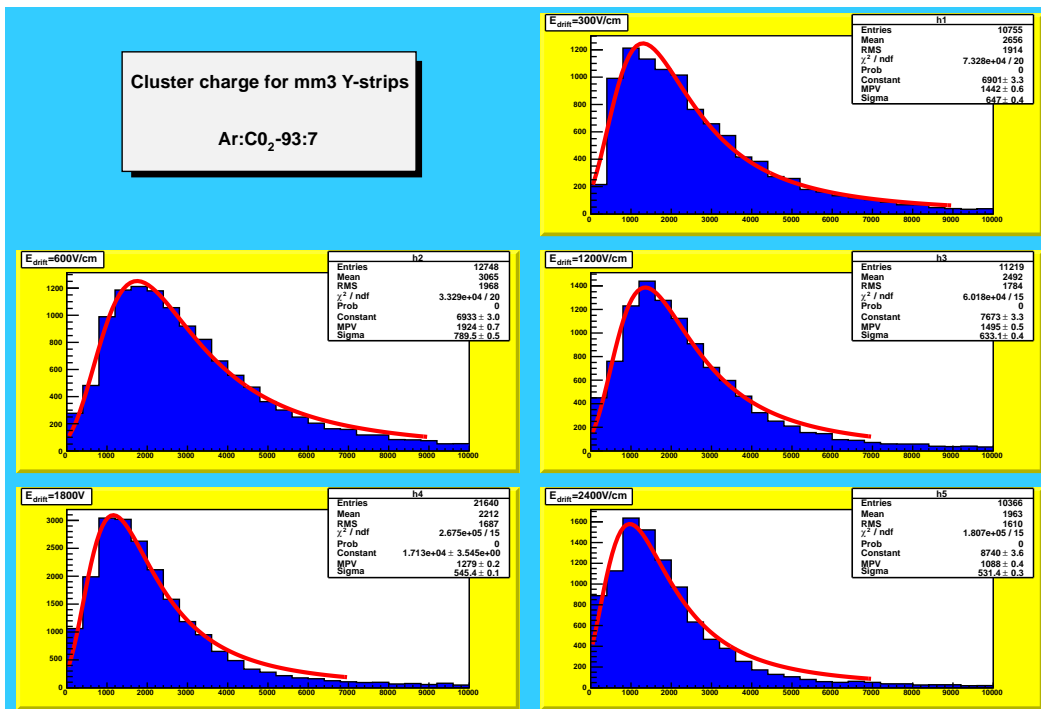


Σχήμα 6.58: Το μέγεθος των clusters όπως καταγράφηκε από τα $Y - strips$ του $RD51Tmm3$ για διαφορετικά πεδία ολίσθησης

6.5.2.3 Κατασκευή των καμπυλών της transparency



Σχήμα 6.59: Φάσματα που προέκυψαν από τα X - strips του $RD51Tmm3$ για διαφορετικά πεδία ολίσησης



Σχήμα 6.60: Φάσματα που προέκυψαν από τα Y - strips του $RD51Tmm3$ για διαφορετικά πεδία ολίσησης

6.5.2.4 Αριθμός clusters

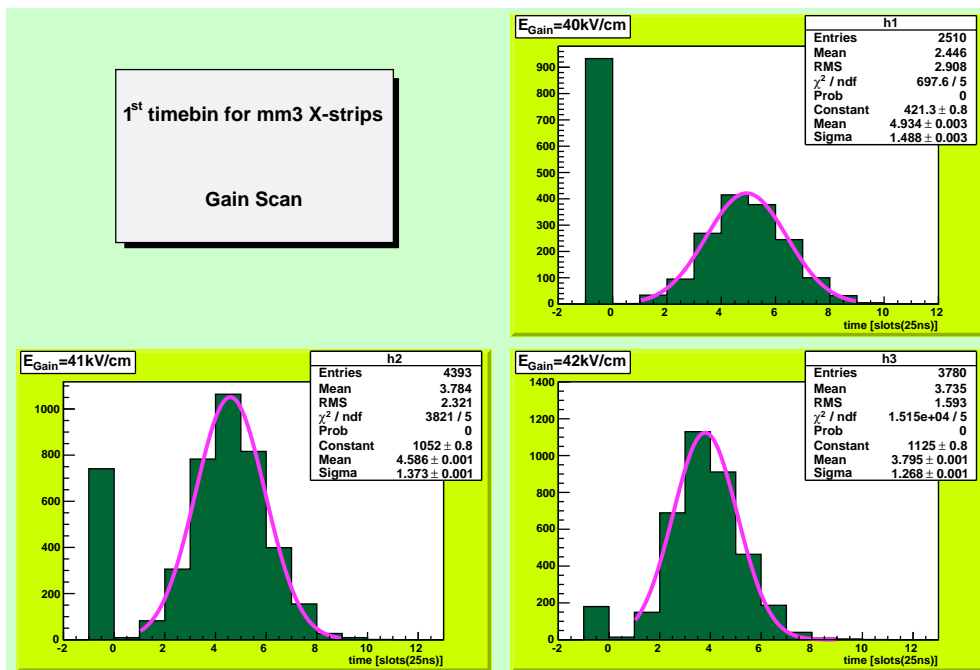


Σχήμα 6.61: Αριθμός clusters για τα X - strips του $RD51Tmm3$ για διαφορετικά πεδία ενίσχυσης

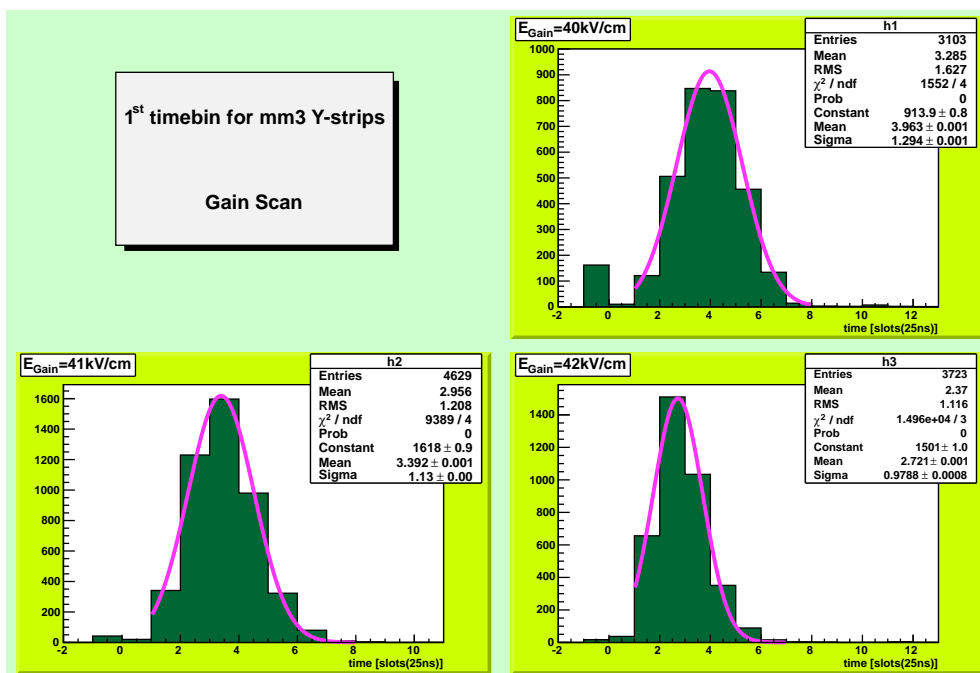


Σχήμα 6.62: Αριθμός clusters για τα Y - strips του $RD51Tmm3$ για διαφορετικά πεδία ενίσχυσης

6.5.2.5 Χρόνος στον οποίο αρχίζει ο σχηματισμός του σήματος

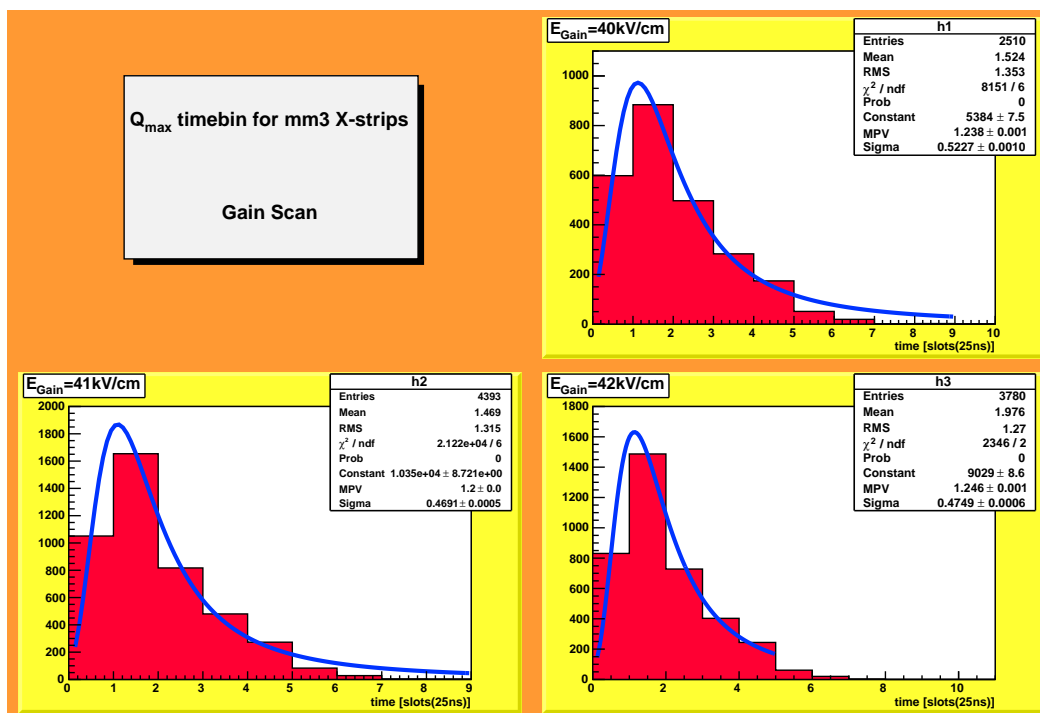


Σχήμα 6.63: Χρόνος(σε time-slots) στον οποίο αρχίζει να σχηματίζεται το σήμα για τα X -strips του $RD51Tmm3$ για διαφορετικά πεδία ενίσχυσης. Οι αρνητικοί χρόνοι ερμηνεύονται ως θόρυβος.

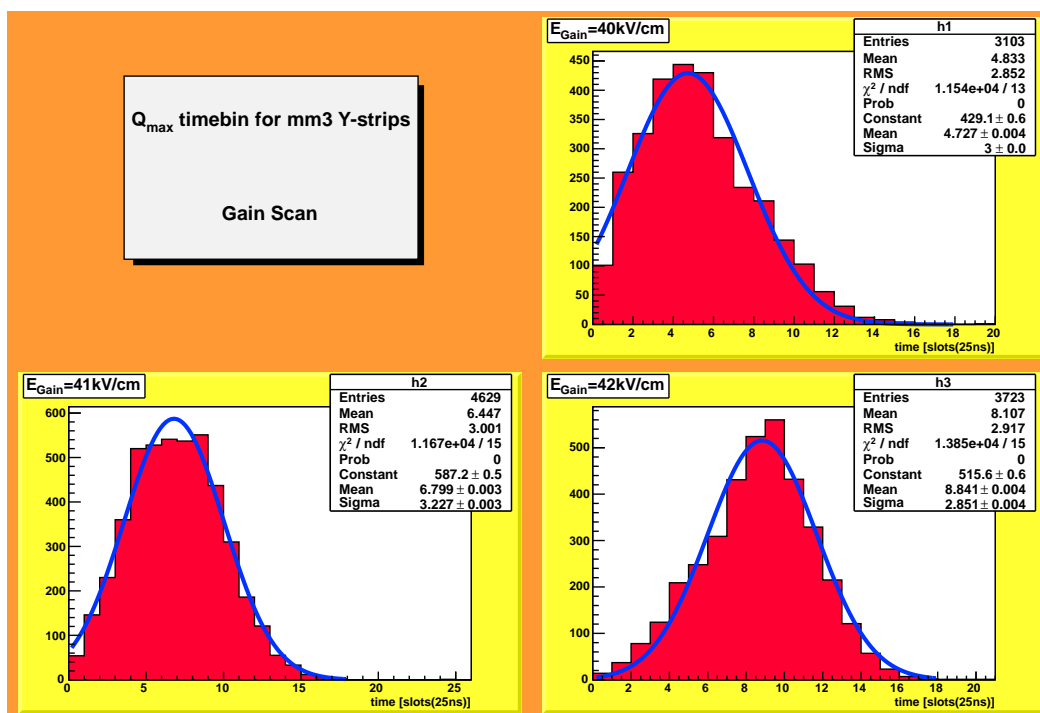


Σχήμα 6.64: Χρόνος(σε time-slots) στον οποίο αρχίζει να σχηματίζεται το σήμα για τα Y -strips του $RD51Tmm3$ για διαφορετικά πεδία ενίσχυσης. Οι αρνητικοί χρόνοι ερμηνεύονται ως θόρυβος.

6.5.2.6 Χρόνος στον οποίο εμφανίζεται το μέγιστο φορτίο



Σχήμα 6.65: Χρόνος(σε time-slots» ο οποίος απαιτείται για να σχηματιστεί η μέγιστη κορυφή του παλμού για τα *X – strips* του *RD51Tmm3* για διαφορετικά πεδία ενίσχυσης

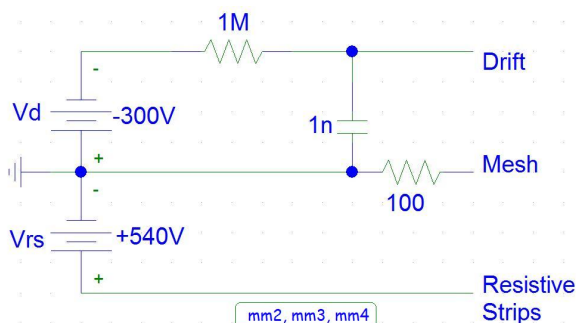


Σχήμα 6.66: Χρόνος(σε time-slots» ο οποίος απαιτείται για να σχηματιστεί η μέγιστη κορυφή του παλμού για τα *Y – strips* του *RD51Tmm3* για διαφορετικά πεδία ενίσχυσης

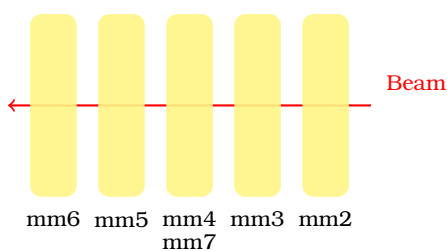
6.5.3 Ο ανιχνευτής $RD51Tmm4$

Ο ανιχνευτής αυτός είναι ένας resistive MicroMegas με x,y read-out strips με τα εξής χαρακτηριστικά:

1. η αντίσταση των resistive strips είναι $1M\Omega/\square$
2. το μήκος της περιοχής ολίσθησης είναι $5cm$
3. το μήκος της περιοχής πολλαπλασιασμού είναι $128\mu m$
4. η απόσταση μεταξύ των κέντρων δύο διαδοχικών strips (pitch) είναι $250\mu m$
5. διαθέτει < 360 strips.



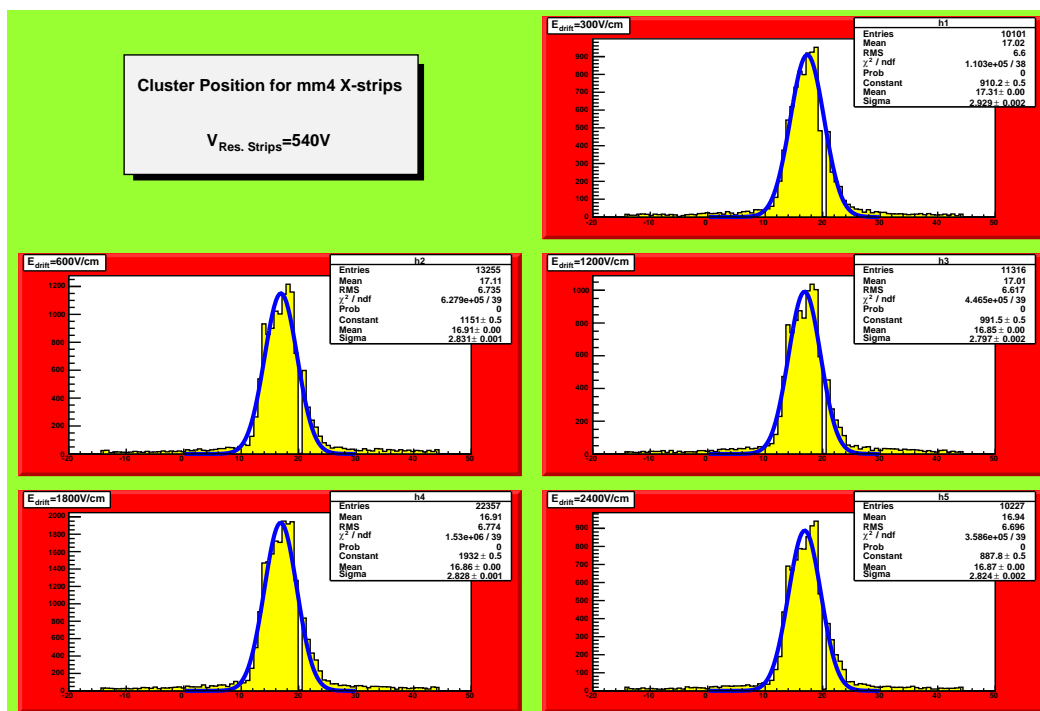
Σχήμα 6.67: Συνδεσμολογία για τους ανιχνευτές $RD51Tmm2$, $RD51Tmm3$, $RD51Tmm4$



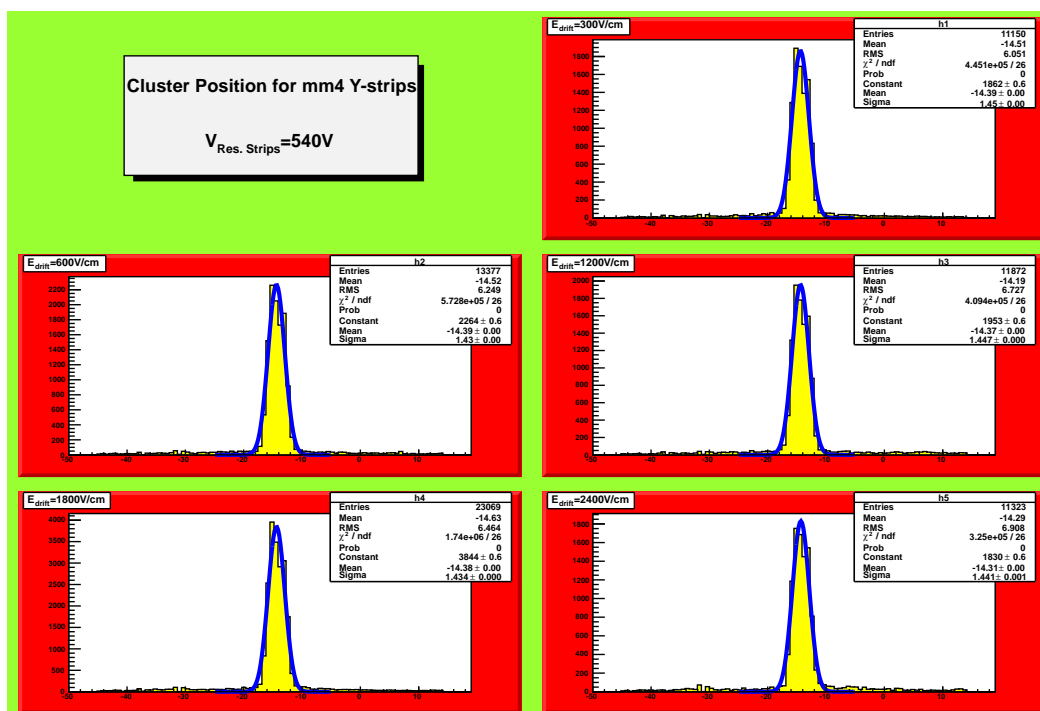
Σχήμα 6.68: Σχετική θέση των ανιχνευτών ως προς την δέσμη

Τα γενικά συμπεράσματα που προκύπτουν από την μελέτη του ανιχνευτή $RD51Tmm4$ είναι πως κι αυτός είναι λειτουργικός, με αναμενόμενη συμπεριφορά ως προς το φορτίο, τον χρόνο και το μέγεθος και πλήθος των clusters. Σε αυτόν τον ανιχνευτή παρατηρήθηκε ένα ρεύμα διαρροής στο test beam Ιουνίου 2012 και χρειάστηκε να αφαιρεθούν μερικά strips.

6.5.3.1 Θέση των clusters

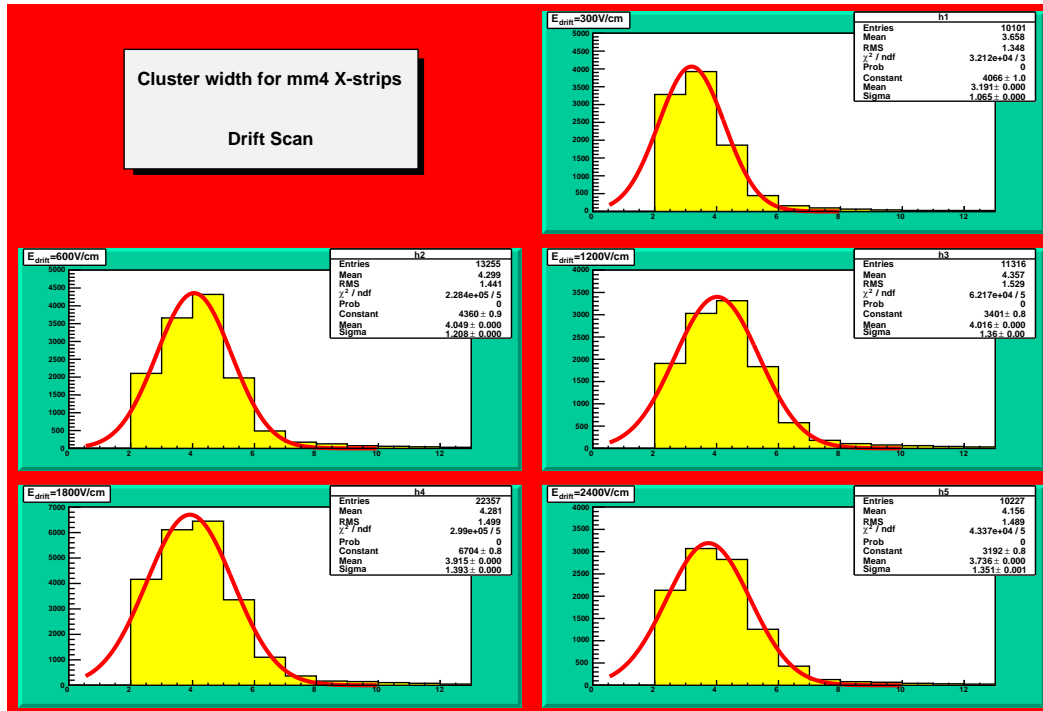


Σχήμα 6.69: Προφίλ της δέσμης όπως καταγράφηκε από τα x - strips του $RD51Tmm4$ για διαφορετικά πεδία ολίσθησης

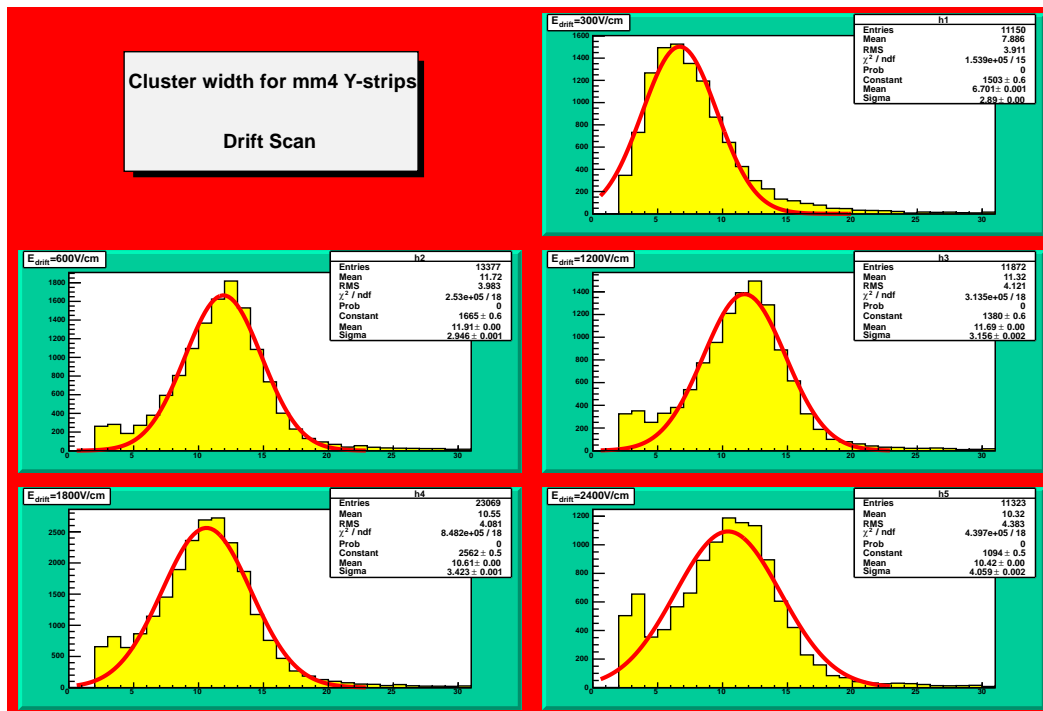


Σχήμα 6.70: Προφίλ της δέσμης όπως καταγράφηκε από τα y - strips του $RD51Tmm4$ για διαφορετικά πεδία ολίσθησης

6.5.3.2 Μέγεθος των clusters

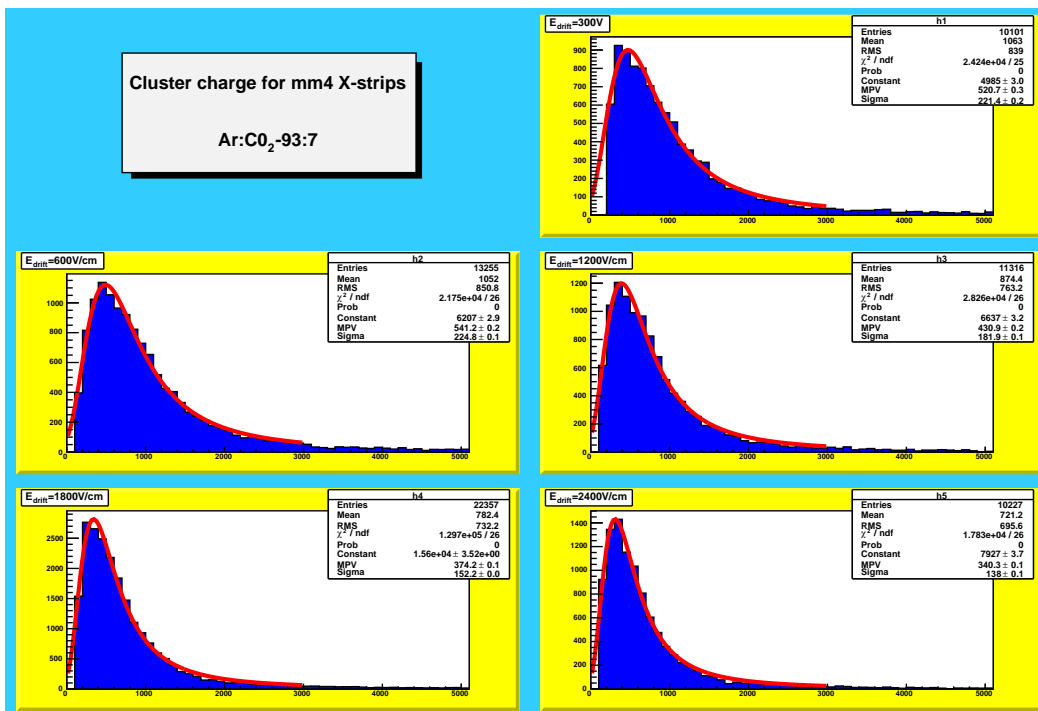


Σχήμα 6.71: Το μέγεθος των clusters όπως καταγράφηκε από τα x - strips του $RD51Tmm4$ για διαφορετικά πεδία ολίσθησης

