

**ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ  
ΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ**

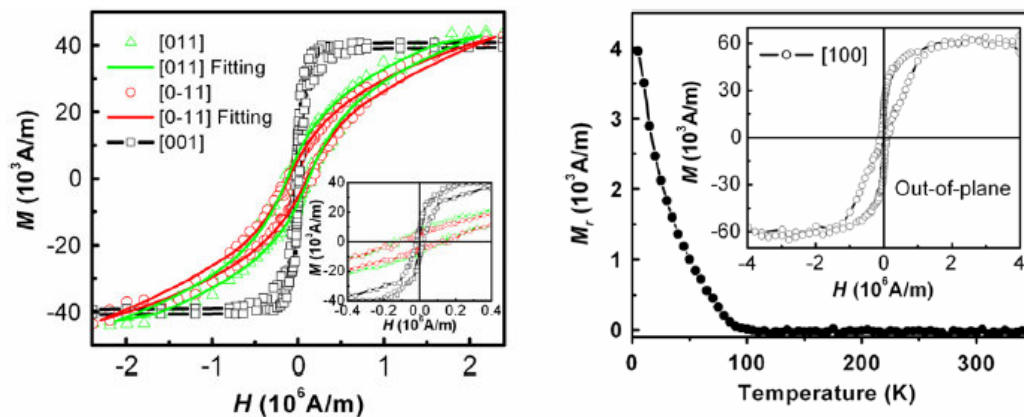
**Εξεταστική Σεπτεμβρίου 2009  
(11-09-2009)**

**ΘΕΜΑ 1**

Περιγράψτε το φαινόμενο της γιγαντιαίας μαγνητοαντίστασης; Ποια είναι η κυριότερη εφαρμογή του (περιγράψτε τον τρόπο λειτουργίας της);

**(3.5M)**

**ΘΕΜΑ 2**



Το CrTe είναι ένα σιδηρομαγνητικό υλικό που στην μορφή μονοκρυστάλλου δεν έχει ουσιαστικά εύκολο και δύσκολο άξονα μαγνήτισης λόγω της υψηλής συμμετρίας της δομής. Όταν παρασκευάζεται σε μορφή λεπτού υμενίου πάχους 5nm και στους 5 K η καμπύλη μαγνήτισης φαίνεται στο πρώτο σχήμα για εξωτερικό μαγνητικό πεδίο παράλληλο στην επιφάνεια του υμενίου (άξονες [011] και  $[0\bar{1}1]$ ) και κάθετο σε αυτήν (άξονας [001]). Στο δεύτερο σχήμα παρουσιάζεται η εξάρτηση της μαγνήτισης κορεσμού,  $M_s$ , από τη θερμοκρασία. Σχολιάστε την μαγνητική συμπεριφορά του υμενίου.

**(3M)**

**ΘΕΜΑ 3**

Περιγράψτε, όσο τον δυνατόν συνοπτικότερα, το φαινόμενο εμφάνισης τομέων σε σιδηρομαγνητικά υλικά; Ποια τα βασικά μεγέθη που καθορίζουν το σχήμα τους και πως επιδρούν σε αυτό;

**(3.5M)**

**Η διάρκεια της εξέτασης είναι 2 ώρες**

**ΚΑΛΗ ΕΠΙΤΥΧΙΑ**

**ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ  
ΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ**

**Εξεταστική Επί Πτυχίω Εαρινού Εξαμήνου 2009  
(07-07-2009)**

**ΘΕΜΑ 1**

Τι είναι το «μοριακό πεδίο» στην θεωρία εντοπισμένων μαγνητικών ροπών; Γιατί παίρνει αρνητικές τιμές στην περίπτωση των αντισιδηρομαγνητικών υλικών και ποια η διαφορά του από την περίπτωση των σιδηρομαγνητικών και των σιδηρομαγνητικών υλικών;

