

ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΑΝΑΣΚΑΦΙΚΩΝ ΓΥΑΛΙΝΩΝ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΦΘΟΡΑΣ ΤΟΥ ΓΥΑΛΙΟΥ

Ενδογενείς και εξωγενείς.

Ενδογενείς:

Η σύσταση του γυαλιού.

Υλικά που σχηματίζουν το δίκτυο του γυάλινου υλικού.

Διοξείδιο του πυριτίου (SiO_2).

Διάβρωση όταν το διοξείδιο του πυριτίου είναι μικρότερο από 66,7% moles, όπου οι ομάδες Si-O-Si μετατρέπονται σε Si-O.

Υλικά που τροποποιούν το δίκτυο του γυάλινου υλικού - ευτηκτικά.

Αλκάλια (Na^+ , K^+) που μειώνουν στο σημείο τήξης, αλλά διασπούν τους δεσμούς Si-O-Si. Σειρά μείωσης της αντοχής του γυαλιού: λίθιο (Li), νάτριο (Na), κάλιο (K), ρουβίδιο (Rb) και καίσιο (Cs) και επομένως τα ρωμαϊκά γυαλιά που περιέχουν νάτριο είναι περισσότερο ανθεκτικά από τα μεσαιωνικά γυαλιά που περιέχουν κάλιο.

Υλικά που σταθεροποιούν το δίκτυο του γυάλινου υλικού.

Οξείδιο του ασβεστίου (CaO).

Σταθεροποιεί το υλικό με τη δέσμευση των ελευθέρων οξυγόνων του δικτύου Si-O-Si. Μεγαλύτερη σταθερότητα στην περιοχή μεταξύ 5% και 10% moles.

Άλλοι τροποποιητές του δικτύου του γυάλινου υλικού.

Αυξάνουν την αντοχή το τριοξειδίου του αργιλίου (Al_2O_3) το πεντοξειδίου του φωσφόρου (P_2O_5) και ο ψευδάργυρος (Zn), ο μόλυβδος (Pb) και το τιτάνιο (Ti).

Μεταλλικά οξείδια που παρέχουν χρώση.

Οξείδια του σιδήρου (FeO , Fe_2O_3).

Μικρότερη σταθερότητα κατά την μετατροπή πράσινου γυαλιού που περιέχει οξείδιο του δισθενούς σιδήρου (FeO), σχετικά με κίτρινο ή καφέ γυαλί που περιέχει οξείδιο του τρισθενούς σιδήρου (Fe_2O_3) μετά από οξειδωση.

Τεχνική μορφοποίησης.

Μείωση της σταθερότητας με την παρουσία αφύαλωσης (σχηματισμός κρυστάλλων), διαχωρισμού φάσης (τοπικά διαφορές στη σύσταση), προσμίξεων και φουσαλίδων αέρα.

Εξωγενείς:

Χημικοί.

Υγρασία, όξινες ή αλκαλικές επικαθίσεις.

Βιολογικοί.

Κατακράτηση υγρασίας στα “εξωκυτταρικά πολυμερή υποστρώματα” και όξινες ή αλκαλικές εκκρίσεις.

Μηχανικοί.

Ρευστότητα και μηχανικές τάσεις.

Θόλωμα

Θόλωμα.

Το γυαλί χάνει την αρχική του διαύγεια και διαφάνεια και γίνεται σταδιακά αδιαφανές. Αυτός ο τύπος διάβρωσης είναι εύκολο να διαχωριστεί από το θόλωμα που προέρχεται εξαιτίας γρατζουνιών ή λεκέδων και οφείλεται σε φαινόμενα όπως "αφυάλωση" και "διαχωρισμό φάσης".

- Θόλωμα.



Θόλωμα.



Δ2.4

Δάκρυσμα ή ιδρωμα

- Μικρό ποσοστό οξειδίου του ασβεστίου (CaO) και περίσσεια αλκαλίων (Na, K).
- Ιοντοεναλλαγή μεταξύ των ιόντων υδρογόνου (H⁺) του νερού και των ιόντων καλίου (K⁺) και νατρίου (Na⁺) του υλικού του γυαλιού. Τα ιόντα του υδρογόνου που καταλαμβάνουν τις θέσεις των αλκαλίων έχουν μικρότερο μοριακό όγκο με αποτέλεσμα την δημιουργία πόρων στο γυάλινο υλικό. Τα ιόντα των αλκαλίων στην επιφάνεια ενώνονται με τα ιόντα υδροξυλίων (OH⁻) του νερού και σχηματίζουν τα αντίστοιχα υδροξείδια (KOH, NaOH):
- $K^+ + OH^- \rightarrow KOH$
- $Na^+ + OH^- \rightarrow NaOH$
- Τα υδροξείδια των αλκαλίων ενώνονται με το ατμοσφαιρικό διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), με αποτέλεσμα τον σχηματισμό των αντίστοιχων ανθρακικών αλάτων:
- $2KOH + CO_2 \rightarrow K_2CO_3 + H_2O$
- $2NaOH + CO_2 \rightarrow Na_2CO_3 + H_2O$

- Τα ανθρακικά αυτά άλατα, λόγω υγροσκοπικότητας, απορροφούν νερό και αρχίζουν να ρέουν επάνω στην επιφάνεια του γυαλιού. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται "δάκρυσμα" ή "ίδρωμα" του γυαλιού. Σε περίπτωση ατμοσφαιρικής ρύπανσης και παρουσίας διοξειδίου του θείου (SO₂) και οξειδίων του αζώτου (NO_x) έχουμε τον σχηματισμό των αντίστοιχων θειικών και νιτρικών αλάτων:



Σε περίπτωση απλής διάχυσης υπάρχει, μεταξύ της ποσότητας Q των ιόντων που απομακρύνθηκαν και του συντελεστή διάχυσης D , η σχέση:

$$Q = \frac{2 \cdot N_0 \cdot \sqrt{D \cdot t}}{\sqrt{\pi}}$$

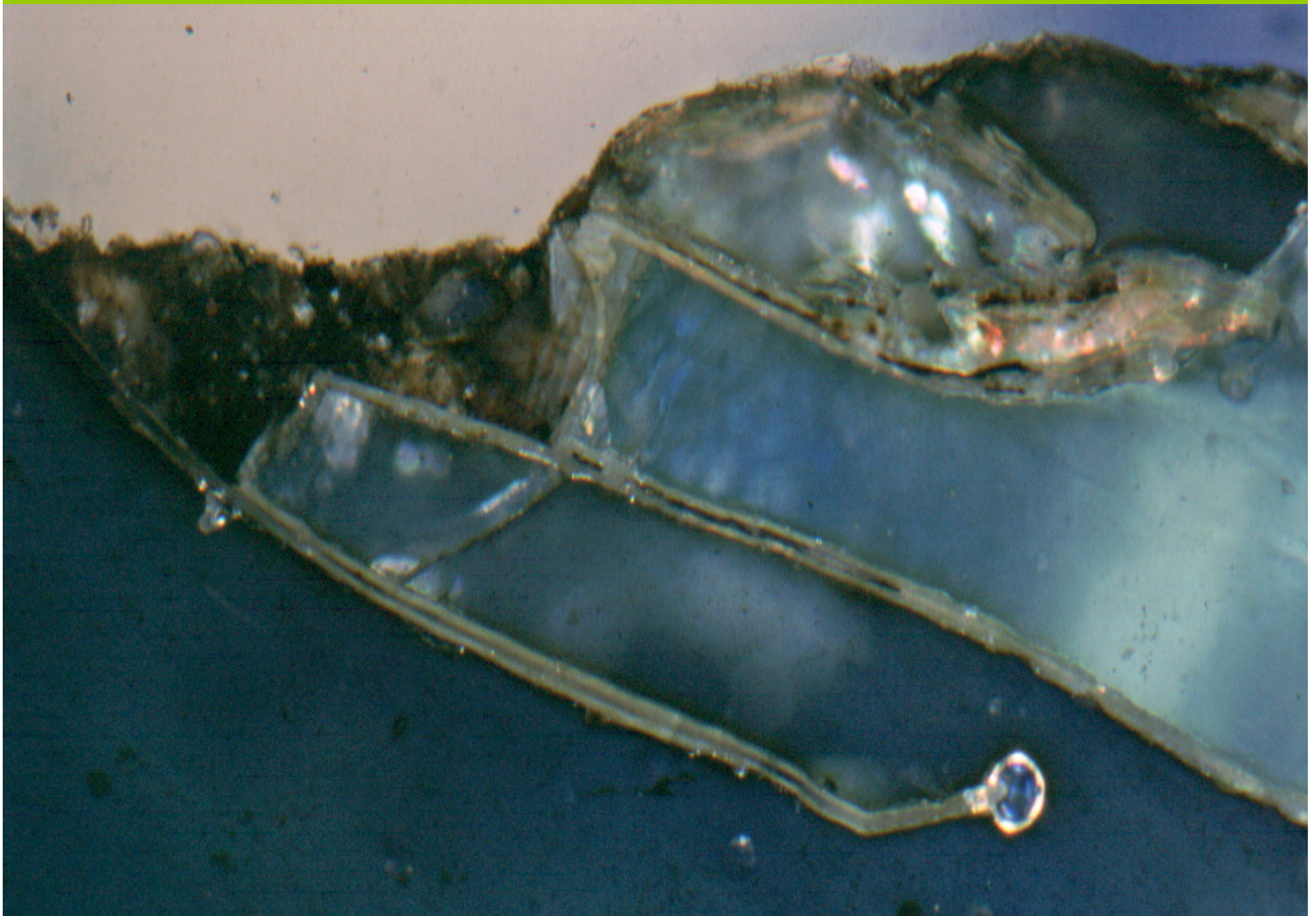
όπου N_0 είναι η αρχική συγκέντρωση των ιόντων του νατρίου στο υλικό του γυαλιού, t ο χρόνος και $\pi = 3,14159$.

Ο ρυθμός εξαγωγής των αλκαλίων από το υλικό του γυαλιού μεταβάλλεται γραμμικά με την τετραγωνική ρίζα του χρόνου για μικρούς χρόνους και χαμηλές θερμοκρασίες και στη συνέχεια συνεχώς μεταβάλλεται γραμμικά με το χρόνο για μεγαλύτερο χρόνο και σε υψηλές θερμοκρασίες. Συνολικά η προηγούμενη διαδικασία μπορεί να εκφρασθεί από τη εμπειρική σχέση:

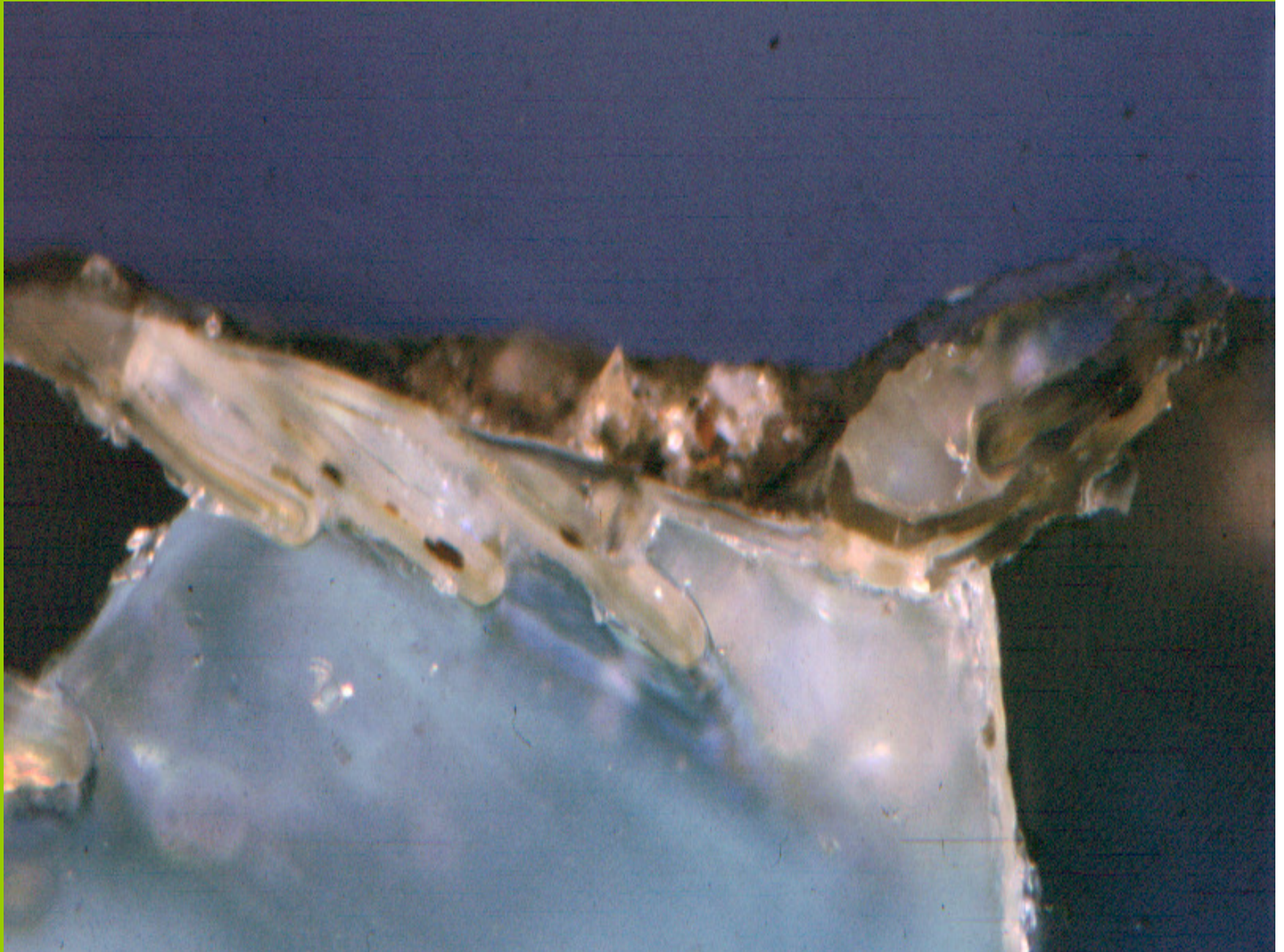
$$Q = a \cdot \sqrt{t} + b \cdot t$$

όπου Q το ποσό από το άλκαλι που απομακρύνεται, t ο χρόνος και a , b εμπειρικές σταθερές.

- Δάκρυσμα ή ίδρωμα (στερεομικροσκόπιο).



- Δάκρυσμα ή ίδρωμα (στερεομικροσκόπιο).



Ρηγμάτωση

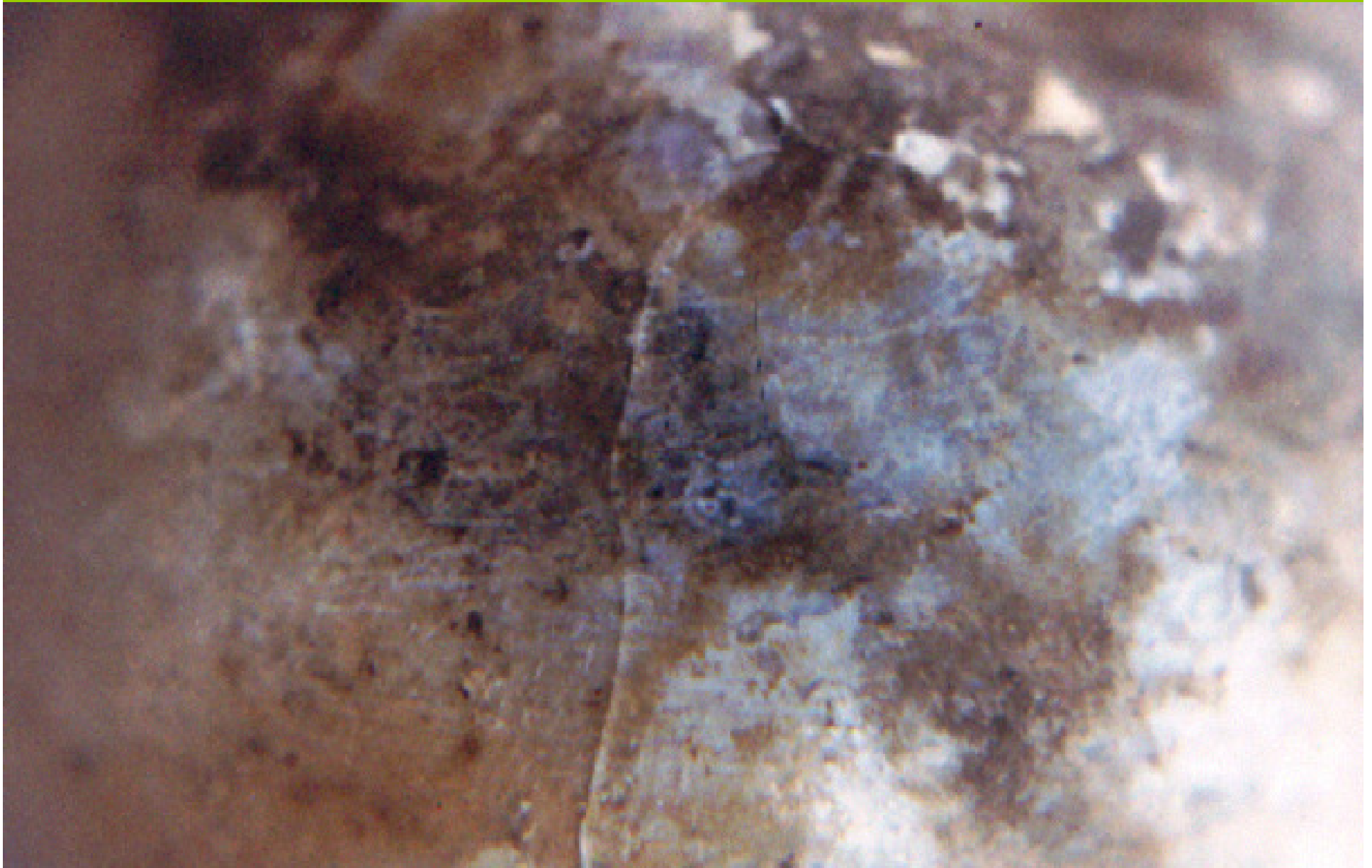
Μικρορηγμάτωση.

Αρχόμενη μικρορηγμάτωση.

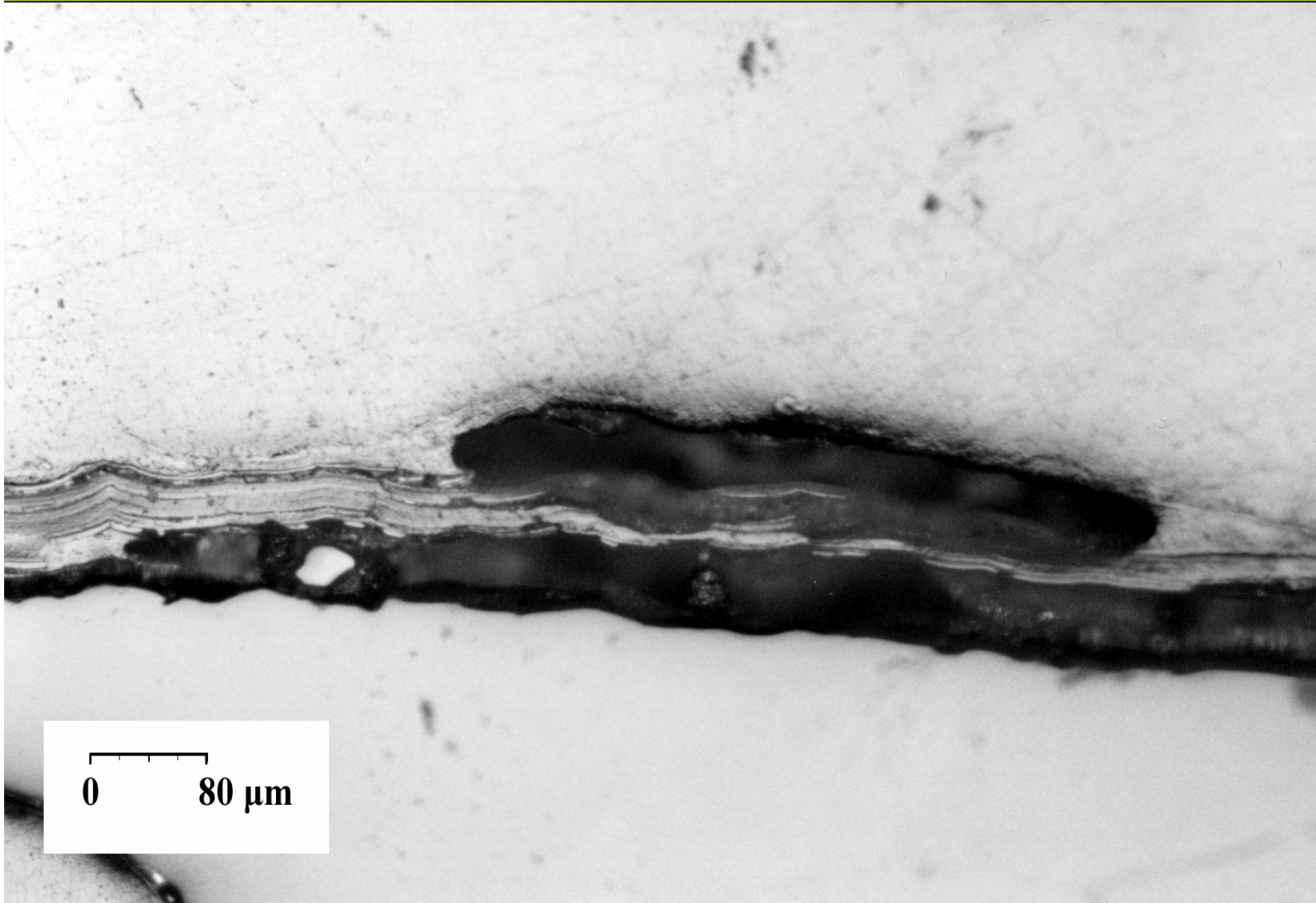
Εφαρμογή πίεσης (strain cracking), στην επιφάνειά του είτε στην αυθόρμητη ρηγμάτωση αυτής (spontaneous fracturing).

