

Laser ultralabur baten bidezko urrezko estaldura meheen ablazioa

Armendariz, Lorea^{1,2}; Rodríguez, Ainara^{1,3}; Pan, Aldara^{1,3}; Beldarrain, Oihane^{1,3} eta López, Gabriel Alejandro²

¹CEIT- Basque Research and Technology Alliance (BRTA) Paseo Manuel Lardizábal 15, 20018 San Sebastián.

²Fisika Saila, Zientzia eta Teknologia Fakultatea, UPV/EHU, Sarriena Auzoa s/n, 48940 Leioa.

³Tecnun, Universidad de Navarra, Manuel Lardizabal 13, 20018 San Sebastián.



ZIENTZIA
ETA TEKNOLOGIA
FAKULTATEA
FACULTAD
DE CIENCIA
Y TECNOLOGIA



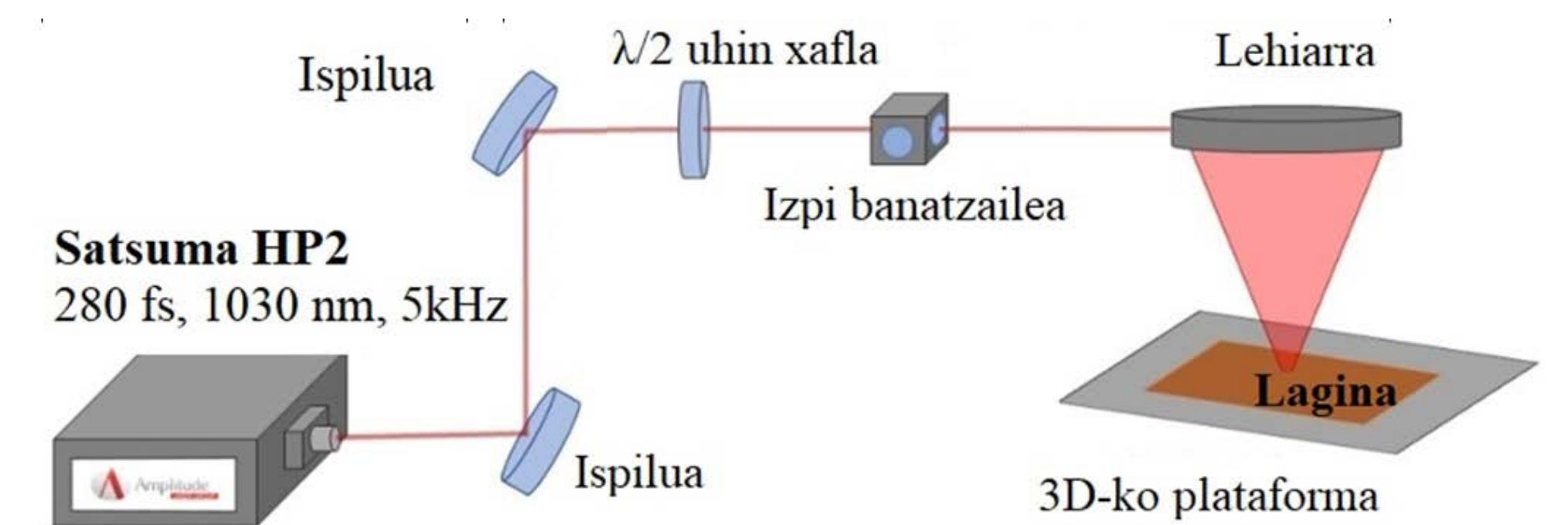
Sarrera

Geruza meheen mikrofabrikazioa solidoaren gainazaletik materiala erantzeari dagokion laser-ablazio bidez egiten da. Laser ultralaburrek femtosegunduko (10^{-15} s) iraupeneko pulsuak igortzen dituzte. Energia deposizio azkarra dela eta, kaltetutako bolumena murrizten da, bereizmen nanometrikoa bermatuz eta prozesuen kalitatea optimizatuz. Mikroegiturak ekoizteko parametroak aukeratzeko orduan material erantzeta prozesuari hasiera emango dion fluentzia atariaren estimazioa egitea ezinbestekoa da. Lan honetan parametro honen kalkulua egin eta bere portaera aztertu da geruzaren lodieraren eta konposizioaren arabera. Teknologia honek difrakzio elementu optikoen ekoizpenerako erabiltzen diren prozesu kimikoak ordezkatzea du helburu, modu erraz, merke eta azkar bateko ekoizpena ahalbidetuz.