**(3.5M)**

**ΘΕΜΑ 2**

Τετραγωνικό λεπτό υμένιο FeCoSiB τοποθετείται σε μη μαγνητικό υπόστρωμα. Ο βρόγχος υστέρησης για πεδίο παράλληλο με το υμένιο φαίνεται στο σχήμα (a). Αν με κάποιο τρόπο ασκήσουμε τάση και συμπιέσουμε το υμένιο κατά μήκος μίας διεύθυνσης το πείραμα μας δίνει τώρα τον βρόγχο υστέρησης που φαίνεται στο σχήμα (b), ενώ αν το επιμηκύνουμε κατά μήκος μίας διεύθυνση τον βρόγχο υστέρησης (c). Σχολιάστε την μαγνητική συμπεριφορά του υμενίου; Κατά την γνώμη σας ποιο είναι το φυσικό μέγεθος που οδηγεί σε αυτή την συμπεριφορά;

**(3M)**

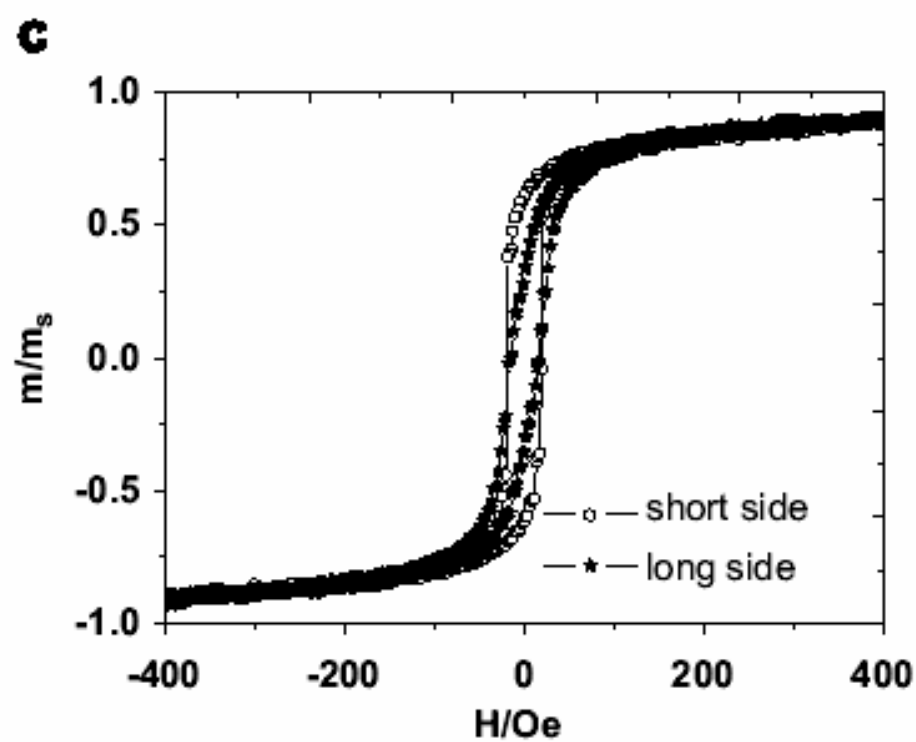
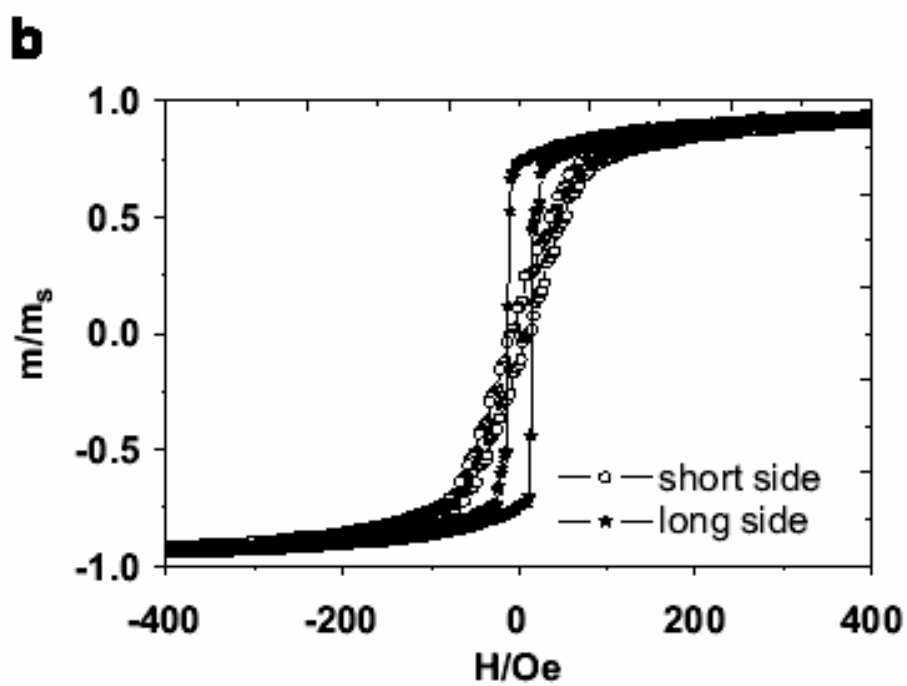
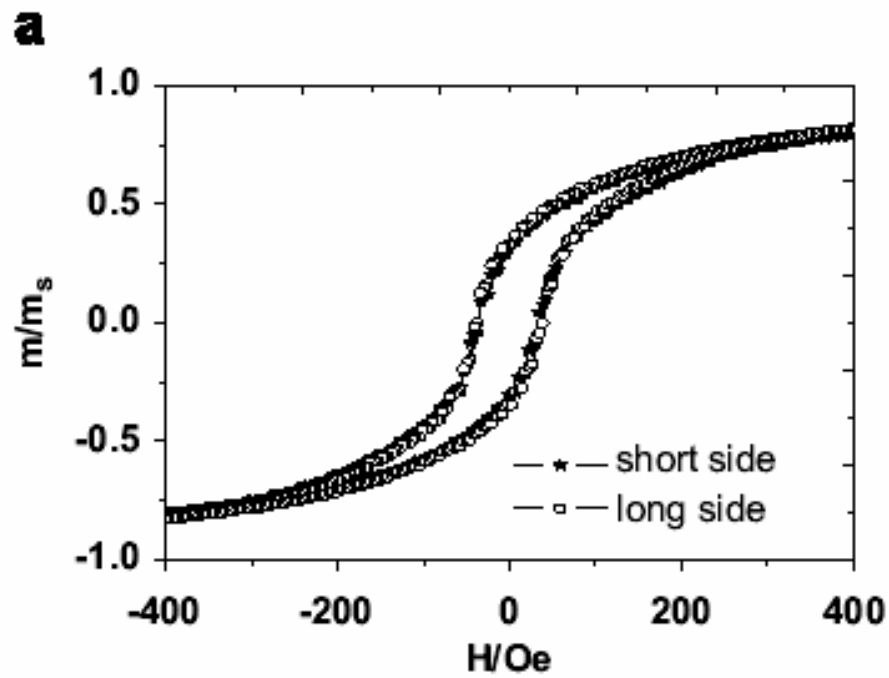
**ΘΕΜΑ 3**