Μικρή ποσότητα οξειδίου του ασβεστίου (CaO), 0,3-4,7%, και μεγάλες ποσότητες αλκαλίων (Na, K).

- Ρηγματώση.



- Ρηγμάτωση (πολωτικό μικροσκόπιο).



- Ρηγμάτωση (S.E.M.).

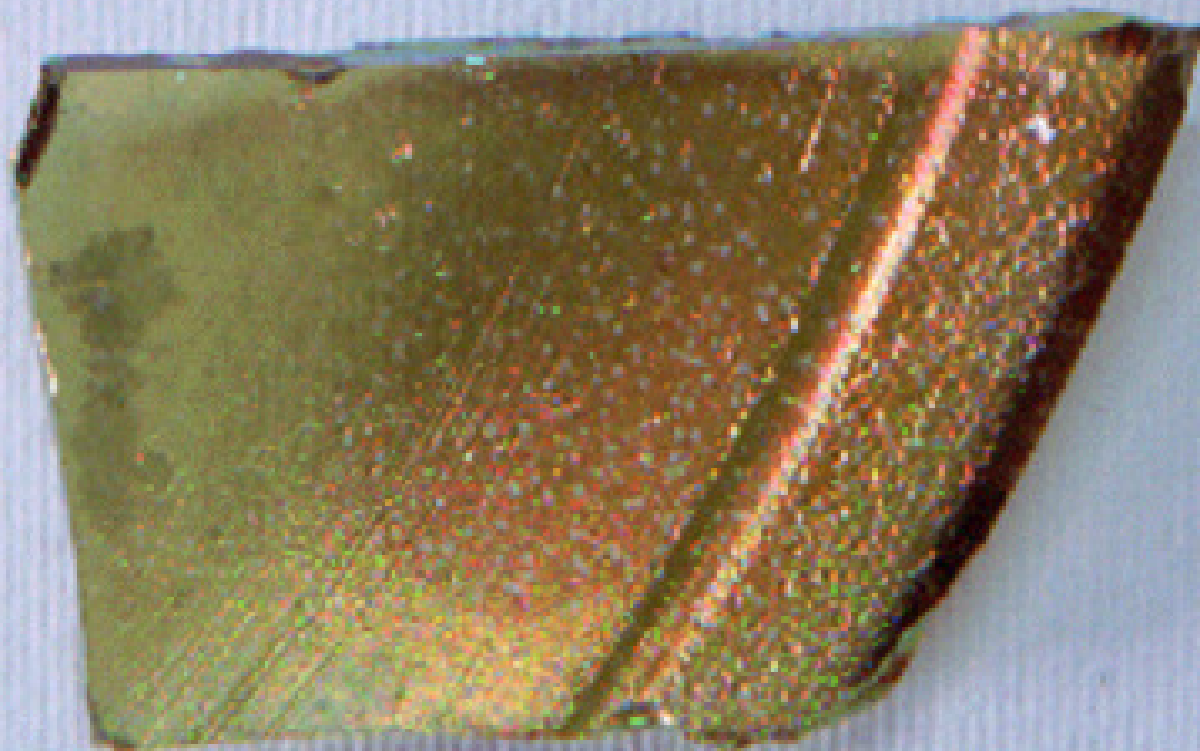


Αλλοίωση χρώματος

Αλλοίωση χρώματος.

Εκπλυση και οξείδωση των μεταλλικών ιόντων που χρωματίζουν ένα γυαλί. Η περίπτωση πράσινων γυαλιών που περιέχουν οξείδιο του δισθενούς σιδήρου (FeO) που γίνονται κίτρινα ή καφέ με την οξείδωσή του σε οξείδιο του τρισθενούς σιδήρου (Fe_2O_3).

- Αλλοίωση χρώματος.



5 cm

Γ2.3

Βελονισμοί

Οργανικά αίτια και οι μεγάλοι πάχους εναποθέσεις.

Ανομοιογένειες της μάζας του γυαλιού, όπως ακαθαρσίες - κόκκοι άμμου, φυσαλίδες αέρα κ.λπ..

Περιεκτικότητα σε διοξείδιο του πυριτίου (SiO_2) σε ποσοστό 60% moles και της τάξης των 57-63% moles.

Το μικροπορώδες του γυαλιού σε τυχαία σημεία της επιφάνειας.

Σημεία διαχωρισμού φάσης (τοπικά διαφορές στη σύσταση του υλικού).

Διαχωρισμός σε:

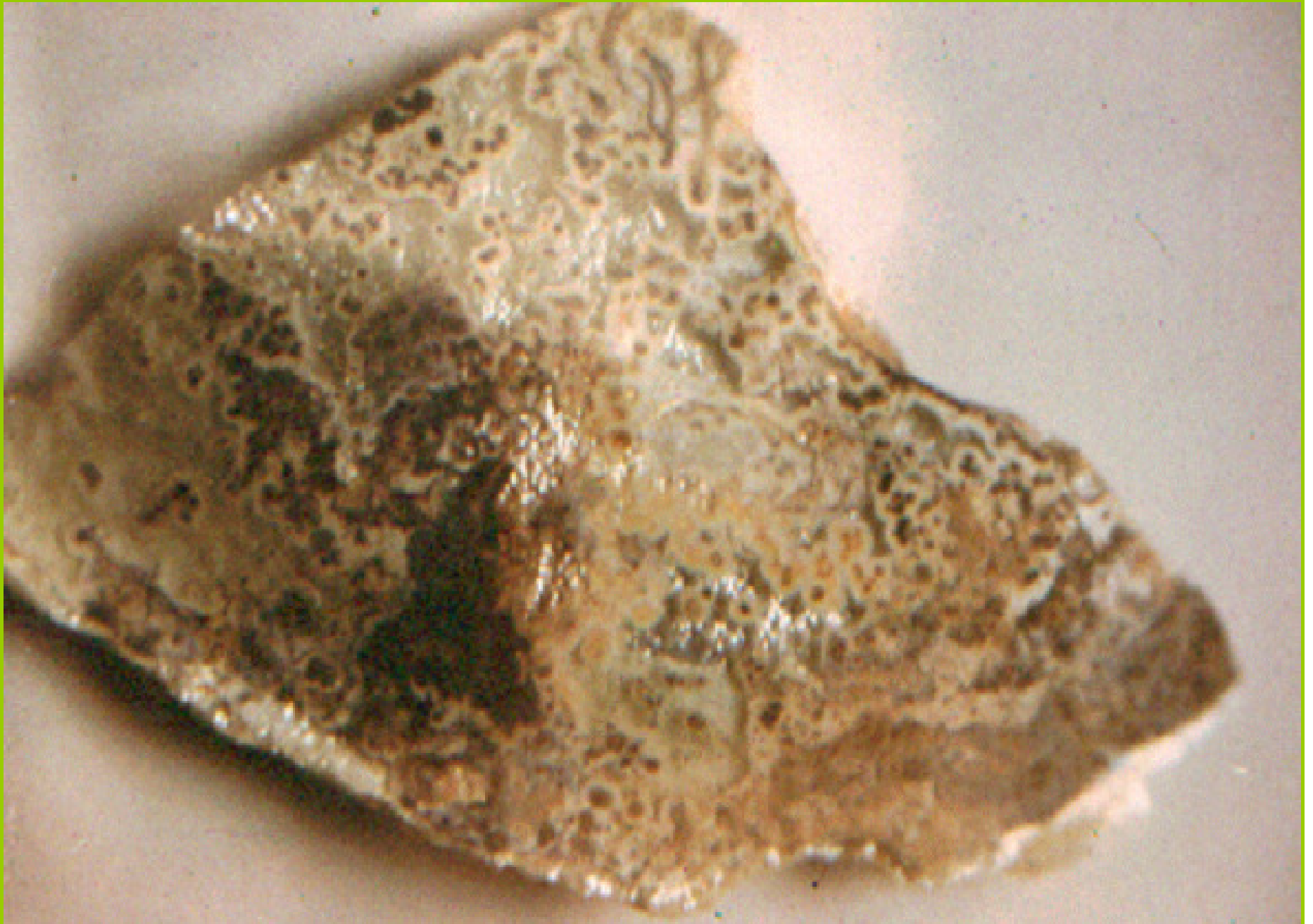
μικροβελονισμούς ($d \approx 0,2 \text{ mm}$)

μικρούς βελονισμούς ($d \approx 0,5-2 \text{ mm}$)

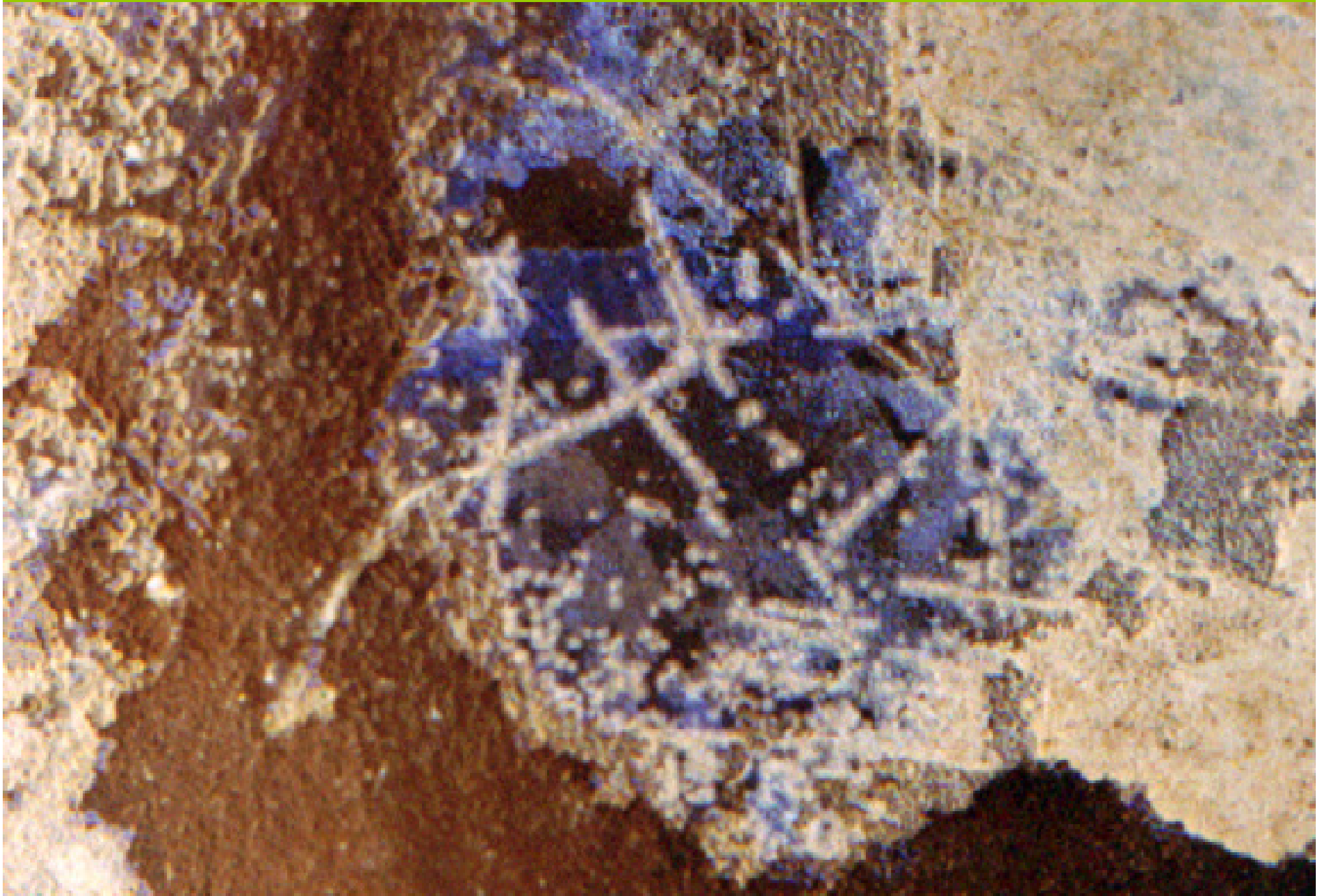
μεγάλους βελονισμούς ($d \approx 2-4 \text{ mm}$)

πολύ μεγάλους βελονισμούς ($d > 4 \text{ mm}$).

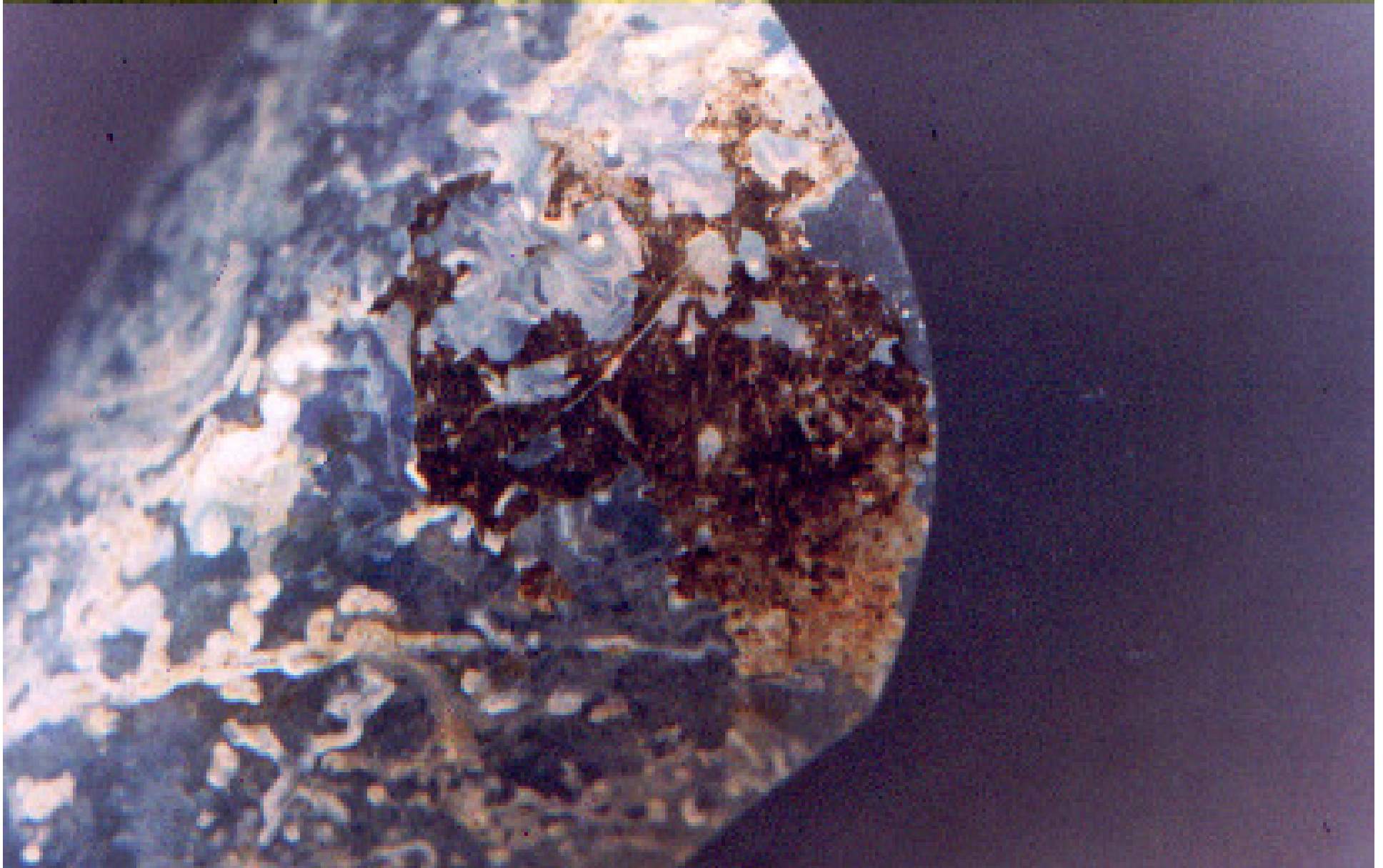
- Βελονισμοί.



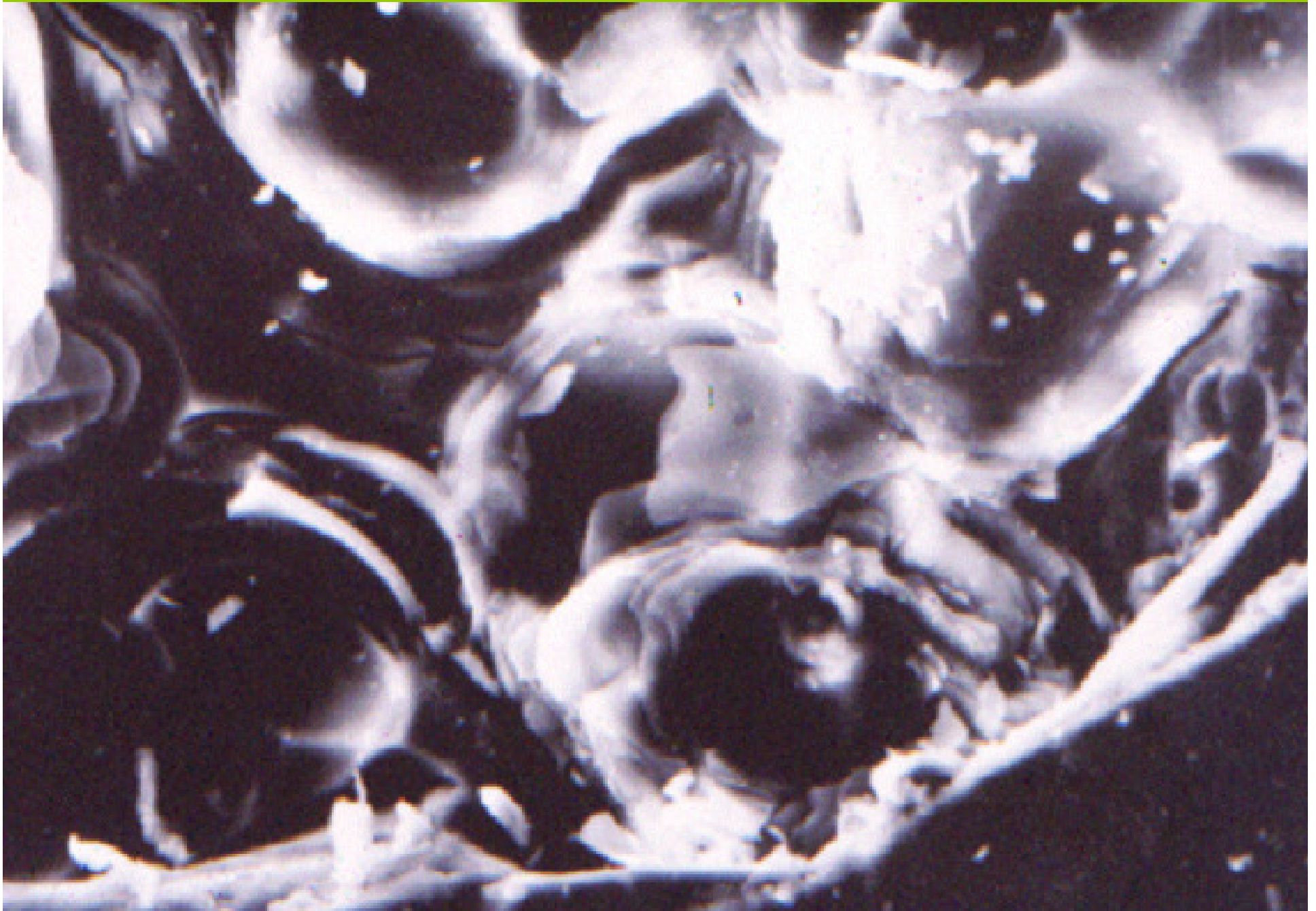
- Βελονισμοί.