Konfigurazio esperimental

1 mm-ko lodiera duten borosilikatozko beira erabili da sustratu gisa, non ihintzadura katodiko bitartez urrezko geruza meheak metatu diren, guztira 50 - 420 nm bitarteko lodierako laginak lortuz. Bestalde, tartean 50 nm-ko kromo geruza duen beste bi lagin sortu dira, guztira 300 nm eta 400 nm-ko kromo-urre pelikula bikoitzak lortuz.

Iterbio zuntz laserra (Satsuma Amplitude HP) erabili da 280 fs-ko iraupena duten linealki polarizatutako pulsuak sortzeko. 1030 nm-ko uhin-luzera zentrala, $\varnothing = 30 \mu\text{m}$ diametroa eta 5 KHz-ko maiztasuna duen erradiazioa igorri da materialen gainazalera, 20 J-ko pulstuko energia eta 5 J/cm^2 -ko fluentzia maximoa aplikatuz.

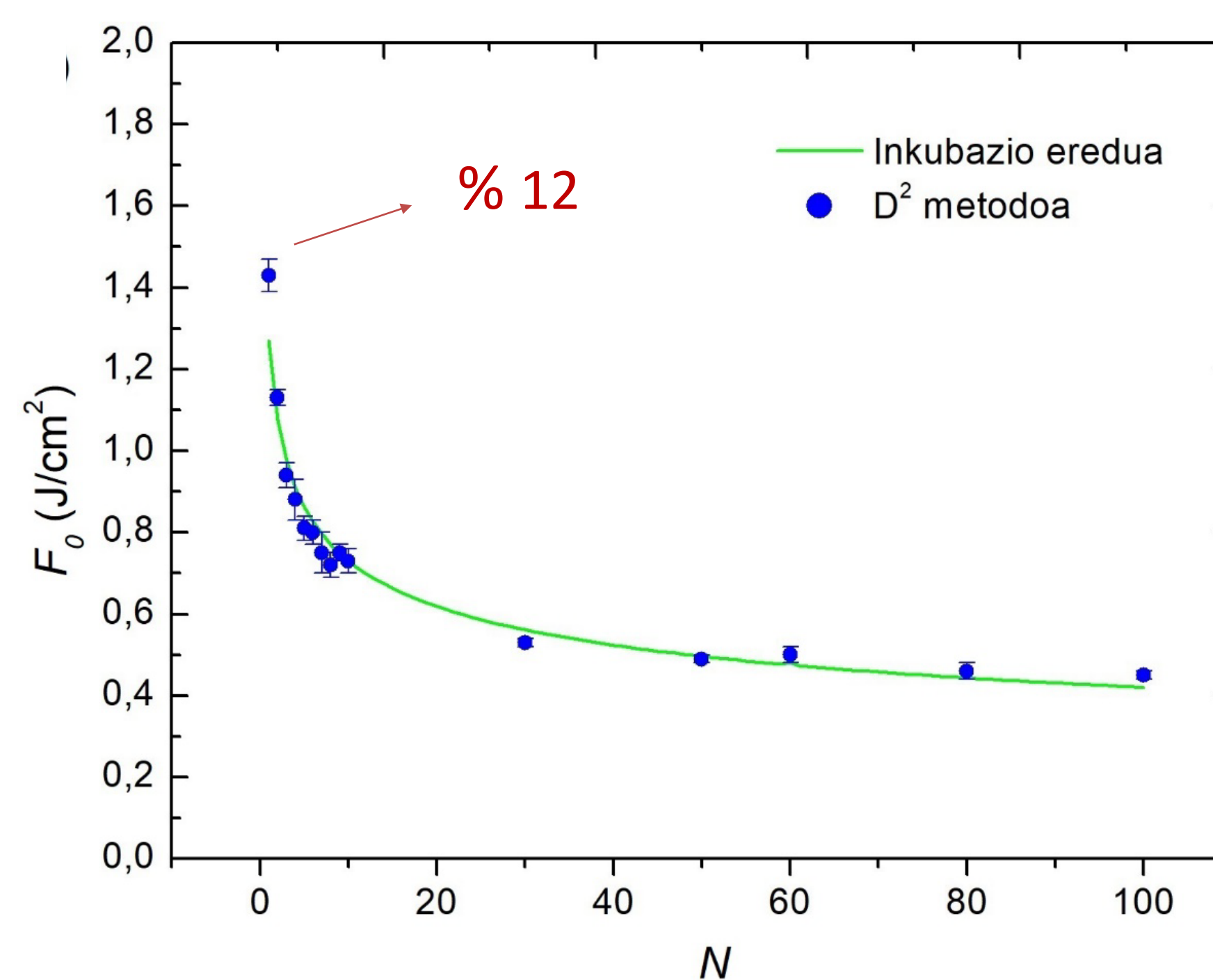
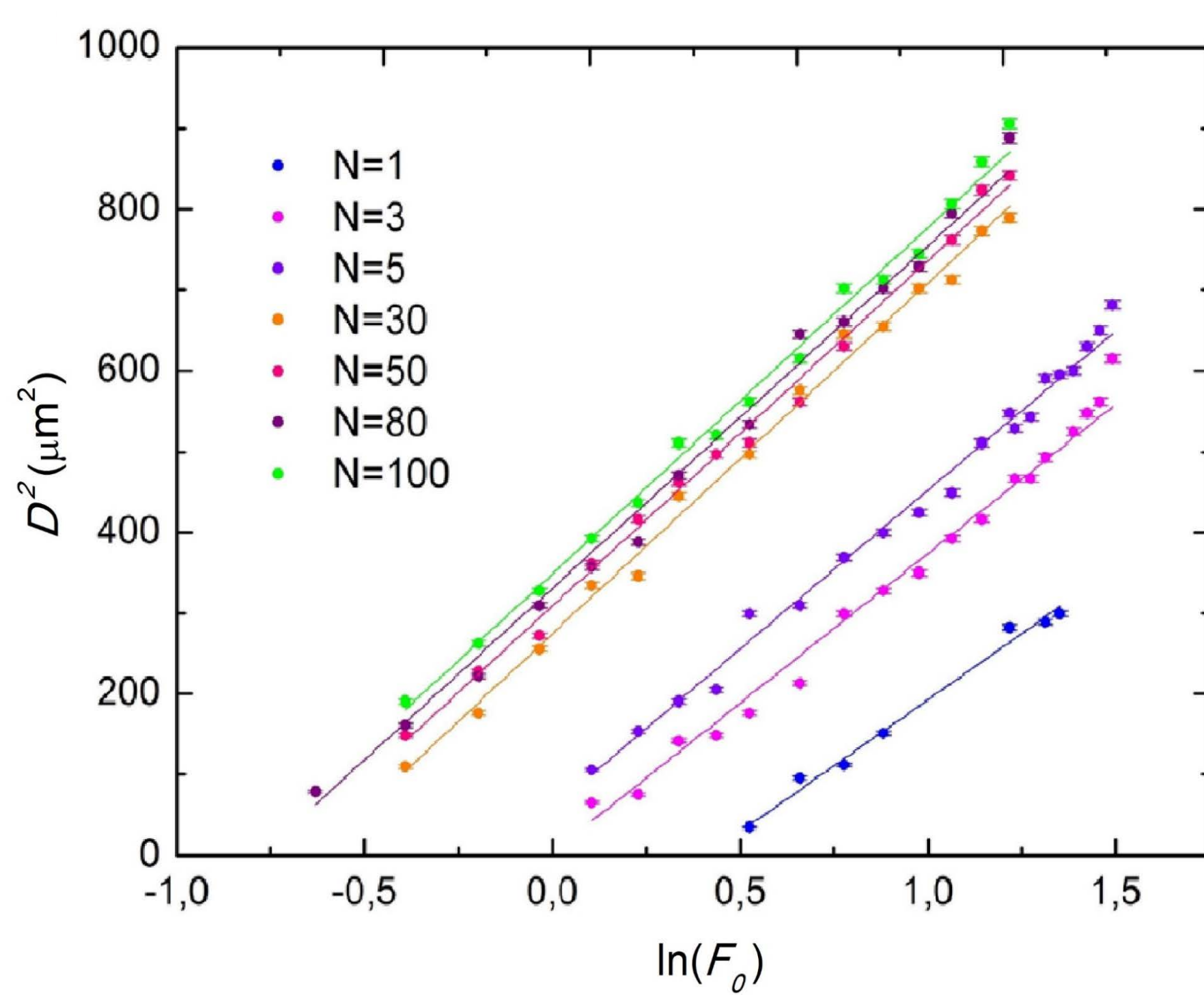