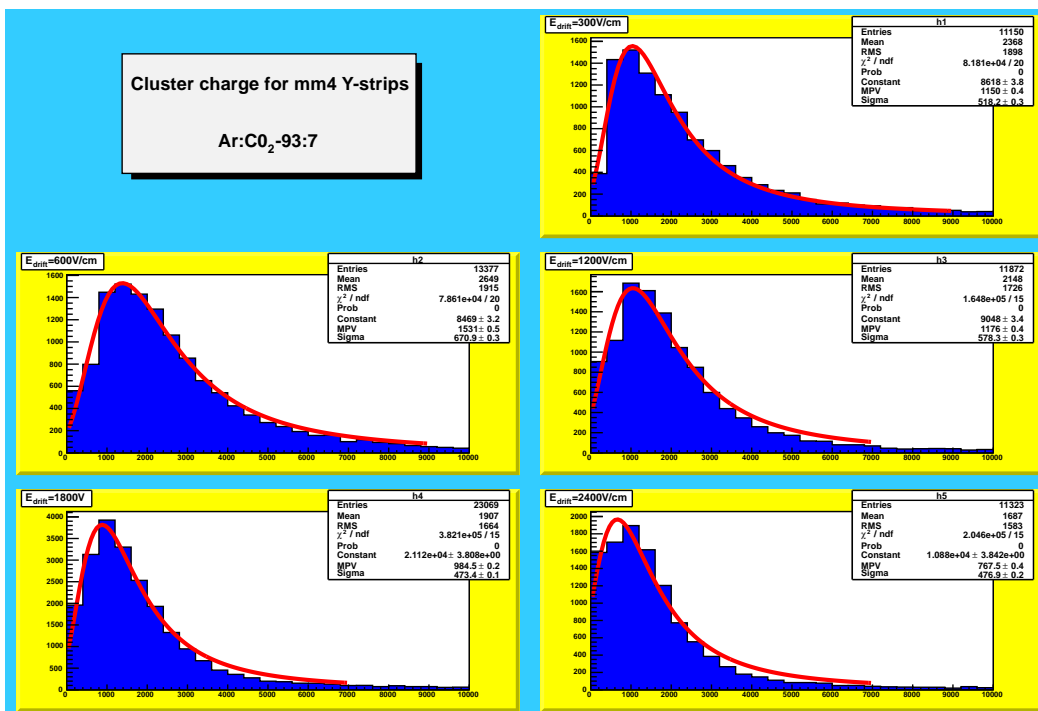


Σχήμα 6.72: Το μέγεθος των clusters όπως καταγράφηκε από τα Y - strips του $RD51Tmm4$ για διαφορετικά πεδία ολίσθησης

6.5.3.3 Κατασκευή των καμπυλών της transparency



Σχήμα 6.73: Φάσματα που προέκυψαν από τα X – strips του RD51Tmm3 για διαφορετικά πεδία ολίσθησης



Σχήμα 6.74: Φάσματα που προέκυψαν από τα Y – strips του RD51Tmm4 για διαφορετικά πεδία ολίσθησης

6.5.3.4 Αριθμός clusters

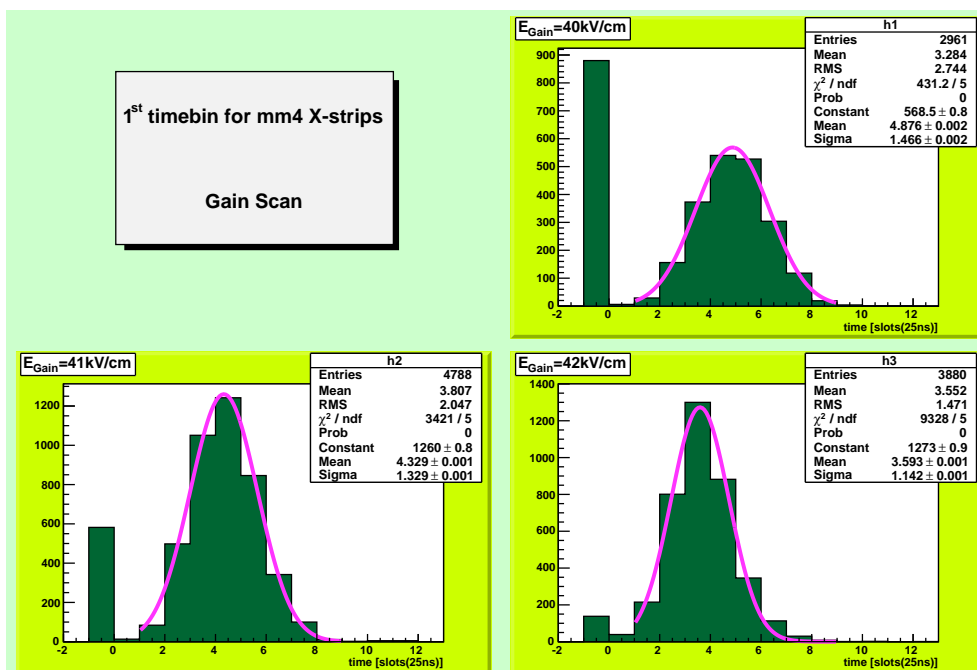


Σχήμα 6.75: Αριθμός clusters για τα X - strips του $RD51Tmm4$ για διαφορετικά πεδία ενίσχυσης

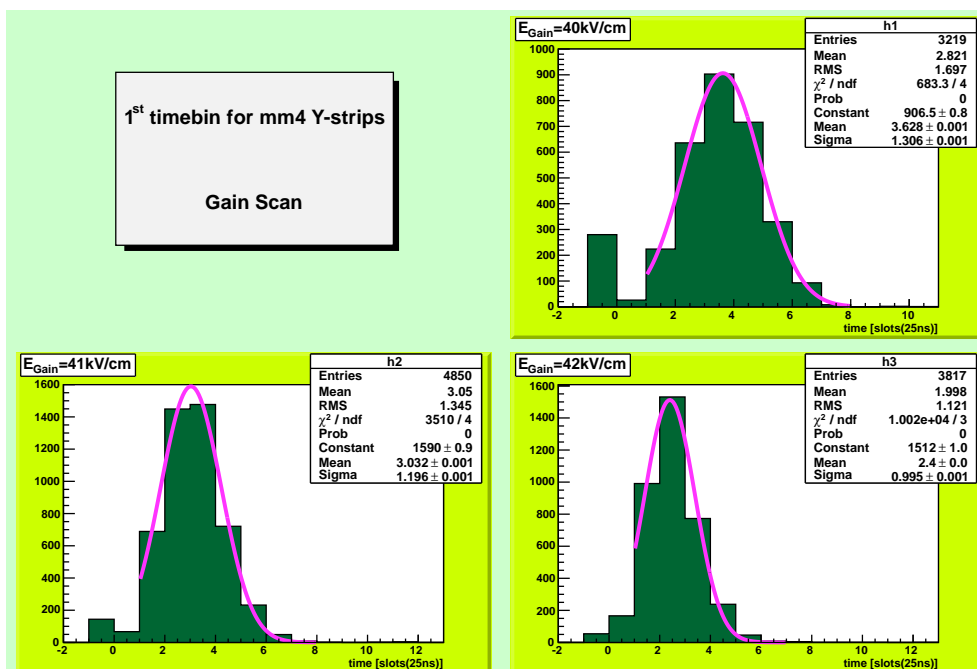


Σχήμα 6.76: Αριθμός clusters για τα Y - strips του $RD51Tmm4$ για διαφορετικά πεδία ενίσχυσης

6.5.3.5 Χρόνος στον οποίο αρχίζει ο σχηματισμός του σήματος

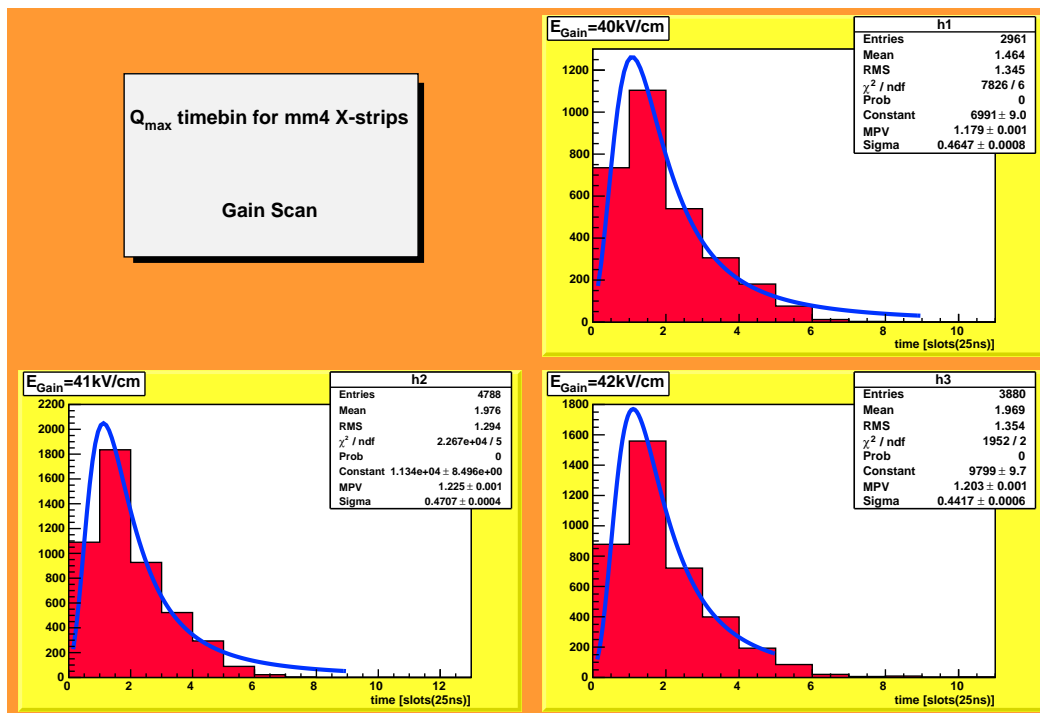


Σχήμα 6.77: Χρόνος(σε time-slots) στον οποίο αρχίζει να σχηματίζεται το σήμα για τα *X-strips* του *RD51Tmm4* για διαφορετικά πεδία ενίσχυσης. Οι αρνητικοί χρόνοι ερμηνεύονται ως θόρυβος.

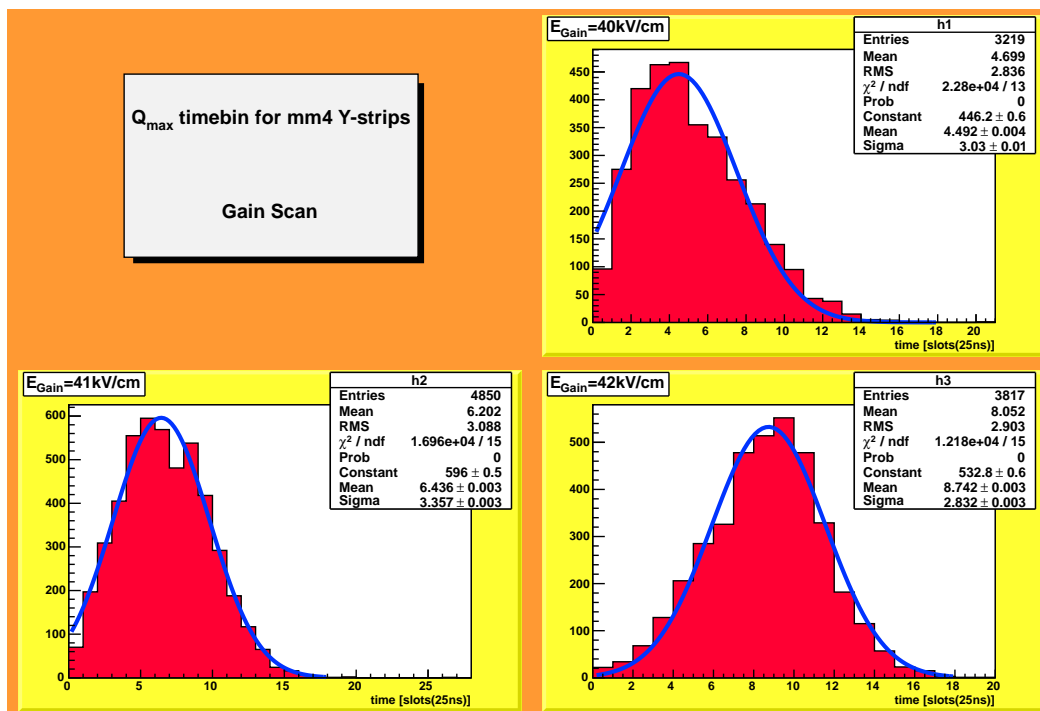


Σχήμα 6.78: Χρόνος(σε time-slots) στον οποίο αρχίζει να σχηματίζεται το σήμα για τα *Y-strips* του *RD51Tmm4* για διαφορετικά πεδία ενίσχυσης. Οι αρνητικοί χρόνοι ερμηνεύονται ως θόρυβος.

6.5.3.6 Χρόνος στον οποίο εμφανίζεται το μέγιστο φορτίο



Σχήμα 6.79: Χρόνος(σε time-slots» ο οποίος απαιτείται για να σχηματιστεί η μέγιστη κορυφή του παλμού για τα $X - strips$ του $RD51Tmm4$ για διαφορετικά πεδία ενίσχυσης

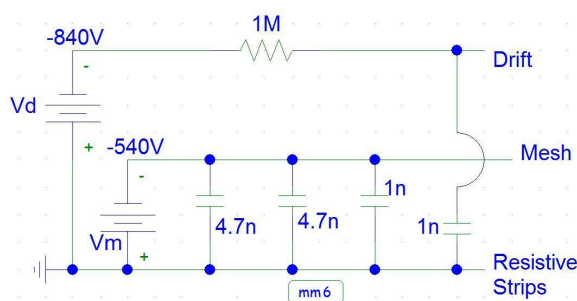


Σχήμα 6.80: Χρόνος(σε time-slots» ο οποίος απαιτείται για να σχηματιστεί η μέγιστη κορυφή του παλμού για τα $Y - strips$ του $RD51Tmm4$ για διαφορετικά πεδία ενίσχυσης

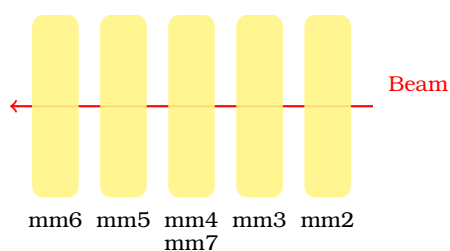
6.5.4 Ο ανιχνευτής RD51Tmm6

Ο ανιχνευτής αυτός είναι ένας resistive MicroMEGAS με x,y read-out strips με τα εξής χαρακτηριστικά:

1. η αντίσταση των resistive strips είναι $1M\Omega/\square$
2. το μήκος της περιοχής ολίσθησης είναι $5cm$
3. το μήκος της περιοχής πολλαπλασιασμού είναι $128\mu m$
4. η απόσταση μεταξύ των κέντρων δύο διαδοχικών strips(pitch) είναι $250\mu m$
5. διαθέτει 360 strips.



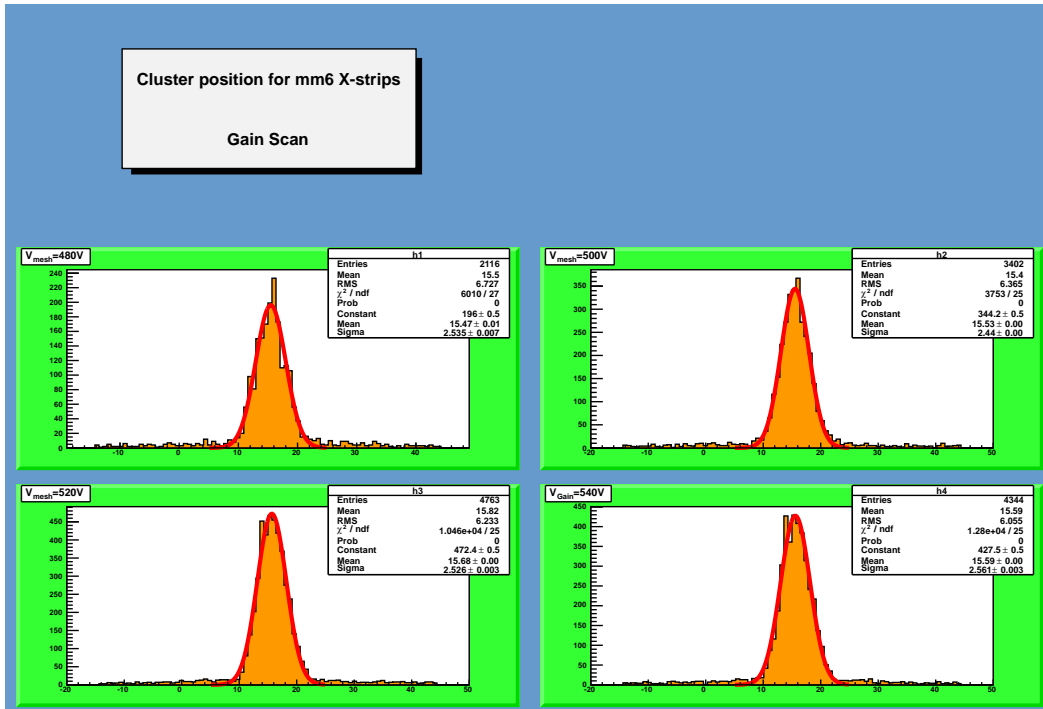
Σχήμα 6.81: Συνδεσμολογία για τον ανιχνευτή RD51Tmm6



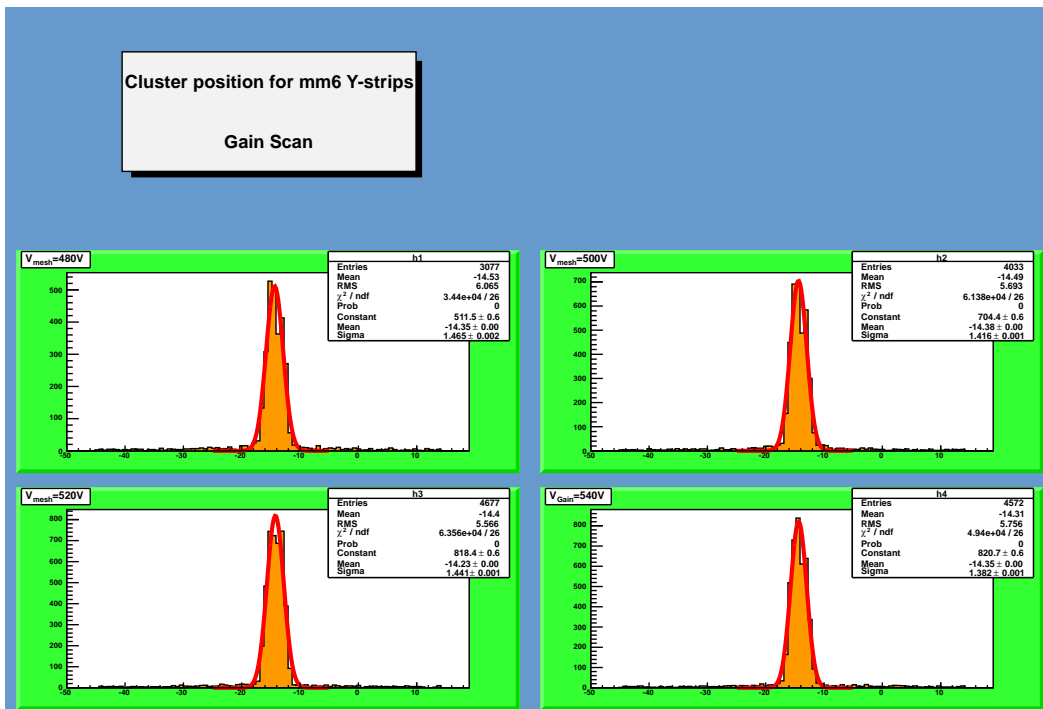
Σχήμα 6.82: Σχετική θέση των ανιχνευτών ως προς την δέσμη

Τα γενικά συμπεράσματα που προκύπτουν από την μελέτη του ανιχνευτή RD51Tmm6 είναι πως ο χρήση χαμηλοπερατού φίλτρου με έναν πυκνωτή $\simeq 11nF$ δεν φαίνεται να ανταποκρίνεται με τον βέλτιστο δυνατό τρόπο. Θα ήταν χρήσιμη μια προσομοίωση με κάποιο σχετικό πακέτο(Simplorer, HSpice, PSpice) καθώς και περαιτέρω δοκιμή αρχικά στο εργαστήριο και στην συνέχεια σε κάποιο μελλοντικό test beam/

6.5.4.1 Θέση των clusters

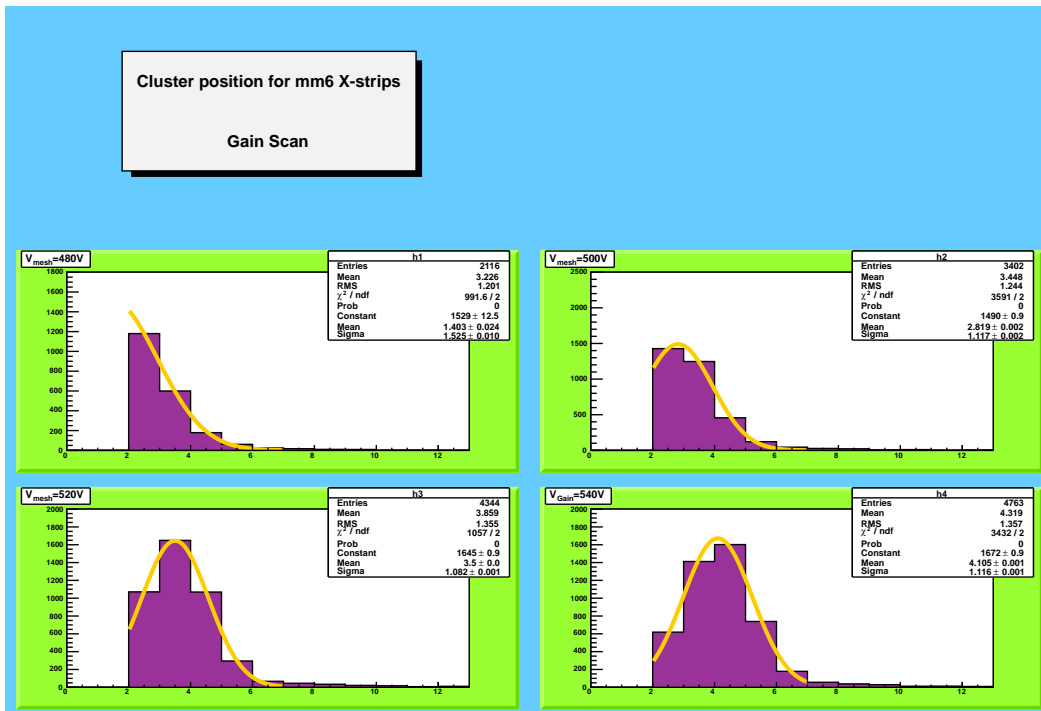


Σχήμα 6.83: Προφίλ της δέσμης όπως καταγράφηκε από τα x - strips του $RD51Tmm6$ για διαφορετικά πεδία ολίσθησης

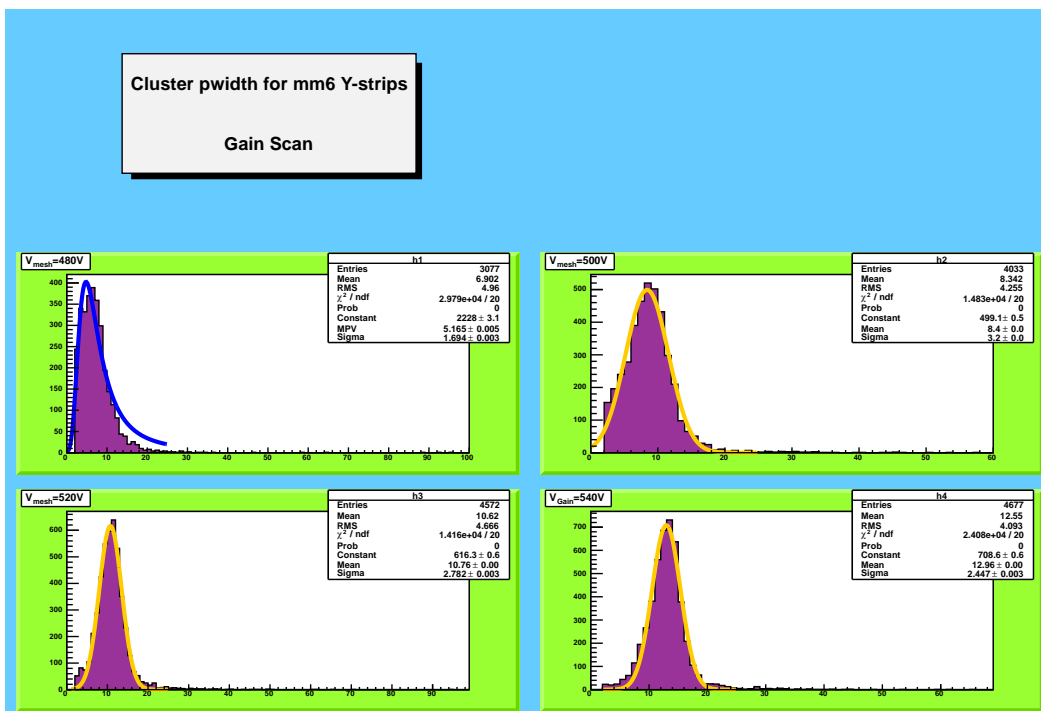


Σχήμα 6.84: Προφίλ της δέσμης όπως καταγράφηκε από τα y - strips του $RD51Tmm6$ για διαφορετικά πεδία ολίσθησης

6.5.4.2 Μέγεθος των clusters

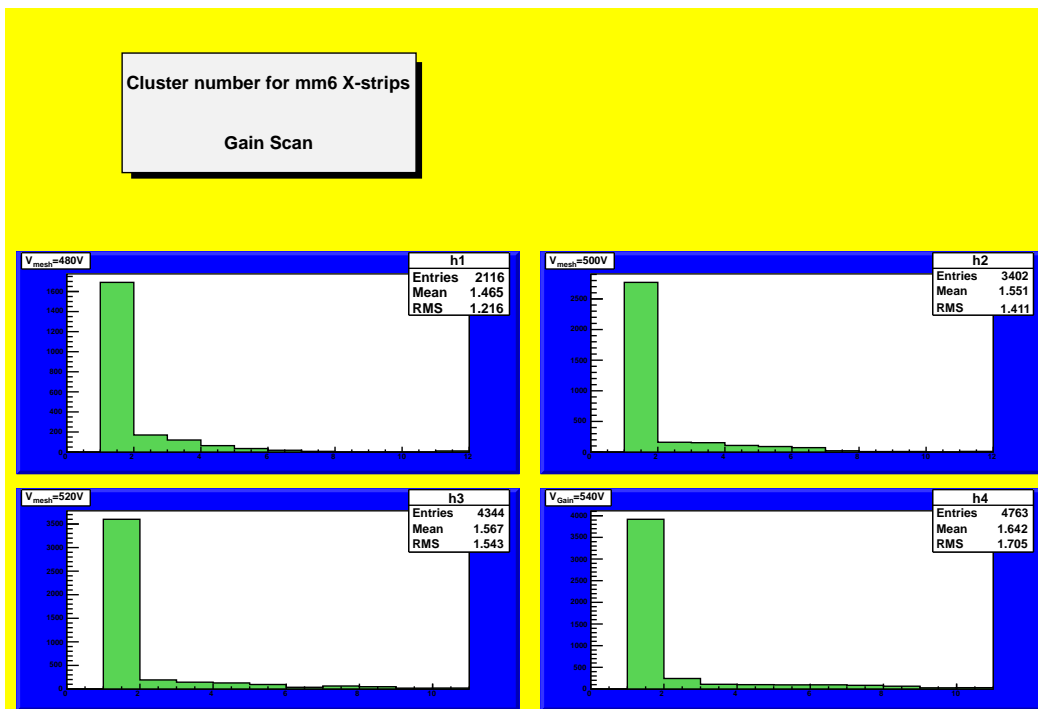


Σχήμα 6.85: Το μέγεθος των clusters όπως καταγράφηκε από τα x - strips του $RD51Tmm6$ για διαφορετικά πεδία ολίσθησης