Σχολιάστε, όσο τον δυνατόν συνοπτικότερα, τα μειονεκτήματα της χρήσης μικρών σωματιδίων σε μαγνητικά μέσα αποθήκευσης. Ποιο από αυτά θέτει, κατά την γνώμη σας, τους μεγαλύτερους περιορισμούς στην συνεχώς αυξανόμενη ικανότητα αποθήκευσης των μαγνητικών μέσων αποθήκευσης και γιατί ;

**(3.5M)**

**Η διάρκεια της εξέτασης είναι 2 ώρες**

**ΚΑΛΗ ΕΠΙΤΥΧΙΑ**



ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ  
ΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

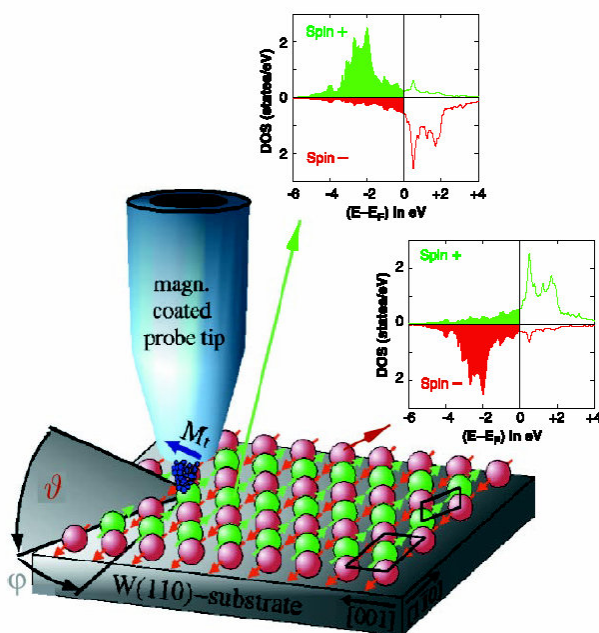
Εξεταστική Χειμερινού Εξαμήνου 2009  
(16-02-2009)

**ΘΕΜΑ 1**

Σχολιάστε, όσο τον δυνατόν συνοπτικότερα, τα διαφορετικά χαρακτηριστικά των θεωριών «εντοπισμένων μαγνητικών ροπών» και «συλλογικής συμπεριφοράς των ηλεκτρονίων».

(3.5M)

**ΘΕΜΑ 2**



Στο διπλανό σχήμα αναπαριστάται ένα πείραμα τύπου STM (scanning tunneling microscopy). Μία μαγνητική ακίδα που αποτελείται από σκληρό μαγνητικό υλικό (π.χ. από σίδηρο) σύρεται πάνω από ένα ατομικό στρώμα Mn σε ένα υπόστρωμα W(110). Μέσω της αλληλεπίδραση της ακίδα με τα άτομα Mn ανακαλύφθηκε ότι τα άτομα Mn παρουσιάζουν αντισιδηρομαγνητική διάταξη. Πως αλληλεπιδρά η ακίδα με τα άτομα Mn και πως επιτυγχάνεται η ταυτοποίηση της φοράς της μαγνητικής ροπής κάθε ατόμου; Τι θα αλλάξει αν η ακίδα αποτελείται από μη-μαγνητικό υλικό (π.χ. W);

(3M)

**ΘΕΜΑ 3**

Περιγράψτε το φαινόμενο της γιγαντιαίας μαγνητοαντίστασης; Ποια είναι η κυριότερη εφαρμογή του (περιγράψτε τον τρόπο λειτουργίας της);

(3.5M)

Η διάρκεια της εξέτασης είναι 2 ώρες

ΚΑΛΗ ΕΠΙΤΥΧΙΑ

**ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ  
ΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ**

**Εξεταστική Φεβρουαρίου 2010-2011  
(14-02-2011)**

✓ **ΘΕΜΑ 1**

Πως ορίζεται ως έννοια η διπολική μαγνητική ροπή ενός ατόμου; Ποια είναι η μικροσκοπική προέλευση των μαγνητικών φαινομένων στα υλικά και πως αυτή συνδέεται με την μακροσκοπική περιγραφή τους;

**ΘΕΜΑ 2**

Επισυνάπτεται σειρά από γραφήματα από άρθρο που δείχνει την μαγνητική συμπεριφορά λεπτού υμενίου  $Ni_2MnAl$ .  $T_m$  η θερμοκρασία όπου γίνεται η μέτρηση και  $T_g$  η θερμοκρασία στην οποία έγινε η ανάπτυξη του υμενίου. Σχολιάστε την.

**ΘΕΜΑ 3**

Τι είναι η «μαγνητική ανισοτροπία» και γιατί είναι σημαντική για εφαρμογές των μαγνητικών υλικών; Δώστε ένα παράδειγμα εφαρμογής της. Περιγράψτε τα κυριότερα είδη της.

✓ **ΘΕΜΑ 4**

Περιγράψτε την διαδικασία ανάγνωσης στους σκληρούς δίσκους και πως αυτή σχετίζεται με την γιγαντιαία μαγνητο-αντίσταση.