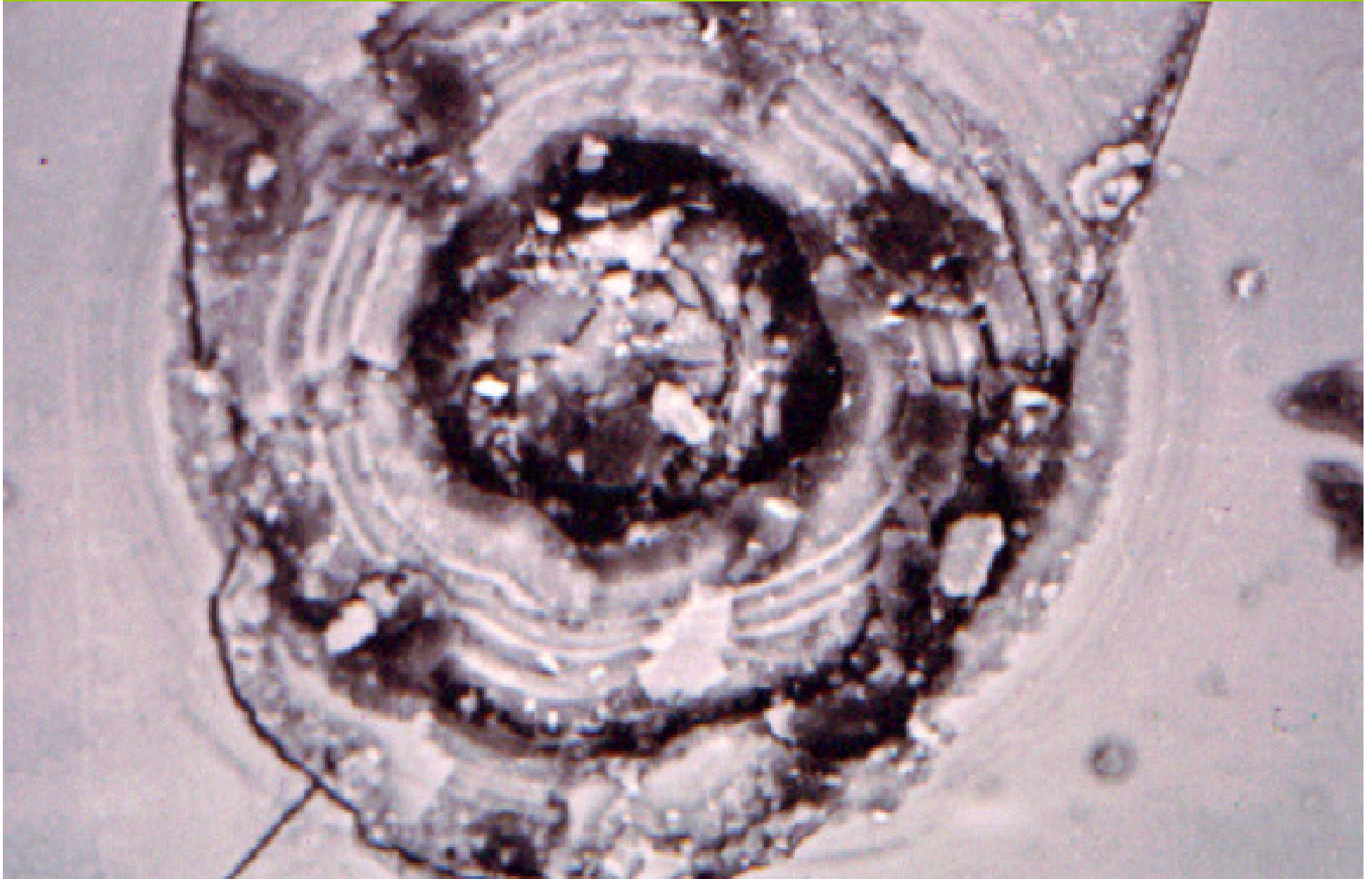
- Βελονισμοί.



- Βελονισμοί (S.E.M.).



- Βελονισμοί (S.E.M.).



Κρούστα

Δημιουργία κρούστας.

Τάση σχηματισμού με διοξείδιο του πυριτίου (SiO_2) μικρότερο του 66% moles συνήθως και εμφάνιση με διοξείδιο του πυριτίου (SiO_2) μικρότερο του 62% moles.

Διακρίνεται σε:

ενδογενή (έκπλυση πυριτίου (Si), ασβεστίου (Ca)).

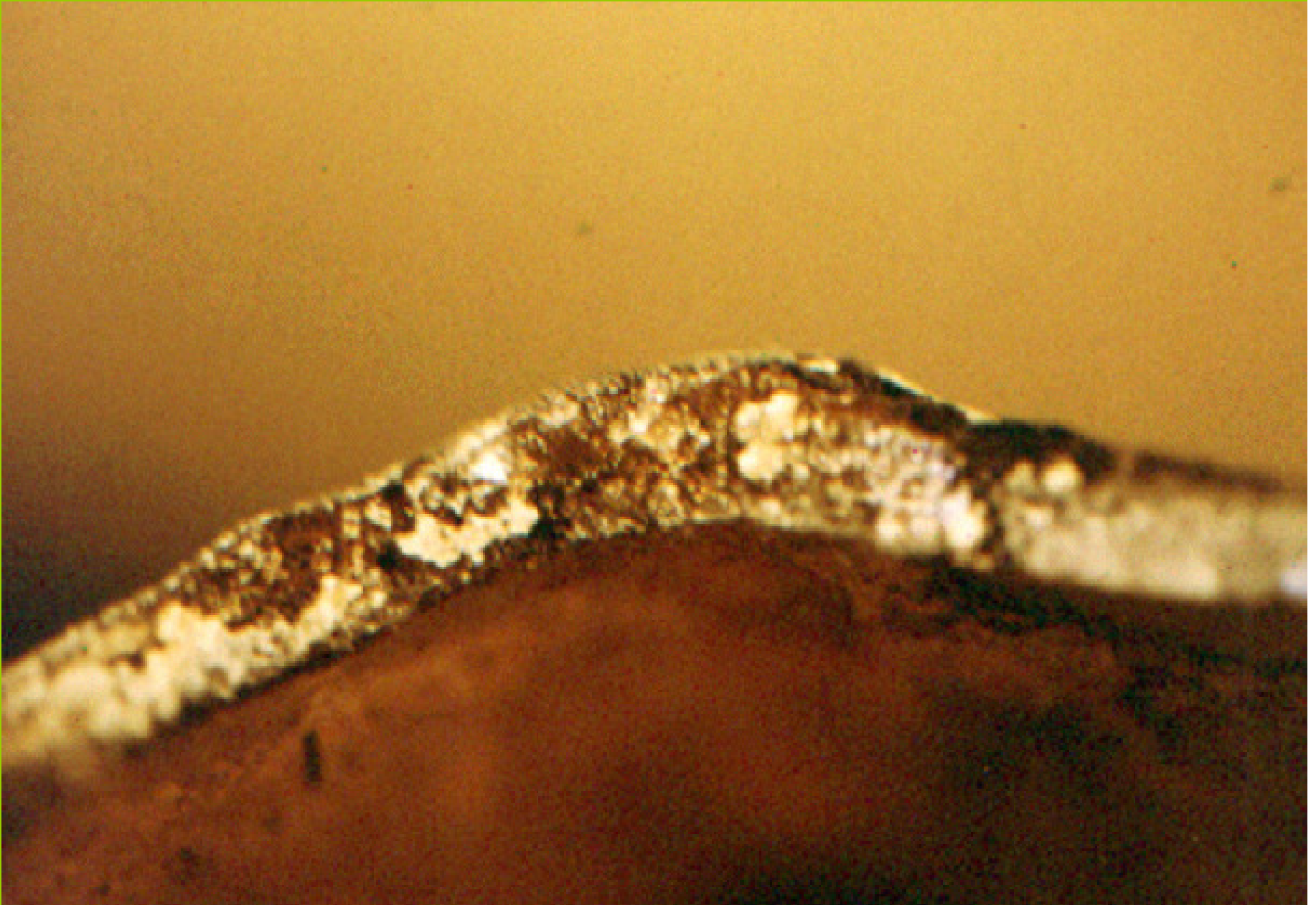
εξωγενή (επικαθίσεις από το περιβάλλον και αδιάλυτα άλατα από το έδαφος).

Το φαινόμενο του σχηματισμού κρούστας σε ένα γυαλί σχετίζεται με αυτό της παρουσίας βελονισμών.

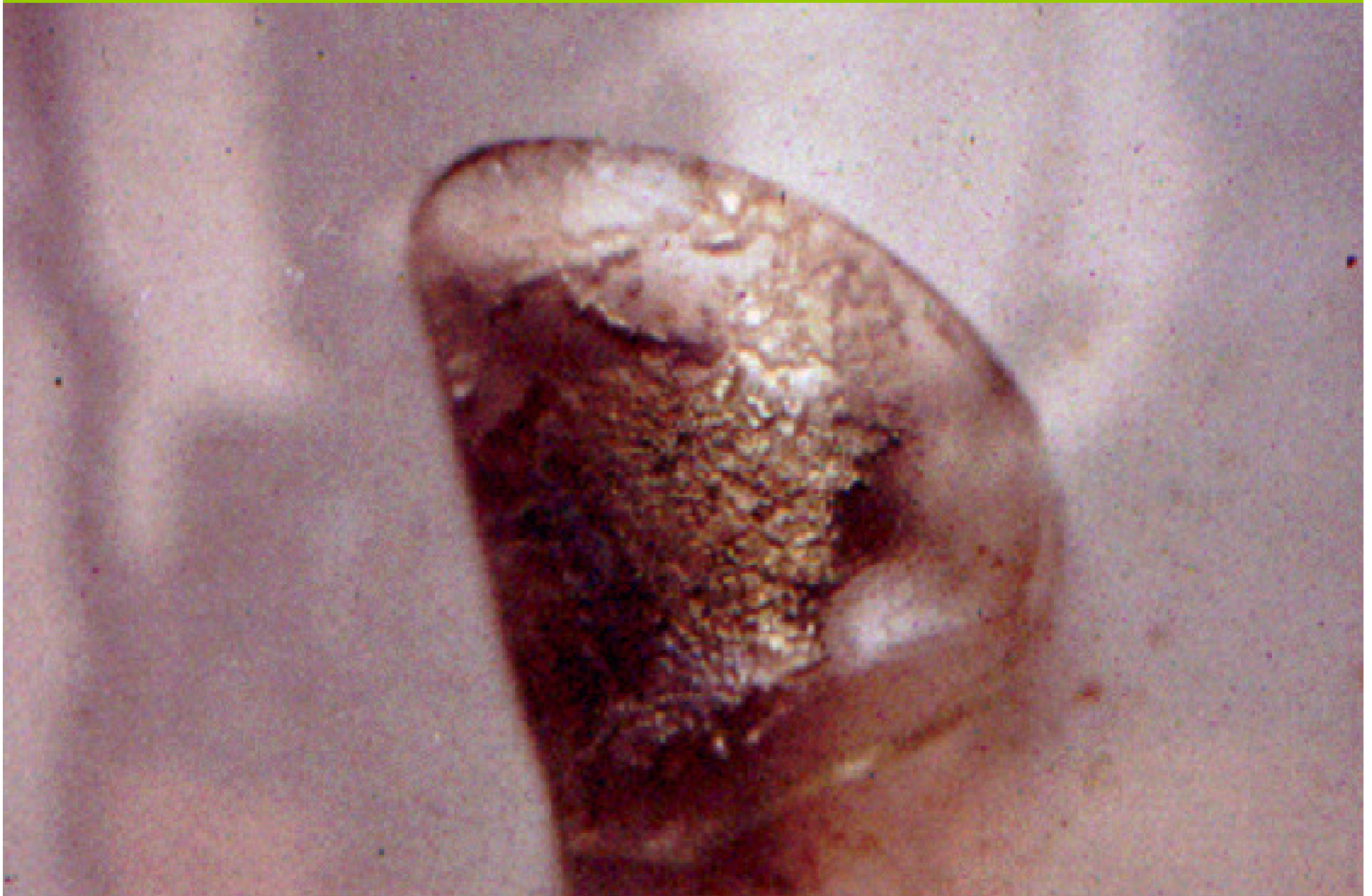
- Κρούστα.



- Κρούστα.



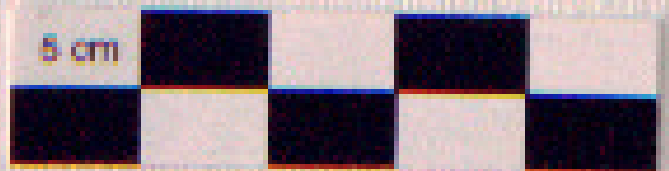
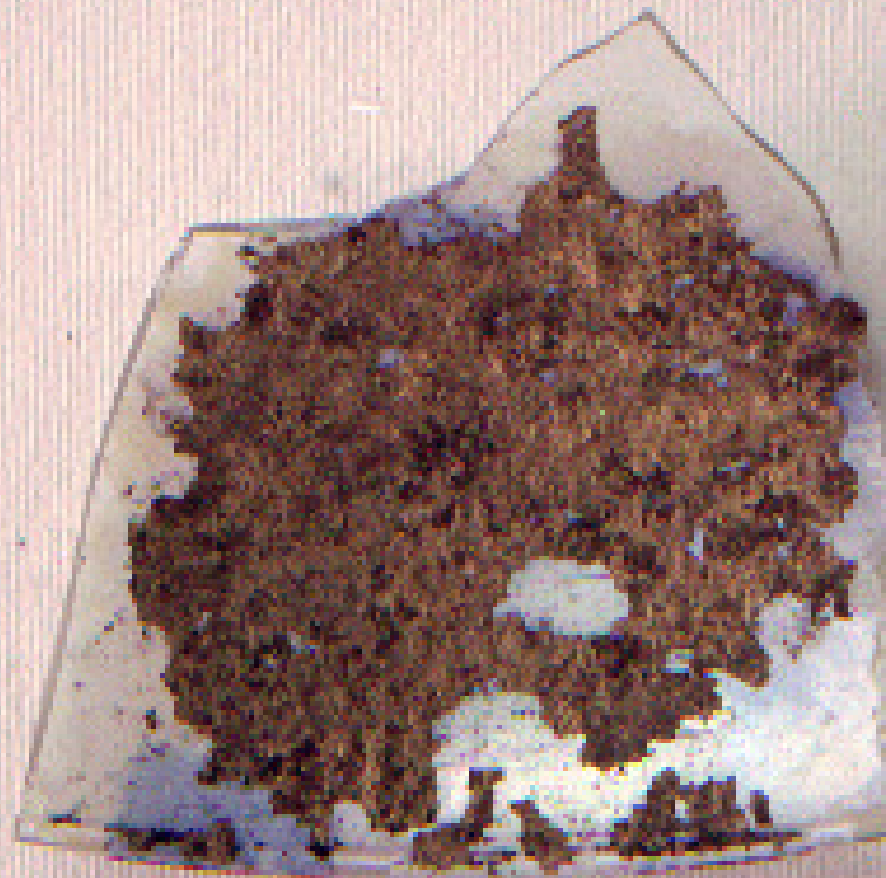
- Κρούστα.



- Κρούστα.

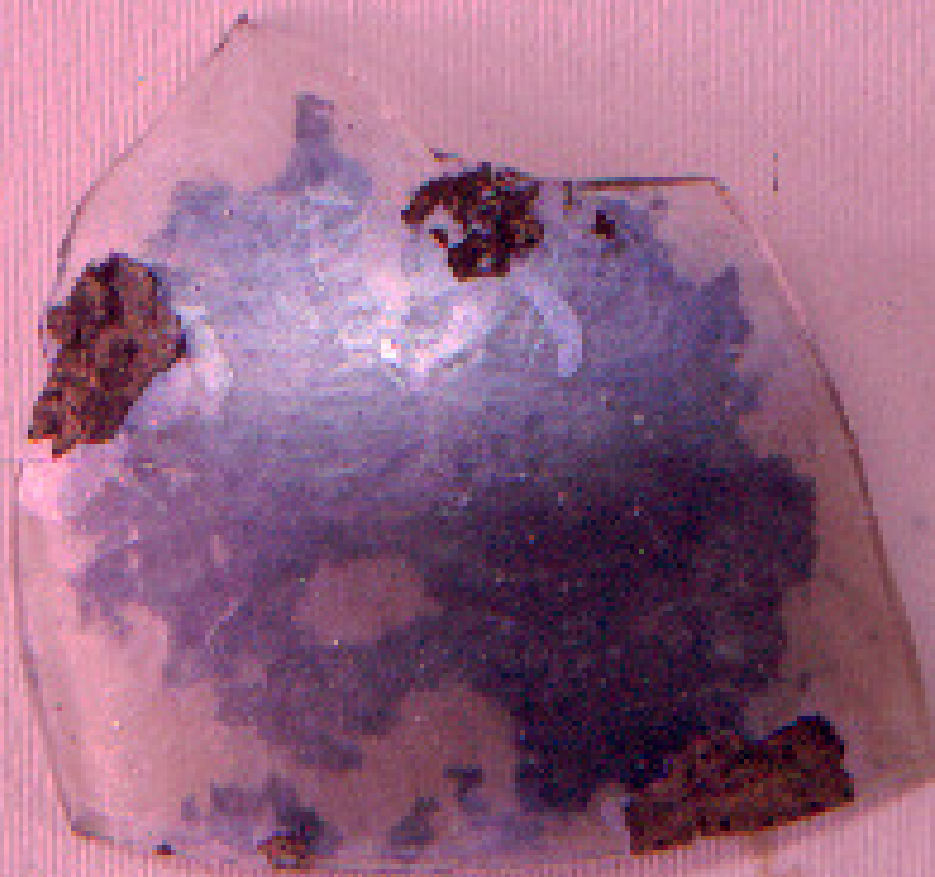


- Κρούστα.



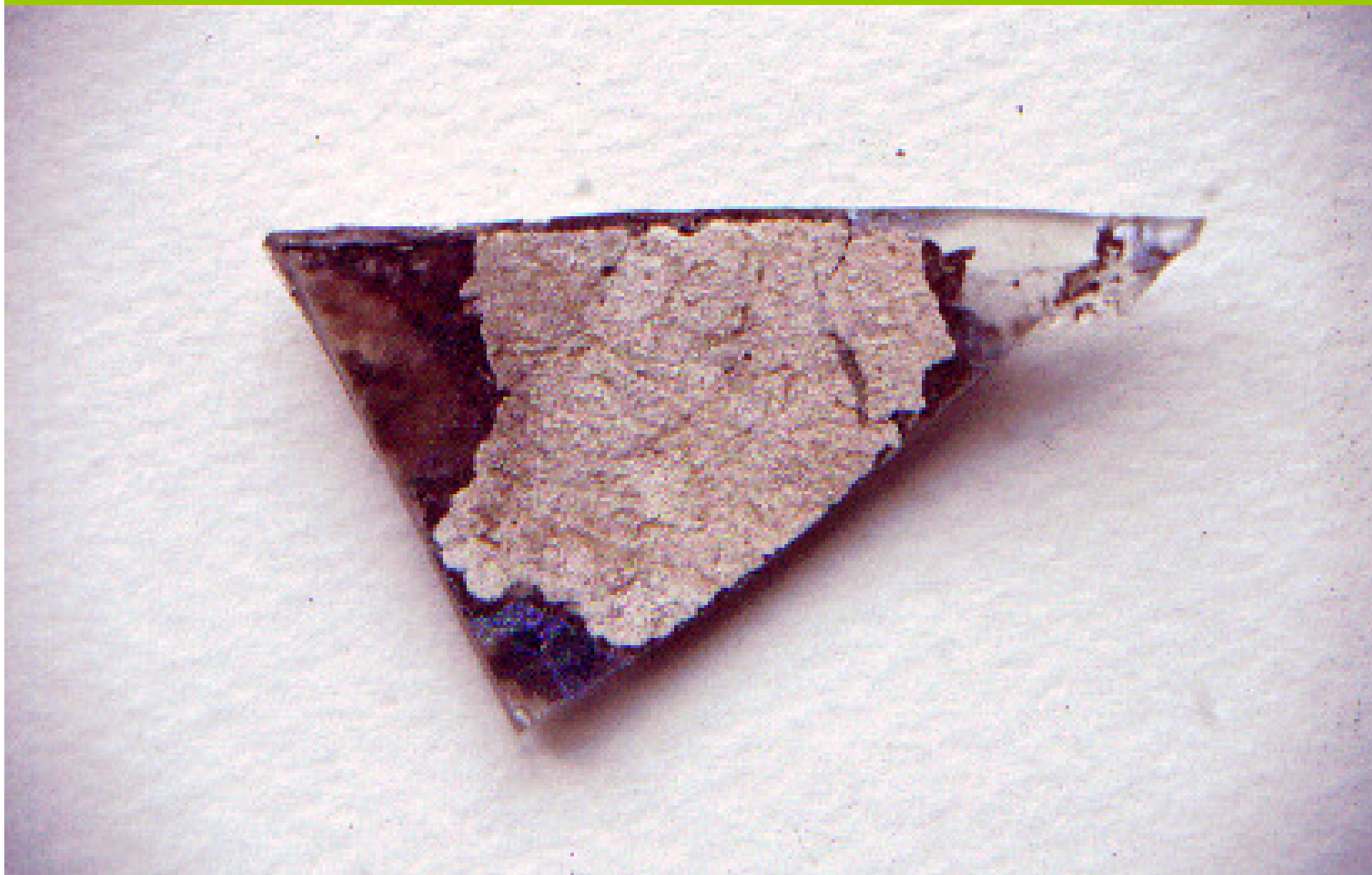
Γ1.1

- Κρούστα.