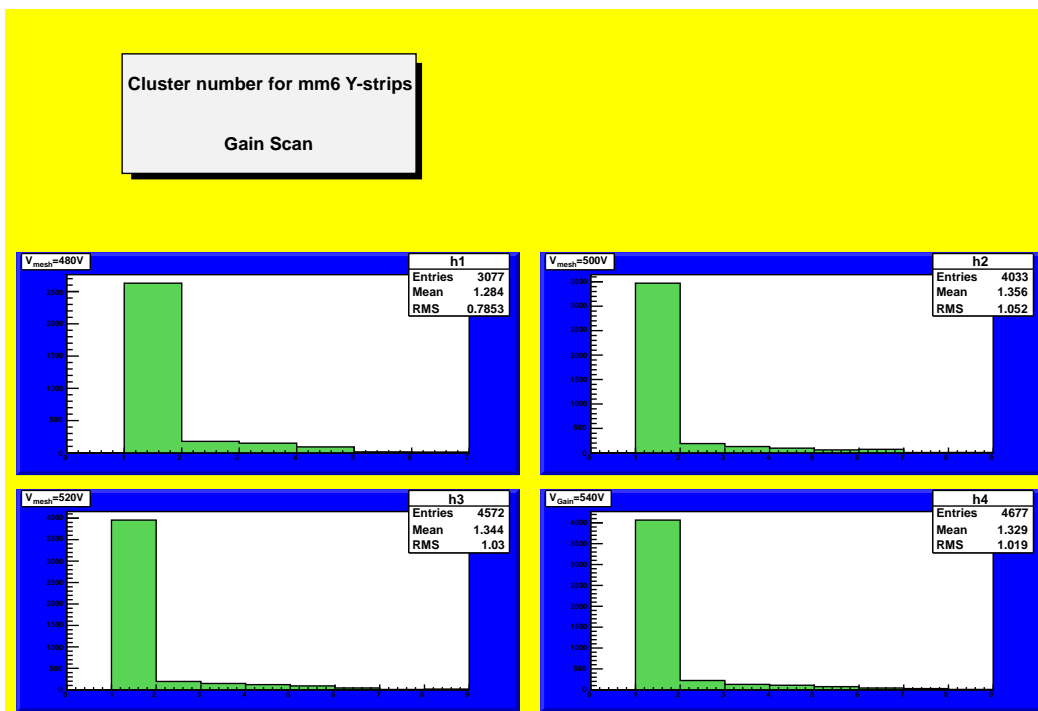


Σχήμα 6.86: Το μέγεθος των clusters όπως καταγράφηκε από τα Y - strips του $RD51Tmm6$ για διαφορετικά πεδία ολίσθησης

6.5.4.3 Αριθμός clusters

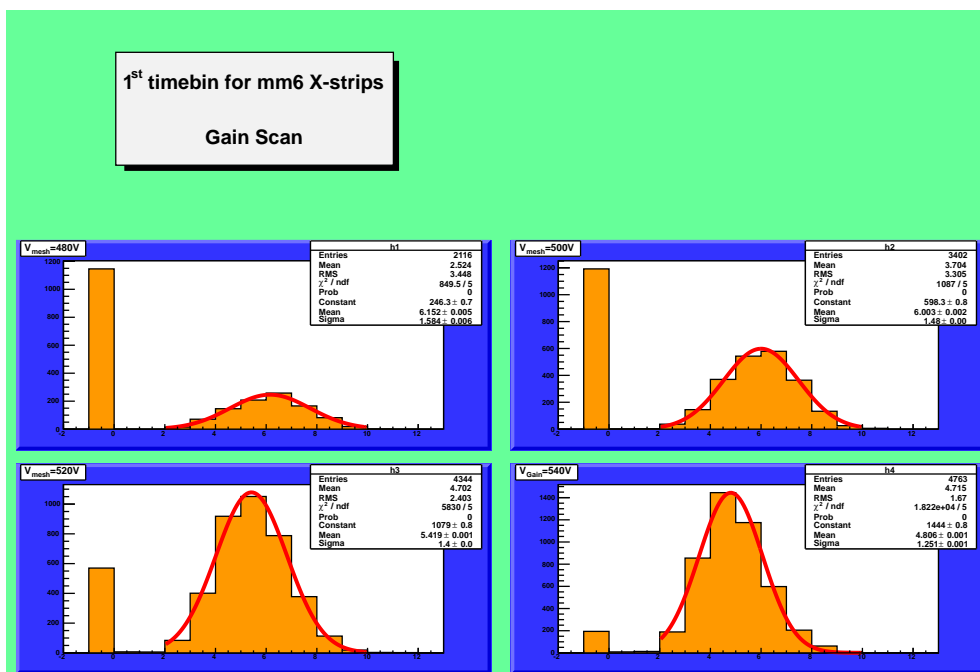


Σχήμα 6.87: Αριθμός clusters για τα X - strips του $RD51Tmm6$ για διαφορετικά πεδία ενίσχυσης

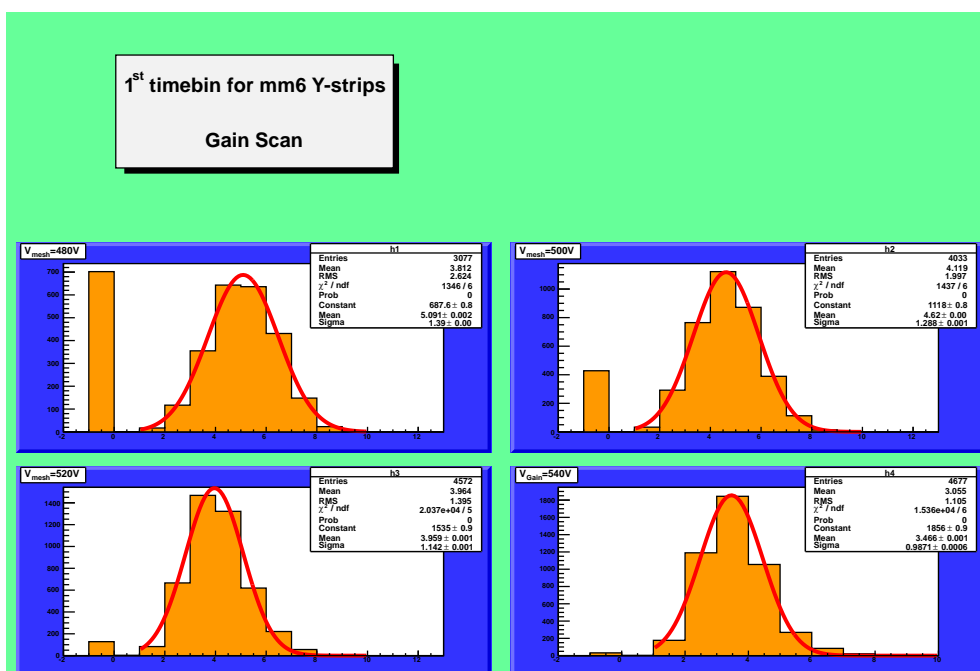


Σχήμα 6.88: Αριθμός clusters για τα Y - strips του $RD51Tmm6$ για διαφορετικά πεδία ενίσχυσης

6.5.4.4 Χρόνος στον οποίο αρχίζει ο σχηματισμός του σήματος

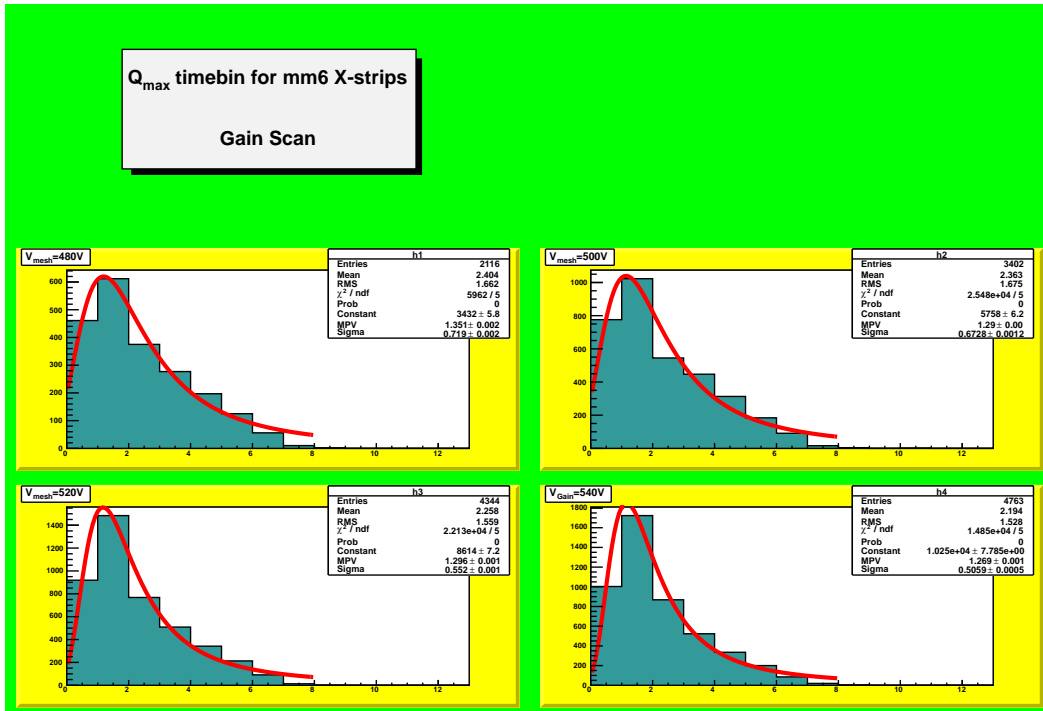


Σχήμα 6.89: Χρόνος(σε time-slots) στον οποίο αρχίζει να σχηματίζεται το σήμα για τα X -strips του $RD51Tmm6$ για διαφορετικά πεδία ενίσχυσης. Οι αρνητικοί χρόνοι ερμηνεύονται ως θόρυβος.

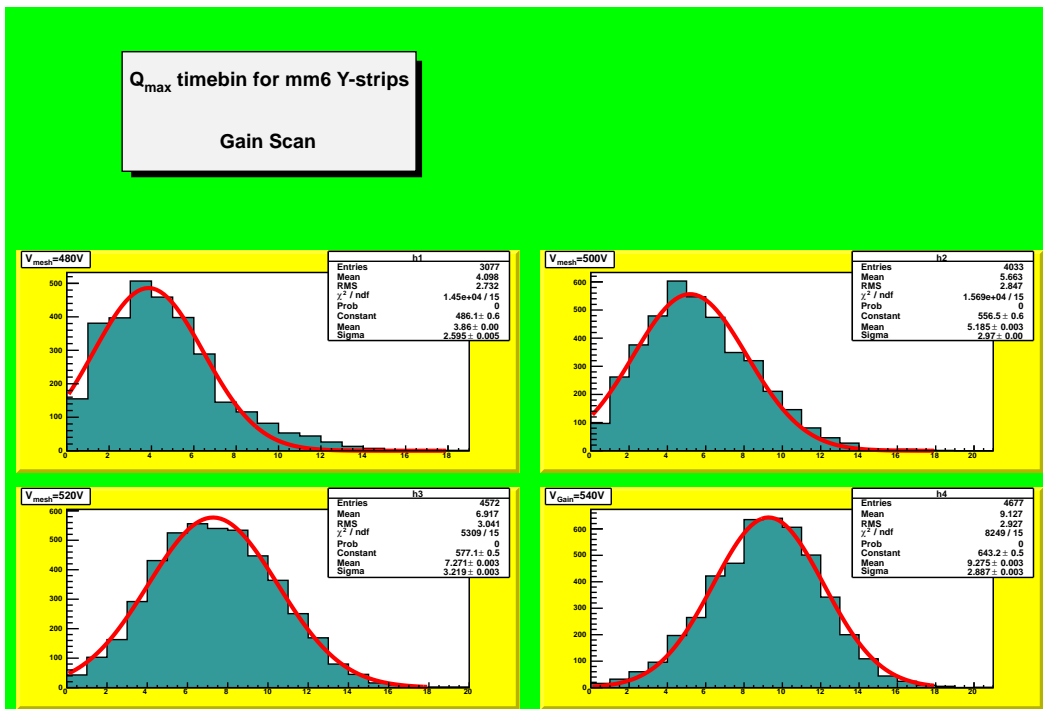


Σχήμα 6.90: Χρόνος(σε time-slots) στον οποίο αρχίζει να σχηματίζεται το σήμα για τα Y -strips του $RD51Tmm6$ για διαφορετικά πεδία ενίσχυσης. Οι αρνητικοί χρόνοι ερμηνεύονται ως θόρυβος.

6.5.4.5 Χρόνος στον οποίο εμφανίζεται το μέγιστο φορτίο



Σχήμα 6.91: Χρόνος(σε time-slots) ο οποίος απαιτείται για να σχηματιστεί η μέγιστη κορυφή του παλμού για τα $X - strips$ του $RD51Tmm6$ για διαφορετικά πεδία ενίσχυσης

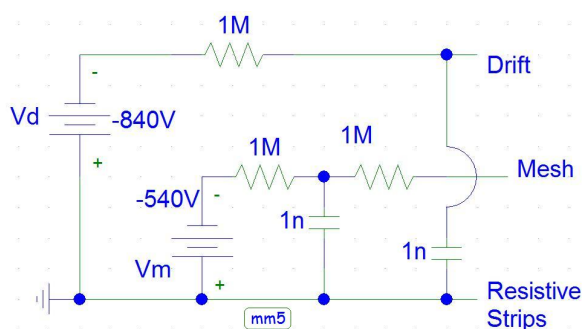


Σχήμα 6.92: Χρόνος(σε time-slots) ο οποίος απαιτείται για να σχηματιστεί η μέγιστη κορυφή του παλμού για τα $Y - strips$ του $RD51Tmm6$ για διαφορετικά πεδία ενίσχυσης

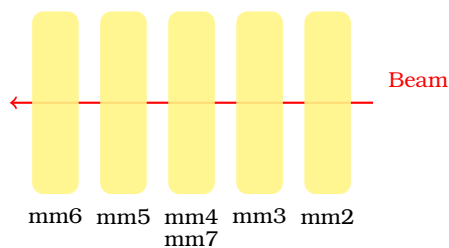
6.5.5 Ο ανιχνευτής RD51Tmm7

Ο ανιχνευτής αυτός είναι ένας resistive MicroMEGAS με x,y read-out strips με τα εξής χαρακτηριστικά :

1. η αντίσταση των resistive strips είναι $100k\Omega/\square$
2. το μήκος της περιοχής ολίσθησης είναι $5cm$
3. το μήκος της περιοχής πολλαπλασιασμού είναι $128\mu m$
4. η απόσταση μεταξύ των κέντρων δύο διαδοχικών strips(pitch) είναι $250\mu m$
5. διαθέτει 360 strips.



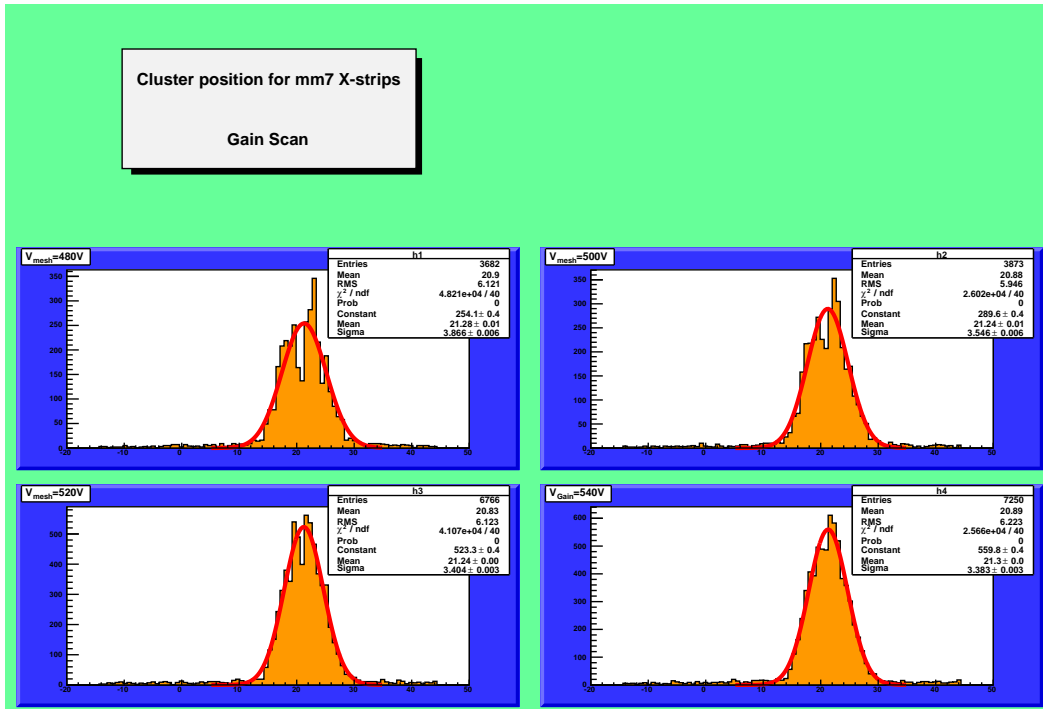
Σχήμα 6.93: Συνδεσμολογία για τον ανιχνευτή RD51Tmm7



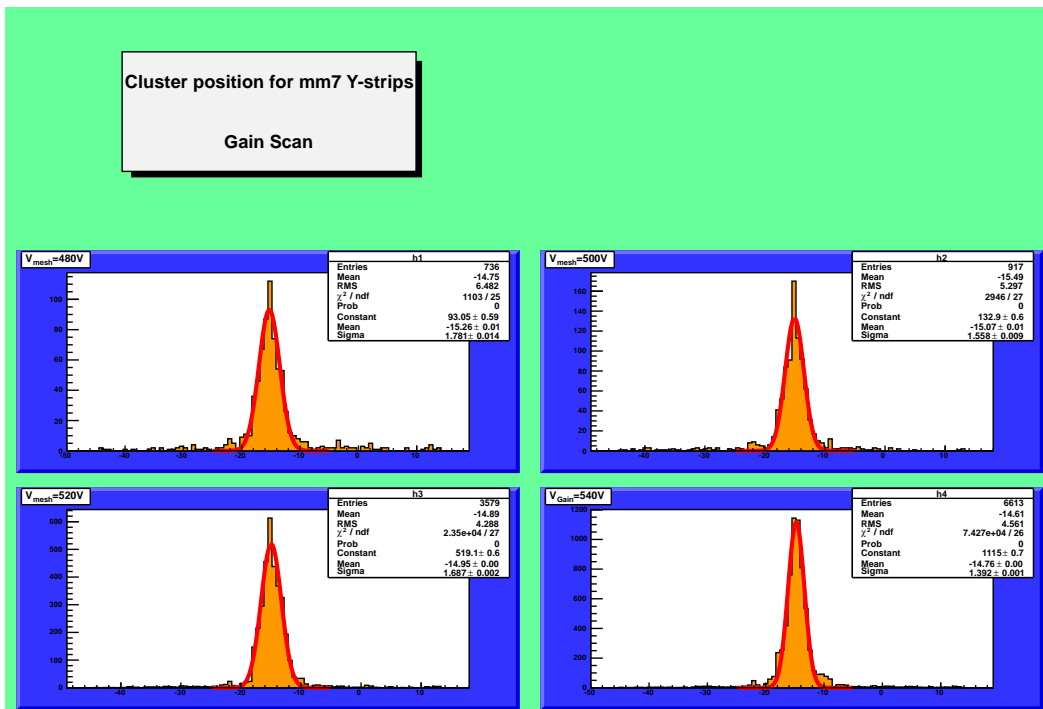
Σχήμα 6.94: Σχετική θέση των ανιχνευτών ως προς την δέσμη

Τα γενικά συμπεράσματα που προκύπτουν από την μελέτη του ανιχνευτή RD51Tmm7 είναι πως η διαφορετική resistivity είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την απόδοση του ανιχνευτή. Από τις δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν φάνηκε πως δεν αποκρίνεται με τον βέλτιστο δυνατό τρόπο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το γεγονός πως τόσο στα ιστογράμματα φορτίου όσο και σε αυτά του αριθμού των clusters η συμπεριφορά είναι μη αναμενόμενη και μη επιθυμητή.

6.5.5.1 Θέση των clusters

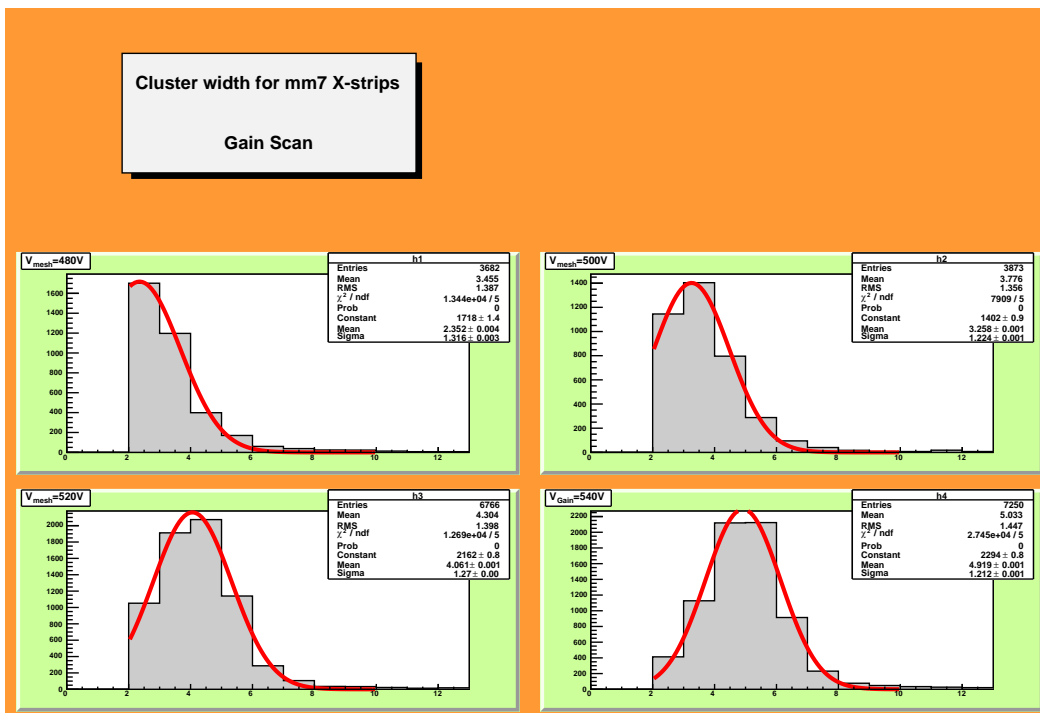


Σχήμα 6.95: Προφίλ της δέσμης όπως καταγράφηκε από τα x - strips του $RD51Tmm7$ για διαφορετικά πεδία πολλαπλασιασμού

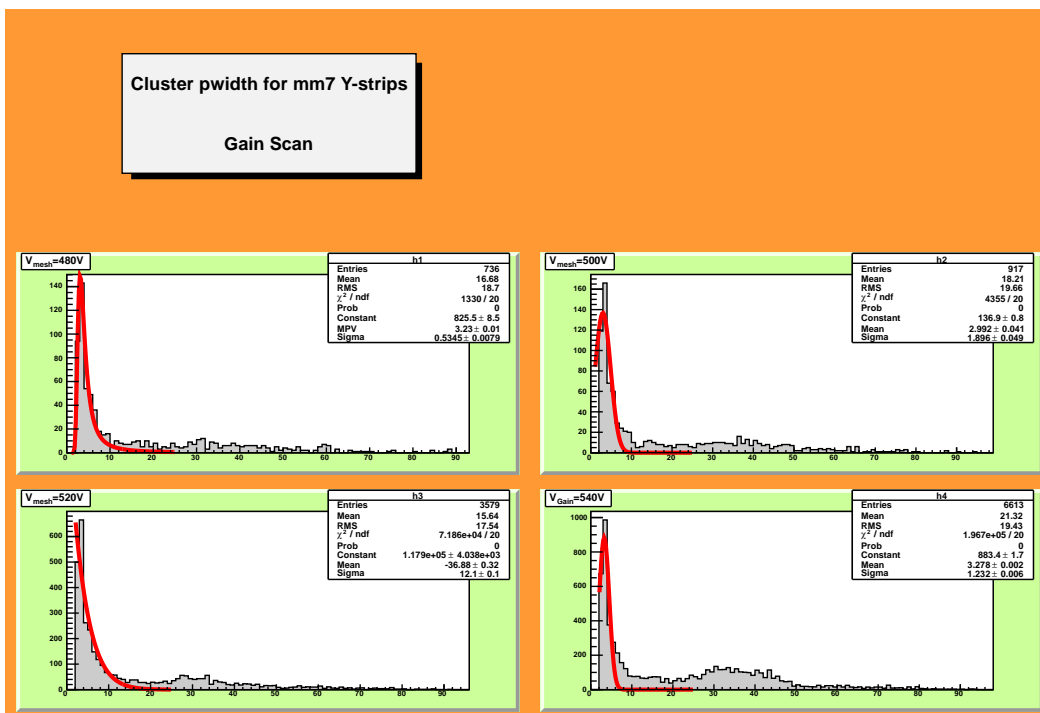


Σχήμα 6.96: Προφίλ της δέσμης όπως καταγράφηκε από τα y - strips του $RD51Tmm6$ για διαφορετικά πεδία ολίσθησης

6.5.5.2 Μέγεθος των clusters

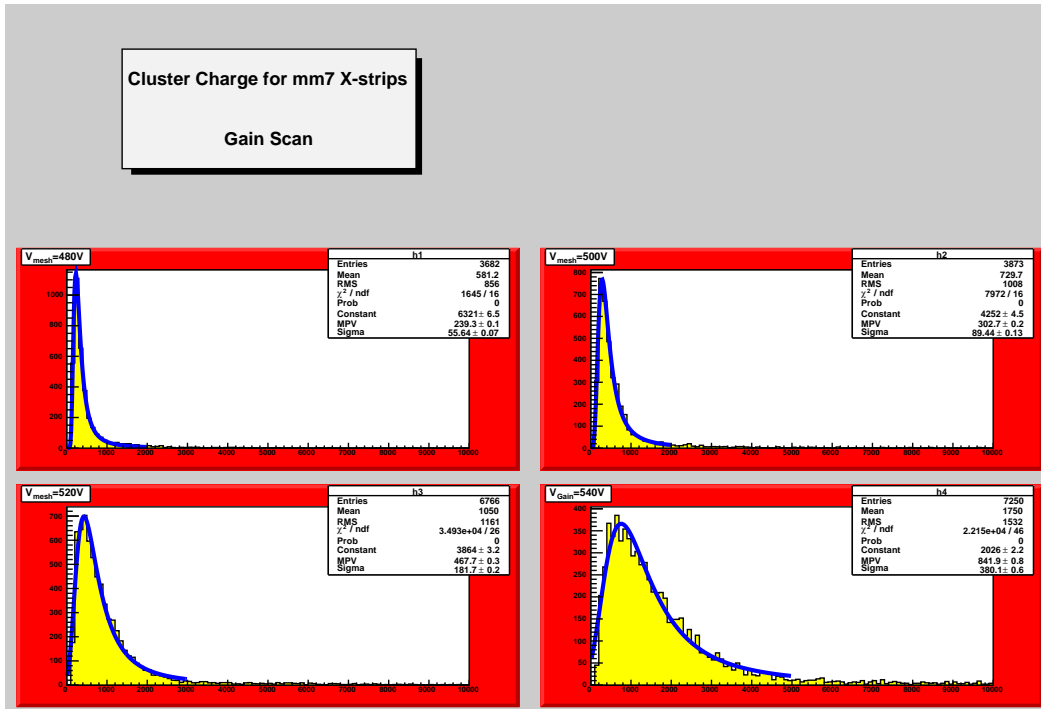


Σχήμα 6.97: Το μέγεθος των clusters όπως καταγράφηκε από τα $x - strips$ του $RD51Tmm7$ για διαφορετικά πεδία πολλαπλασιασμού

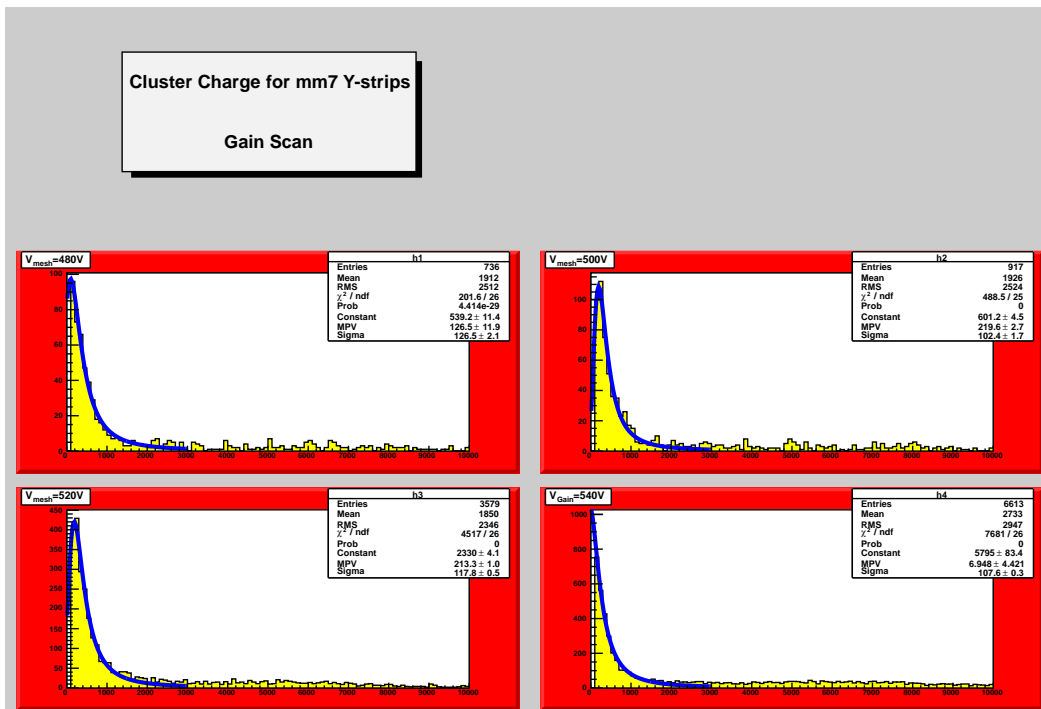


Σχήμα 6.98: Το μέγεθος των clusters όπως καταγράφηκε από τα $Y - strips$ του $RD51Tmm7$ για διαφορετικά πεδία πολλαπλασιασμού