**Η διάρκεια της εξέτασης είναι 2 ώρες  
ΚΑΛΗ ΕΠΙΤΥΧΙΑ**



Magnetization measurements for the Ni<sub>2</sub>MnAl (535 Å)/Sc<sub>0.3</sub>Er<sub>0.7</sub>As (6 MLs)/GaAs (001) structures were obtained at 10 K using a superconducting quantum interference device (SQUID) magnetometer and at 300 K with a vibrating sample magnetometer (VSM). Both measurements show that the films grown at lower temperatures are not ferromagnetically ordered, while the film grown at 400°C exhibits ferromagnetism. Fig. 4(a) shows the saturation magnetization ( $M_S$ ) measured at 10 K for the films grown at different temperatures. It can be seen that  $M_S$  is  $\sim 450$  emu/cm<sup>3</sup> for the 400°C film, while it approaches zero for the films grown at lower temperatures. Fig. 4(b) shows the room-temperature VSM measurements for the Ni<sub>2</sub>MnAl films grown at 400°C, 250°C, and 180°C, respectively, with the field applied along [110]. The coercivity, saturation magnetization, and remnant magnetization at 300 K for the film grown at 400°C are 60 Oe, 180 and 100 emu/cm<sup>3</sup> respectively. Fig. 4(c) shows the temperature dependence of the remnant magnetization of the Ni<sub>2</sub>MnAl film grown at 400°C obtained with a SQUID magnetometer. For these data, the sample was cooled without an applied magnetic field, saturated at 10 K in a 2000 Oe field, and then warmed up in zero field. Based on this curve, the Curie temperature of the film is  $\sim 350$  K, which is similar to that reported for the bulk stoichiometric Ni<sub>2</sub>MnAl L<sub>21</sub> phase ( $\sim 365$  K) [9].

Ni<sub>2</sub>MnAl in bulk is antiferromagnetic when it is in the B2 crystal structure [7–11]. Although films grown at lower temperatures grow in the B2 structure and are non-ferromagnetic, they have not been determined to be antiferromagnetic. The exchange bias effect at ferromagnet/antiferromagnet interfaces has been successfully used as a probe of antiferromagnetic ordering [15]. Therefore, measurement of the exchange bias existing in a ferromagnetic layer in close contact to a Ni<sub>2</sub>MnAl film grown at low temperature can be used to probe the magnetic ordering of the apparently non-ferromagnetic phase. Heusler alloy bilayers, Al (20 Å, capping layer)/Ni<sub>2</sub>MnAl (640 Å, 180°C)/Ni<sub>2</sub>MnGe (120 Å, 160°C), were deposited on a GaAs (001) substrate. After removal from the vacuum system, the Al/Ni<sub>2</sub>MnAl/Ni<sub>2</sub>MnGe/GaAs

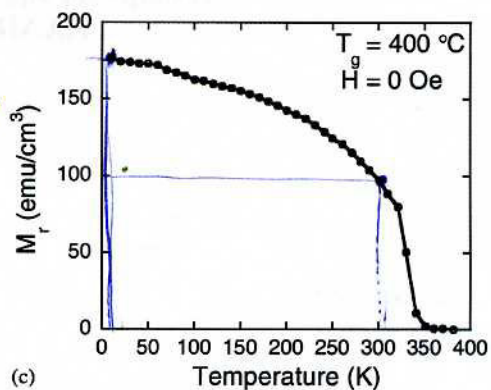
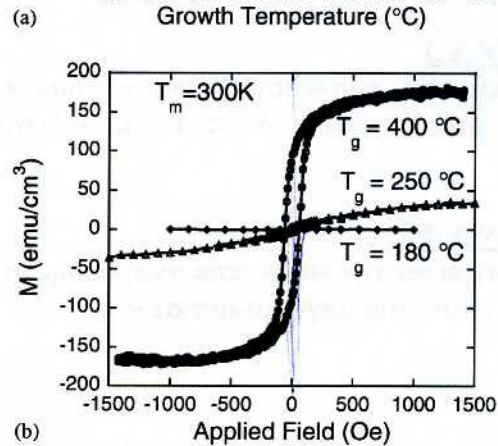
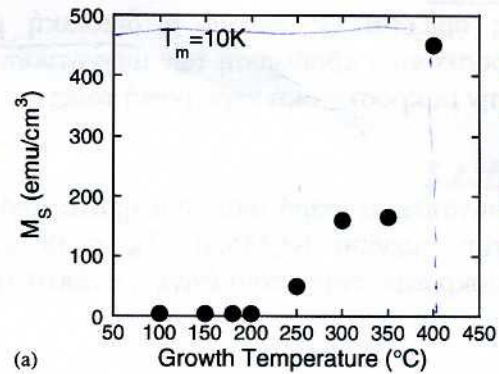