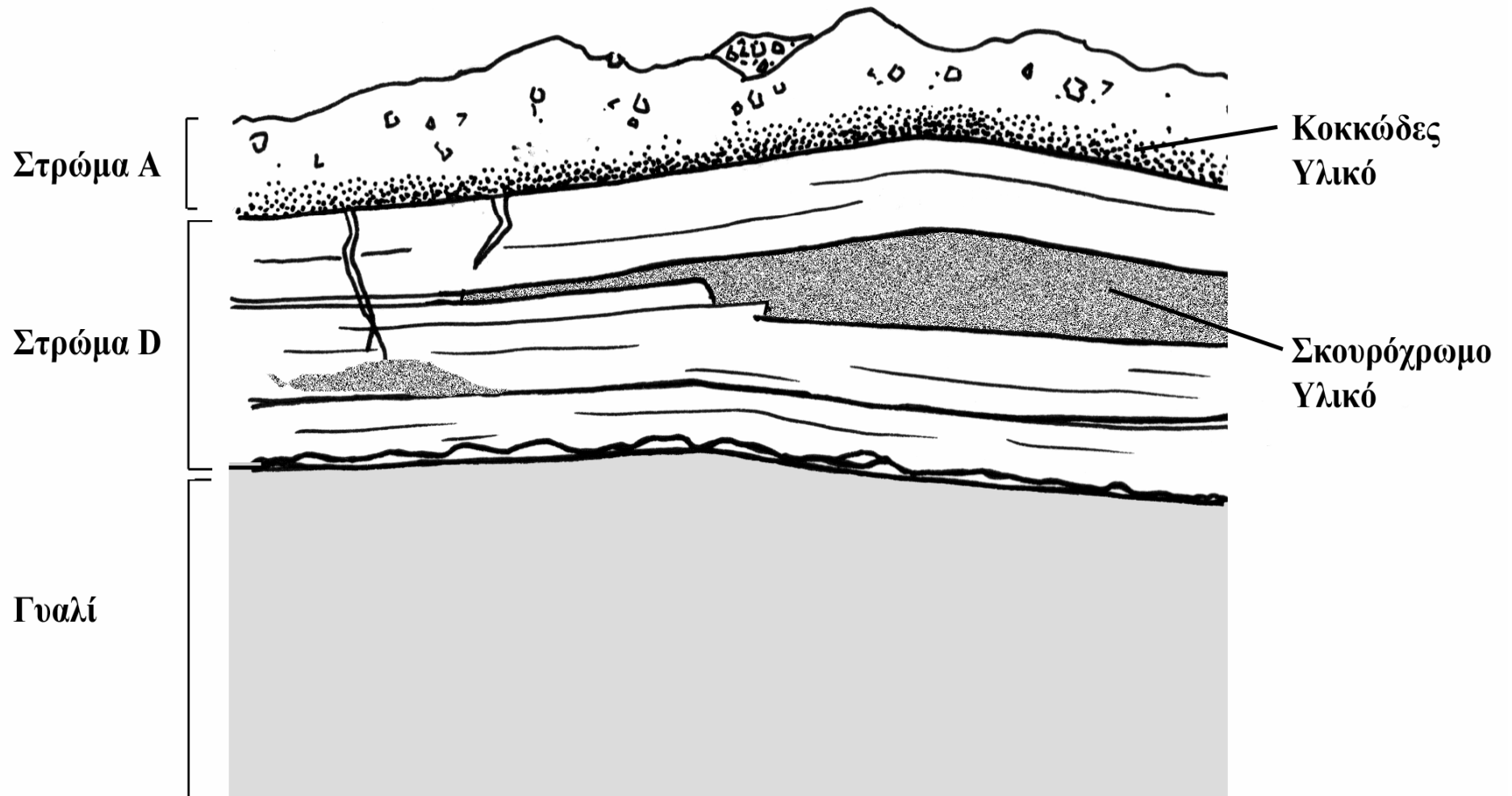


Γ1.1

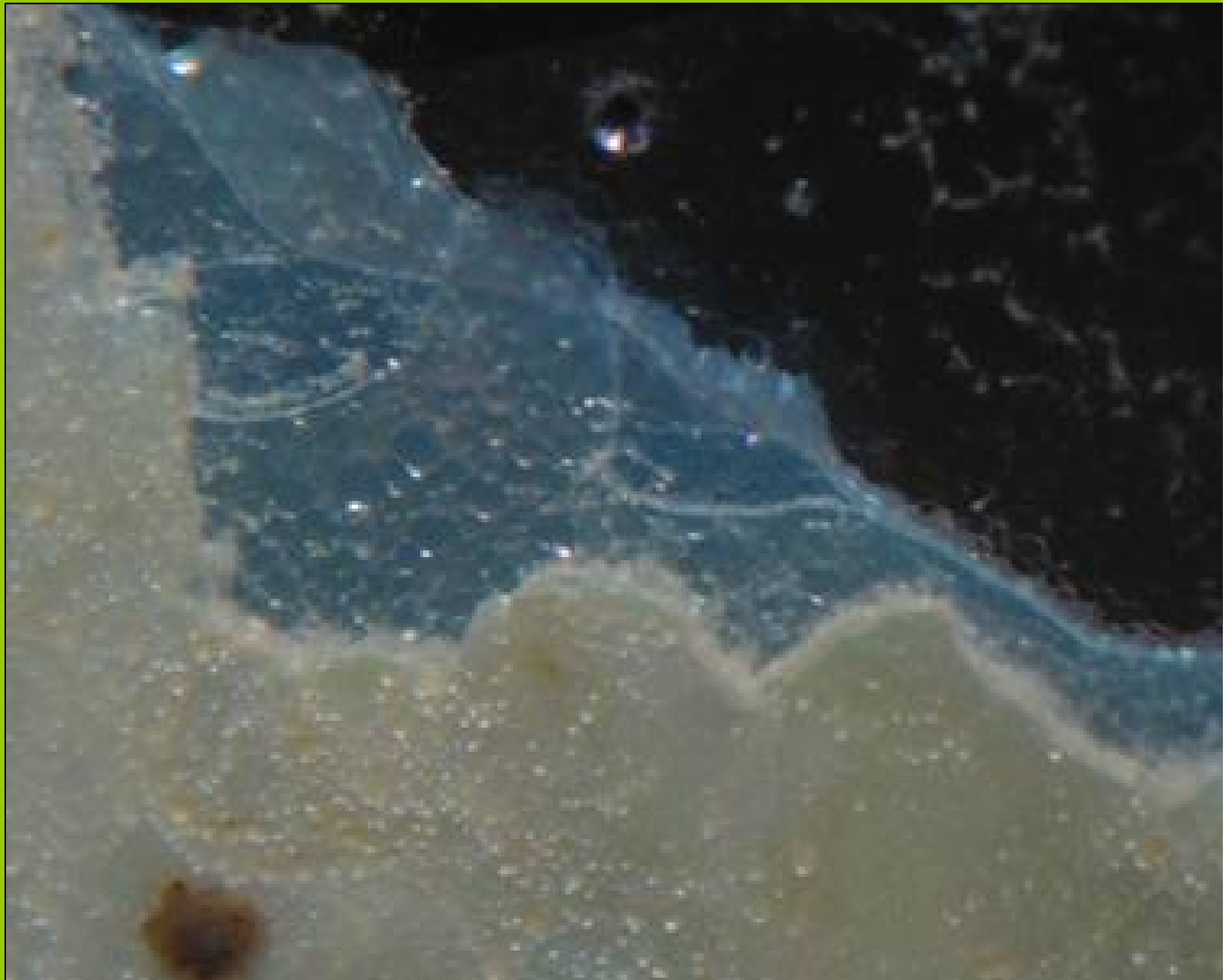
- Κρούστα.



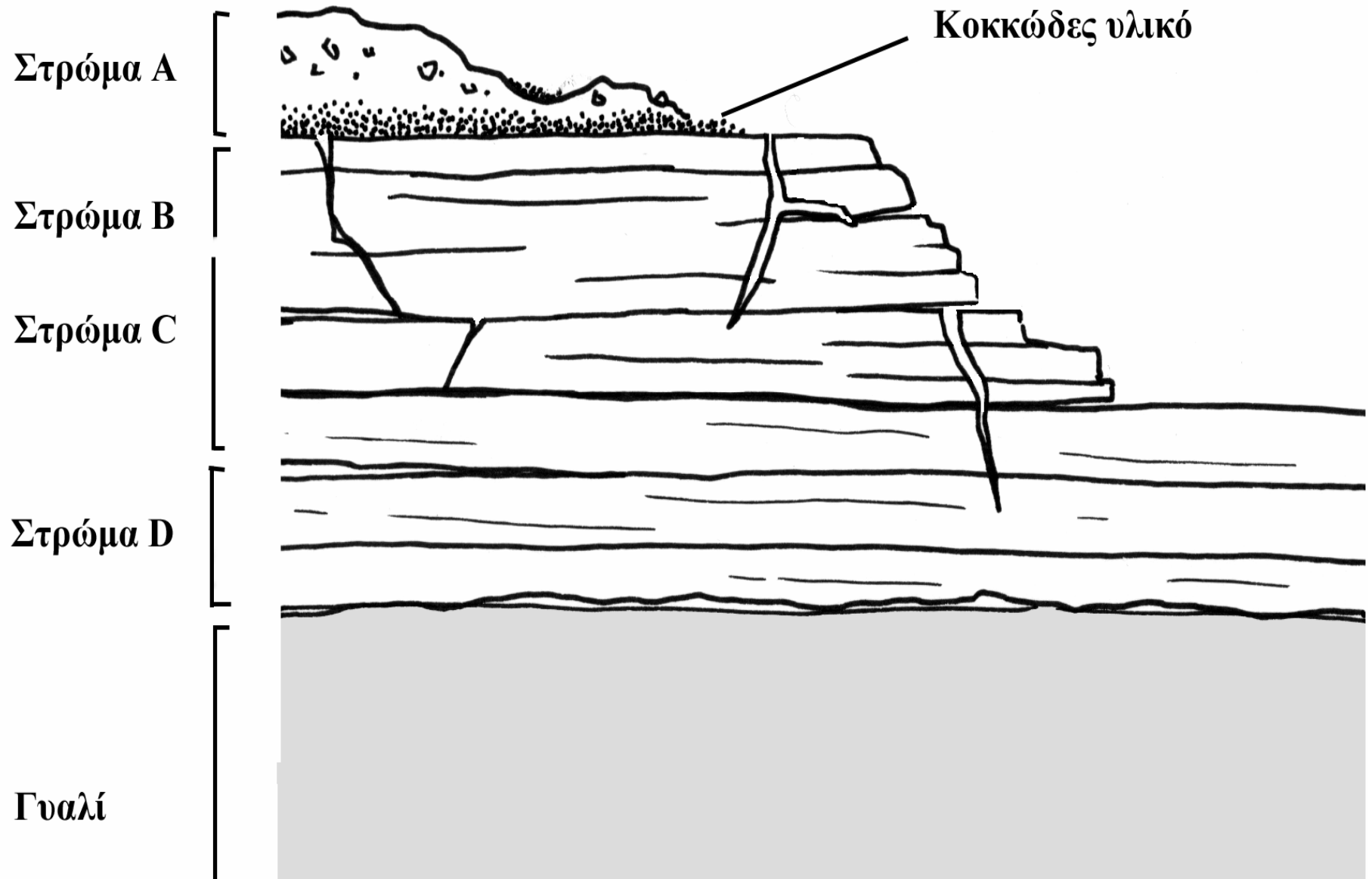
- Κρούστα (σχεδιαστική αποτύπωση της προηγούμενης διαφάνειας).



- Κρούστα
(στερεομικροσκόπιο).



- Κρούστα (σχεδιαστική αποτύπωση της προηγούμενης διαφάνειας).

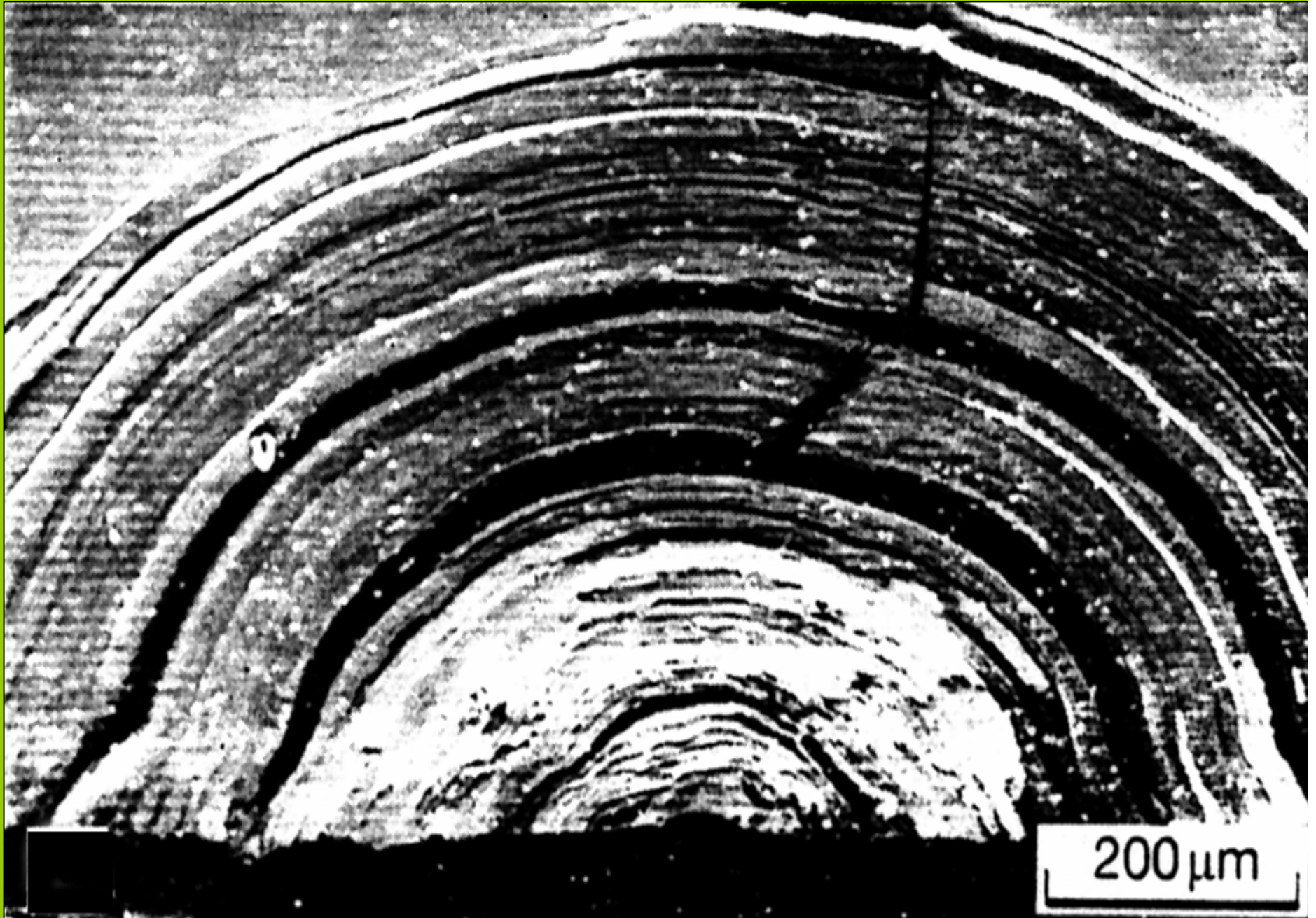


Φυλλώδης διάβρωση

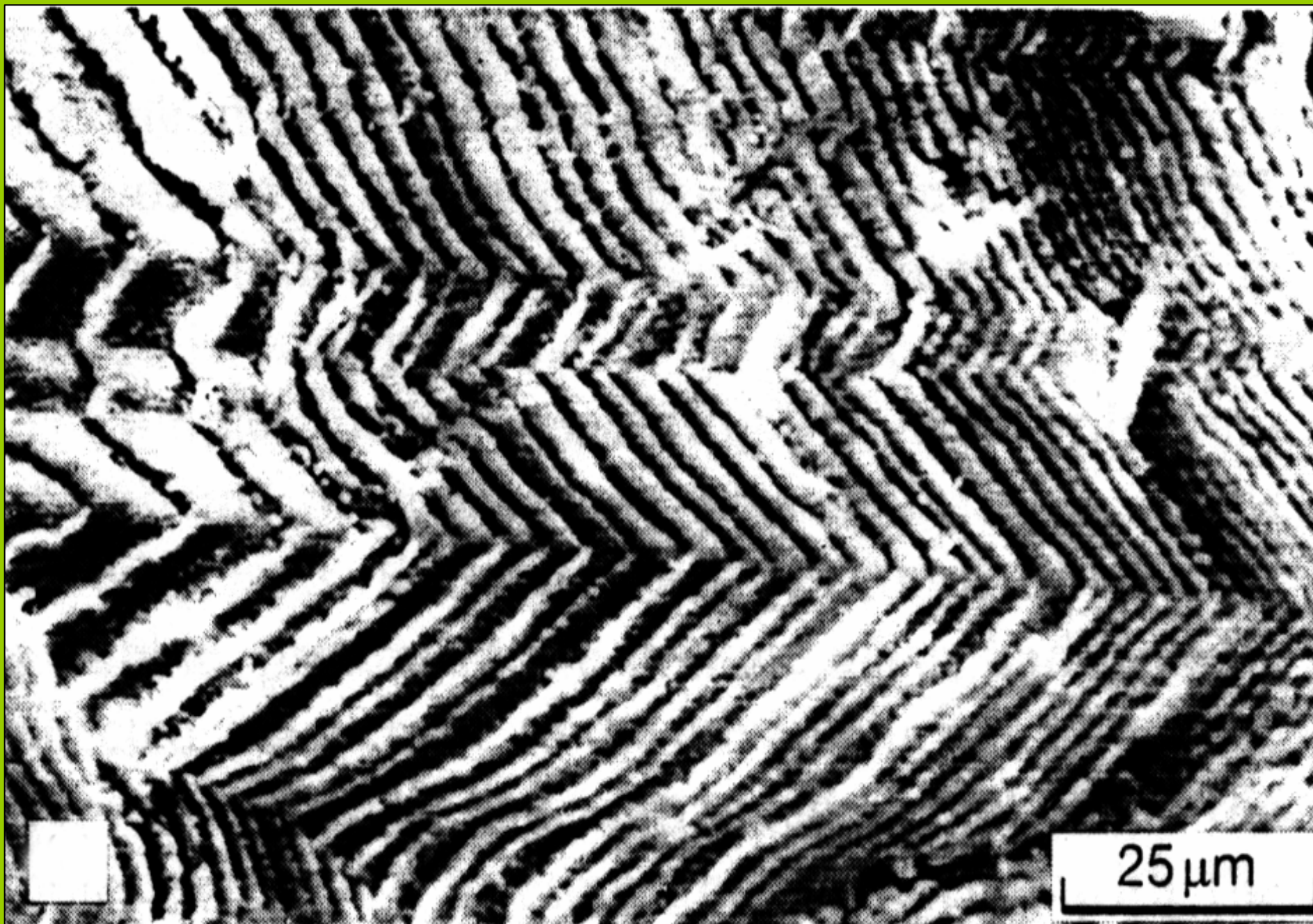
Δημιουργία αλληπάλληλων στρωμάτων ή φυλλώδης διάβρωση.

Δράση της υγρασίας και δημιουργία αλληπάλληλων στρωμάτων με κυματιστή μορφή και με απότομη ξήρανση απολέπιση των στρωμάτων.

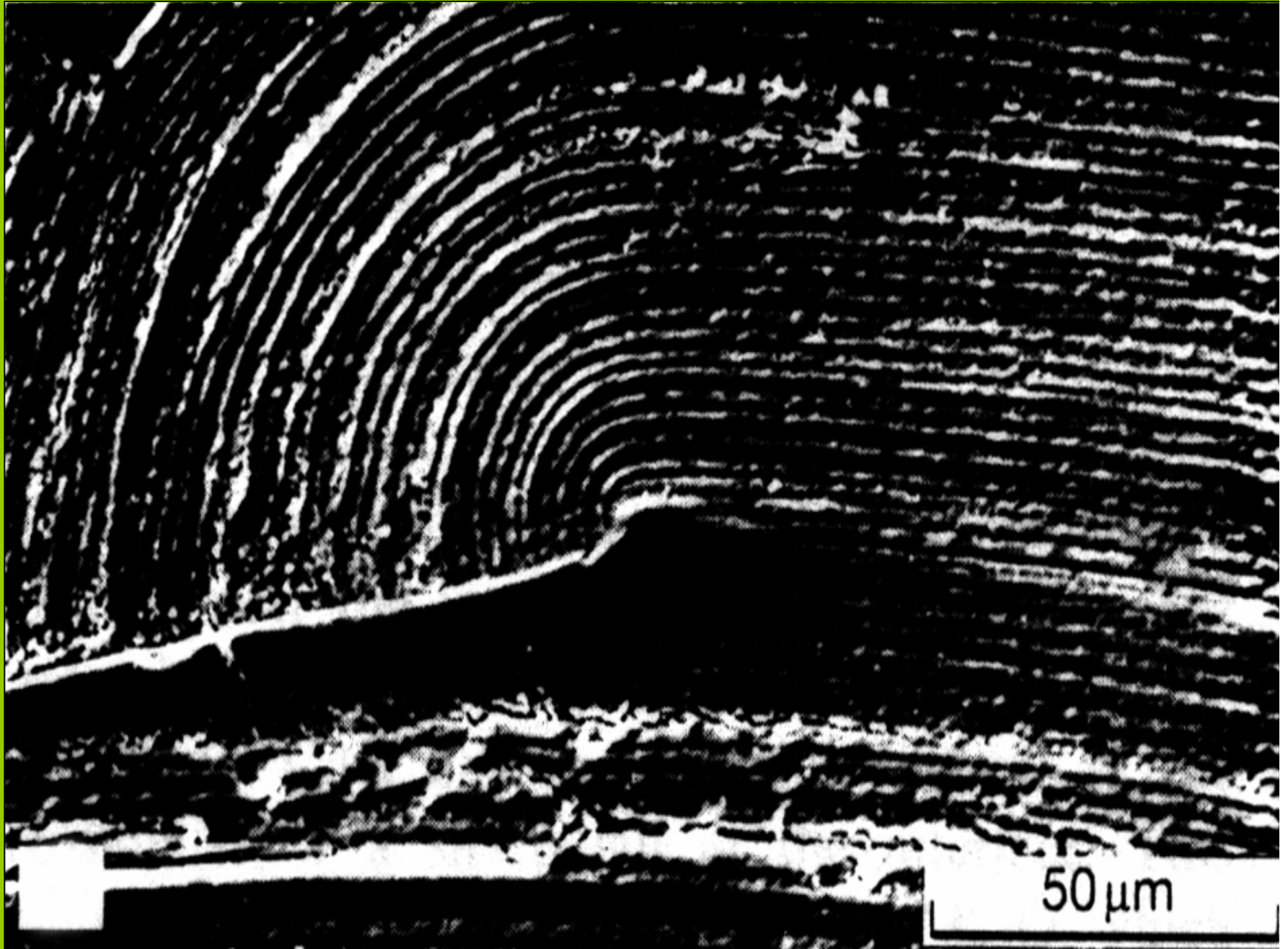
- Φυλλώδης διάβρωση (ημισφαιρικά στρώματα).