6.5.5.3 Φορτίο των clusters

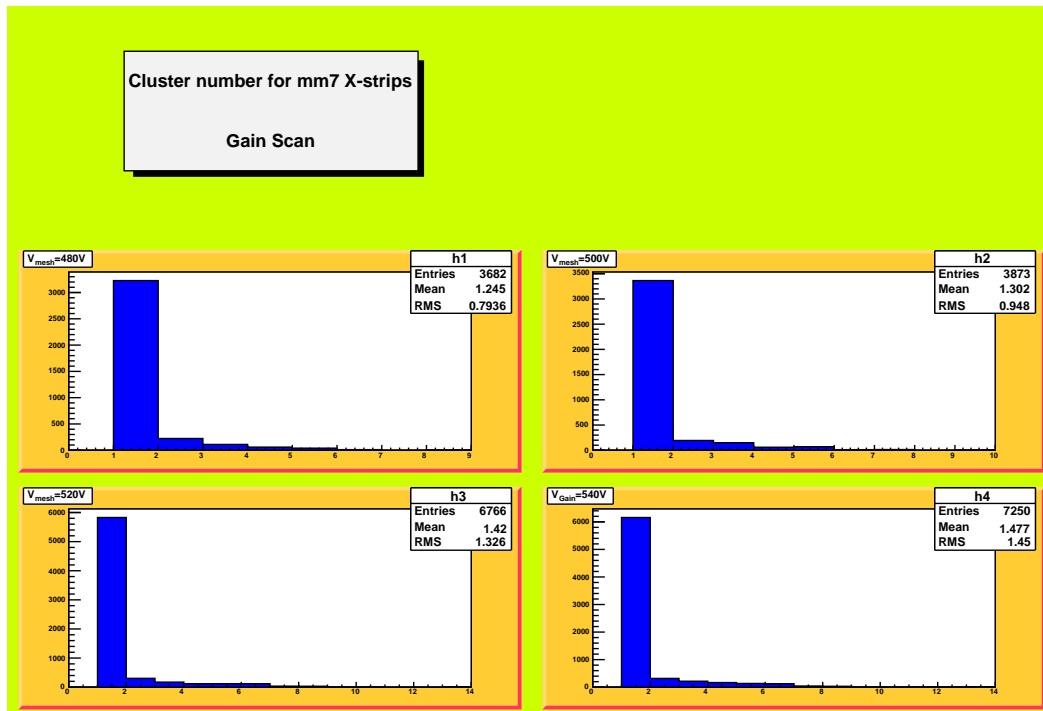


Σχήμα 6.99: Φάσματα που προέκυψαν από τα X - strips του $RD51Tmm7$ για διαφορετικά πεδία πολλαπλασιασμού

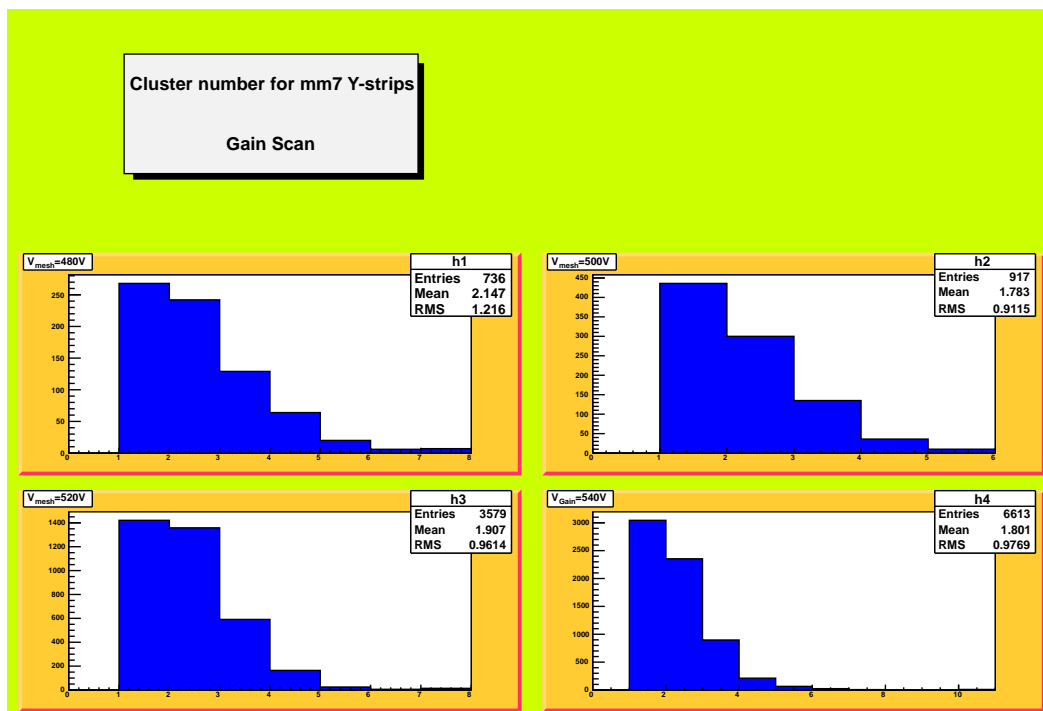


Σχήμα 6.100: Φάσματα που προέκυψαν από τα Y - strips του $RD51Tmm7$ για διαφορετικά πεδία πολλαπλασιασμού

6.5.5.4 Αριθμός clusters

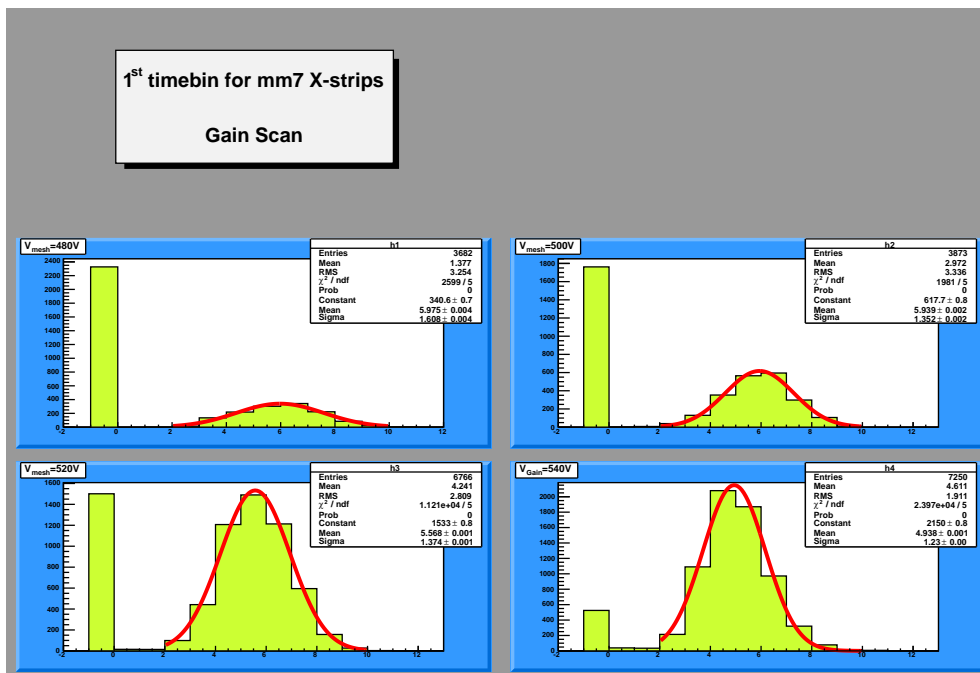


Σχήμα 6.101: Αριθμός clusters για τα X – strips του $RD51Tmm7$ για διαφορετικά πεδία πολλαπλασιασμού

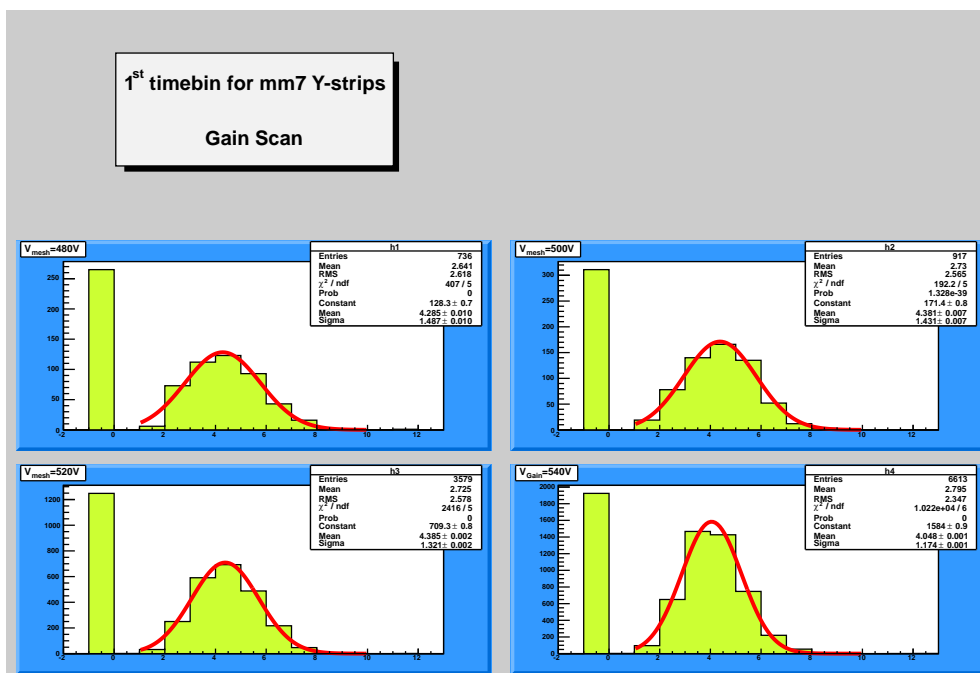


Σχήμα 6.102: Αριθμός clusters για τα Y – strips του $RD51Tmm7$ για διαφορετικά πεδία πολλαπλασιασμού

6.5.5.5 Χρόνος στον οποίο αρχίζει ο σχηματισμός του σήματος

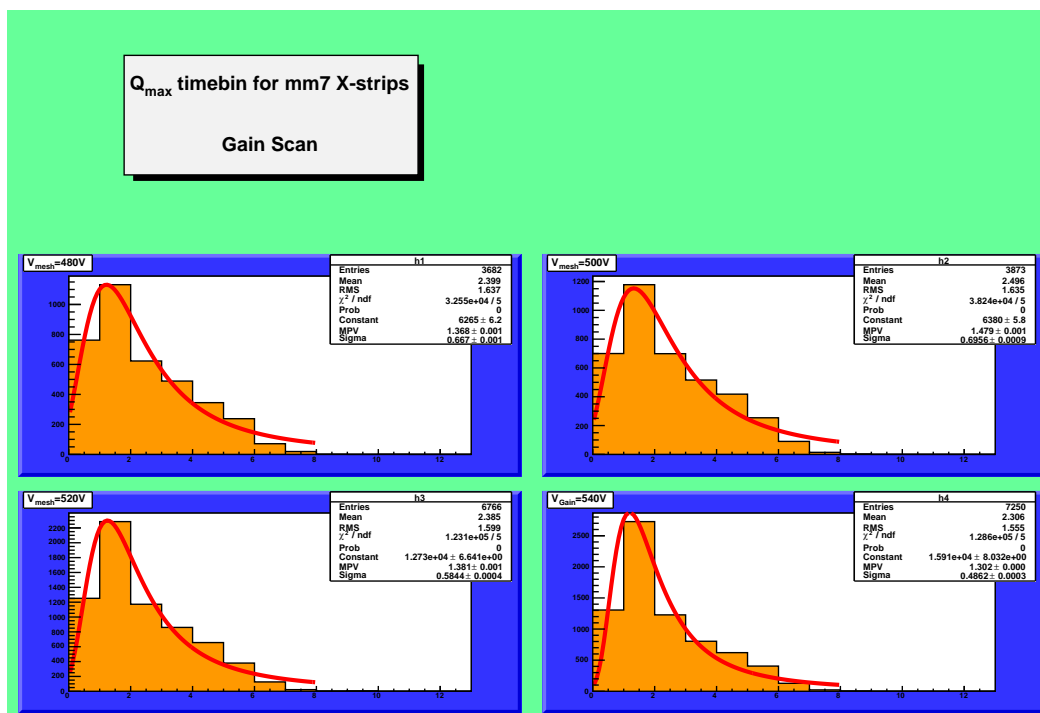


Σχήμα 6.103: Χρόνος(σε time-slots) στον οποίο αρχίζει να σχηματίζεται το σήμα για τα $X - strips$ του $RD51Tmm7$ για διαφορετικά πεδία πολλαπλασιασμού. Οι αρνητικοί χρόνοι ερμηνεύονται ως θόρυβος.

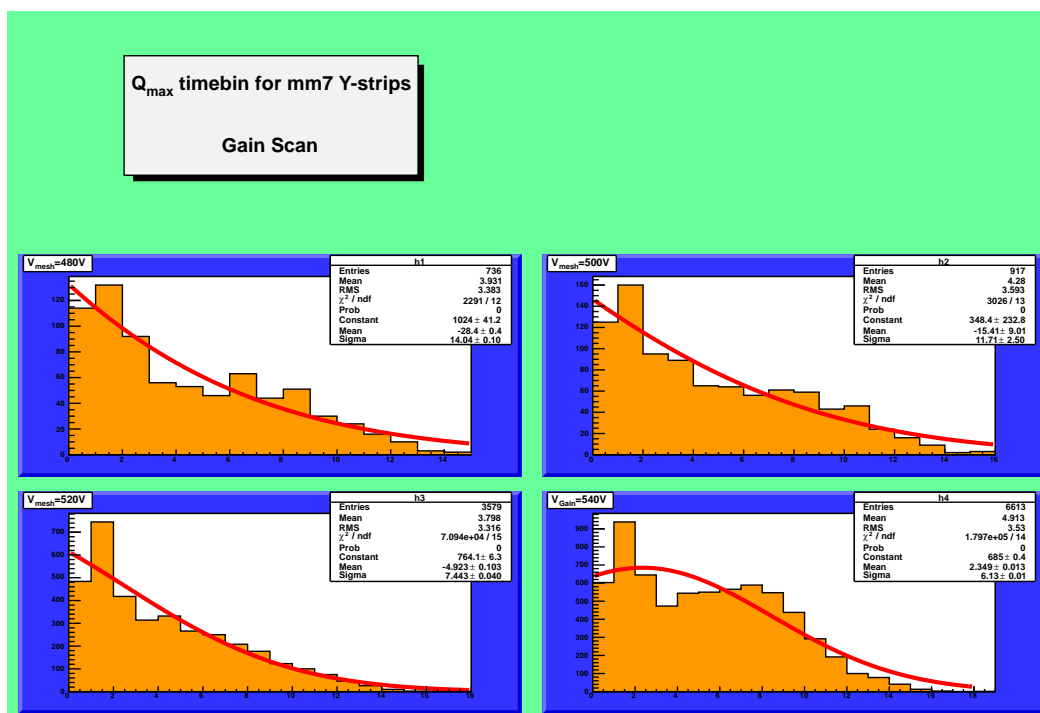


Σχήμα 6.104: Χρόνος(σε time-slots) στον οποίο αρχίζει να σχηματίζεται το σήμα για τα $Y - strips$ του $RD51Tmm7$ για διαφορετικά πεδία πολλαπλασιασμού. Οι αρνητικοί χρόνοι ερμηνεύονται ως θόρυβος.

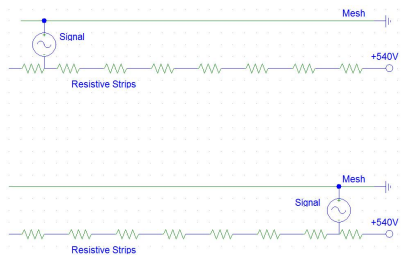
6.5.5.6 Χρόνος στον οποίο εμφανίζεται το μέγιστο φορτίο



Σχήμα 6.105: Χρόνος(σε time-slots) ο οποίος απαιτείται για να σχηματιστεί η μέγιστη κορυφή του παλμού για τα *X – strips* του *RD51Tmm7* για διαφορετικά πεδία ενίσχυσης



Σχήμα 6.106: Χρόνος(σε time-slots) ο οποίος απαιτείται για να σχηματιστεί η μέγιστη κορυφή του παλμού για τα *Y – strips* του *RD51Tmm7* για διαφορετικά πεδία ενίσχυσης

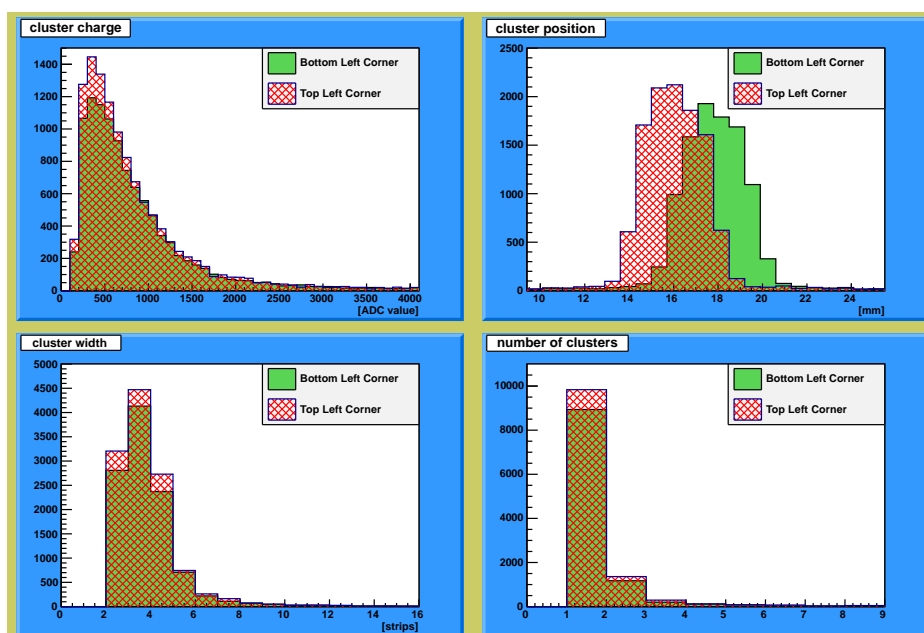


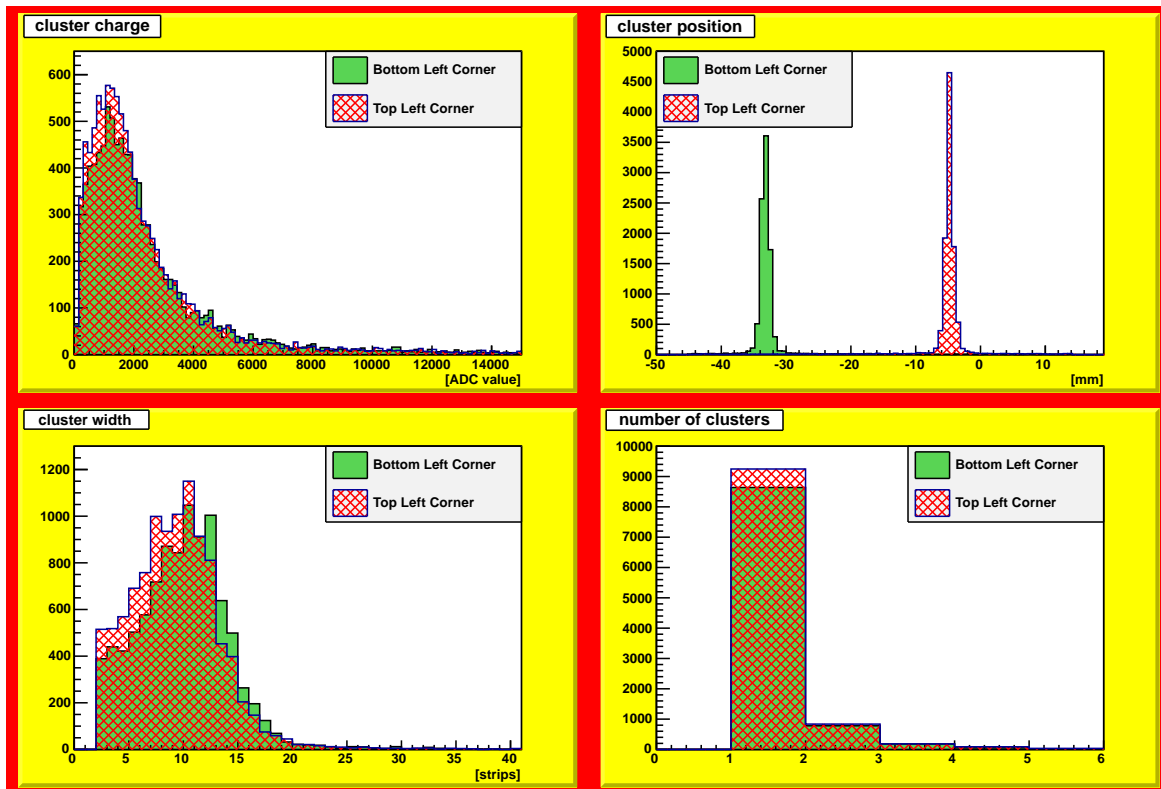
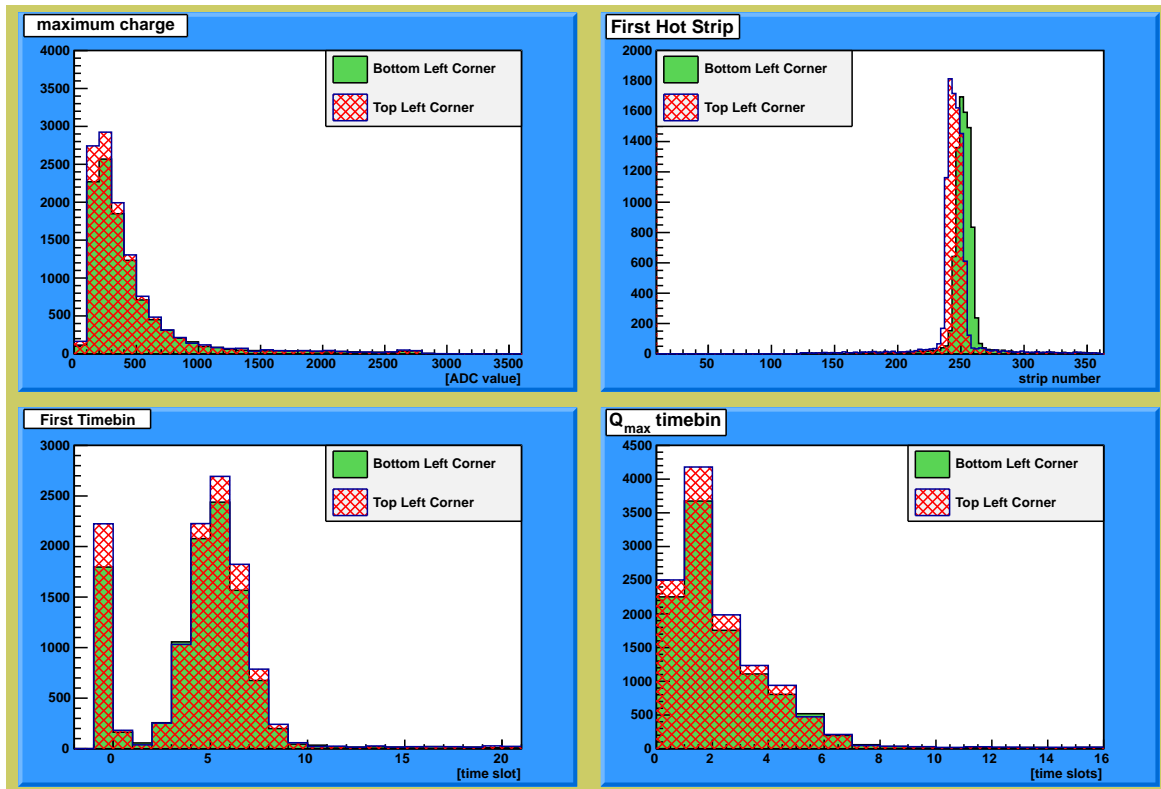
Σχήμα 6.107: Θέση της δέσμης ως προς την υψηλή τάση

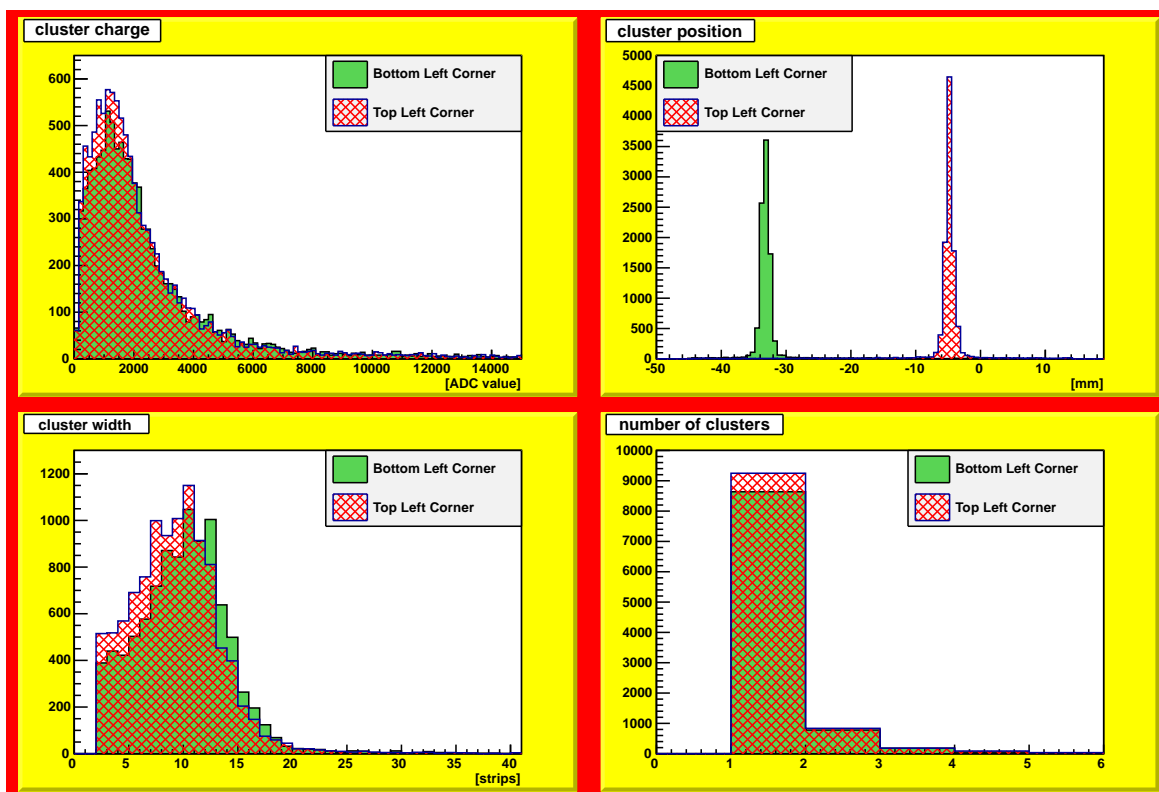
6.5.6 Μελέτη επίδρασης της θέσης της δέσμης ως προς την υψηλή τάση

Το τελευταίο βράδυ των δοκιμών, προέκυψε η ιδέα να μελετηθεί η επίδραση της θέσης της δέσμης ως προς την υψηλή τάση. Η βασική ιδέα είναι πως την στιγμή που τα ηλεκτρόνια που έχουν προκύψει από τον πολλαπλασιασμό, θα κινηθούν κατά μήκος των resistive strips, θα υπάρχει δηλαδή ένα ρεύμα. Η απορία που γεννήθηκε είναι αν το ρεύμα αυτό βρίσκεται μακριά από την υψηλή τάση, πόση τάση θα «αισθάνεται».

Αυτό που δοκιμάστηκε ήταν στην πρώτη περίπτωση να στοχεύσουμε την δέσμη στην κάτω αριστερή γωνία του ανιχνευτή $RD51Tmm2$ και στην άνω αριστερή. Παρατηρώντας τα διαγράμματα από τον Event Browser παρατηρήθηκε μια διαφορά στο μέγιστο φορτίο που συλλέχθηκε και στον χρόνο που μεσολάβησε μέχρι να εμφανιστεί αυτό. Συγκεκριμένα παρατηρήθηκε μια μετατόπιση προς τα αριστερά στην κατανομή του μέγιστου φορτίου για την άνω αριστερή γωνία. Για την ίδια θέση παρατηρήθηκε μια δεύτερη κορυφή στο ιστόγραμμα του χρόνου του μέγιστου φορτίου. Δυστυχώς κατά την ανάλυση που πραγματοποιήθηκε δεν παρατηρήθηκε κάποια διαφορά. Ίσως είχε μπερδευτεί η διαδικασία του configuration. Ενδιαφέρον θα έχει να πραγματοποιηθούν στον μέλλον τέτοιες δοκιμές. Ακολουθούν τα ιστογράμματα της μετέπειτα ανάλυσης.