Fig. 4. (a) SQUID measurements of the in-plane saturation magnetization at 10 K versus Ni<sub>2</sub>MnAl film growth temperatures ( $T_g$ ); (b) VSM measurements of in-plane magnetization versus applied magnetic field at room temperature; and (c) SQUID measurements of the temperature dependence of in-plane remnant magnetization of the film grown at 400°C.

(001) structure was cooled from 380 to 10 K (the bulk Néel temperature is 300 K [8]) in a 2000 Oe field in a SQUID magnetometer. Then at 10 K, the

*T<sub>g</sub>: Δερροερ, ανιανιγω, υπεριω*  
*T<sub>m</sub>: η Δερροερ, ηελεωω*

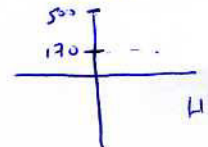
*τοπεωω*

*εωωωωωω*

*T<sub>m</sub> = 10 K*  
*T<sub>g</sub> = 400°C*  
*M<sub>S</sub> = 480*  
*M<sub>r</sub> = 175*

*T<sub>m</sub> = 300 K*  
*T<sub>g</sub> = 400°C*  
*M<sub>S</sub> = 150*  
*M<sub>r</sub> = 100*

*T<sub>m</sub> = 300 K*  
*T<sub>g</sub> = 250°C*  
*M<sub>S</sub> = 45*  
*M<sub>r</sub> → 0*



ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ  
ΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

Εξεταστική Φεβρουαρίου 2011-2012  
(06-02-2012)

**ΘΕΜΑ 1 (2Μ)**

Ποια η διαφορά μεταξύ του βρόγχου υστέρησης ενός σιδηρομαγνητικού δείγματος όταν αυτό έχει διαστάσεις στη νανοκλίμακα σε σχέση με ένα δείγμα σε μεγαλύτερες διαστάσεις;

**ΘΕΜΑ 2 (2Μ)**

Γιατί το μοριακό πεδίο παίρνει αρνητικές τιμές στην περίπτωση των αντισιδηρομαγνητικών και σιδηρομαγνητικών υλικών;

**ΘΕΜΑ 3 (3Μ)**

Τι είναι βαλβίδα του σπιν; Πως σχετίζεται με το φαινόμενο της γιγαντιαίας μαγνητοαντίστασης. Ποια είναι η κυριότερη εφαρμογή της (περιγράψτε τον τρόπο λειτουργίας της);

**ΘΕΜΑ 4 (3Μ)**

Οι μαγνητικές ιδιότητες δύο δειγμάτων λεπτών υμενίων MnAs που αναπτύχθηκαν στους 250 C (Α) και 300 C (Β) μετρήθηκαν με τη βοήθεια SQUID με το εξωτερικό μαγνητικό πεδίο παράλληλο στην επιφάνεια του υμενίου. Τα αποτελέσματα απεικονίζονται στο σχήμα 5. Επίσης στο σχήμα 6 φαίνεται η συμπεριφορά της μαγνήτισης αυτών των δύο δειγμάτων με την θερμοκρασία για εξωτερικό εφαρμοζόμενο πεδίο 300 Oe. Συζητήστε την μαγνητική συμπεριφορά των δύο αυτών δειγμάτων.