Emaitzak

D²-ren metodoa

Laser-ablazio bidez ekoiztutako kraterren diametroa aplikatutako fluentziarekin erlazionatzen da [1],

$$D_i^2 = 2w_{0i}(\ln F_0 - \ln F_{thi}), \quad F_0 = 2E_p/2w_0$$

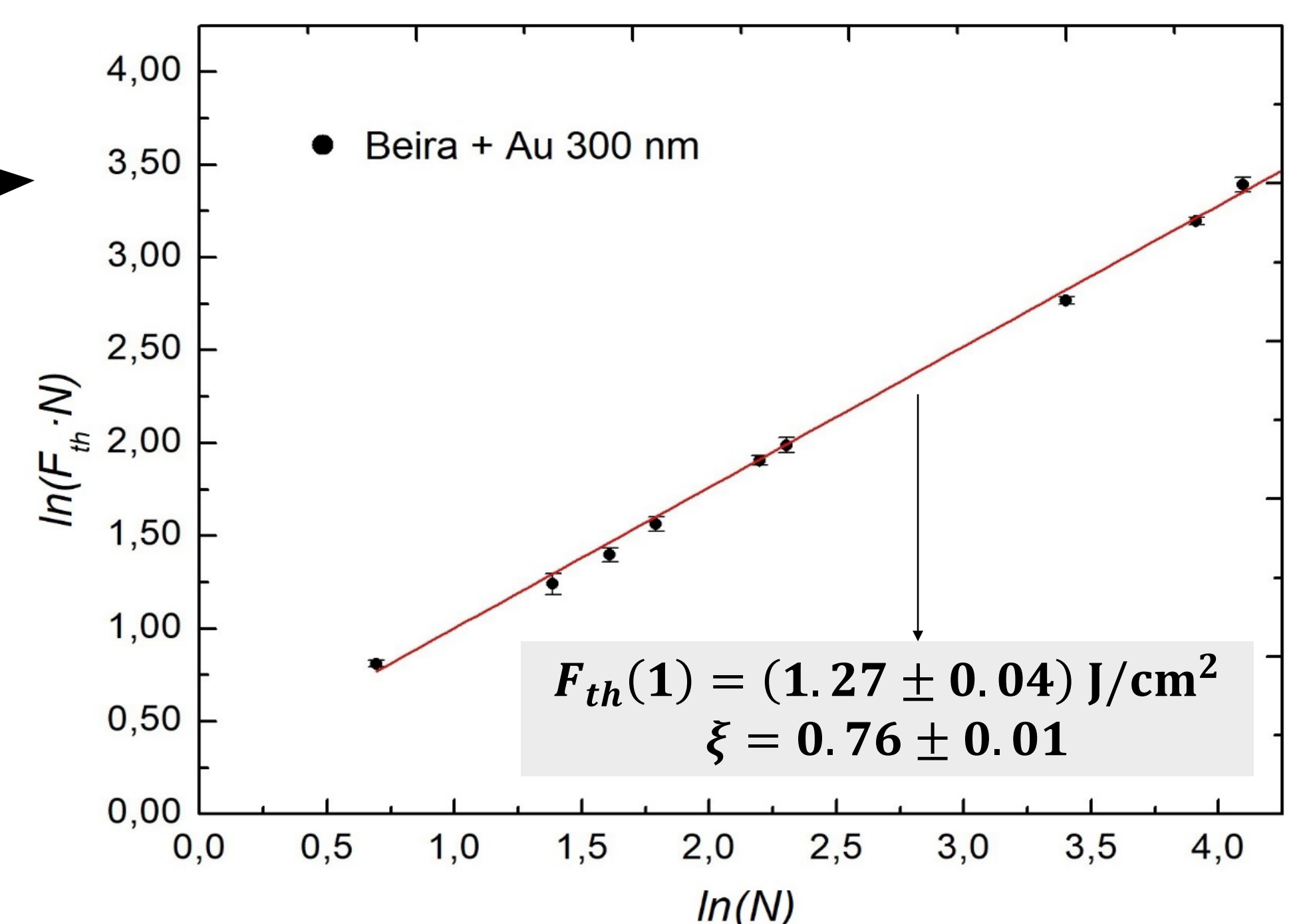


Bi metodoen bidez lortutako emaitzen errore erlatiboa %12-koa da pulsu bakarraren kasurako. Beste kasuetan %0-7 artean mantentzen da, onargarritzat har daitekeena.