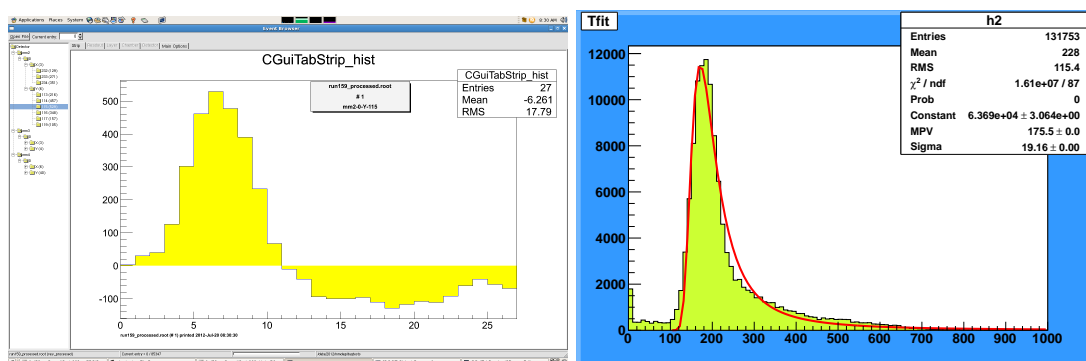






6.6 Υπολογισμός της time resolution

Μια εκτίμηση για την time resolution μπορεί να δοθεί αν για κάθε event πραγματοποιηθεί ένα fit στην χρονική εξέλιξη του σήματος.



(α) Χρονική εξέλιξη του σήματος για ένα event

(β) Time resolution fit

Σχήμα 6.108: Υπολογισμός της time resolution

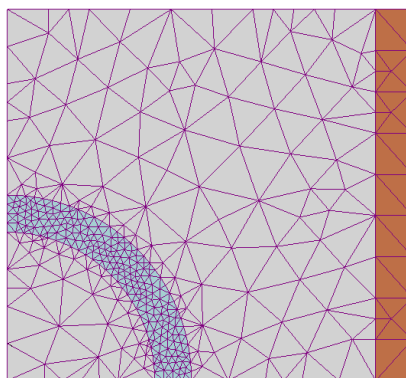
Για να υπολογιστεί η time resolution αρκεί να κατασκευαστεί μια συνάρτηση η οποία θα προσεγγίζει ικανοποιητικά την κατανομή της χρονικής εξέλιξης του σήματος. Μια τέτοια συνάρτηση είναι η

$$f(t) = \alpha (t - t_0)^d e^{-\frac{t - t_0}{2\sigma^2}} \quad (6.3)$$

η οποία είναι μια μίξη Landau και Gauss. Από την συνάρτηση 6.3 υπολογίζεται ο χρόνος t για τον οποίο η συνάρτηση παίρνει την μέγιστη τιμή της. Αν οι χρόνοι αυτοί τοποθετηθούν σε ένα ιστόγραμμα (εικ. 6.108(β)) και πραγματοποιηθεί ένα landau fit, η τυπική απόκλιση της εν λόγω κατανομής θα δώσει μια εκτίμηση της time resolution. Στην εδώ περίπτωση η time resolution είναι της τάξης των 20 ns.

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει μια σύντομη αναφορά στις προσομοιώσεις που υλοποιήθηκαν για τον ανιχνευτή MicroMEGAS . Η ανάγκη πραγματοποίησής τους προέκυψε όταν έγινε αντιληπτό πως μία αντίσταση από αυτές μέσω των οποίων γειώνεται η άνοδος, είχε καταστραφεί. Σε αυτό το σημείο προέκυψε το ερώτημα του πως θα μπορούσε να αποκριθεί ο ανιχνευτής σε τέτοια περίπτωση.

Η υλοποίηση των προσομοιώσεων πραγματοποιήθηκε με την μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων. Η βασική αρχή της είναι ο χωρισμός της γεωμετρίας του προβλήματος σε επιμέρους μικρά τμήματα (στοιχεία), με σκοπό την λύση του προβλήματος σε ένα μικρότερο χωρίο. Στην συνέχεια η ολική λύση προκύπτει από την μέση τιμή των επιμέρους λύσεων, όπου λαμβάνεται υπ'οψιν η σημαντικότητα(βάρος) του κάθε πεπερασμένου στοιχείου ως προς την θέση του ως προς τις συνοριακές συνθήκες. Για τον σκοπό αυτό, κατασκευάζεται ορίζονται σημεία στα οποία θα δοθεί η λύση του προς επίλυση προβλήματος. Τα σημεία αυτά(κόμβοι(nodes) ενώνονται μεταξύ τους για να σχηματίσουν το λεγόμενο πλέγμα(mesh). Το πλέγμα είναι πυκνότερο στα σημεία ενδιαφέροντος(όπου εφαρμόζονται οι συνοριακές συνθήκες του προβλήματος) και αραιότερο στον «κενό» χώρο. Ένα τυπικό πλέγμα φαίνεται στην εικόνα 7.1.



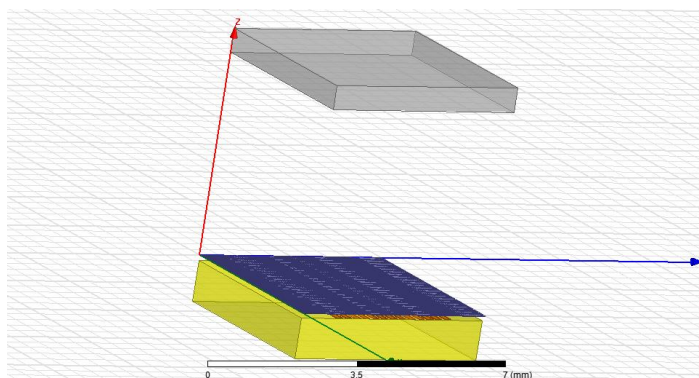
Σχήμα 7.1: Ένα τυπικό πλέγμα για μια ανάλυση με πεπερασμένα στοιχεία

Στο εμπόριο υπάρχει διαθέσιμη πληθώρα υπολογιστικών πακέτων τα οποία αναλύουν-

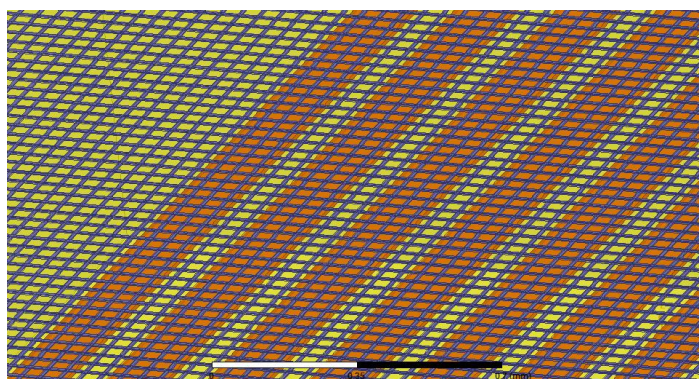
επιλύουν-προσομοιώνουν προβλήματα φυσικής ή μηχανικής όπως Quick Field, Ansys Workbench, Comsol MultiPhysics, Ansoft Maxwell, MatLab κ.λ.π.. Κατά την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής χρησιμοποιήθηκαν τα 4 πρώτα, θα παρουσιαστούν όμως τα αποτελέσματα μόνο από τα Comsol MultiPhysics, Ansoft Maxwell. Ο λόγος είναι πως στην περίπτωση του Quick Field υπήρχε διαθέσιμη μόνο η μαθητική έκδοση η οποία είναι περιορισμένη ως προς το μέγεθος του πλέγματος οπότε οι λύσεις που προέκυψαν είναι αρκετά ανακριβείς. Στην περίπτωση του Ansys, το οποίο ήταν διαθέσιμο από το cloudfront του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου¹, όλα τα αρχεία που είχαν αποθηκευτεί εκεί διεγράφησαν λόγω κάποιου τεχνικού προβλήματος σχετικά με την αναβάθμιση της υπηρεσίας.

7.1 Προσομοίωση με το Maxwell της Ansoft

Η πρώτη απόπειρα προσομοίωσης πραγματοποιήθηκε με το Maxwell 14.0 της Ansoft. Λόγω της μεγάλης υπολογιστικής δύναμης που χρειάζεται το εν λόγω πακέτο, δεν ήταν δυνατή η προσομοίωση του σε 3 διαστάσεις. Παρ'όλαυτά παρατίθεται η γεωμετρία του τρισδιάστατου μοντέλου(εικ. 7.2). Με κίτρινο χρώμα απεικονίζεται η PCB, Με πορτοκαλί τα strips, με σκούρο γκρι το μικροπλέγμα και με ανοιχτόχρωμο-διαφανές γκρι η κάθοδος.



Σχήμα 7.2: Τρισδιάστατο μοντέλο MicroMEGAS σχεδιασμένο στο Maxwell



Σχήμα 7.3: Η σχεδίαση του μικροπλέγματος στο Maxwell

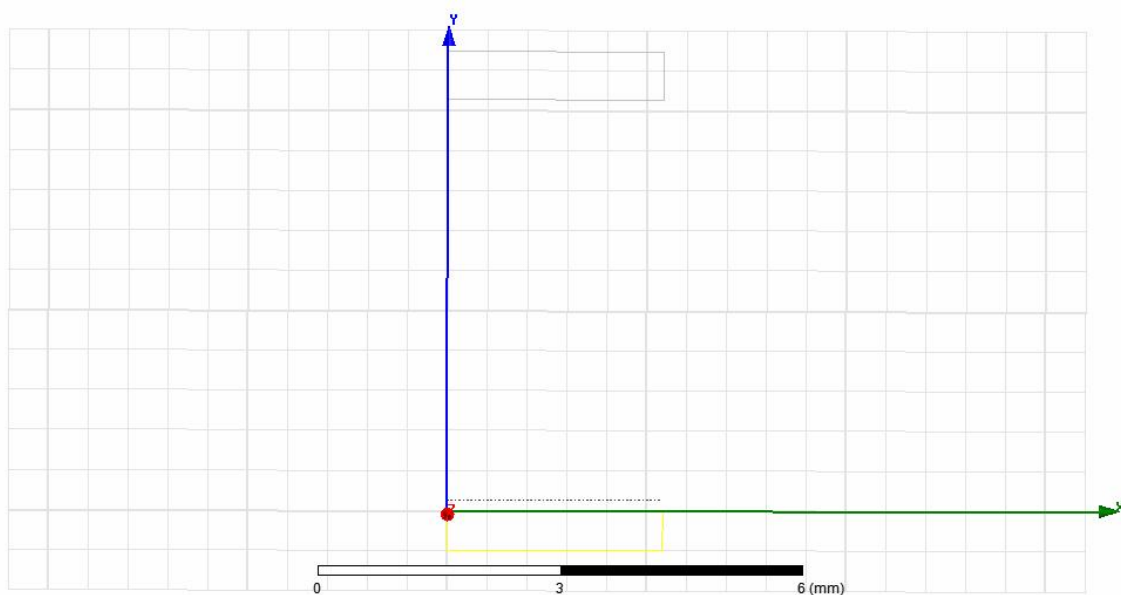
Τα χρήσιμα στοιχεία που αφορούν στην προσομοίωση φαίνονται στον πίνακα 7.1.

¹<http://cloudfront.central.ntua.gr>

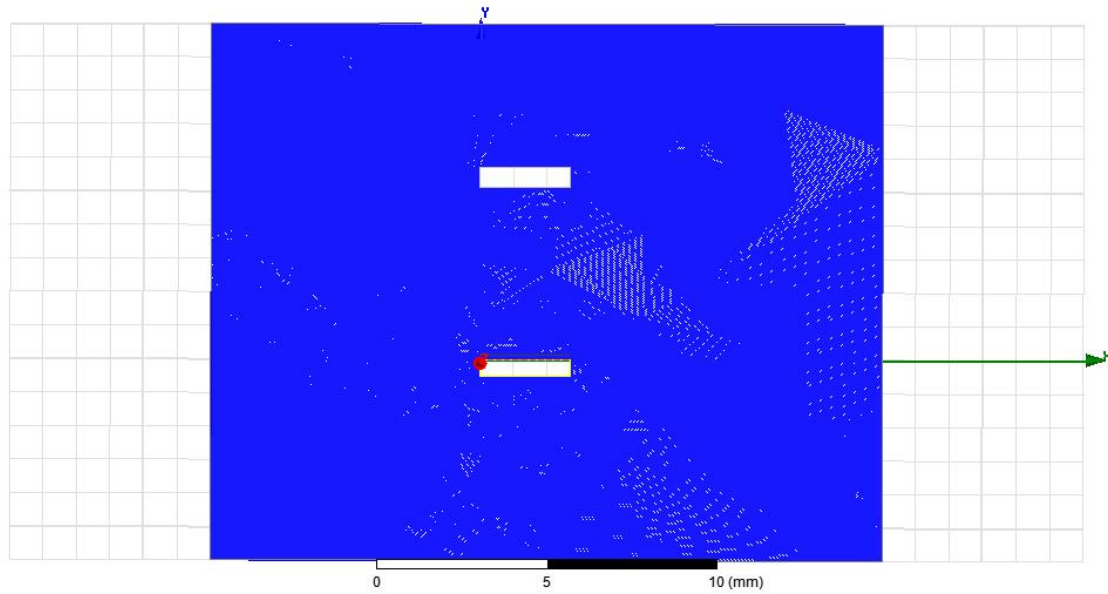
Στοιχεία προσομοίωσης με το Maxwell 14.0					
Strips	Υλικό	Copper	Mesh	Υλικό	steel_1008
	Ύψος	10 μm		Ύψος	3 μm
	Πλάτος	150 μm		Πλάτος	10 μm
	Pitch	250 μm		Pitch	50 μm
Drift	Υλικό	Aluminum	PCB	Υλικό	Teflon
	Ύψος	0.6mm		Ύψος	0.5mm
	Πλάτος	2.7mm		Πλάτος	2.7mm
Απόσταση mesh-strips			Απόσταση mesh-drift		
V_{mesh}			-550V		
V_{strips}			ground		
V_{drift}			-750V		
$V_{damaged}$			-550V		
Ελάχιστη Διάσταση πεπερασμένου στοιχείου		5 μm	Αριθμός στοιχείων		10000
Χρόνος επίλυσης		28s	Δέσμευση μνήμης		879MB

Πίνακας 7.1: Χρήσιμα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν κατά την διαδικασία της προσομοίωσης με το Maxwell 14.0

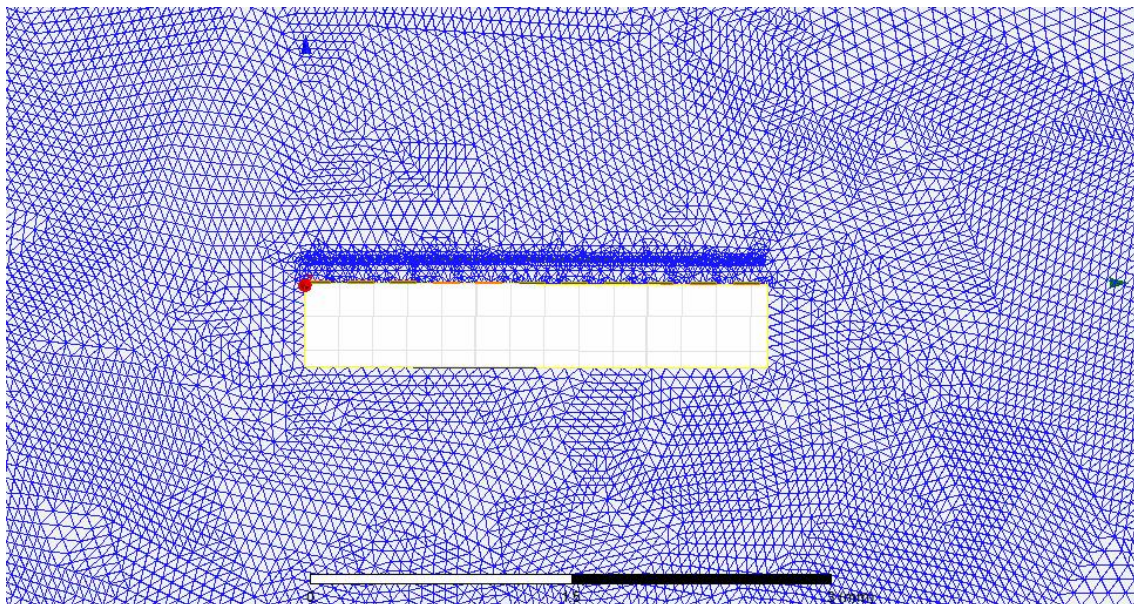
Στις εικόνες που ακολουθούν φαίνεται η γεωμετρία του δισδιάστατου μοντέλου, το πλέγμα που δημιουργήθηκε στις περιοχές ενδιαφέροντος καθώς και η λύση για την μορφή του πεδίου γύρω από το «τραυματισμένο» strip. Στην εικόνα 7.8 φαίνεται πως το πεδίο αναπτύσσεται γύρω από το προβληματικό strip. Ευχάριστο είναι πως δεν φαίνεται να επηρεάζονται τα γειτονικά strips.



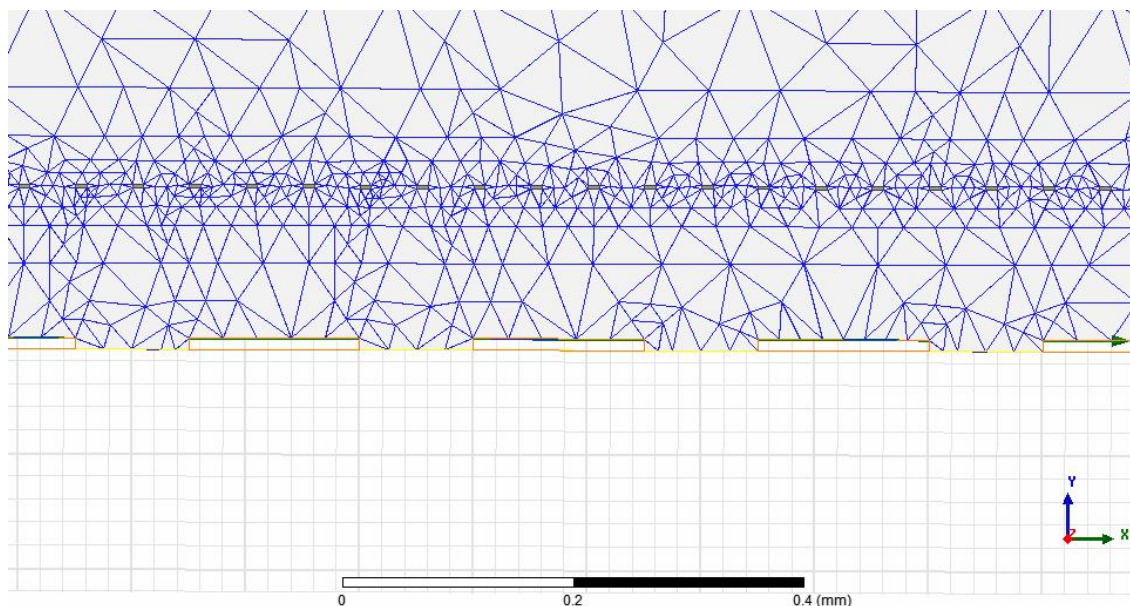
Σχήμα 7.4: Η δισδιάστατη γεωμετρία του MicroMEGAS στο Maxwell



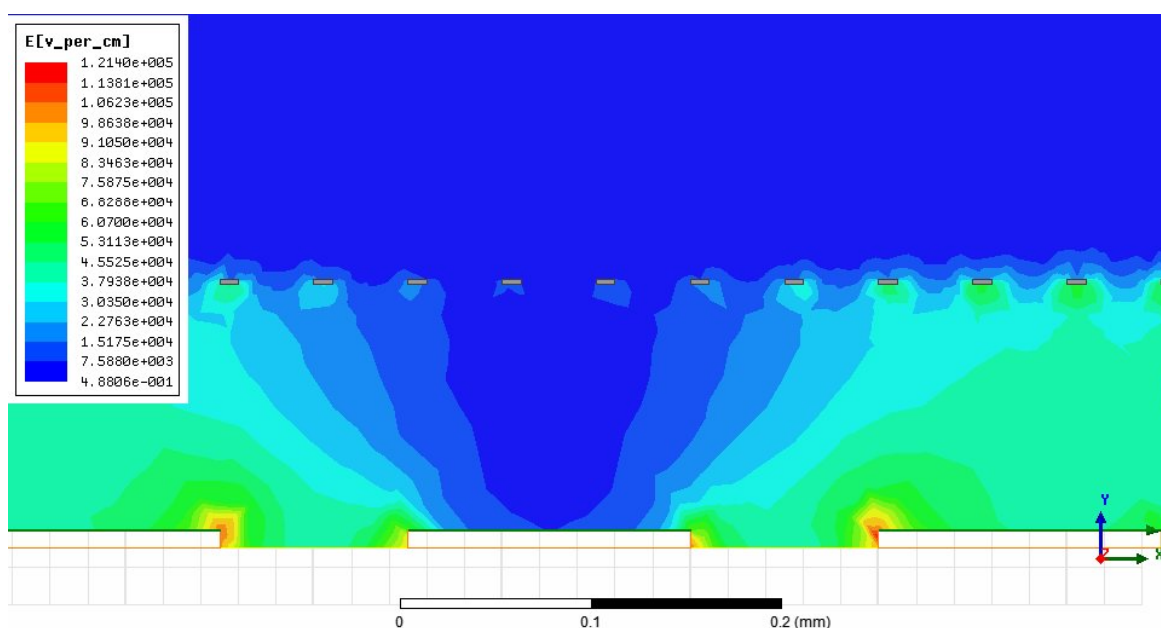
Σχήμα 7.5: Το πλέγμα των πεπερασμένων στοιχείων στην διδιάστατη γεωμετρία



Σχήμα 7.6: Το πλέγμα των πεπερασμένων στοιχείων στην περιοχή των strips και του μικρο-πλέγματος



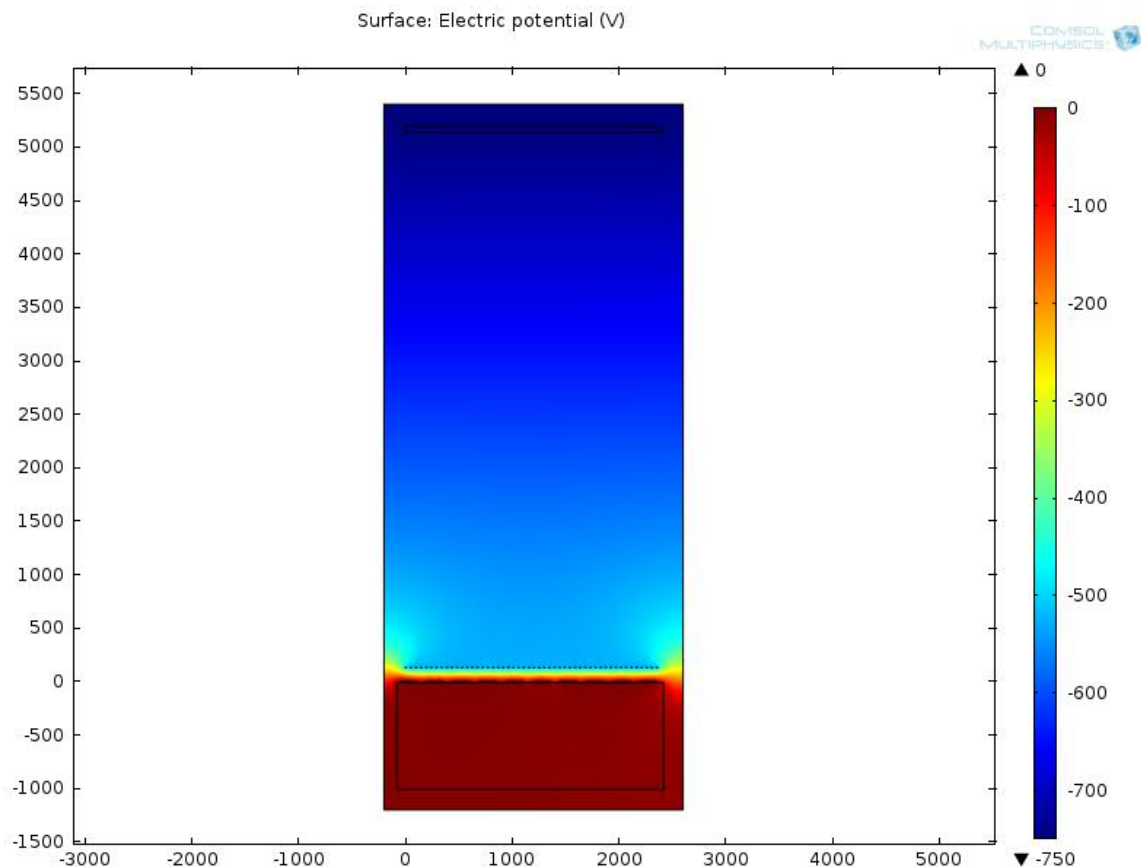
Σχήμα 7.7: Το πλέγμα των πεπερασμένων στοιχείων στην περιοχή του μικροπλέγματος



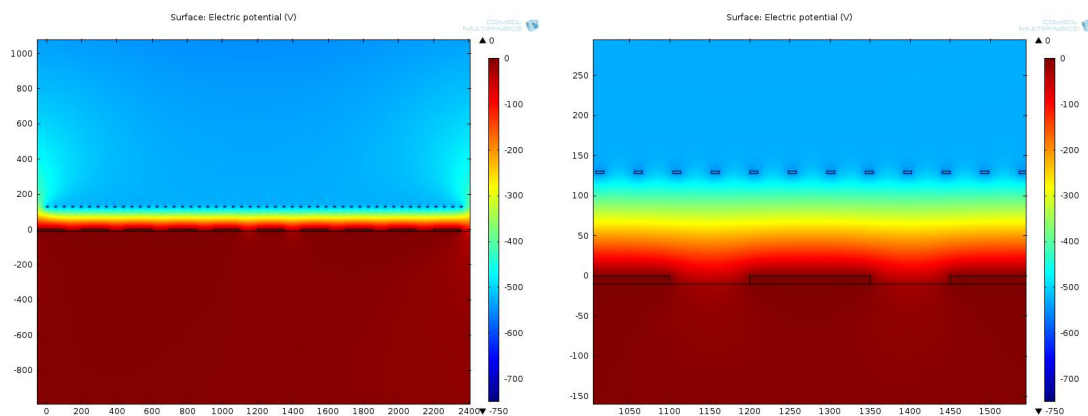
Σχήμα 7.8: Η αριθμητική λύση του πεδίου γύρω από το τραυματισμένο strip

7.2 Προσομοίωση με το Multiphysics της Comsol

Στην περίπτωση του πακέτου Multiphysics 4.2a της Comsol η κατάσταση ήταν πιο ευχάριστη καθώς το πακέτο αυτό έχει μικρότερες απαιτήσεις μνήμης. Συνεπώς ήταν δυνατή όχι μόνο η κατασκευή αλλά και η ανάλυση ενός τρισδιάστατου μοντέλου. Αρχικά κατασκευάστηκε το δισδιάστατο μοντέλο (εικ. 7.9) στο οποίο φαίνεται ο υπολογισμός για το ηλεκτρικό δυναμικό στον όγκο του ανιχνευτή.