Η διάρκεια της εξέτασης είναι 2 ώρες  
ΚΑΛΗ ΕΠΙΤΥΧΙΑ

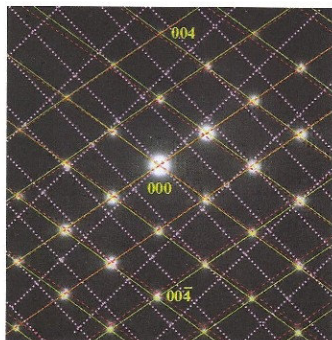


Fig. 4. Electron diffraction pattern along InP (110) of MnAs thin film grown on InP (001) substrate at 250 °C. Dotted, broken, and solid lines show hcp MnAs (1010), fcc-MnAs (110) and fcc-InP (110), respectively.

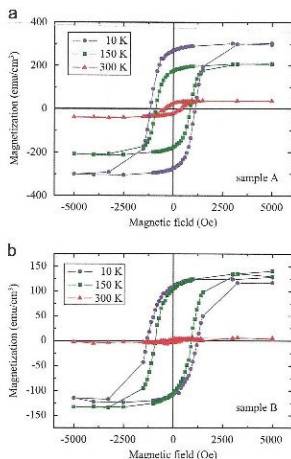


Fig. 5. Magnetization dependence on magnetic field of (a) MnAs thin film grown at 250 °C and (b) 300 °C measured with the applied magnetic field parallel to surface of the samples obtained by SQUID.

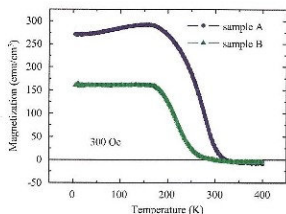


Fig. 6. Zero field cooled temperature dependence of the magnetization of MnAs thin films grown at 250 and 300 °C with a 300 Oe applied magnetic field parallel to the sample surface obtained by SQUID.

Table 1  
Comparison of lattice constants and magnetic properties reported for zb-MnAs.

	Lattice constant (Å)	$M_s$ (emu/cm <sup>3</sup> )	$T_c$ (K)	Substrate
This work	6.068	300	308	InP (001)
	6.060	125	256	InP (001)
Kim et al. [19]	5.733	70	310	GaAs (001)
Kubo et al. [21]	5.73	80	–	GaAs (001)
	5.96	~500	> 350	GaAs (111)B
Yokoyama et al. (Günter) [18]	5.98	–	360	GaAs (001)

The lattice constant of zb-MnAs predicted from the linear extrapolation of the experimental lattice constant of Ga<sub>1-x</sub>MnAs for  $x=0$  is 5.89 Å [28].

and B have Curie temperature values of 308 and 256 K, respectively, which were slightly lower than 310 K [19] and above 350 K [21] previously reported in literature. From these experimental results, the magnetic properties seem to be strongly dependent on growth conditions such as substrate temperature and substrate surface. Sample A exhibited better magnetic properties than sample B because of its better surface morphology and crystal structure. The comparison of lattice constants and magnetic properties recently reported for zb-MnAs grown on GaAs and InP substrates is summarized in Table 1. The theoretical calculations reported by Sanvito and Hill [6] and Miao and Lambrecht [7] have revealed that the magnetic properties depend on the value of the lattice constant: the larger the lattice constant, the greater the magnetization. Although the lattice constants of our zb-MnAs (6.068 and 6.060 Å) are greater than 5.96 Å, which is the reported value in Ref. [21], the corresponding values of saturation magnetization and Curie temperature are smaller than their reported values. Comparing sample A with B in the present work, it seems that sample A has better magnetic properties over sample B, implying that the presence of hexagonal MnAs phase leads to the degradation of the net magnetic properties.

We have demonstrated for the first time the direct heteroepitaxy of zb-type MnAs thin films on InP (001) substrates. However, the mechanism responsible for the formation of the zb-type MnAs thin films on InP substrates could not be clearly understood at present. In the case of the zb-type MnAs films grown on GaAs (111)B substrates at a substrate temperature of 600 °C, Kubo et al. suggested that GaMnAs layer may play the