- Φυλλώδης διάβρωση (ζώνες ζιγκ - ζαγκ).



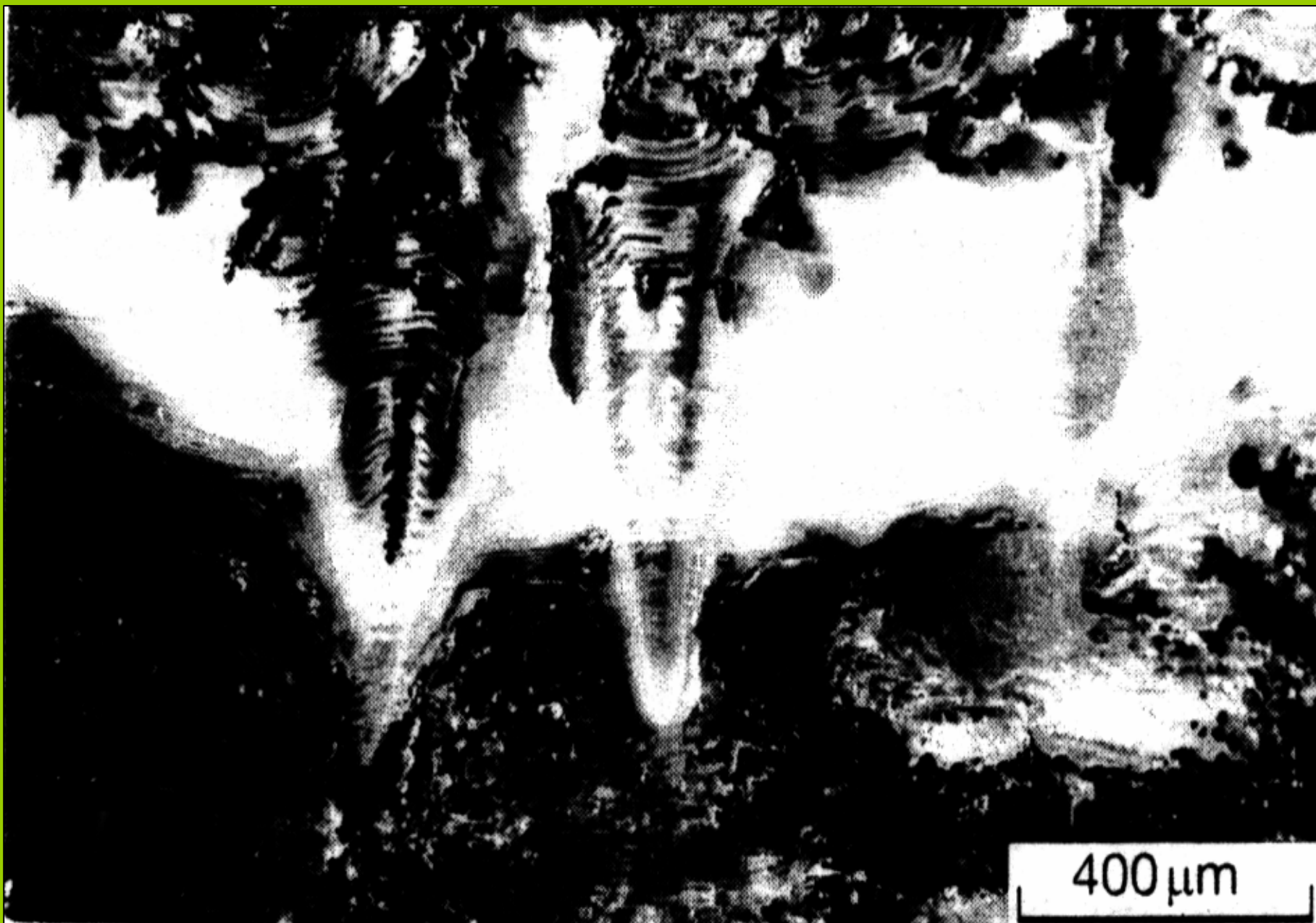
- Φυλλώδης διάβρωση (στρεφόμενες ζώνες).



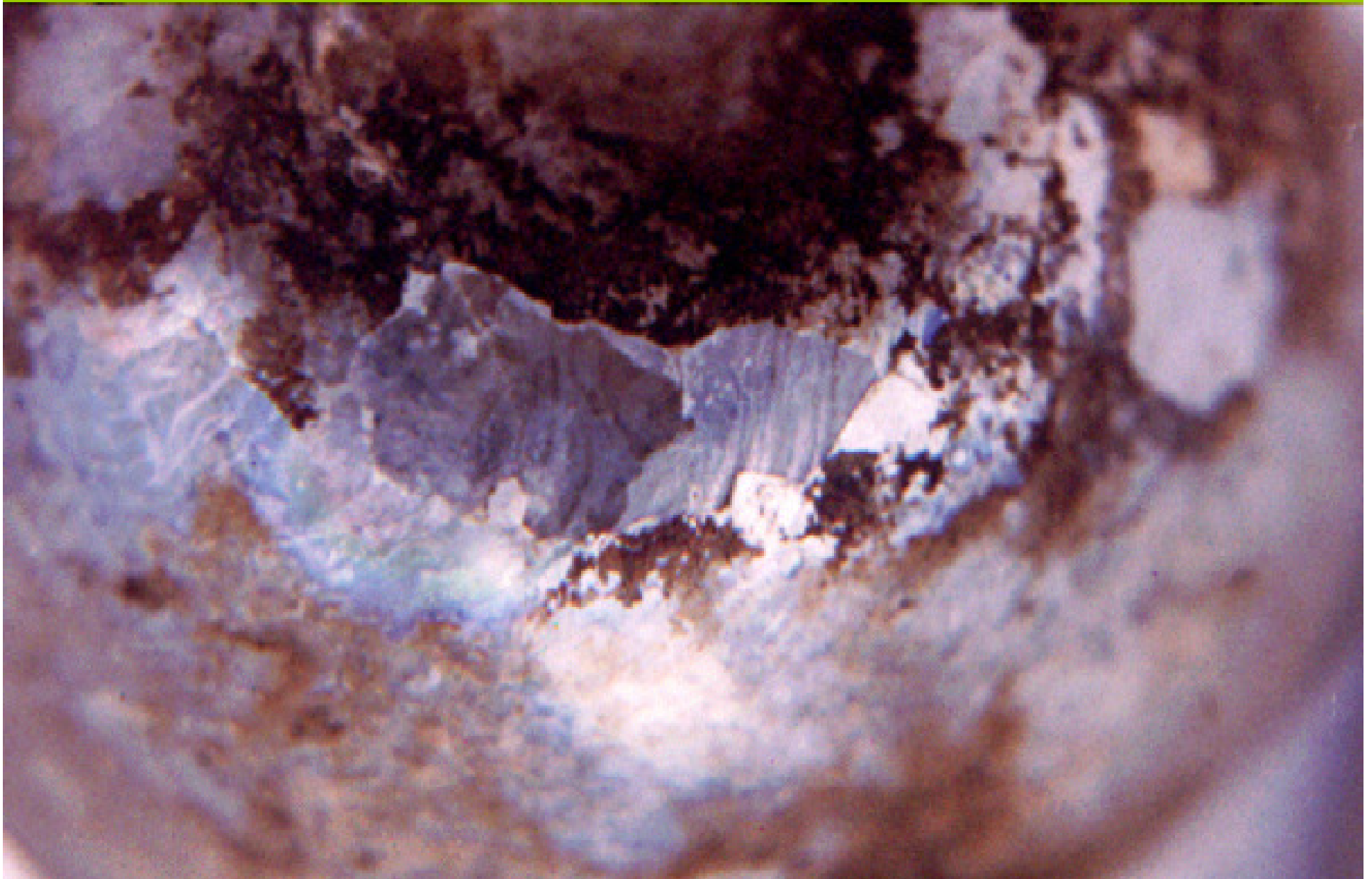
- Φυλλώδης διάβρωση (σύνθετα στρώματα).



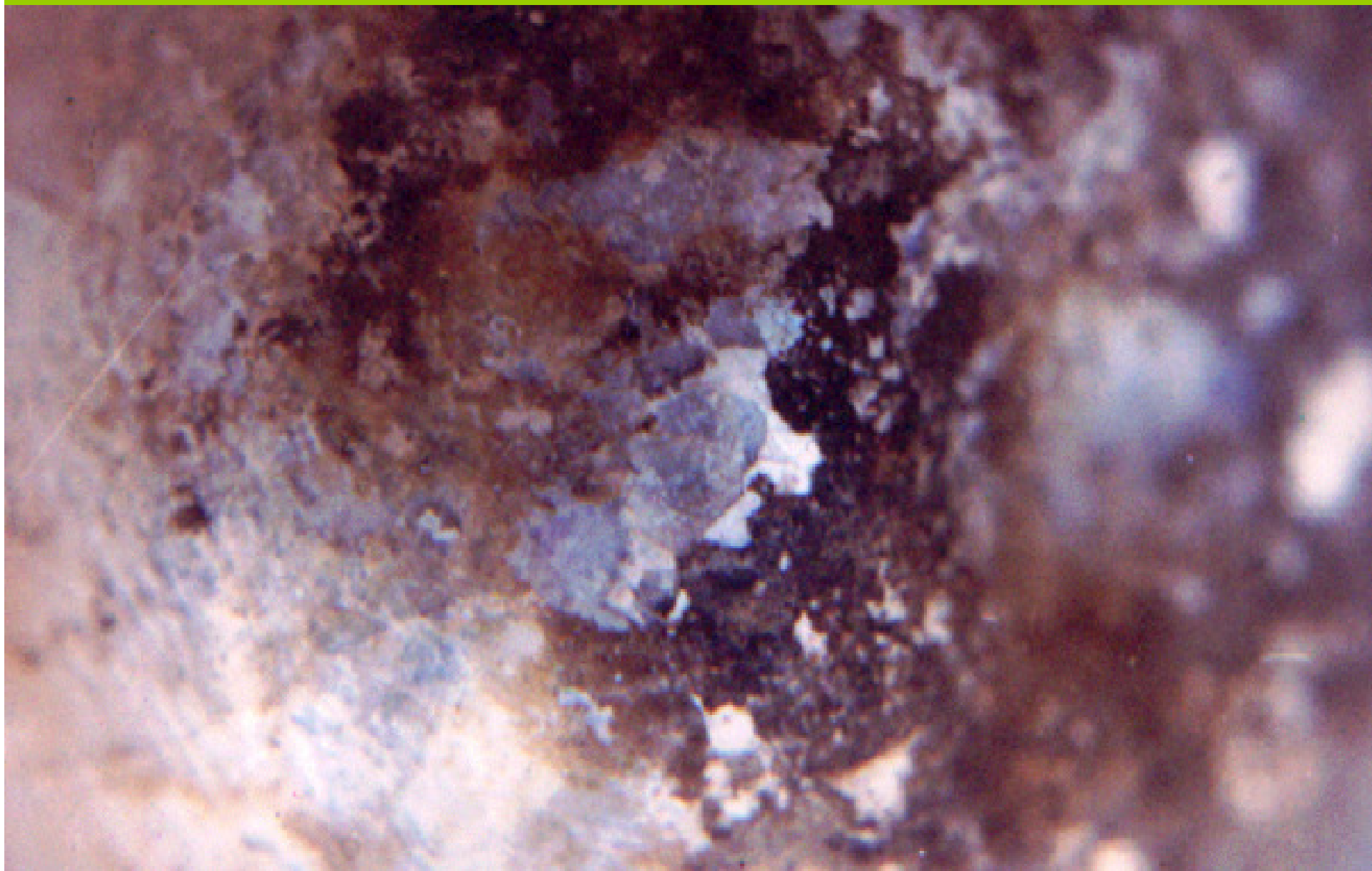
- Φυλλώδης διάβρωση (κοχλιωτές παρεισδύσεις).



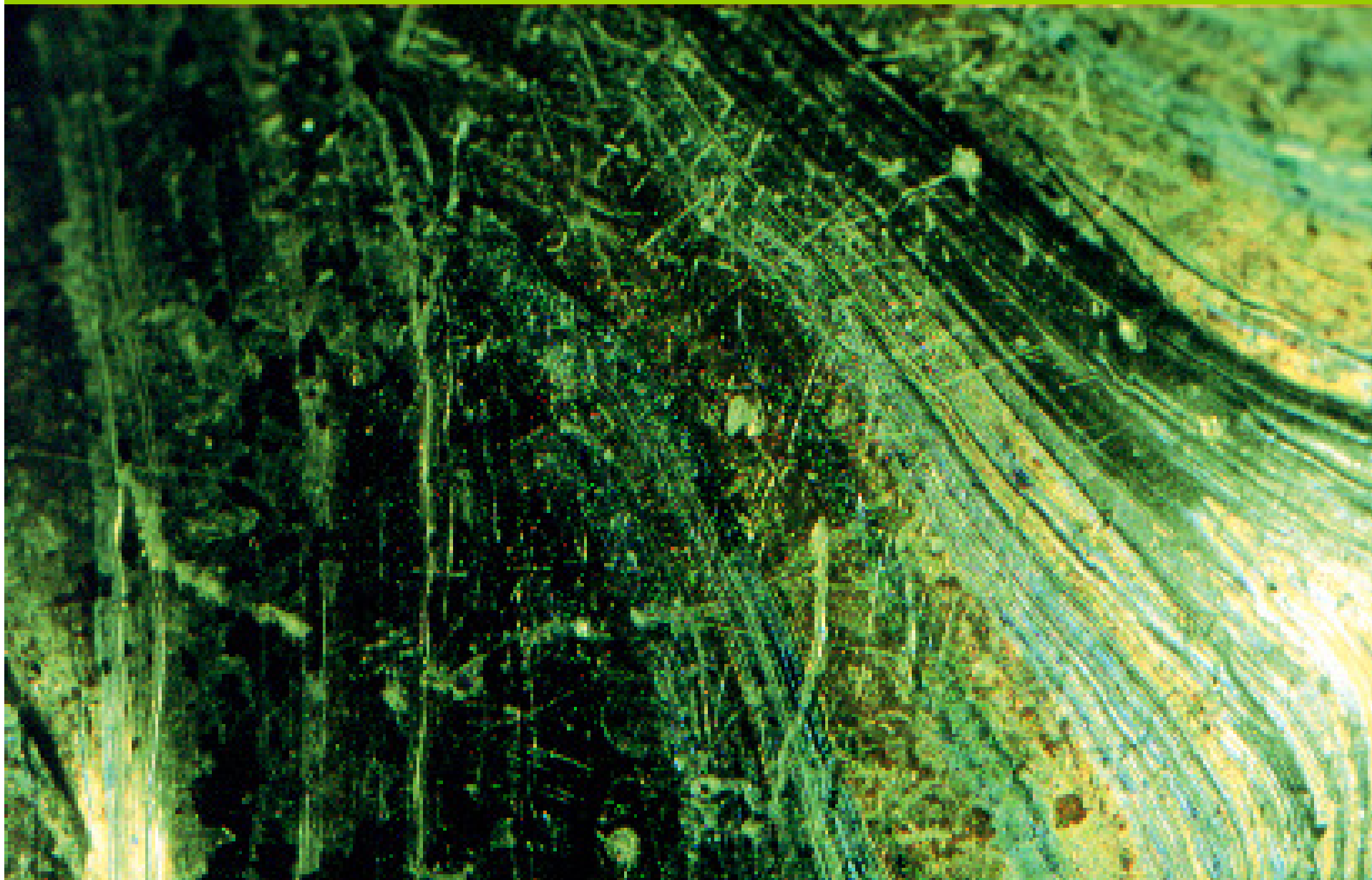
- Φυλλώδης διάβρωση.



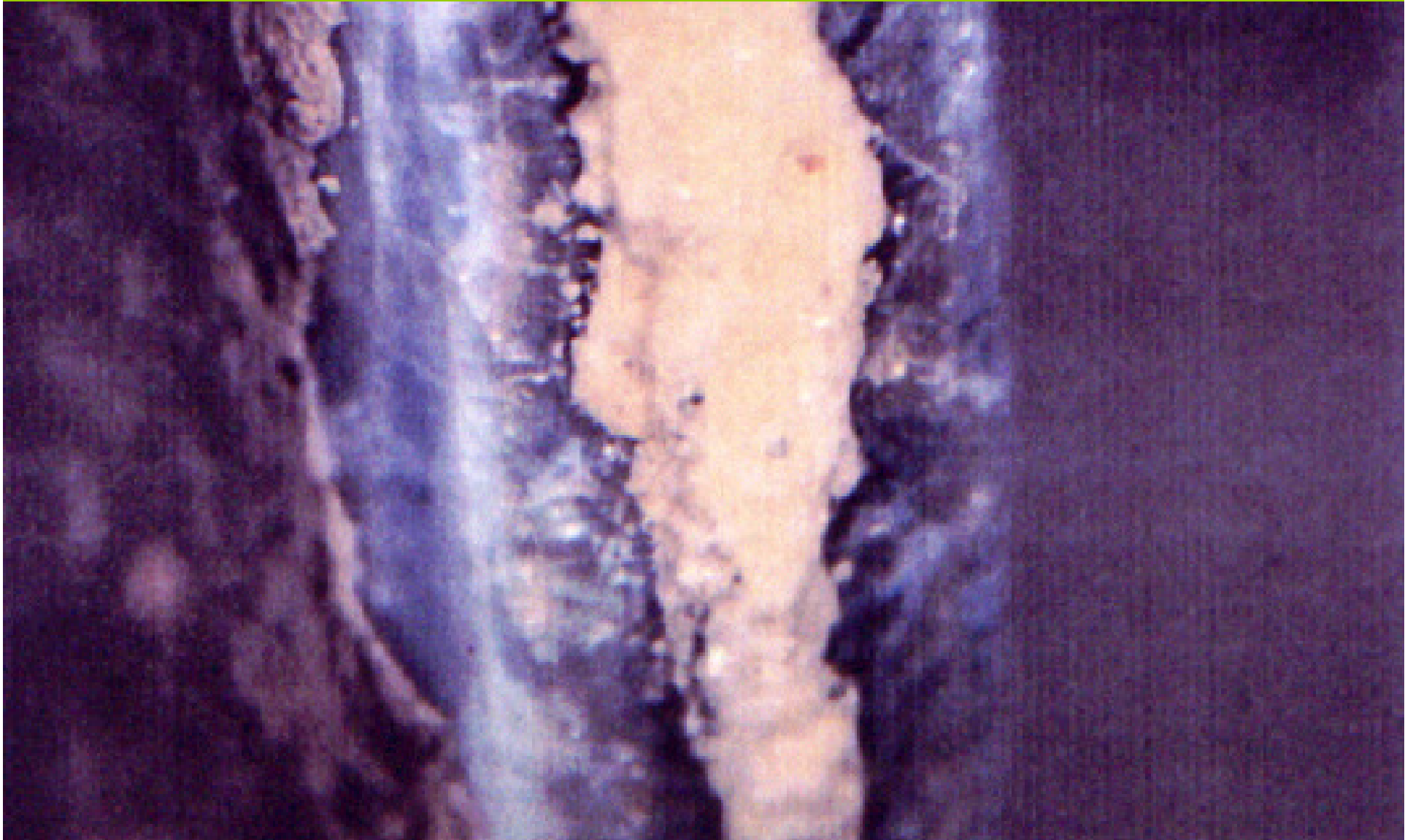
- Φυλλώδης διάβρωση.