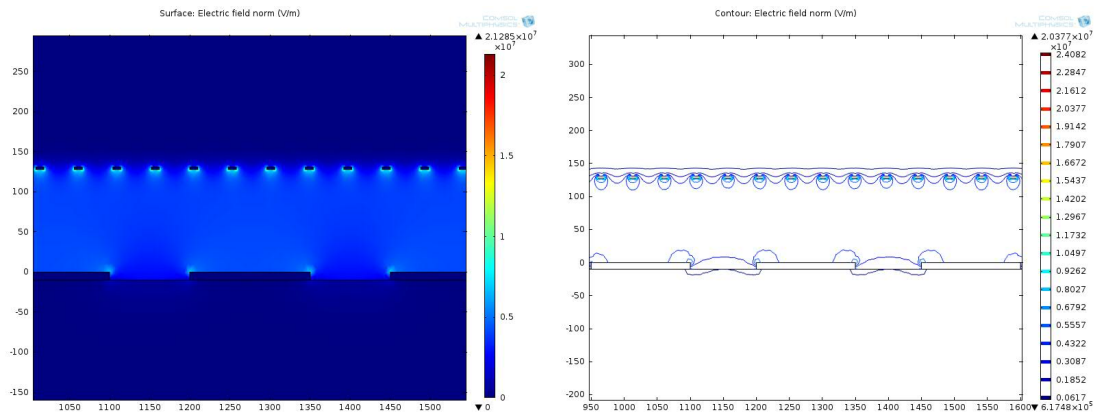


Σχήμα 7.9: Δισδιάστατο μοντέλο του MicroMEGAS σχεδιασμένο στο Multiphysics



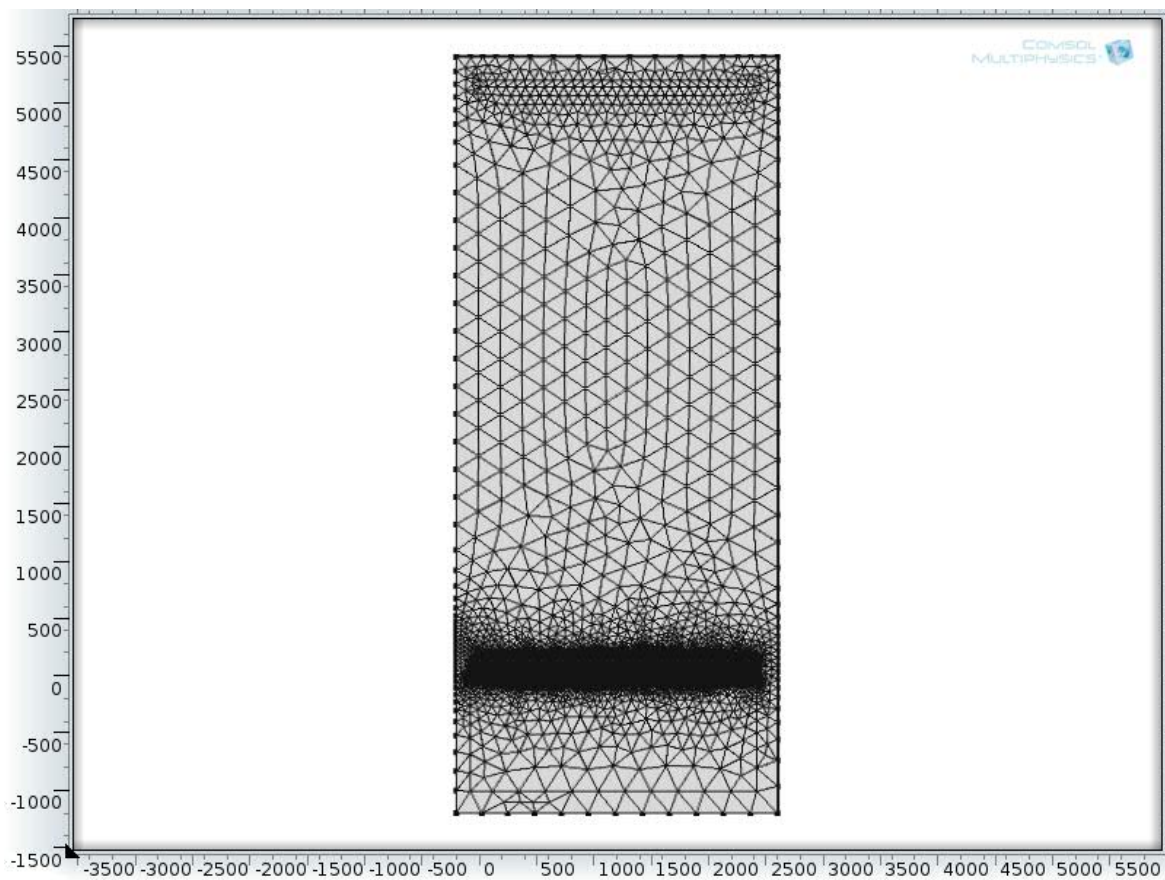
Σχήμα 7.10: Ηλεκτρικό δυναμικό στην περιοχή ενδιαφέροντος

Στην εικόνα 7.11 φαίνεται το ηλεκτρικό πεδίο στην περιοχή πολλαπλασιασμού για ένα «υγρή» MicroMEGAS.

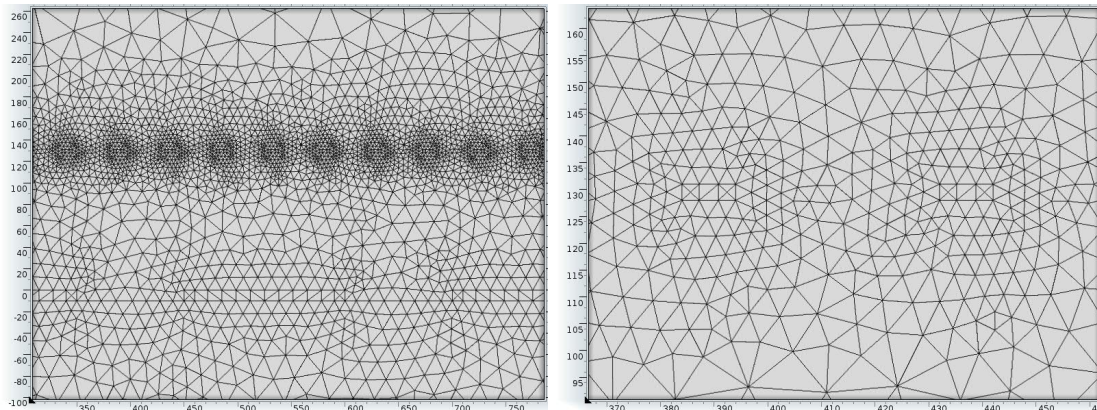


Σχήμα 7.11: Ηλεκτρικό πεδίο στην περιοχή ενδιαφέροντος

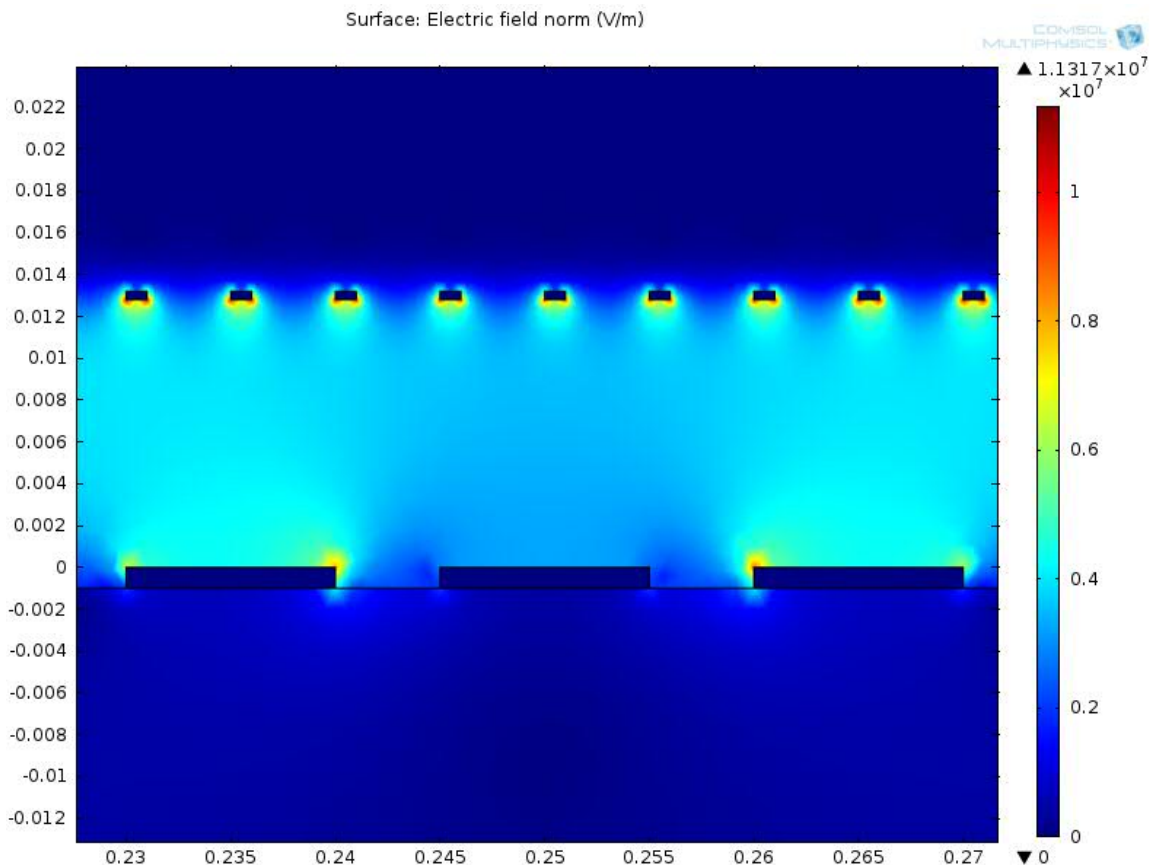
Παρακάτω απεικονίζεται το πλέγμα που χρησιμοποιήθηκε.



Σχήμα 7.12: Το πλέγμα που χρησιμοποιήθηκε για την επίλυση του προβλήματος

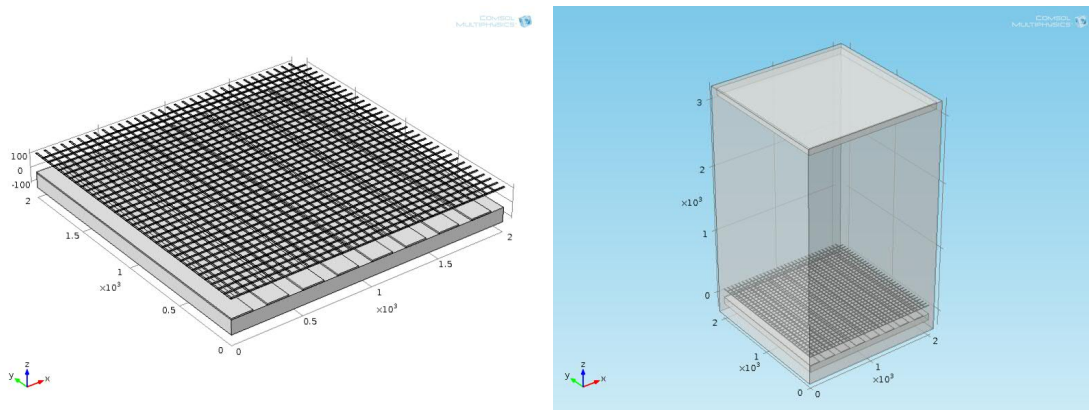


Σχήμα 7.13: Το πλέγμα στην περιοχή ενδιαφέροντος



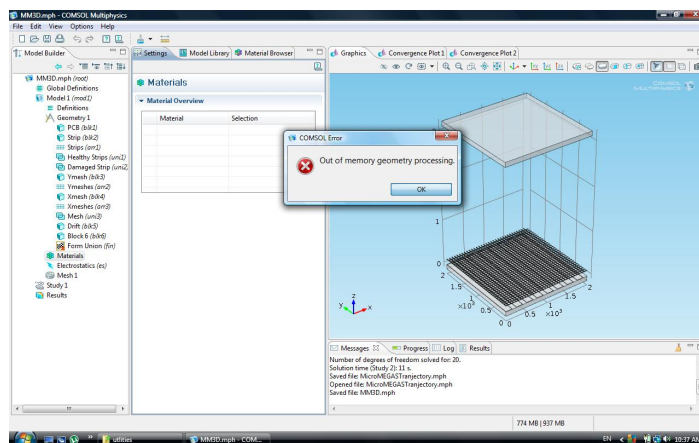
Σχήμα 7.14: Ηλεκτρικό πεδίο στην περιοχή πολλαπλασιασμού στην περίπτωση ενός floating strip

Το επόμενο βήμα ήταν να σχεδιαστεί το τρισδιάστατο μοντέλο. Αρχικά σχεδιάστηκε ένα μεγάλο μέρος του ανιχνευτή. Στην συνέχεια ήταν απαραίτητο να συρρικνωθεί, εξαιτίας περιορισμών στην υπολογιστική δύναμη, ώστε τελικά να πραγματοποιηθεί η επίλυση.

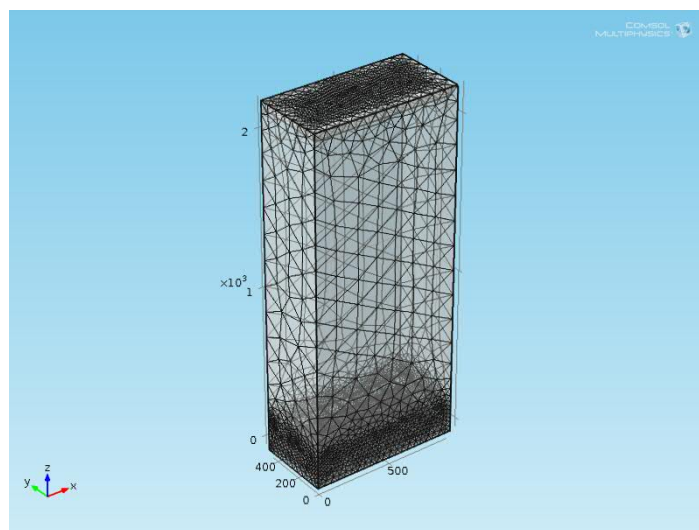


Σχήμα 7.15: Η κατασκευή του πλήρους τρισδιάστατου μοντέλου

Δυστυχώς όμως η δεν υπήρχε διαθέσιμη μνήμη, ώστε να κατασκευαστεί το πλέγμα(εικ. 7.16). Συνεπώς έπρεπε να κατασκευαστεί ένα δεύτερο, συρρικνωμένο μοντέλο(εικ. 7.17).



Σχήμα 7.16: Περιορισμός της υπολογιστικής δύναμης για την επίλυση του πλήρους μοντέλου

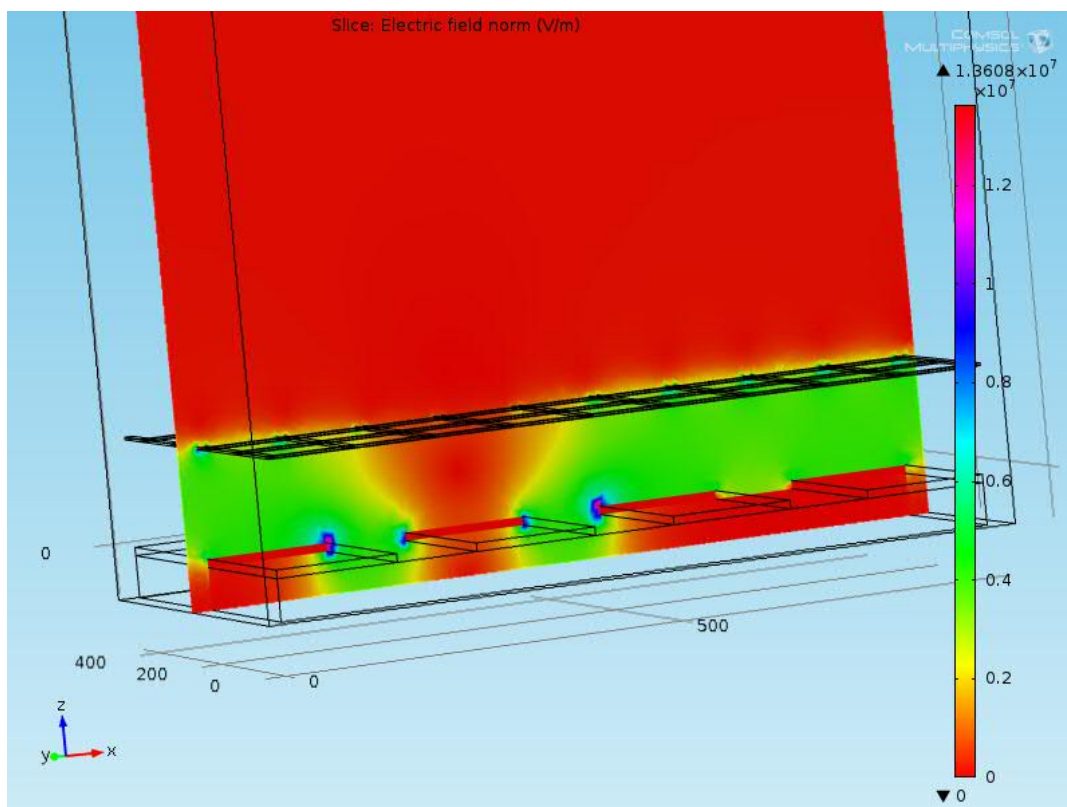


Σχήμα 7.17: Το συρρικνωμένο μοντέλο με το πλέγμα

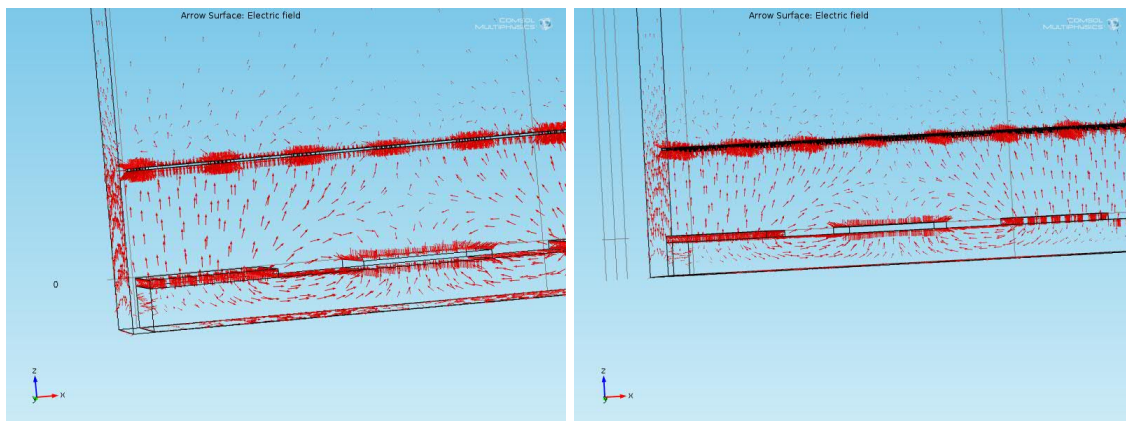
Τα χαρακτηριστικά της προσομοίωσης φαίνονται στον πίνακα 7.2

Στοιχεία προσομοίωσης με το Multiphysics 4.2a					
Strips	Υλικό	Copper	Mesh	Υλικό	High Strength Alloy Steel
	Ύψος	10 μm		Ύψος	3 μm
	Πλάτος	150 μm		Πλάτος	10 μm
	Pitch	250 μm		Pitch	50 μm
Drift	Υλικό	Aluminum	PCB	Υλικό	FR4
	Ύψος	0.6mm		Ύψος	0.5mm
	Πλάτος	0.9mm		Πλάτος	0.9mm
Απόσταση mesh-strips		128 μm	Απόσταση mesh-drift		5cm
V_{mesh}		-550V	V_{drift}		-750V
V_{strips}		ground	$V_{damaged}$		-550V
Ελάχιστη Διάσταση πεπερασμένου στοιχείου		3 μm	Αριθμός στοιχείων		192194
Χρόνος επίλυσης		31s	Δέσμευση μνήμης		970MB

Πίνακας 7.2: Χρήσιμα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν κατά την διαδικασία της προσομοίωσης με το Multiphysics 4.2a

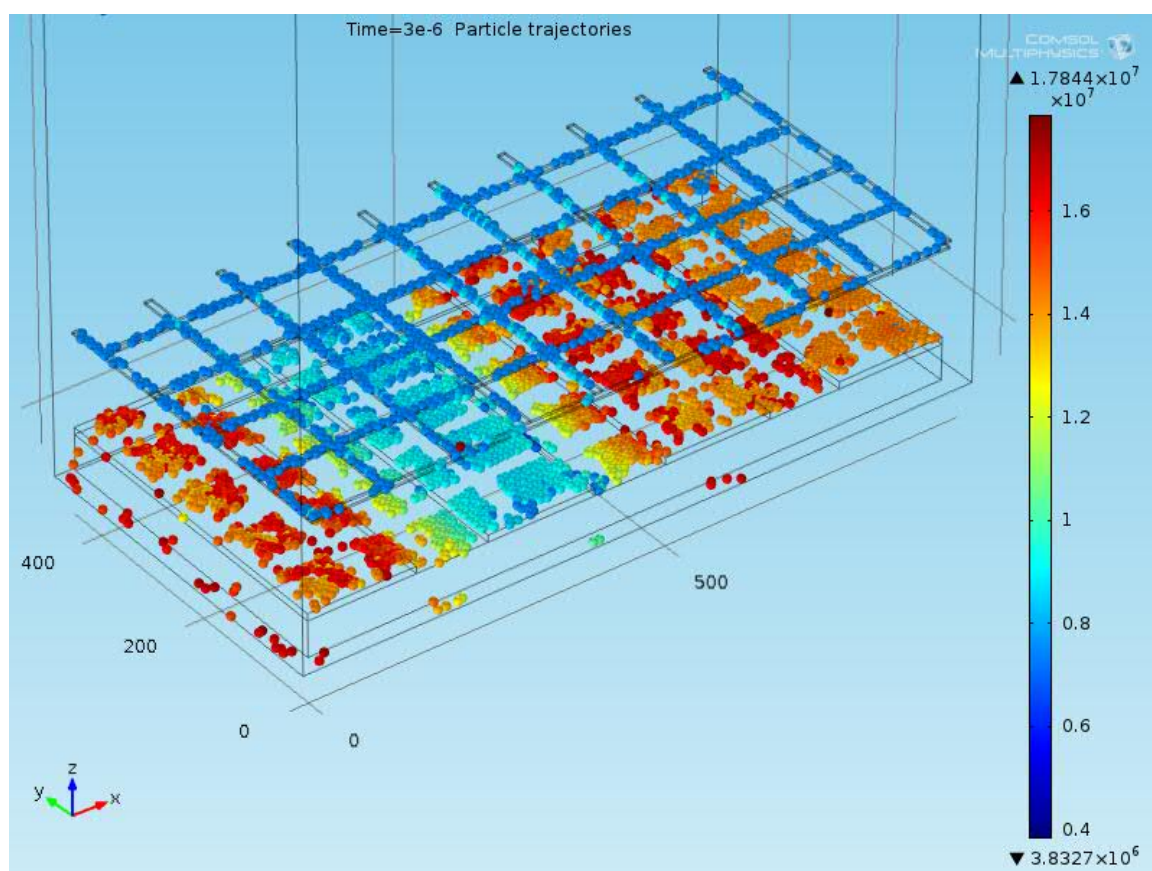


Σχήμα 7.18: Επίλυση ηλεκτρικού πεδίου στην περιοχή ενδιαφέροντος

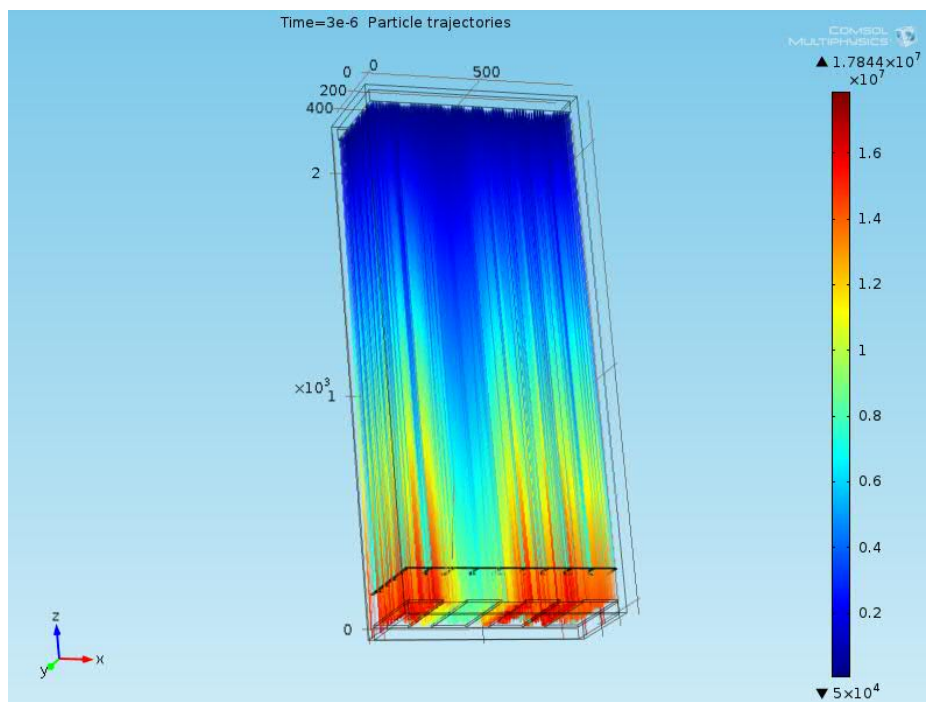


Σχήμα 7.19: Δυναμικές γραμμές του ηλεκτρικού πεδίου στην περιοχή ενδιαφέροντος

Στην συνέχεια πραγματοποιήθηκε μια προσομοίωση των τροχιών που θα ακολουθήσει ένα ηλεκτρόνιο, υπό την επίδραση του πεδίου. Λόγω της περιορισμένης υπολογιστικής ισχύος δεν ήταν δυνατό να επιλυθούν αρκετές τροχιές.

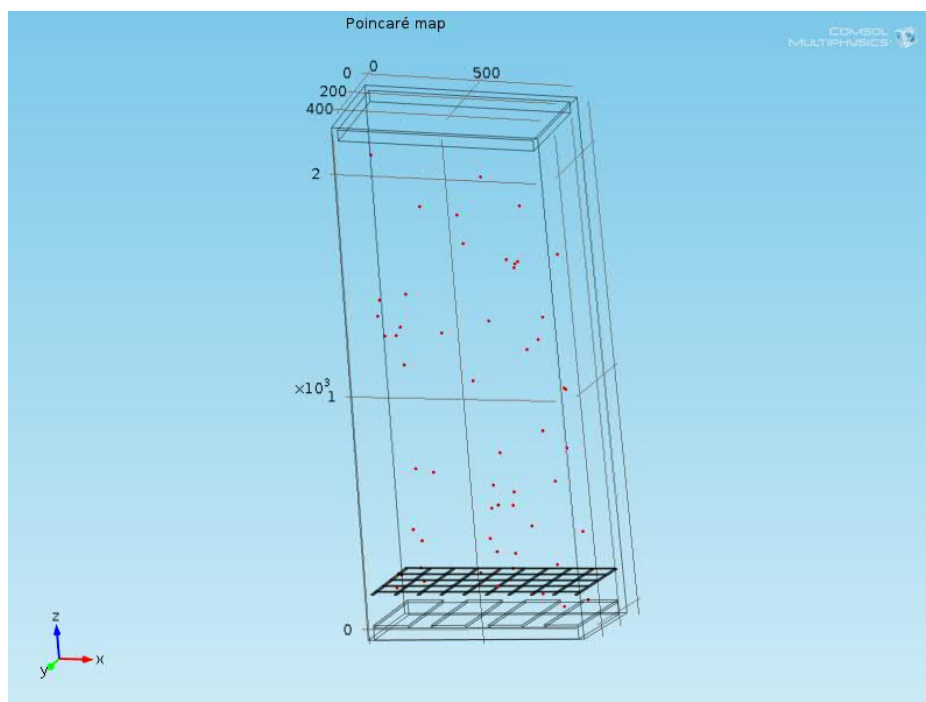


Σχήμα 7.20: Κατανομή των γεγονότων στην περιοχή ενδιαφέροντος

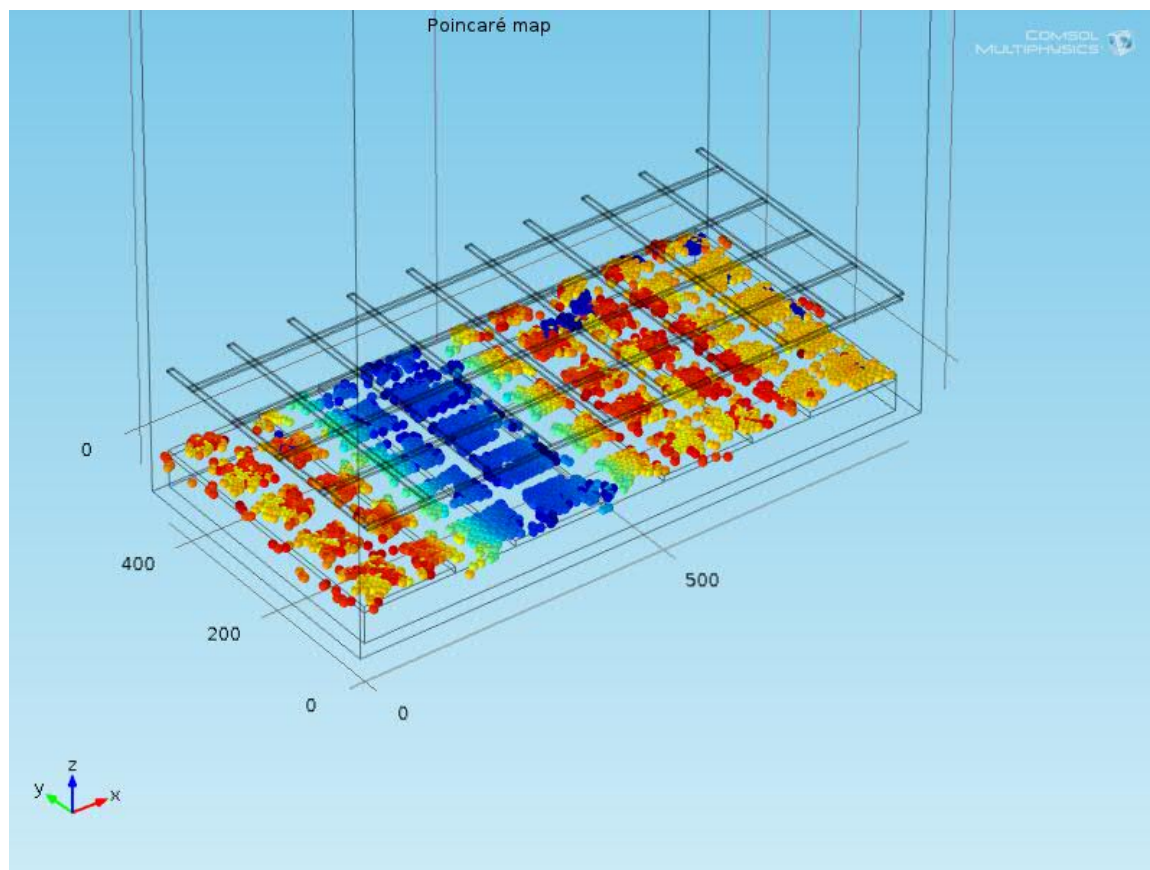


Σχήμα 7.21: Κατανομή των γεγονότων σε ολόκληρο τον ανιχνευτή

Στην συνέχεια κατασκευάστηκε ο χάρτης Poincaré στο κάθετο επίπεδο ως προς την κίνηση των ηλεκτρονίων(εικ. 7.22) καθώς και στο επίπεδο της ανόδου.



Σχήμα 7.22: Χάρτης Poincare στο κάθετο επίπεδο ως προς την κίνηση των ηλεκτρονίων



Σχήμα 7.23: Χάρτης Poincare στο επίπεδο της ανόδου

Από την μελέτη των τροχιών, φαίνεται πως η πλειοψηφία των ηλεκτρονίων δεν θα συλλεχθεί από το τραυματισμένο strip. Αυτό θα μπορούσε να σημαίνει κορεσμό του σήματος από τα γειτονικά strips, υπόθεση που πρέπει να ελεγχθεί εργαστηριακά.

Α'.1 Κατασκευή γραφικών παραστάσεων σημείων με σφάλματα σε έναν καρβά

```
1
2 # include "TCanvas.h"
3 # include "TROOT.h"
4 # include "TGraphErrors.h"
5 # include "TStyle.h"
6 # include "TMultiGraph.h"
7 # include "TF1.h"
8 # include "TLegend.h"
9 # include "TPaveStats.h"
10 # include "TArrow.h"
11 # include "TLatex.h"
12 # include "TPaveText.h"
13 # include "TText.h"
14 # include "TPavesText.h"
15
16 void DV_alpha() {
17
18     gROOT->Reset();
19
20     //*****
21     //Constructs a multiplot with Y errors and prints the canvas in a .pdf file *
22     // *
23     //Author: Stamatopoulos N. Athanasios *
24     //*****
25
26     TCanvas *mycanvas = new TCanvas("c","c",600, 400);
27     mycanvas->SetFillColor(5);
28     mycanvas->SetFrameFillColor(10);
29     TMultiGraph * mg = new TMultiGraph("gain curve","GAIN CURVE");
30
```

```

31 // The values on the X,Y axes and error on Y axis
32 const int n_alpha_550=9;
33 double x_alpha_550[n_alpha_550]={100,150,200,250,300,350,400,500,600};
34 double y_alpha_550[n_alpha_550]={388,549,659,747,754,813,849,886,901};
35 double errorY_alpha_550[n_alpha_550];
36 for (int i=0; i<n_alpha_550; i++){
37     errorY_alpha_550[i]=30;
38 }
39
40 const int n_alpha_560=6;
41 double x_alpha_560[n_alpha_560]={100,150,250,300,350,400};
42 double y_alpha_560[n_alpha_560]={490,703,930,952,1032,1076};
43 double errorY_alpha_560[n_alpha_560];
44 for (int i=0; i<n_alpha_560; i++){
45     errorY_alpha_560[i]=30;
46 }
47
48 const int n_alpha_540=8;
49 double x_alpha_540[n_alpha_540]={100,150,200,250,300,350,400,500};
50 double y_alpha_540[n_alpha_540]={300,439,512,571,600,644,673,703};
51 double errorY_alpha_540[n_alpha_540];
52 for (int i=0; i<n_alpha_540; i++){
53     errorY_alpha_540[i]=30;
54 }
55
56 const int n_alpha_520=8;
57 double x_alpha_520[n_alpha_520]={100,150,200,250,300,350,400,500};
58 double y_alpha_520[n_alpha_520]={183,264,315,351,359,395,410,425};
59 double errorY_alpha_520[n_alpha_520];
60 for (int i=0; i<n_alpha_520; i++){
61     errorY_alpha_520[i]=30;
62 }
63
64 const int n_alpha_500=7;
65 double x_alpha_500[n_alpha_500]={100,200,250,300,350,400,500};
66 double y_alpha_500[n_alpha_500]={110,190,212,220,242,249,256};
67 double errorY_alpha_500[n_alpha_500];
68 for (int i=0; i<n_alpha_500; i++){
69     errorY_alpha_500[i]=30;
70 }
71
72 gROOT->SetStyle("Plain");
73 //See: http://root.cern.ch/root/html/TStyle.html#TStyle:SetOptFit
74 gStyle->SetOptFit(1111);
75
76 TGraphErrors * gr1 = new TGraphErrors( n_alpha_550, x_alpha_550, y_alpha_550, NULL, ↔
77     errorY_alpha_550);
78 gr1->SetName("gr1");
79 gr1->SetTitle("Vmesh=550V");
80 gr1->SetMarkerStyle(20);
81 gr1->SetMarkerColor(4);
82 gr1->SetDrawOption("AP");
83 gr1->SetLineColor(4);
84 gr1->SetLineWidth(1);
85 gr1->SetFillStyle(0);

```



```
86   TGraphErrors * gr2 = new TGraphErrors( n_alpha_560, x_alpha_560, y_alpha_560, NULL, ↔
      errorY_alpha_560);
87   gr2->SetName("gr2");
88   gr2->SetTitle("Vmesh=560V");
89   gr2->SetMarkerStyle(20);
90   gr2->SetMarkerColor(2);
91   gr2->SetDrawOption("AP");
92   gr2->SetLineColor(2);
93   gr2->SetLineWidth(1);
94   gr2->SetFillStyle(0);
95
96   TGraphErrors * gr3 = new TGraphErrors( n_alpha_540, x_alpha_540, y_alpha_540, NULL, ↔
      errorY_alpha_540);
97   gr3->SetName("gr3");
98   gr3->SetTitle("Vmesh=540V");
99   gr3->SetMarkerStyle(20);
100  gr3->SetMarkerColor(3);
101  gr3->SetDrawOption("AP");
102  gr3->SetLineColor(3);
103  gr3->SetLineWidth(1);
104  gr3->SetFillStyle(0);
105
106  TGraphErrors * gr4 = new TGraphErrors( n_alpha_520, x_alpha_520, y_alpha_520, NULL, ↔
      errorY_alpha_520);
107  gr4->SetName("gr4");
108  gr4->SetTitle("Vmesh=520V");
109  gr4->SetMarkerStyle(20);
110  gr4->SetMarkerColor(5);
111  gr4->SetDrawOption("AP");
112  gr4->SetLineColor(5);
113  gr4->SetLineWidth(1);
114  gr4->SetFillStyle(0);
115
116  TGraphErrors * gr5 = new TGraphErrors( n_alpha_500, x_alpha_500, y_alpha_500, NULL, ↔
      errorY_alpha_500);
117  gr5->SetName("gr5");
118  gr5->SetTitle("Vmesh=500V");
119  gr5->SetMarkerStyle(20);
120  gr5->SetMarkerColor(6);
121  gr5->SetDrawOption("AP");
122  gr5->SetLineColor(6);
123  gr5->SetLineWidth(1);
124  gr5->SetFillStyle(0);
125
126  mg->Add(gr2);
127  mg->Add(gr1);
128  mg->Add(gr3);
129  mg->Add(gr4);
130  mg->Add(gr5);
131  mg->Draw("AP");
132  mg->SetTitle("DV comparison for alpha particles;DV[V];Gain");
133  mycanvas->BuildLegend(0.85, 0.8, 0.99, 0.99,"Ar-CO2->70%-30%");
134  mycanvas->SetLogy(0);
135  mycanvas->Modified(); mycanvas->Update(); //make sure it's really (re)drawn
136  mycanvas->Print("DV_alpha.pdf");
137 }
```

Α'.2 Κατασκευή γραφικών παραστάσεων σημείων με σφάλματα, fitting αυτών με κατάλληλη συνάρτηση, προσθήκη των παραμέτρων του fit, προσθήκη κειμένου και βέλων στο γράφημα

```

1
2 # include "TCanvas.h"
3 # include "TROOT.h"
4 # include "TGraphErrors.h"
5 # include "TStyle.h"
6 # include "TMultiGraph.h"
7 # include "TF1.h"
8 # include "TLegend.h"
9 # include "TPaveStats.h"
10 # include "TArrow.h"
11 # include "TLatex.h"
12 # include "TPaveText.h"
13 # include "TText.h"
14 # include "TPavesText.h"
15
16 void gain(){
17
18     /*
19     *Constructs a multigraph with Y errors, fits data points, prints fitting parameters,
20     *adds text and arrows on canvas and prints it on a .pdf file
21     */
22     //Author: Stamatopoulos N. Athanasios
23
24     gROOT->Reset();
25
26     TCanvas *mycanvas = new TCanvas("c","c",600, 400);
27     mycanvas->SetFillColor(5);
28     mycanvas->SetFrameFillColor(10);
29     TMultiGraph * mg = new TMultiGraph("gain curve","GAIN CURVE");
30
31     // The values on the X,Y axes and error on Y axis
32     const int n_Fe=20;
33     double x_Fe[n_Fe]={560, 565,570, 575, 580, 585, 590, 595, 600, 605, 610, 615, 620, ←
34         625, 630, 635, 640, 645, 650, 655};
35     double y_Fe[n_Fe]={1056, 1200, 1392, 1584, 1824, 2064, 2304, 2688, 3024, 3456, 3984, ←
36         4512, 5088, 5856, 6624, 7488, 8640, 9792, 11280, 12624};
37     double errorY_Fe[n_Fe];
38     for (int i=0; i<n_Fe; i++){
39         errorY_Fe[i]=192;
40     }
41
42     const int n_alpha=9;
43     double x_alpha[n_alpha]={500,535,540,545,550,555,560,565,570};
44     double y_alpha[n_alpha]={220,490,556,622,710,754,849,959,1098};
45     double errorY_alpha[n_alpha];
46     for (int i=0; i<n_alpha; i++){
47         errorY_alpha[i]=30;

```

```

47     }
48
49     gROOT->SetStyle("Plain");
50     // See: http://root.cern.ch/root/html/TStyle.html#TStyle:SetOptFit
51     gStyle->SetOptFit(1111);
52
53     TGraphErrors * gr1 = new TGraphErrors( n_Fe, x_Fe, y_Fe, NULL, errorY_Fe );
54     gr1->SetName("gr1");
55     gr1->SetTitle("Fe");
56     gr1->SetMarkerStyle(20);
57     gr1->SetMarkerColor(4);
58     gr1->SetDrawOption("AP");
59     gr1->SetLineColor(4);
60     gr1->SetLineWidth(1);
61     gr1->SetFillStyle(0);
62
63     TGraphErrors * gr2 = new TGraphErrors( n_alpha, x_alpha, y_alpha, NULL, errorY_alpha)↵
64     ;
65     gr2->SetName("gr2");
66     gr2->SetTitle("alpha");
67     gr2->SetMarkerStyle(20);
68     gr2->SetMarkerColor(2);
69     gr2->SetDrawOption("P");
70     gr2->SetLineColor(2);
71     gr2->SetLineWidth(1);
72     gr2->SetFillStyle(0);
73
74     gr1->Fit("expo");
75     gr1->GetFunction("expo")->SetLineColor(gr1->GetLineColor());
76     gr1->GetFunction("expo")->SetLineWidth(2);
77     //gr1->Print("all");
78     gr2->Fit("expo");
79     gr2->GetFunction("expo")->SetLineColor(gr2->GetLineColor());
80     gr2->GetFunction("expo")->SetLineWidth(2);
81
82     mg->Add(gr1);
83     mg->Add(gr2);
84     mg->Draw("AP");
85     mg->SetTitle("Gain Curves for Fe-55 X-rays and Po-210 alpha particles;Vmesh[V];Gain")↵
86     ;
87     mycanvas->BuildLegend(0.15, 0.7, 0.4, 0.9, "Ar-CO2->70%-30%");
88     mycanvas->SetLogy(1);
89
90     mycanvas->Modified(); mycanvas->Update(); // make sure it's really (re)drawn
91     TPaveStats *st = ((TPaveStats*)(gr1->GetListOfFunctions()->FindObject("stats")));
92     if (st) {
93         st->SetTextColor(gr1->GetLineColor());
94         st->SetX1NDC(0.64); st->SetX2NDC(0.99);
95         st->SetY1NDC(0.4); st->SetY2NDC(0.6);
96     }
97     st = ((TPaveStats*)(gr2->GetListOfFunctions()->FindObject("stats")));
98     if (st) {
99         st->SetTextColor(gr2->GetLineColor());
100        st->SetX1NDC(0.64); st->SetX2NDC(0.99);
101        st->SetY1NDC(0.15); st->SetY2NDC(0.35);
102    }

```

```
101 mycanvas->Modified(); mycanvas->Update(); // make sure it's really (re)drawn
102
103 //Draw arrows in canvas
104
105
106 TArrow *arrow_alpha = new TArrow(590, 190, 575, 985, 0.02, ">");
107 arrow_alpha->SetLineColor(2) ;
108 arrow_alpha->SetFillColor(2) ;
109 arrow_alpha->SetLineWidth(3) ;
110 arrow_alpha->SetLineStyle(2) ;
111 arrow_alpha->Draw();
112
113 TArrow *arrow_Fe = new TArrow(617, 12376, 653, 14697, 0.02, ">");
114 arrow_Fe->SetLineColor(4) ;
115 arrow_Fe->SetFillColor(4) ;
116 arrow_Fe->SetLineWidth(3) ;
117 arrow_Fe->SetLineStyle(2) ;
118 arrow_Fe->Draw();
119
120 //Add text in canvas
121
122 TLatex *text_alpha = new TLatex(583, 150, "#color[2]{sparks}");
123 text_alpha->Draw();
124
125 TLatex *text_Fe = new TLatex(597, 11983, "#color[4]{sparks}");
126 text_Fe->Draw();
127
128 mycanvas->Modified(); mycanvas->Update(); // make sure it's really (re)drawn
129
130 mycanvas->Print("Fe-alpha gain curves.pdf");
131 }
```

Α.3 Ανακατασκευή των φασμάτων του Amptek MCA 8000A

```

1
2 #include <cstdio>
3 #include <iostream>
4 #include <fstream>
5
6 # include "TROOT.h"
7 # include "TGraphErrors.h"
8 # include "TStyle.h"
9 # include "TMultiGraph.h"
10 # include "TF1.h"
11 # include "TLegend.h"
12 # include "TPaveStats.h"
13 # include "TArrow.h"
14 # include "TLatex.h"
15 # include "TPaveText.h"
16 # include "TText.h"
17 # include "TPavesText.h"
18
19 #include "TString.h"
20 #include "TSystem.h"
21 #include "TInterpreter.h"
22 #include "TFile.h"
23 #include "TH1.h"
24 #include "TNtuple.h"
25 #include "TCanvas.h"
26
27 void basic(){
28
29 //*****
30 //Read data from an ascii file *
31 //and create a root file with an histogram and an ntuple. *
32 // read file $ROOTSYS/tutorials/tree/basic.dat$ *
33 // this file has 2 columns of float data *
34 // *
35 //Prints the .mca spectrum in a .pdf file *
36 //Performs fitting on the specified data range *
37 //Prints fitting parameter *
38 // *
39 //Authors : Brun Rene and Stamatopoulos N. Athanasios *
40 //*****
41
42 //!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
43 //note that first you have to get rid of !
44 //the data info contained in .mca file !
45 //then make .mca file a two column file !
46 //with channel # on the first column !
47 //and .mca data on the 2nd and place the modified !
48 //ascii file in the same directory as the root micro !
49 //!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
50
51 TString dir = gSystem->UnixPathName(gInterpreter->GetCurrentMacroName());
52 dir.ReplaceAll("basic.C", "");

```

```

53  dir.ReplaceAll("./","/");
54  ifstream in;
55  in.open(Form("%sFirstSpectrumNewChamberD800M550.mca",dir.Data())); //Reads ↔
    FirstSpectrumNewChamberD800M550.mca  ascii file
56
57  Float_t x,y;
58  Int_t nlines = 0;
59  TFile *f = new TFile("FirstSpectrumNewChamberD800M550.root","RECREATE");
60  TH1F *h1 = new TH1F("h1","Fe-Spectrum", 1024, 1, 1024);
61  TNtuple *ntuple = new TNtuple("ntuple","data from ascii file","x:y");
62
63  while (1) {
64      in >> x >> y;
65      if (!in.good()) break;
66      if (nlines < 5) printf("x=%8f, y=%8f/n",x);
67      h1->Fill(x,y);
68      ntuple->Fill(x,y);
69      nlines++;
70  }
71  printf(" found %d points\n",nlines);
72
73  in.close();
74
75  f->Write();
76
77  gROOT->SetStyle("Plain");
78  gStyle->SetOptStat(1111);
79  gStyle->SetOptFit(1111);
80
81  TCanvas *c = new TCanvas("c", "c");
82  c->SetFillColor(4);
83  c->SetFrameFillColor(10);
84
85
86  h1->Draw();
87  h1->Fit("gaus","W",NULL,350,800);
88  h1->GetFunction("gaus")->SetLineColor(kRed);
89
90  //TPaveStats *st = ((TPaveStats*)(h1->GetListOfFunctions()->FindObject("stats")));
91
92  c->SetLogy(0);
93  c->SaveAs("c.pdf");
94  }

```

Α.4 Κατασκευή ιστογράμματος μεταβλητής ενός δέντρου ενός root file

```
1
2 #include <cstdio>
3 #include <iostream>
4 #include <fstream>
5
6 # include "TROOT.h"
7 # include "TGraphErrors.h"
8 # include "TStyle.h"
9 # include "TMultiGraph.h"
10 # include "TF1.h"
11 # include "TLegend.h"
12 # include "TPaveStats.h"
13 # include "TArrow.h"
14 # include "TLatex.h"
15 # include "TPaveText.h"
16 # include "TText.h"
17 # include "TPavesText.h"
18
19 #include "TString.h"
20 #include "TSystem.h"
21 #include "TInterpreter.h"
22 #include "TFile.h"
23 #include "TH1.h"
24 #include "TNtuple.h"
25 #include "TCanvas.h"
26
27 #include <cstdio>
28 #include <iostream>
29 #include <fstream>
30
31 # include "TROOT.h"
32 # include "TGraphErrors.h"
33 # include "TStyle.h"
34 # include "TMultiGraph.h"
35 # include "TF1.h"
36 # include "TLegend.h"
37 # include "TPaveStats.h"
38 # include "TArrow.h"
39 # include "TLatex.h"
40 # include "TPaveText.h"
41 # include "TText.h"
42 # include "TPavesText.h"
43
44 #include "TString.h"
45 #include "TSystem.h"
46 #include "TInterpreter.h"
47 #include "TFile.h"
48 #include "TH1.h"
49 #include "TNtuple.h"
50 #include "TCanvas.h"
51
```

```

52 void mm2X_gain() {
53
54 //*****
55 // open root files and get desired TTree *
56 //Plot in a divided canvas *
57 //Fits desired data range *
58 //Prints canvas in a .pdf file *
59 // *
60 //Author:Stamatopoulos N. Athanasios *
61 //*****
62
63 TFile *f1 = TFile::Open("run130_processed.root");
64 TTree *MyTree1;
65 f1->GetObject("clu_mm2X", MyTree1);
66 if (!MyTree1) { std::cout << "Warning: clu_mm2X TTree NOT found!" << std::endl; ←
        return; }
67
68 TFile *f2 = TFile::Open("run123_processed.root");
69 TTree *MyTree2;
70 f2->GetObject("clu_mm2X", MyTree2);
71 if (!MyTree2) { std::cout << "Warning: clu_mm2X TTree NOT found!" << std::endl; ←
        return; }
72
73 TFile *f3 = TFile::Open("run127_processed.root");
74 TTree *MyTree3;
75 f3->GetObject("clu_mm2X", MyTree3);
76 if (!MyTree3) { std::cout << "Warning: clu_mm2X TTree NOT found!" << std::endl; ←
        return; }
77
78 gROOT->SetStyle("Plain");
79 gStyle->SetOptStat(1111);
80 gStyle->SetOptFit(1111);
81
82 //make a new canvas
83 TCanvas *c = new TCanvas("c", "gain");
84 c->SetFillColor(kViolet-2);//change canvas' color
85 c->Divide(2,2);//divide canvas in a 2-column and 2-row multipad
86
87 //----- 1st pad -----
88 c->cd(1);//go to canvas' 1st pad—up & left pad
89 TPaveText *pt = new TPaveText(0.2101,0.2910,0.7944,0.8278,"br");
90 pt->SetFillColor(19);
91 TText *text=pt->AddText("Gain curve for mm2 X-strips");
92 text=pt->AddText("V_{ drift}=-300V");
93 pt->Draw();
94 c->Modified();
95 c->cd();
96
97 //----- 2nd pad -----
98 c_2->cd();//another way to move around pads
99 c_2->SetFillColor(kCyan);
100 c_2->SetFrameFillColor(10);
101 c_2->SetBorderMode(1);
102 c_2->SetBorderSize(2);
103
104 //fill histograms with color

```



```

105 gStyle->SetHistFillColor(kViolet+10);
106 MyTree1->UseCurrentStyle();
107
108 //generate and fill cl_cluster TTree variable. The histo will be named h1
109 MyTree1->Draw("cl_charge>>h1(100,0,10000)");
110 h1->SetTitle("E_{Gain}=40kV/cm");
111 h1->SetAxisRange(0,3000,"X");
112 h1->Draw();
113 h1->Fit("landau","W",NULL,1,2000);
114 h1->GetFunction("landau")->SetLineColor(kOrange+10);
115
116 c->Modified(); c->Update();
117
118 //-----3rd pad-----
119 c_3->cd();
120 c_3->SetFillColor(kCyan);
121 c_3->SetFrameFillColor(10);
122 c_3->SetBorderMode(1);
123 c_3->SetBorderSize(2);
124
125 gStyle->SetHistFillColor(kViolet+10);
126 MyTree2->UseCurrentStyle();
127
128 MyTree2->Draw("cl_charge>>h2(100,0,10000)");
129 h2->SetTitle("E_{Gain}=41kV/cm");
130 h2->SetAxisRange(0,4000,"X");
131 h2->Draw();
132 h2->Fit("landau","W",NULL,1,3500);
133 h2->GetFunction("landau")->SetLineColor(kOrange+10);
134
135 c->Modified(); c->Update();
136
137 //-----4th pad-----
138 c_4->cd();
139 c_4->SetFillColor(kCyan);
140 c_4->SetFrameFillColor(10);
141 c_4->SetBorderMode(1);
142 c_4->SetBorderSize(2);
143
144 gStyle->SetHistFillColor(kViolet+10);
145 MyTree3->UseCurrentStyle();
146
147 MyTree3->Draw("cl_charge>>h3(100,0,10000)");
148 h3->SetTitle("E_{Gain}=42kV/cm");
149 h3->SetAxisRange(0,7000,"X");
150 h3->Draw();
151 h3->Fit("landau","W",NULL,1,6000);
152 h3->GetFunction("landau")->SetLineColor(kOrange+10);
153
154 c->Modified(); c->Update();
155 c->Print("mm2X_gain.pdf");
156 }

```

Α.5 Φόρτωση ιστογραμμάτων μεταβλητών από διαφορετικά αρχεία root και απεικόνισή τους στον ίδιο καμβά

```

1
2 #include <cstdio>
3 #include <iostream>
4 #include <fstream>
5
6 # include "TROOT.h"
7 # include "TGraphErrors.h"
8 # include "TStyle.h"
9 # include "TMultiGraph.h"
10 # include "TF1.h"
11 # include "TLegend.h"
12 # include "TPaveStats.h"
13 # include "TArrow.h"
14 # include "TLatex.h"
15 # include "TPaveText.h"
16 # include "TText.h"
17 # include "TPavesText.h"
18
19 #include "TString.h"
20 #include "TSystem.h"
21 #include "TInterpreter.h"
22 #include "TFile.h"
23 #include "TH1.h"
24 #include "TNtuple.h"
25 #include "TCanvas.h"
26
27 void mm2X_Preliminary_2() {
28
29
30 //*****
31 //Loads two variables of two different root ntuples *
32 //and plots them using transparent fill styles *
33 // *
34 //Author: Stamatopoulos N. Athanasios *
35 //*****
36
37 //Open root files and get desired trees
38
39 TFile *f1 = TFile::Open("run175_processed.root");
40 TTree *MyTree1;
41 f1->GetObject("clu_mm2X", MyTree1);
42 if (!MyTree1) { std::cout << "Warning: clu_mm2X TTree NOT found!" << std::endl; ←
    return; }
43
44 TFile *f2 = TFile::Open("run193_processed.root");
45 TTree *MyTree2;
46 f2->GetObject("clu_mm2X", MyTree2);
47 if (!MyTree2) { std::cout << "Warning: clu_mm2X TTree NOT found!" << std::endl; ←
    return; }
48
49 gROOT->SetStyle("Plain");//make the plot aesthetically better

```

```

50   gStyle->SetOptStat(NULL); //hide OptStat box—the one with number of entries
51
52   //make a new canvas
53
54   TCanvas *c = new TCanvas("c", "c");
55   c->SetFillColor(kYellow-6); //change canvas' color
56   c->Divide(2,2); //divide canvas in a 2-column and 2-row multipad
57
58   //----- 1st pad -----
59
60   c_1->cd(); //another way to move around pads
61   c_1->SetFillColor(kAzure+1);
62   c_1->SetFrameFillColor(10);
63   c_1->SetBorderMode(1);
64   c_1->SetBorderSize(2);
65   //c_1->SetTitle("cluster charge");
66
67   //fill histograms with color
68
69   gStyle->SetHistFillColor(8);
70   MyTree1->UseCurrentStyle();
71
72   //generate and fill cl_cluster TTree variable. The histo will be named h1
73
74   MyTree1->Draw("cl_qmax>>h1(100,0,10000)");
75   MyTree2->Draw("cl_qmax>>h2(100,0,10000)", "", "same");
76   h2->SetFillColor(kRed);
77   h2->SetFillStyle(3444);
78
79   h1->SetTitle("maximum charge");
80   h2->SetTitle("Point 2");
81   h1->SetAxisRange(0,3500,"X");
82   h1->SetAxisRange(0,4000,"Y");
83   h1->GetXaxis()->SetTitle("[ADC value]");
84
85   //c_1->BuildLegend();
86
87   TLegend *legend1 = new TLegend(0.55,0.7,0.9,0.9);
88   legend1->AddEntry(h1,"Bottom Left Corner","f1");
89   legend1->AddEntry(h2,"Top Left Corner","f2");
90   legend1->Draw();
91
92   c->Modified(); c->Update();
93
94   //----- 2nd -----
95
96   c_2->cd(); //another way to move around pads
97   c_2->SetFillColor(kAzure+1);
98   c_2->SetFrameFillColor(10);
99   c_2->SetBorderMode(1);
100  c_2->SetBorderSize(2);
101  //c_1->SetTitle("cluster charge");
102
103  //fill histograms with color
104
105  gStyle->SetHistFillColor(8);

```

```

106 MyTree1->UseCurrentStyle();
107
108 //generate and fill cl_cluster TTree variable. The histo will be named h1
109
110 MyTree1->Draw("cl_first_strip>>h3");
111 MyTree2->Draw("cl_first_strip>>h4", "", "same");
112 h4->SetFillColor(kRed);
113 h4->SetFillStyle(3444);
114
115 h3->SetTitle("First Hot Strip");
116 h4->SetTitle("Point 2");
117 h3->SetAxisRange(10,360,"X");
118 h3->SetAxisRange(0,2000,"Y");
119 h3->GetXaxis()->SetTitle("");
120 h3->GetXaxis()->SetTitle("strip number");
121
122 //c_1->BuildLegend();
123
124 TLegend *legend2 = new TLegend(0.1,0.7,0.45,0.9);
125 legend2->AddEntry(h3,"Bottom Left Corner","f1");
126 legend2->AddEntry(h4,"Top Left Corner","f2");
127 legend2->Draw();
128
129 //-----3rd-----
130
131 c->Modified(); c->Update();
132
133 c_3->cd();//another way to move around pads
134 c_3->SetFillColor(kAzure+1);
135 c_3->SetFrameFillColor(10);
136 c_3->SetBorderMode(1);
137 c_3->SetBorderSize(2);
138 //c_1->SetTitle("cluster charge");
139
140 //fill histograms with color
141
142 gStyle->SetHistFillColor(8);
143 MyTree1->UseCurrentStyle();
144
145 //generate and fill cl_cluster TTree variable. The histo will be named h1
146
147 MyTree1->Draw("cl_first_timebin>>h5");
148 MyTree2->Draw("cl_first_timebin>>h6", "", "same");
149 h6->SetFillColor(kRed);
150 h6->SetFillStyle(3444);
151
152 h5->SetTitle("First Timebin");
153 h6->SetTitle("Point 2");
154 h5->SetAxisRange(-2,20,"X");
155 h5->SetAxisRange(0,3000,"Y");
156 h5->GetXaxis()->SetTitle("[time slot]");
157
158 //c_1->BuildLegend();
159
160 TLegend *legend3 = new TLegend(0.9,0.7,0.55,0.9);
161 legend3->AddEntry(h5,"Bottom Left Corner","f1");