- Φυλλώδης διάβρωση.



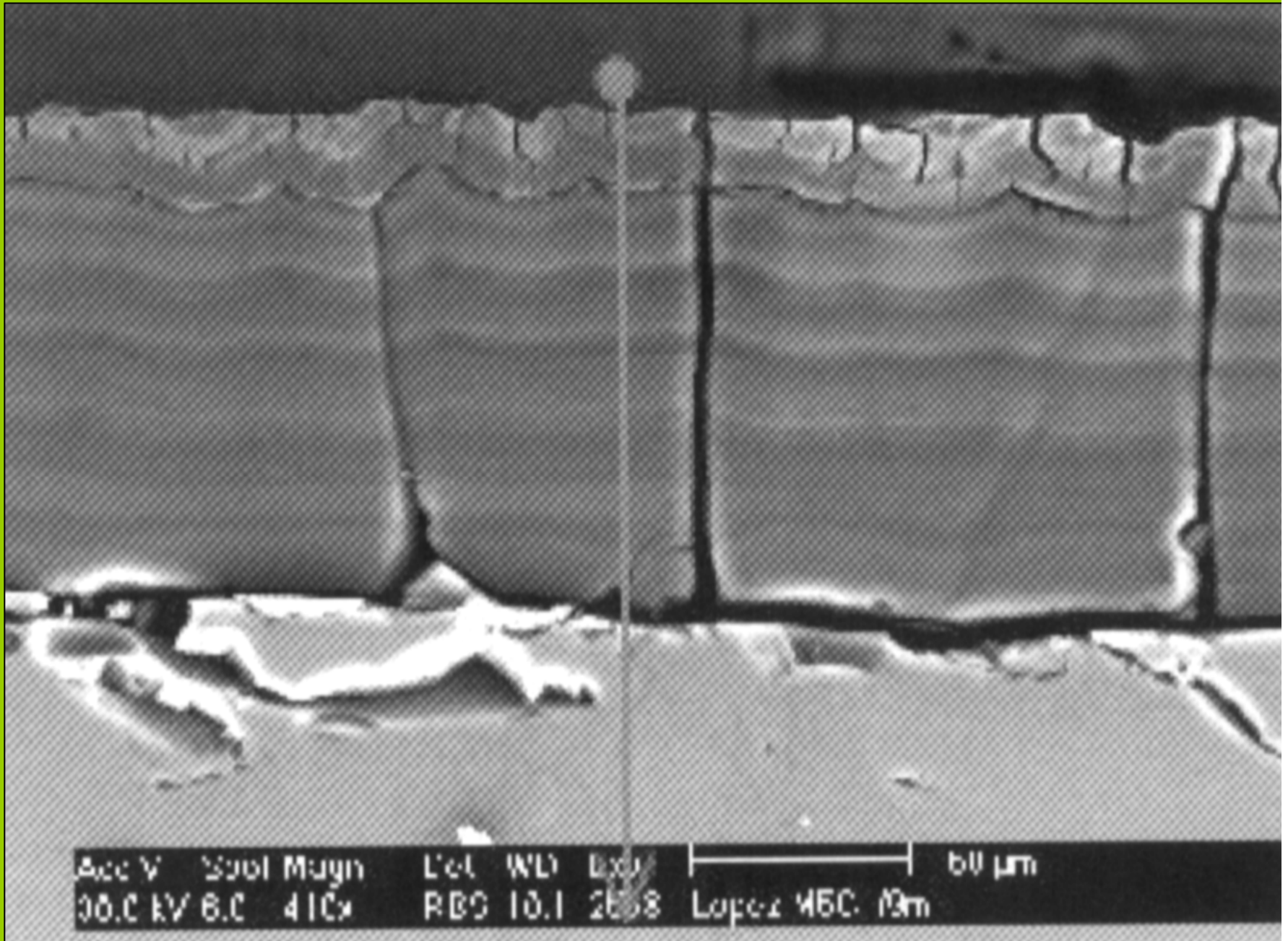
- Φυλλώδης διάβρωση (στερεομικροσκόπιο).



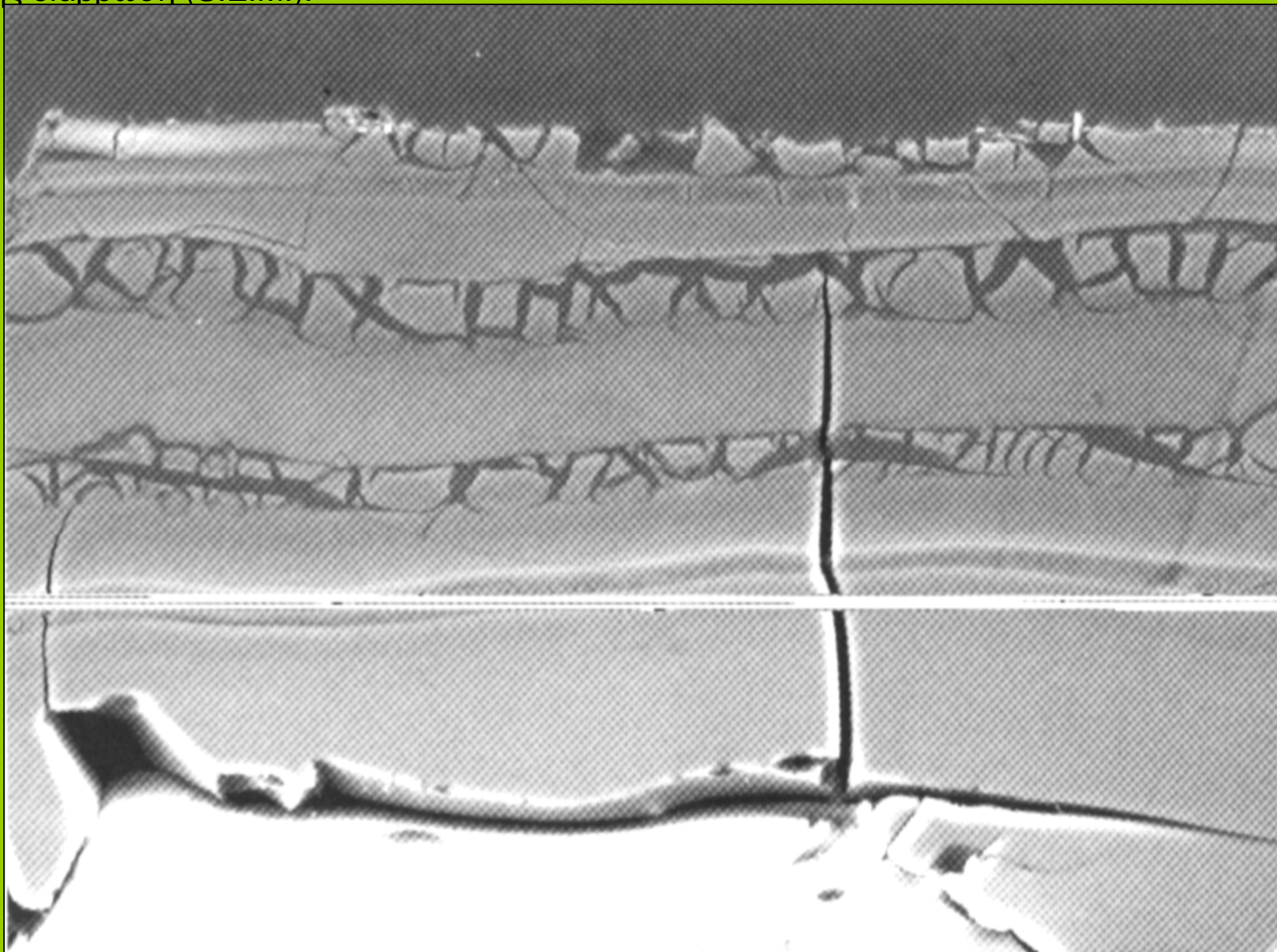
- Φυλλώδης διάβρωση (στερεομικροσκόπιο).



- Φυλλώδης διάβρωση (S.E.M.).

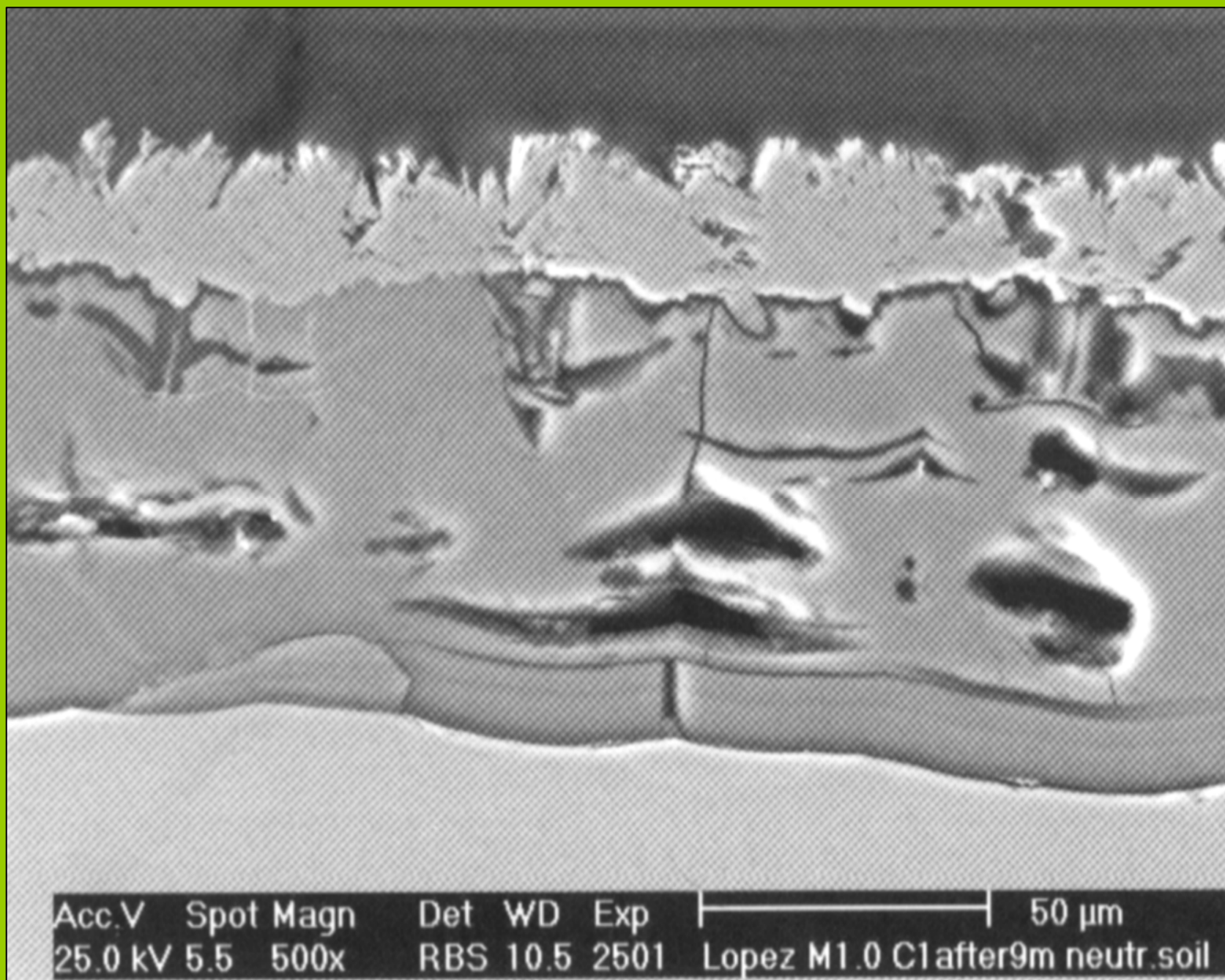


Φυλλώδης διάβρωση (S.E.M.).

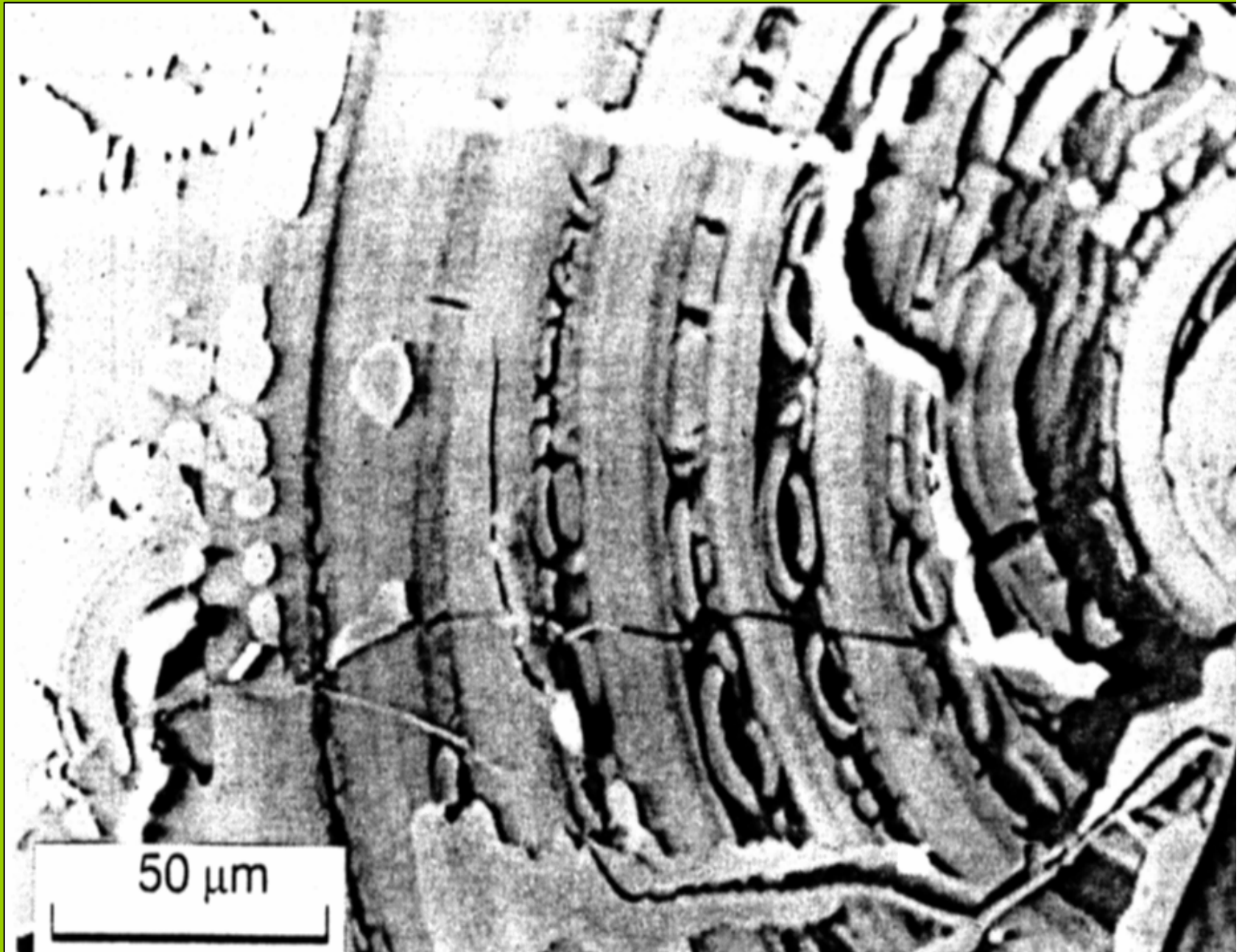


Acc.V	Spot	Magn	Det	WD	Exp	100 μm
25.0 kV	5.2	300x	RBS	8.0	2500	Lopez MIC1 after 9m neutr. soil

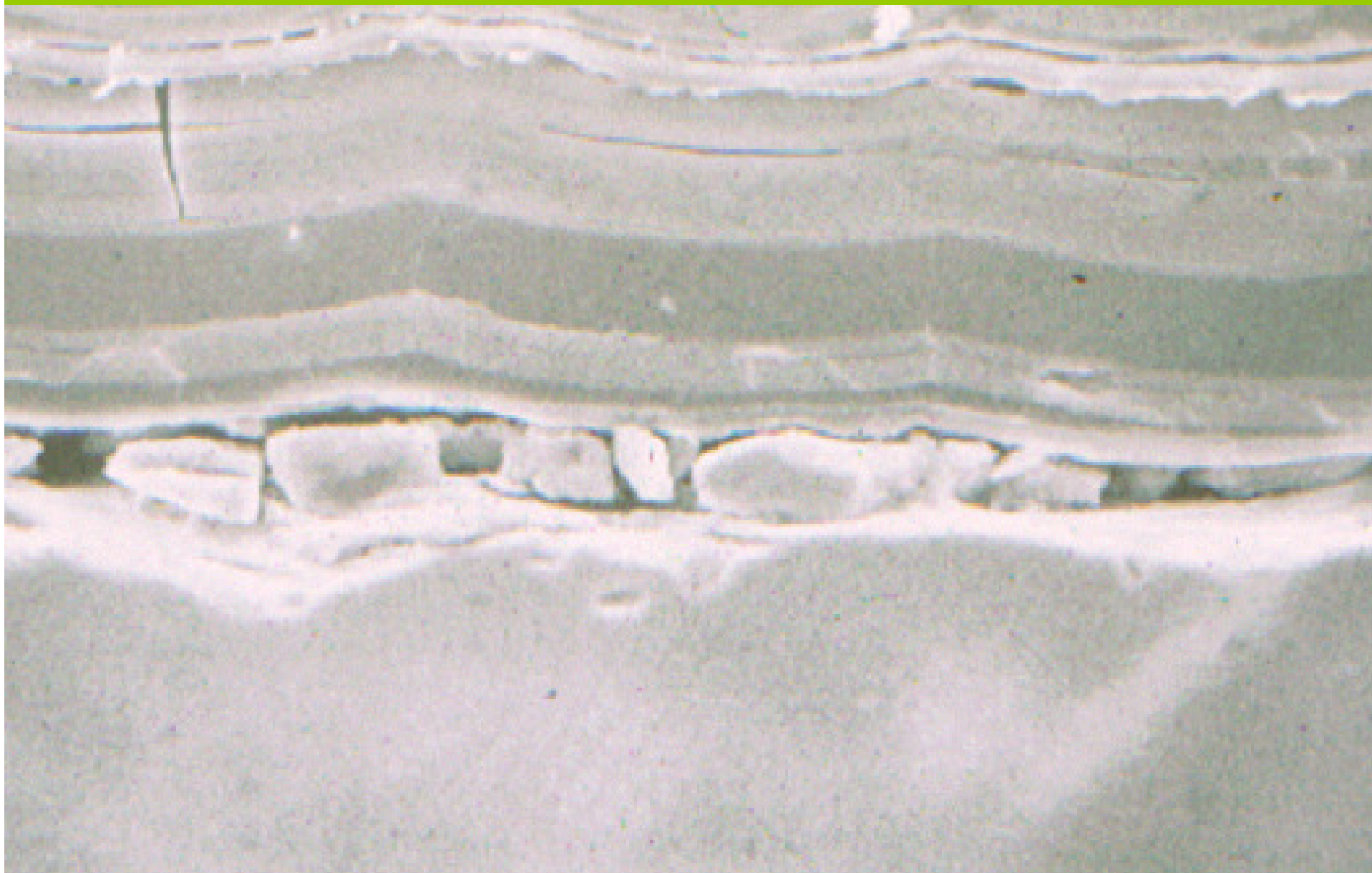
Φυλλώδης διάβρωση (S.E.M.).



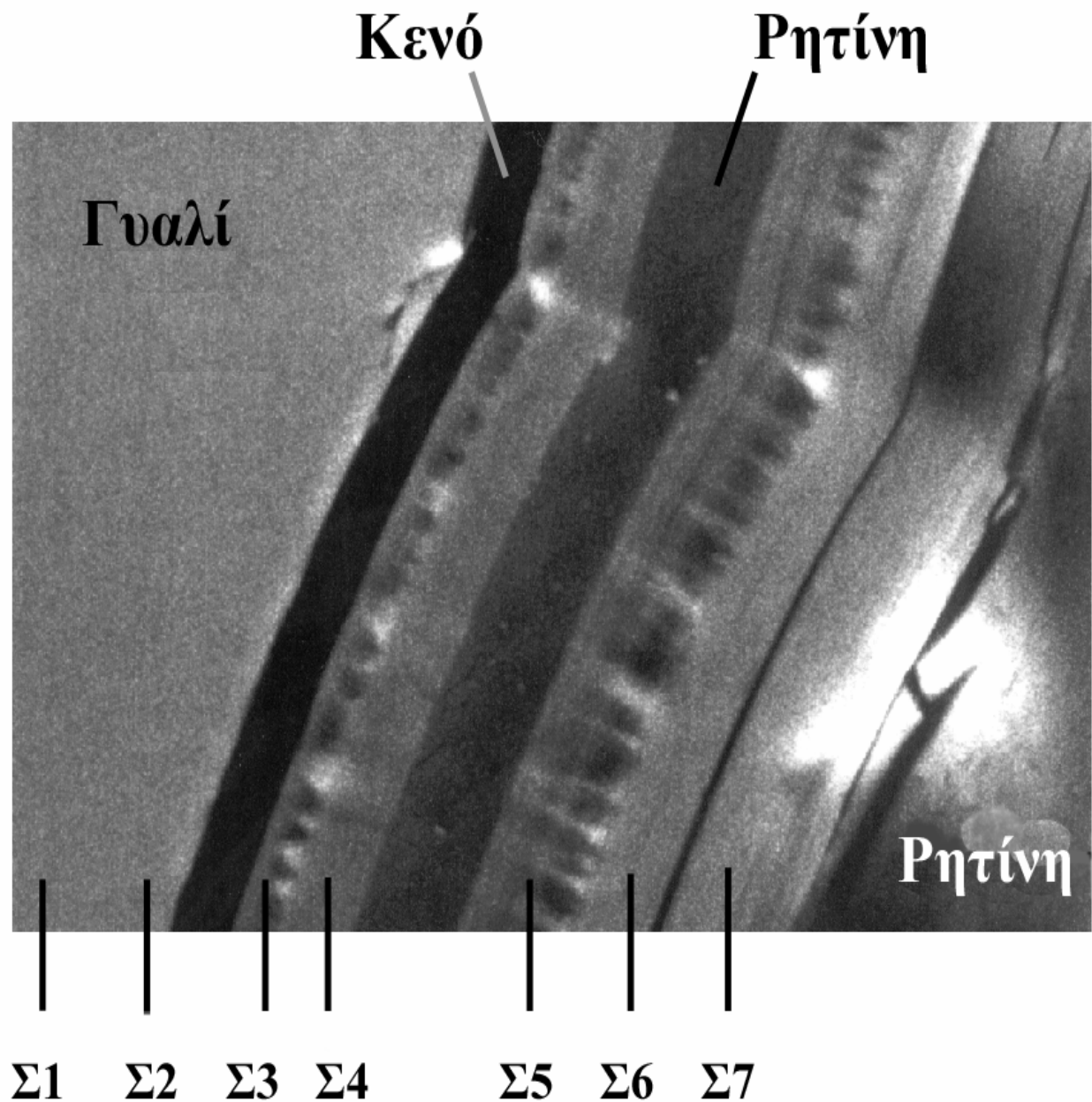
- Φυλλώδης διάβρωση (S.E.M.).



- Φυλλώδης διάβρωση (S.E.M.).



Φυλλώδης
διάβρωση -
στερέωση
με ρητίνη
(S.E.M.).

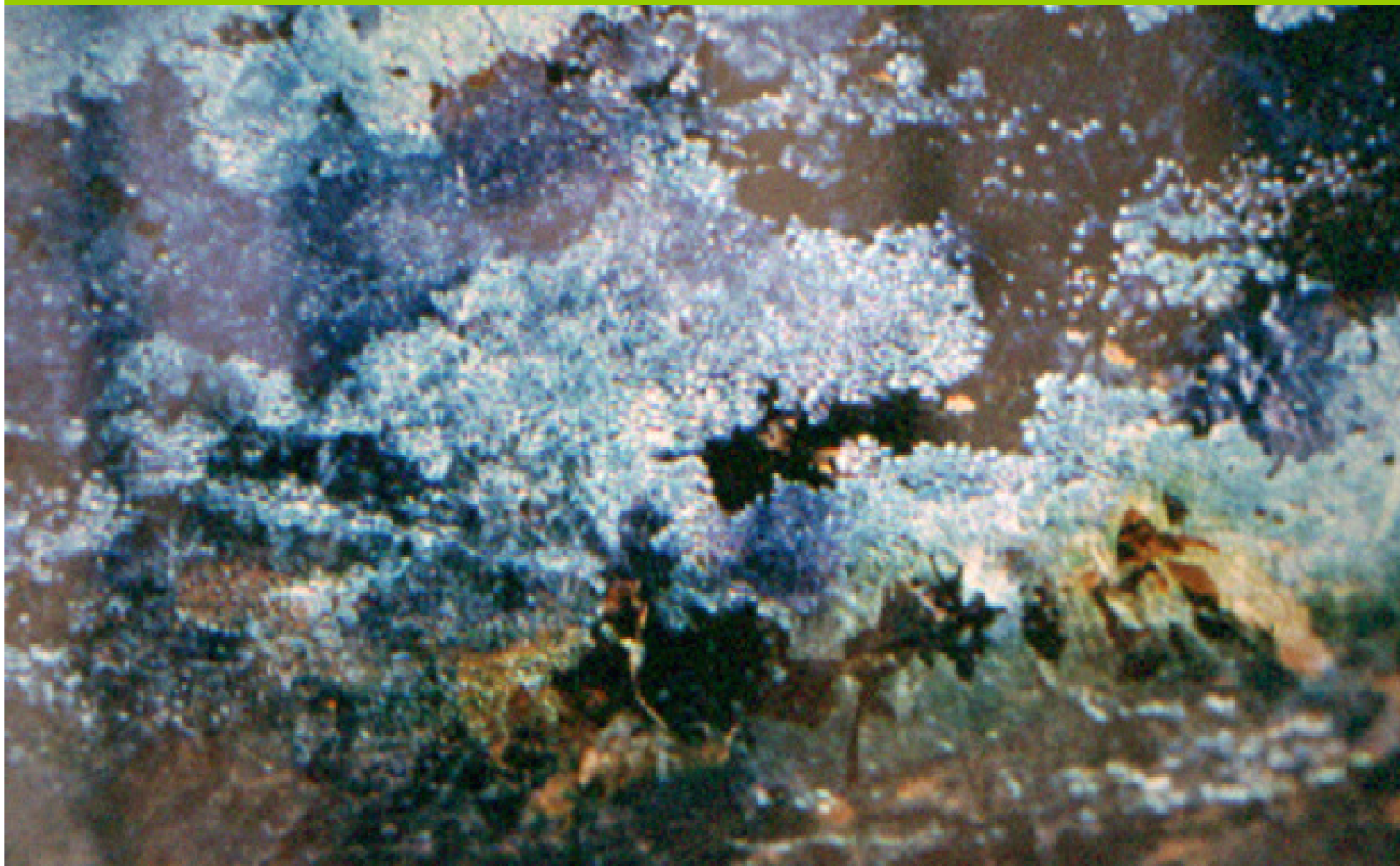


Ιριδισμοί

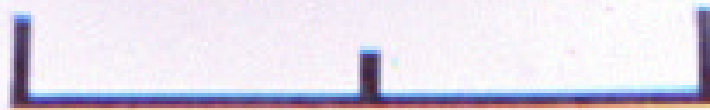
Δημιουργία ιριδισμών.

Δράση του νερού και δημιουργία αλληπάλληλων στρωμάτων με παρεμβολή του αέρα και ανάλυση του φωτός σε ανακλώμενο ή διερχόμενο φωτισμό.

- Ιριδισμοί.



- Ιριδισμοί.



2 cm

- Ιριδισμοί.

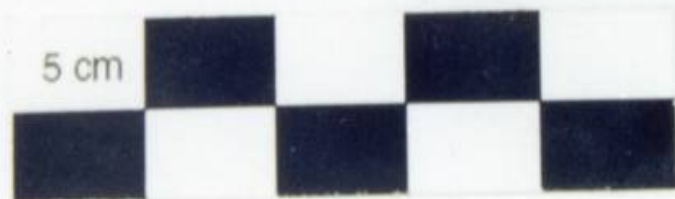


E1



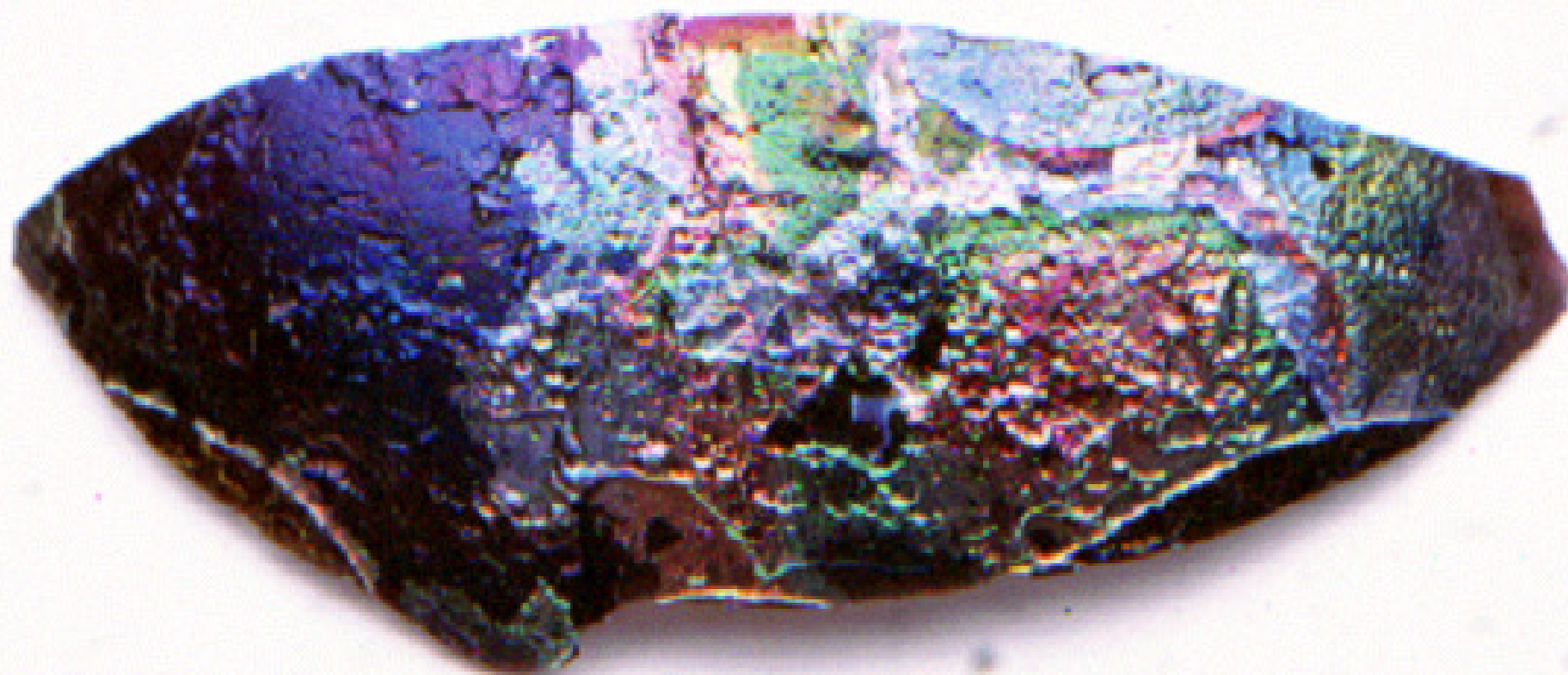
2 cm

- Ιριδισμοί.



E3

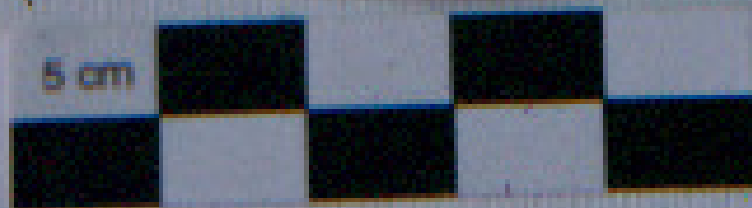
- Ιριδισμοί.



Γ3. 1

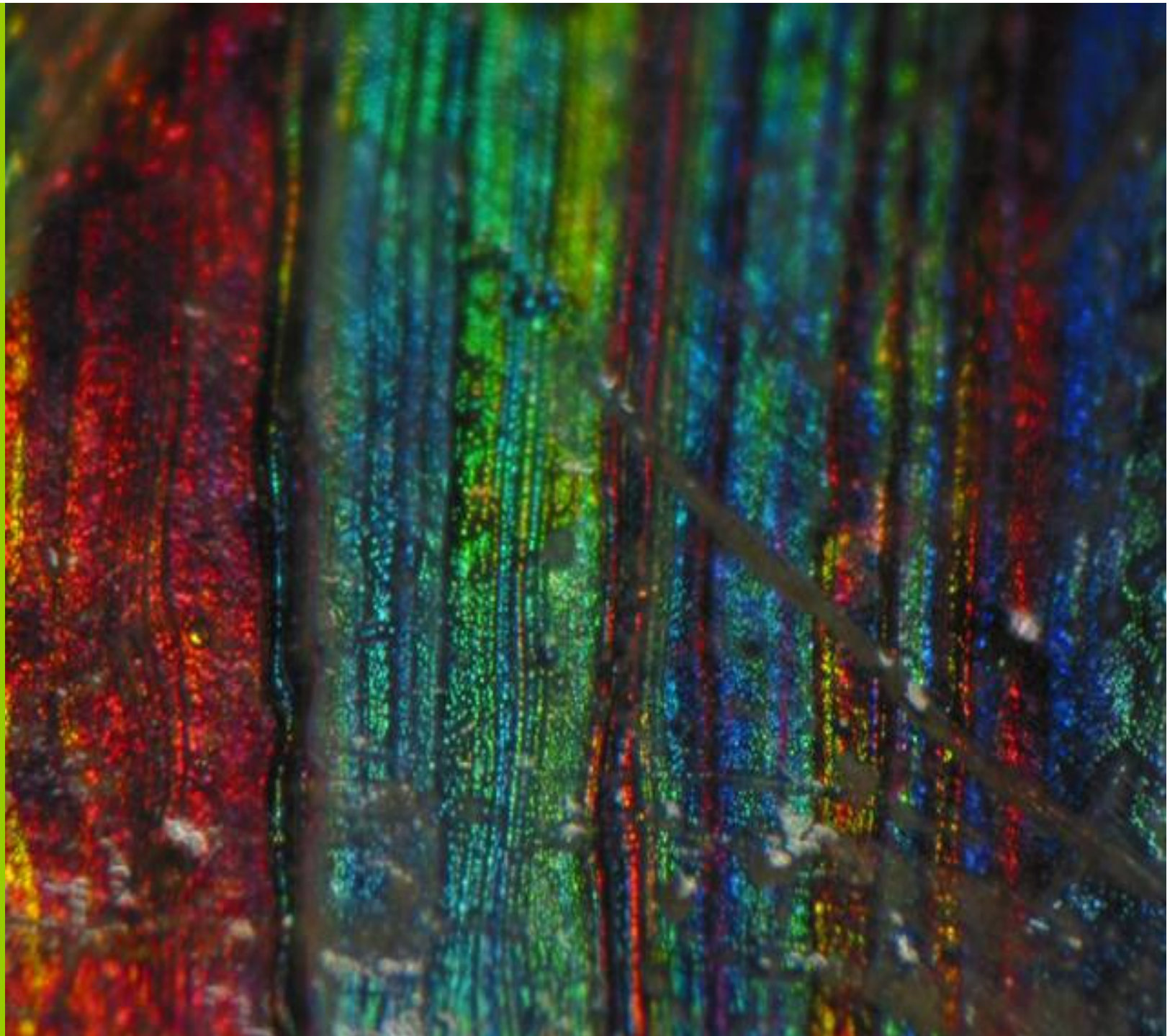
2 cm

- Ιριδισμοί.

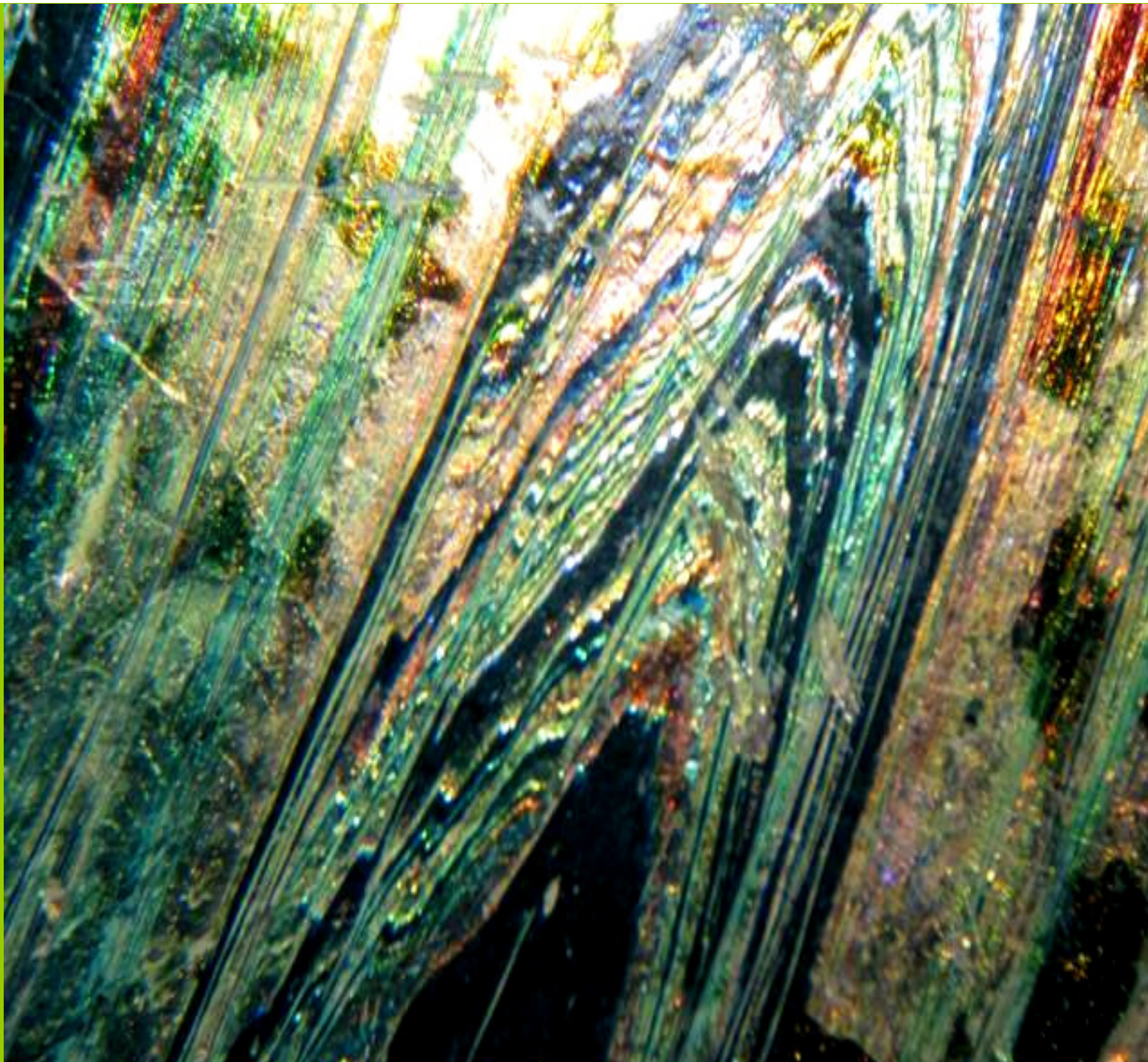


Δ3.1

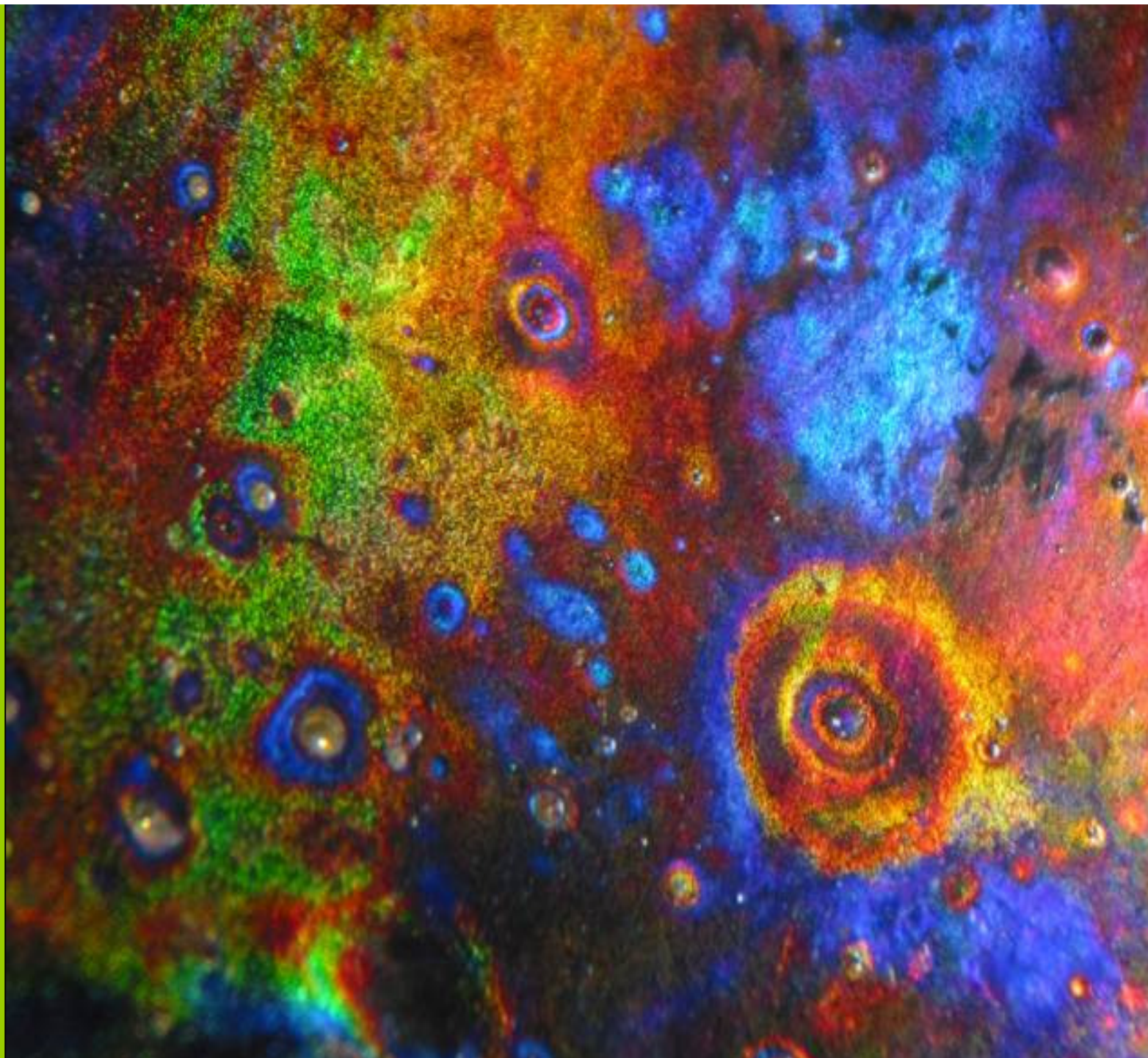
•Ιριδισμοί
(στερεομικροσκόπιο).