```

```

162 legend3->AddEntry(h6,"Top Left Corner","f2");
163 legend3->Draw();
164
165 c->Modified(); c->Update();
166
167 //-----4th-----
168
169 c->Modified(); c->Update();
170
171 c_4->cd();//another way to move around pads
172 c_4->SetFillColor(kAzure+1);
173 c_4->SetFrameFillColor(10);
174 c_4->SetBorderMode(1);
175 c_4->SetBorderSize(2);
176 //c_4->SetTitle("cluster charge");
177
178 //fill histograms with color
179
180 gStyle->SetHistFillColor(8);
181 MyTree1->UseCurrentStyle();
182
183 //generate and fill cl_cluster TTree variable. The histo will be named h1
184
185 MyTree1->Draw("cl_t bqmax_spread>>h7");
186 MyTree2->Draw("cl_t bqmax_spread>>h8","","same");
187 h8->SetFillColor(kRed);
188 h8->SetFillStyle(3444);
189
190 h7->SetTitle("Q_{max} timebin");
191 h8->SetTitle("Point 2");
192 h7->SetAxisRange(0,15,"X");
193 h7->SetAxisRange(0,4500,"Y");
194 h7->GetXaxis()->SetTitle("[time slots]");
195
196 //c_1->BuildLegend();
197
198 TLegend *legend4 = new TLegend(0.9,0.7,0.55,0.9);
199 legend4->AddEntry(h7,"Bottom Left Corner","f1");
200 legend4->AddEntry(h8,"Top Left Corner","f2");
201 legend4->Draw();
202
203 c->Modified(); c->Update();
204
205 c->Print("mm2X_Preliminary_2.pdf");
206
207 }

```



```

49
50 TString dir = gSystem->UnixPathName(gInterpreter->GetCurrentMacroName());
51 dir.ReplaceAll("basic1.C", "");
52 dir.ReplaceAll("./", "/");
53 ifstream in;
54 in.open(Form("%s100kOhm.mca", dir.Data())); // Reads 100kOhm.mca ascii file   Float_t x, ←↔
55   y;
56 Int_t nlines = 0;
57 TFile *f = new TFile("100kOhm.root", "RECREATE");
58 TH1F *h2 = new TH1F("h2", "100kOhm", 1024, 1, 1024);
59 TTuple *ntuple = new TTuple("ntuple", "data from ascii file", "x:y");
60
61 while (1) {
62     in >> x >> y;
63     if (!in.good()) break;
64     if (nlines < 5) printf("x=%8f, y=%8f/n", x);
65     h2->Fill(x,y);
66     ntuple->Fill(x,y);
67     nlines++;
68 }
69 printf(" found %d points\n", nlines);
70
71 in.close();
72
73 f->Write();
74
75 gROOT->SetStyle("Plain");
76 gStyle->SetOptStat(1111);
77 gStyle->SetOptFit(1111);
78
79 TCanvas *c = new TCanvas("c", "c");
80 c->SetFillColor(kYellow);
81 c->SetFrameFillColor(10);
82
83 h2->Draw();
84 h2->SetFillColor(kRed);
85 //h1->SetAxisRange(0,250,"X");
86 //h2->SetFillStyle(3444);
87 //h1->Fit("gaus", "W", NULL, 350, 800);
88 //h1->GetFunction("gaus")->SetLineColor(kRed);
89
90 //TPaveStats *st = ((TPaveStats*)(h1->GetListOfFunctions()->FindObject("stats")));
91
92 c->SetLogy(1);
93 c->SaveAs("100kOhm.pdf");
94 }

```

```

1
2 #include <cstdio>
3 #include <iostream>
4 #include <fstream>
5
6 # include "TROOT.h"
7 # include "TGraphErrors.h"
8 # include "TStyle.h"
9 # include "TMultiGraph.h"
10 # include "TF1.h"
11 # include "TLegend.h"
12 # include "TPaveStats.h"
13 # include "TArrow.h"
14 # include "TLatex.h"
15 # include "TPaveText.h"
16 # include "TText.h"
17 # include "TPavesText.h"
18
19 #include "TString.h"
20 #include "TSystem.h"
21 #include "TInterpreter.h"
22 #include "TFile.h"
23 #include "TH1.h"
24 #include "TNtuple.h"
25 #include "TCanvas.h"
26
27 void basic1() {
28 //*****
29 //Read data from an ascii file *
30 //and create a root file with an histogram and an ntuple. *
31 // read file $ROOTSYS/tutorials/tree/basic.dat$ *
32 // this file has 2 columns of float data *
33 // *
34 //Prints the .mca spectrum in a .pdf file *
35 //Performs fitting on the specified data range *
36 //Prints fitting parameter *
37 // *
38 //Authors : Brun Rene and Stamatopoulos N. Athanasios *
39 //*****
40
41 //!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
42 //note that first you have to get rid of !
43 //the data info contained in .mca file !
44 //then make .mca file a two column file !
45 //with channel # on the first column !
46 //and .mca data on the 2nd and place the modified !
47 //ascii file in the same directory as the root micro !
48 //!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
49
50 TString dir = gSystem->UnixPathName(gInterpreter->GetCurrentMacroName());
51 dir.ReplaceAll("basic2.C", "");
52 dir.ReplaceAll("./", "/");
53 ifstream in;
54 in.open(Form("%s1000hm.mca", dir.Data())); //Reads temp.mca ascii file
55
56 Float_t x,y;

```



```
57 Int_t nlines = 0;
58 TFile *f = new TFile("1000hm.root", "RECREATE");
59 TH1F *h1 = new TH1F("h1", "1000hm", 1024, 1, 1024);
60 TNtuple *ntuple = new TNtuple("ntuple", "data from ascii file", "x:y");
61
62 while (1) {
63     in >> x >> y;
64     if (!in.good()) break;
65     if (nlines < 5) printf("x=%8f, y=%8f/n", x);
66     h1->Fill(x,y);
67     ntuple->Fill(x,y);
68     nlines++;
69 }
70 printf(" found %d points\n", nlines);
71
72 in.close();
73
74 f->Write();
75
76 gROOT->SetStyle("Plain");
77 gStyle->SetOptStat(1111);
78 gStyle->SetOptFit(1111);
79
80 TCanvas *c = new TCanvas("c", "c");
81 c->SetFillColor(kYellow);
82 c->SetFrameFillColor(10);
83
84
85 h1->Draw();
86 h1->SetFillColor(kRed);
87 //h1->SetAxisRange(0,250,"X");
88 //h2->SetFillStyle(3444);
89 //h1->Fit("gaus", "W", NULL, 350, 800);
90 //h1->GetFunction("gaus")->SetLineColor(kRed);
91
92 //TPaveStats *st = ((TPaveStats*)(h1->GetListOfFunctions()->FindObject("stats")));
93
94 c->SetLogy(1);
95 c->SaveAs("1000hm.pdf");
96 }
```

Α'.6.2 Απεικόνιση των δύο φασμάτων σε ένα καρβά

```

1
2 #include <cstdio>
3 #include <iostream>
4 #include <fstream>
5
6 # include "TROOT.h"
7 # include "TGraphErrors.h"
8 # include "TStyle.h"
9 # include "TMultiGraph.h"
10 # include "TF1.h"
11 # include "TLegend.h"
12 # include "TPaveStats.h"
13 # include "TArrow.h"
14 # include "TLatex.h"
15 # include "TPaveText.h"
16 # include "TText.h"
17 # include "TPavesText.h"
18
19 #include "TString.h"
20 #include "TSystem.h"
21 #include "TInterpreter.h"
22 #include "TFile.h"
23 #include "TH1.h"
24 #include "TNtuple.h"
25 #include "TCanvas.h"
26
27 void noise(){
28
29 //*****
30 //Loads .root files and accesses their histos *
31 //plotting them on the same canvas *
32 //Adds also some text *
33 //As a bonus uses LaTeX code to produce maths! *
34 // *
35 //Author: Stamatopoulos N. Athanasios *
36 //*****
37
38 //!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
39 //Note th difference in plotting two histos tgether from !
40 //a root ntuple which doasn't have trees !
41 // histo->Draw("same"); !
42 //instead of !
43 //histo->Draw("variable", "possible cuts", "same"); !
44 //!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
45
46 //Open root files and get desired trees
47
48 TFile *f2 = TFile::Open("10kOhm.root");
49 //f2->cd();
50 TH1 *Myh2;
51 f2->GetObject("h2", Myh2);
52 if (!Myh2) { std::cout << "Warning: 10kOhm Histo NOT found!" << std::endl; return; ←
    }

```

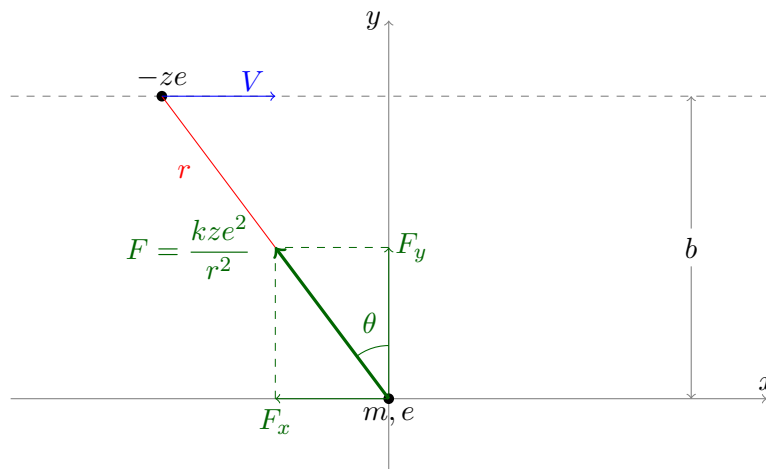
```

53
54 TFile *f1 = TFile::Open("100Ohm.root");
55 TH1 *Myh1;
56 f1->GetObject("h1", Myh1);
57 if (!Myh1) { std::cout << "Warning: 100Ohm Histo NOT found!" << std::endl; return; }
58
59 gROOT->SetStyle("Plain");//make the plot aesthetically better
60 gStyle->SetOptStat(NULL);//hide OptStat box—the one with number of entries
61
62 //make a new canvas
63
64 TCanvas *c = new TCanvas("c", "c");
65 c->SetFillColor(kYellow);
66 c->SetFrameFillColor(10);
67 //change canvas' color
68 //c->Divide(2,2);//divide canvas in a 2-column and 2-row multipad
69
70 //----- 1st pad -----
71
72 //c_1->cd();//another way to move around pads
73 //c_1->SetFillColor(kAzure+1);
74 //c_1->SetFrameFillColor(10);
75 //c_1->SetBorderMode(1);
76 //c_1->SetBorderSize(2);
77 //c_1->SetTitle("cluster charge");
78
79 //fill histograms with color
80
81 gStyle->SetHistFillColor(2);
82 Myh1->UseCurrentStyle();
83
84 //generate and fill cl_cluster TTree variable. The histo will be named h1
85
86 Myh1->Draw("Myh2");
87 Myh2->Draw("same");
88 Myh2->SetFillColor(kBlue);
89 Myh2->SetFillStyle(3444);
90
91 Myh1->SetTitle("100 #Omega Vs 100 k#Omega for mesh grounding");
92 Myh2->SetTitle("");
93 //Myh1->SetAxisRange(0,4000,"X");
94 //Myh1->SetAxisRange(0,1500,"Y");
95 Myh1->GetXaxis()->SetTitle("ch. #");
96
97 //c_1->BuildLegend();
98
99 TLegend *legend1 = new TLegend(0.7,0.8,0.9,0.9);
100 legend1->AddEntry(Myh1, "100 kOhm", "f1");
101 legend1->AddEntry(Myh2, "100 Ohm", "f2");
102 legend1->Draw();
103
104 //----- `text -----
105
106 TLatex *text1 = new TLatex(60,14000, "#color[2]{#frac{Signal}{Noise}=5}");
107 text1->Draw();
108

```

```
109 TLatex *text2 = new TLatex(300,1000, "#color[4]{#frac{Signal}{Noise}=7.5}");
110 text2->Draw();
111
112 TLatex *text3 = new TLatex(550,100, "#color[8]{50% Improvement}");
113 text3->Draw();
114
115 c->Modified();
116 c->SetLogy(1);
117 c->Update();
118 c->Print("noise.pdf");
119
120 }
```

Στο παράρτημα αυτό θα πραγματοποιηθεί ο κλασικός υπολογισμός του Bohr που αφορά στην αλληλεπίδραση φορτισμένων σωματιδίων με την ύλη. Στις γραμμές που θα ακολουθήσουν, θα διατυπωθούν τα βασικά επιχειρήματα του εν λόγω υπολογισμού ενώ θα παραληφθούν στην πλειονότητά τους οι επί μέρους αλγεβρικές πράξεις. Για να γίνει κατανοητός ο υπολογισμός, παρουσιάζεται η γεωμετρία του προβλήματος(εικ. Β'.1).



Σχήμα Β'.1: Διέλευση φορτισμένου σωματιδίου φορτίου $-ze$ μέσα από την ύλη

Κατά την διέλευση φορτισμένων σωματιδίων στην ύλη, λαμβάνουν χώρα κυρίως αλληλεπιδράσεις Coulomb με τα ατομικά ηλεκτρόνια του μέσου παρά με τους πυρήνες. Αυτό αποδεικνύεται με το επιχείρημα ότι η ενεργός διατομή μιας αλληλεπίδρασης είναι ανάλογη της επιφάνειας που καλύπτουν τα άτομα ή οι πυρήνες του στόχου. Συνεπώς αφού $R_{atom} \simeq 10^{-10}m$ και $R_{nucl} \simeq 10^{-15}m$ τότε

$$\frac{\text{Πιθανότητα αλ/σης με } e^-}{\text{Πιθανότητα αλ/σης με πυρήνες}} = \frac{S_{atom}}{S_{nucl}} = \frac{R_{atom}^2}{R_{nucl}^2} = 10^{10} \quad (\text{B'.1})$$

Συμπερασματικά μπορεί να αγνοηθεί-σε πρώτη προσέγγιση-η αλληλεπίδραση με τον πυρήνα. Κατά την διέλευση ενός φορτισμένου σωματιδίου $-ze^1$ στην ύλη, εμφανίζονται δυνάμεις Coulomb μεταξύ του σωματιδίου και ατομικού ηλεκτρονίου. Από την συμμετρία του προβλήματος φαίνεται ότι η x -συνιστώσα της δύναμης αυτής, δεν επηρεάζει συνολικά την κίνηση, αφού για $x < 0$ η συνιστώσα αυτή θα είναι αντίρροπη από την αντίστοιχη για $x > 0$. Αρχικά θα υπολογιστεί η ορμή που μεταφέρεται στο ατομικό ηλεκτρόνιο.

$$p = \int_{-\infty}^{+\infty} F_y dt = \int_{-\infty}^{+\infty} F \cos \theta dt = kze^2 \underbrace{\int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\cos \theta}{r^2} dt}_I \quad (\text{B'.2})$$

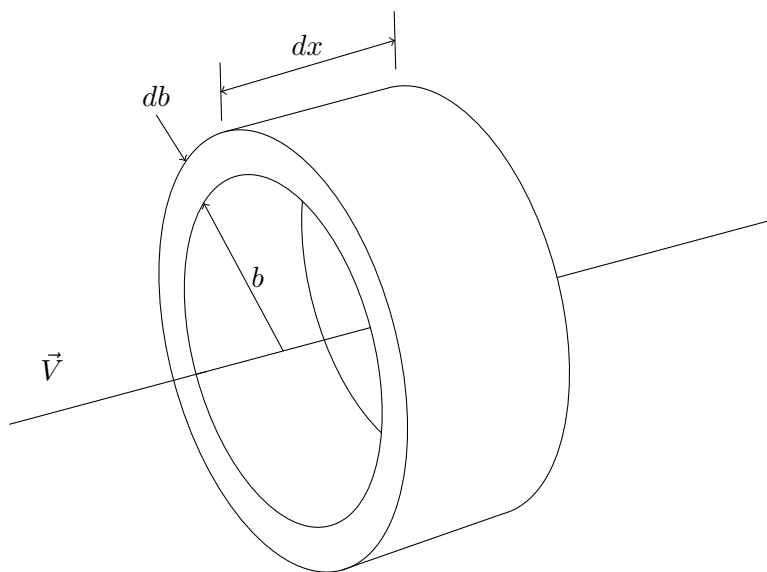
$$I = \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\cos \theta}{r^2} dt = 2 \int_0^{+\infty} \frac{b}{r^3} dt = 2b \int_0^{+\infty} \frac{1}{[b^2 + V^2 t^2]^{3/2}} dt = \frac{2}{Vb} \quad (\text{B'.3})$$

$$(\text{B'.2})^{(\text{B'.3})} \Rightarrow p = \frac{2kze^2}{Vb} \quad (\text{B'.4})$$

Η ενέργεια που θα μεταφέρεται στο ατομικό ηλεκτρόνιο θα δίνεται από

$$Q = \frac{p^2}{2m} \stackrel{(\text{B'.4})}{=} \frac{2k^2 z^2 e^4}{mV^2 b^2} \quad (\text{B'.5})$$

Τα παραπάνω ισχύουν για την αλληλεπίδραση ενός φορτισμένου σωματιδίου με ένα ατομικό ηλεκτρόνιο. Παρακάτω θα εξεταστεί η περίπτωση αλληλεπίδραση ενός φορτισμένου σωματιδίου με έναν όγκο dV ατομικών ηλεκτρονίων(σχ. A.6.2).



Σχήμα Β'.2: Διέλευση φορτισμένου σωματιδίου σε στοιχειώδη όγκο dV

¹όπου e το φορτίο του ηλεκτρονίου

Κατά την διέλευση του σωματιδίου στον όγκο dV , η ενέργεια που θα χάνει θα δίνεται από

$$-dE = Q \times \text{Πλήθος } e^- = Q N_e dV \quad (\text{B'.6})$$

όπου N_e : πυκνότητα ηλεκτρονίων απορροφητή

$$dV = 2\pi b db dx$$

$$\text{Αντικαθιστώντας } -dE = \frac{4\pi z^2 e^4}{mV^2} N_e \frac{db}{b} dx \Rightarrow$$

$$-\frac{dE}{dx} = \frac{4\pi z^2 e^4}{mV^2} N_e \int_{b_{min}}^{b_{max}} \frac{db}{b} \quad (\text{B'.7})$$

Στην απόσταση εγγύτατης προσέγγισης (b_{min}) λαμβάνει χώρα η μέγιστη μεταφοράς ενέργειας (Q_{max}). Η μέγιστη ενέργεια μεταφοράς είναι

$$Q_{max} = \frac{1}{2} m (2V)^2 = 2\gamma^2 m_e V^2 \quad (\text{B'.8})$$

$$(\text{B'.5}) \stackrel{(\text{B'.8})}{\Rightarrow} b_{min} = \frac{k^2 z^2 e^4}{\gamma m V^2} \quad (\text{B'.9})$$

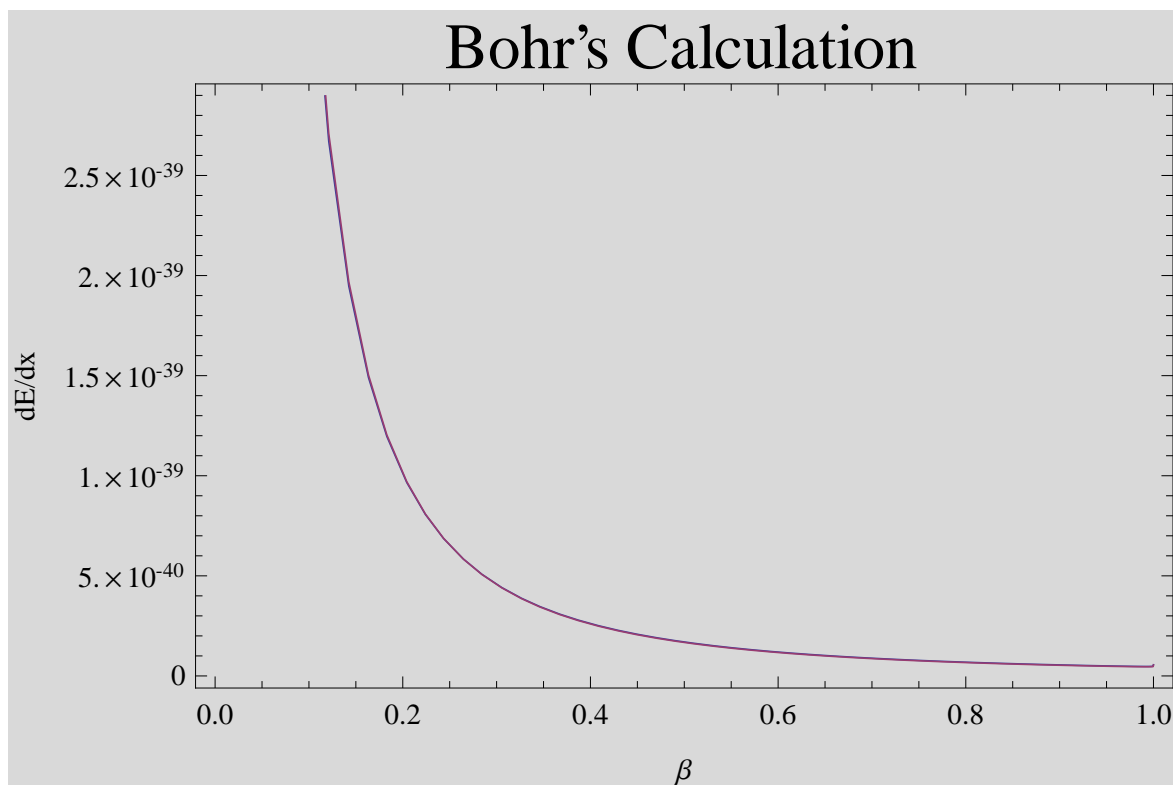
Για τον υπολογισμό του b_{max} αρκεί κανείς να σκεφτεί πως ο χρόνος αλληλεπίδρασης t μεταξύ του διερχόμενου φορτισμένου σωματιδίου και των ατομικών ηλεκτρονίων πρέπει να είναι συγκρίσιμος με την περίοδο περιστροφής των ατομικών ηλεκτρονίων τ . Στην πραγματικότητα η περίοδος περιστροφής πρέπει να είναι μικρότερη από τον χρόνο διέλευσης του φορτισμένου σωματιδίου [29, σχ. 5.16]: για λόγους υπολογισμού χρησιμοποιείται η προσέγγιση ότι

$$\begin{aligned} t &\approx \tau \\ \frac{b_{max}}{V} &\approx \frac{1}{\nu} \\ b_{max} &= \frac{V}{\nu} \end{aligned} \quad (\text{B'.10})$$

Αντικαθιστώντας τις (B'.9), (B'.10) στην (B'.7) προκύπτει ότι

$$-\frac{dE}{dx} = \frac{4\pi z^2 e^4}{\gamma m V^2} N_e \ln \left(\frac{\gamma m V^3}{k^2 z^2 e^4 \nu} \right) \quad (\text{B'.11})$$

Η παραπάνω σχέση αποτελεί την σχέση του Bohr η οποία περιγράφει την απώλεια ενέργειας ενός φορτισμένου σωματιδίου κατά την διέλευσή του στην ύλη. Στην εικόνα B.3 φαίνεται η απώλεια ενέργειας που υφίσταται ένα σωματίδιο, κατά την διέλευσή του μέσα από την ύλη σύμφωνα με την σχέση του Bohr.



Σχήμα Β'.3: Απώλεια ενέργειας φορτισμένου σωματιδίου σύμφωνα με τον Bohr

BIBLIOGRAPHY

- [1] C. Adloff, M. Chefdeville, A. Espargiliere, and R. Gaglione. Environmental study of a micromegas detector. *LAPP-TECH*, 3.
- [2] Laboratoire National Henri Becquerel. *Mini-table de radionucléides*. EDP Sciences.
- [3] Hans Bethe and Julius Ashkin. Passage of radiations through through matter. *Experimental Nuclear Physics*, Volume 1(Part II):166–357, December 1952.
- [4] Niels Bohr. On the decrease of velocity of swiftly moving electrified particles in passing through matter. *Philosophical Magazine Series 6*, 30(178):581–612, 1915.
- [5] Jonathan Bortfeldt. Development of micro -pattern gaseous detectors-micromegas. Master's thesis, Ludwig-Maximilians-Universität München, November 2010.
- [6] C. Bussolati, A. Fiorentini, and G. Fabri. Energy for electron-hole pair generation in silicon by electrons and α particles. *Physics Review*, 136:A1756–A1758, December 1964.
- [7] Maximilien Alexandre Chefdeville. *Development of Micromegas-like gaseous detectors using a pixel readout chip as collecting anode*. PhD thesis, Université Paris Sud XI, January 2009.
- [8] The ATLAS Collaboration. Observation of a new particle in the search for the standard model higgs boson with the atlas detector at the lhc. *Physics Letters B*, 716(1):1–29, September 2012.
- [9] The CMS Collaboration. Observation of a new boson at a mass of 125 gev with the cms experiment at the lhc. *Physics Letters B*, 716(1):30–61, September 2012.
- [10] C. M. Davisson. *The Big Bang Theory, What it is, Where it came from, and why it works*. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- [11] E.P. de Lima, M. Salet, S.C.P. Leite, M.A.F. Alves, and A.I.P.L. Policarpo. Fano factors of rare gases and their mixtures. *Nuclear Instruments and Methods*, 192(2-3):575–581, February 1982.

- [12] N. Jarosik et al. Seven-year wilkinson microwave anisotropy probe (wmap) observations: Sky maps, systematic errors, and basic results. *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 192(14):15, February 2011.
- [13] K. Nakamura et al.(Particle Data Group). Review of particle physics. *Journal of Physics G: Nuclear Particle Physics*, 37.
- [14] Karen C. Fox. *The Big Bang Theory, What it is, Where it came from, and why it works*. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- [15] Y. Giomataris, P. Rebourgeard, J.P.Robert, and G. Charpak. Micromegas:a high-granularity position-sensitive gaseous detector for high particle-flux environments. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*, A(376):29–35, January 1996.
- [16] Nikolaos Karastahis. Micromegas study in particle beam. Master's thesis, National Technical University of Athens, October 2010.
- [17] M. Kase, T. Akioka, H. Mamyoda, J. Kikuchi, and T. Doke. Fano factor in pure argon. *Nuclear Instruments and Methods*, 227(2):311–317, November 1984.
- [18] Konrad Kleinknecht. *Detectors for particle radiation*. Cambridge University Press.
- [19] Glenn F. Knoll. *Radiation Detection and Measurement*. Wiley India Pvt. Ltd.
- [20] F.G. Kondev. Nuclear data sheets for a = 204. *Nuclear Data Sheets*, 15.
- [21] Lev Davidovich Landau. On the energy loss of fast particles by ionization. *Journal of Physics (USSR)*, 8.
- [22] William R. Leo. *Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments, A How-to Approach*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- [23] Adrian C. Melissinos. *Experiments in Modern Physics*. Academic Press, New York and London.
- [24] M.M.F. Ribeiro, A.J.P.L. Policarpo, M. Salet, S.C.P. Leite, M.A.F. Alves, and E.P. De Lima. Fano factors of krypton-xenon mixtures. *Nuclear Instruments and Methods*, 214(2-3):561–563, September 1983.
- [25] P. Rice-Evans. *Spark, Streamer, Proportional and Drift Chambers*. The Richelieu Press, London.
- [26] Fabio Sauli. *Principles of Operation of Multiwire Proportional and Drift Chambers*. CERN, Yellow Report.
- [27] Fabio Sauli. Gem: A new concept for electron amplification in gas detectors. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*, A(386):531–534, November 1997.
- [28] R. M. Sternheimer, M. J. Berger, and S. M. Seltzer. Density effect for the ionization loss of charged particles in various substances. *Atomic Data and Nuclear Data Tables*, 30.
- [29] James E. Turner. *Atoms, Radiation, and Radiation Protection*. John Wiley and Sons.
- [30] Dan Weill, Jack Rice, Michael Shaffer, and John Donovan. *Electron Beam MicroAnalysis Theory and Application*. University of Oregon.