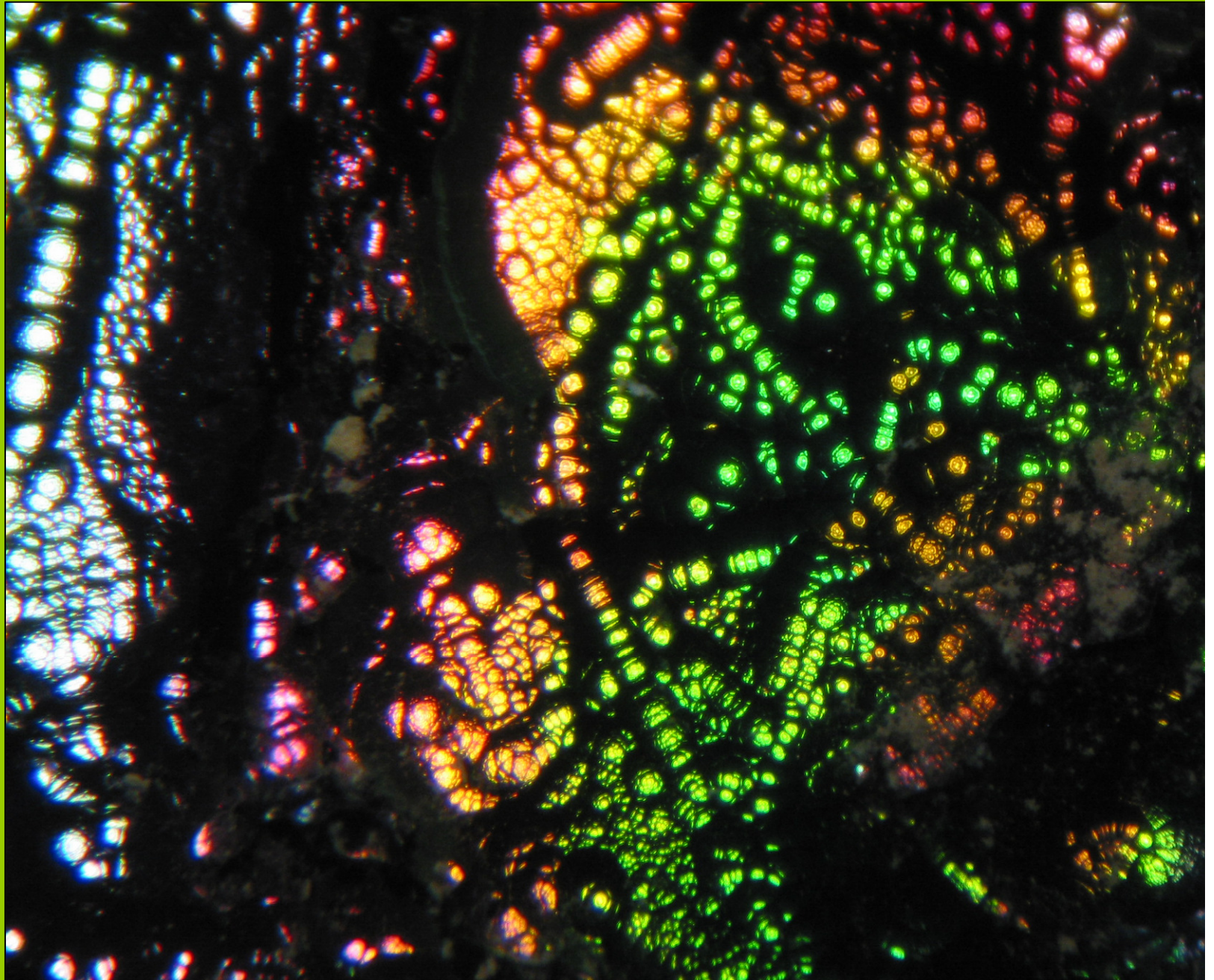
•Ιριδισμοί
(στερεομικροσκόπιο).



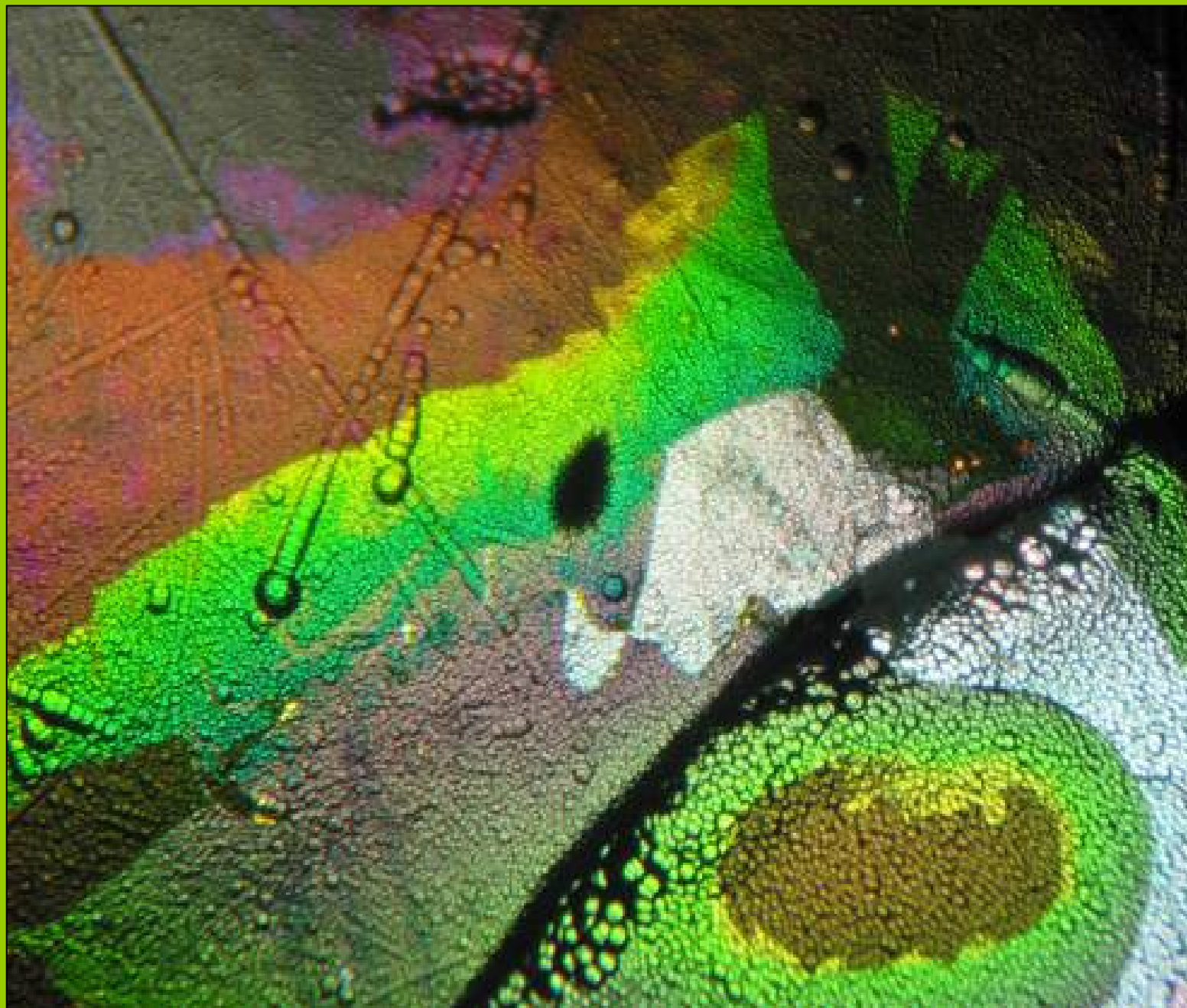
•Ιριδισμοί
(στερεομικροσκόπιο).



- Ιριδισμοί (στερεομικροσκόπιο).



•Ιριδισμοί (στερεομικροσκόπιο).



Γαλακτώδης διάβρωση

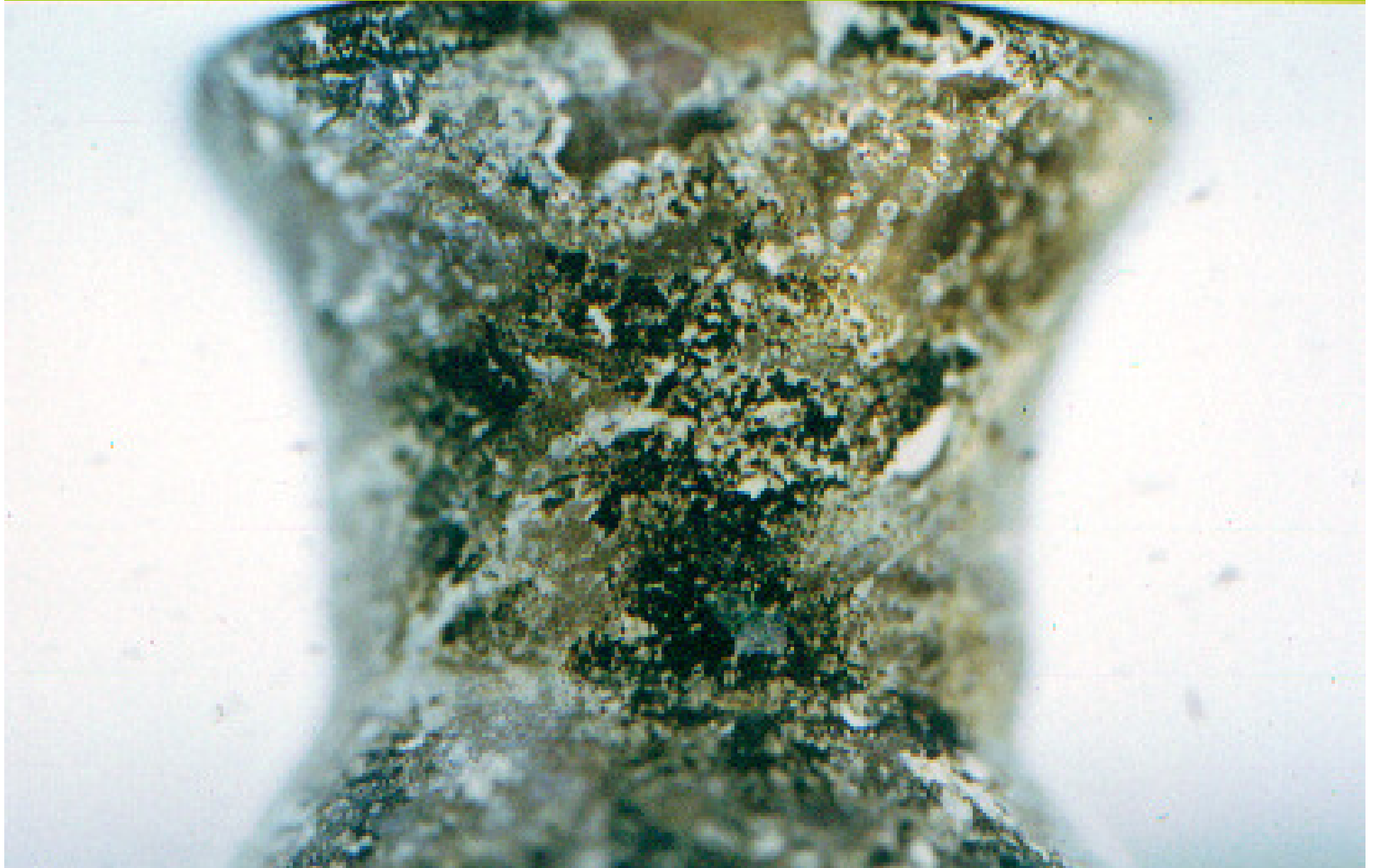
Δημιουργία γαλακτώδους αλλοίωσης ή διάβρωσης.

Κηλίδες συνήθως αδιαφανείς αρχικά λευκές και στη συνέχεια μαύρες ή καφέ σε συνδυασμό με ιριδίζοντες βελονισμούς.

- Γαλακτώδης διάβρωση.



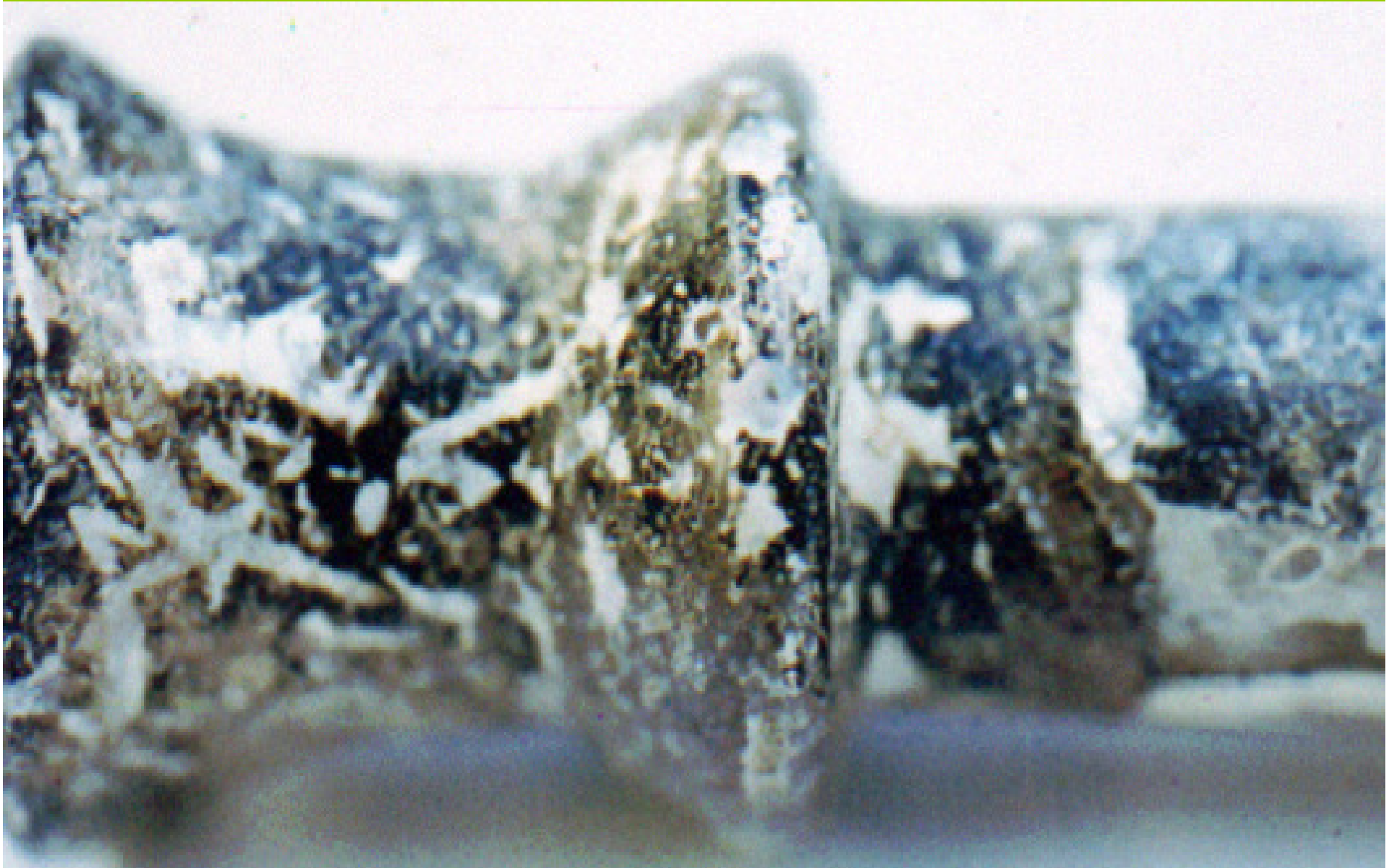
- Γαλακτώδης διάβρωση.



- Γαλακτώδης διάβρωση.



- Γαλακτώδης διάβρωση.



- Γαλακτώδης διάβρωση.

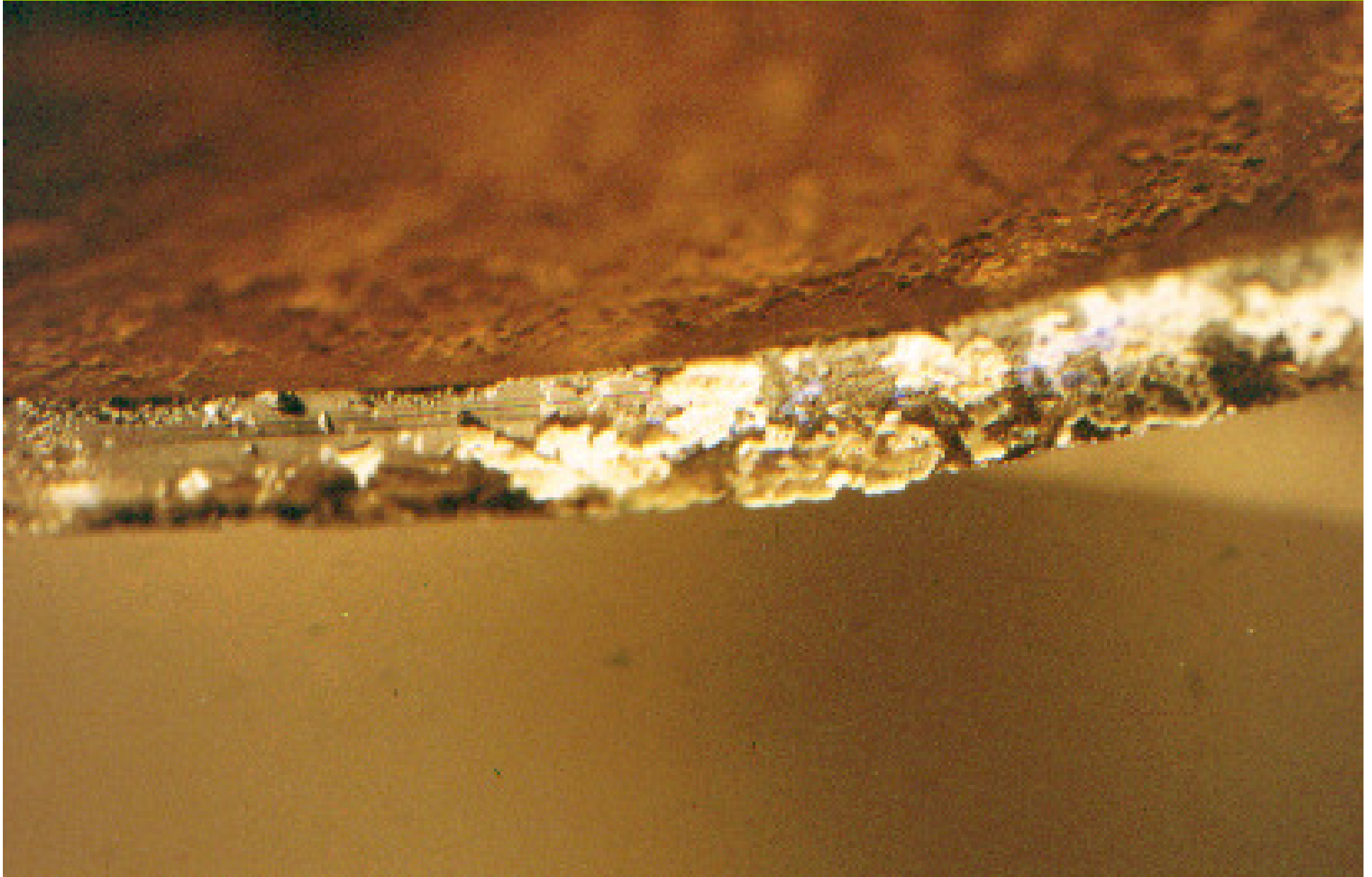


Απώλεια υαλώδους φάσης

Δημιουργία απώλειας υαλώδους φάσης.

Έσχατη μορφή διάβρωσης - άμορφη μάζα ζελέ διοξειδίου του πυριτίου (SiO₂).

- Απώλεια υαλώδους φάσης.



- Απώλεια υαλώδους φάσης.