Inkubazio teoria

Fluentzia-ataria pulsu kopuruaren arabera da. Pulsu kopuruarekin batera, materialaren deformazioak eransketari laguntzen dio [2],

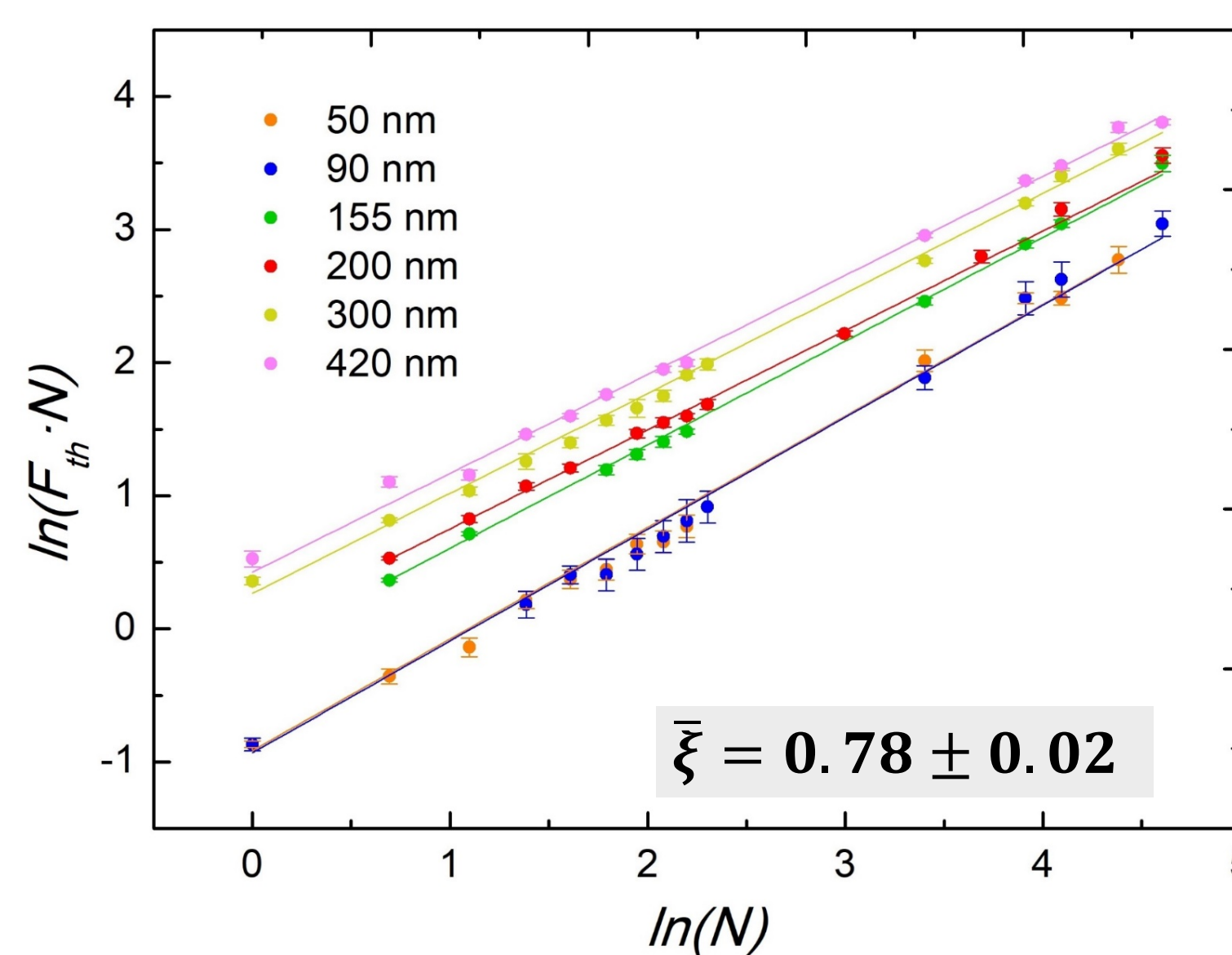
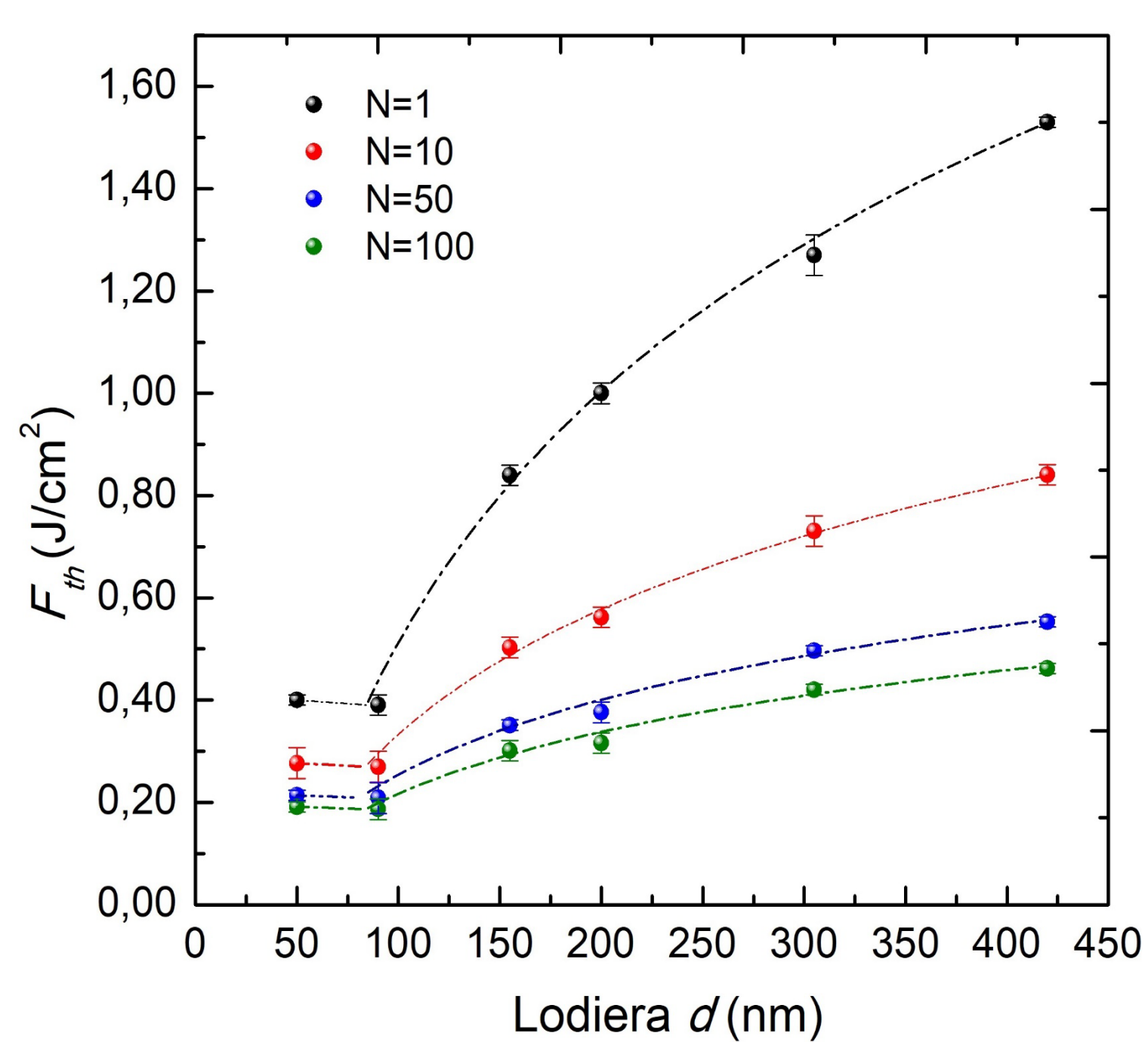
$$\ln(F_{th}(N) \cdot N) = F_{th}(1) + \xi \ln(N)$$



Geruzaren lodieraren efektua

D²-ren metodoa eta inkubazio teoria aplikatu dira 50 - 420 nm bitarteko lodiera desberdinentzat.

Inkubazio faktorea ez da lodieraren arabera, izan ere, $\xi = 0.78 \pm 0.02$ batez besteko balioa lortu da.

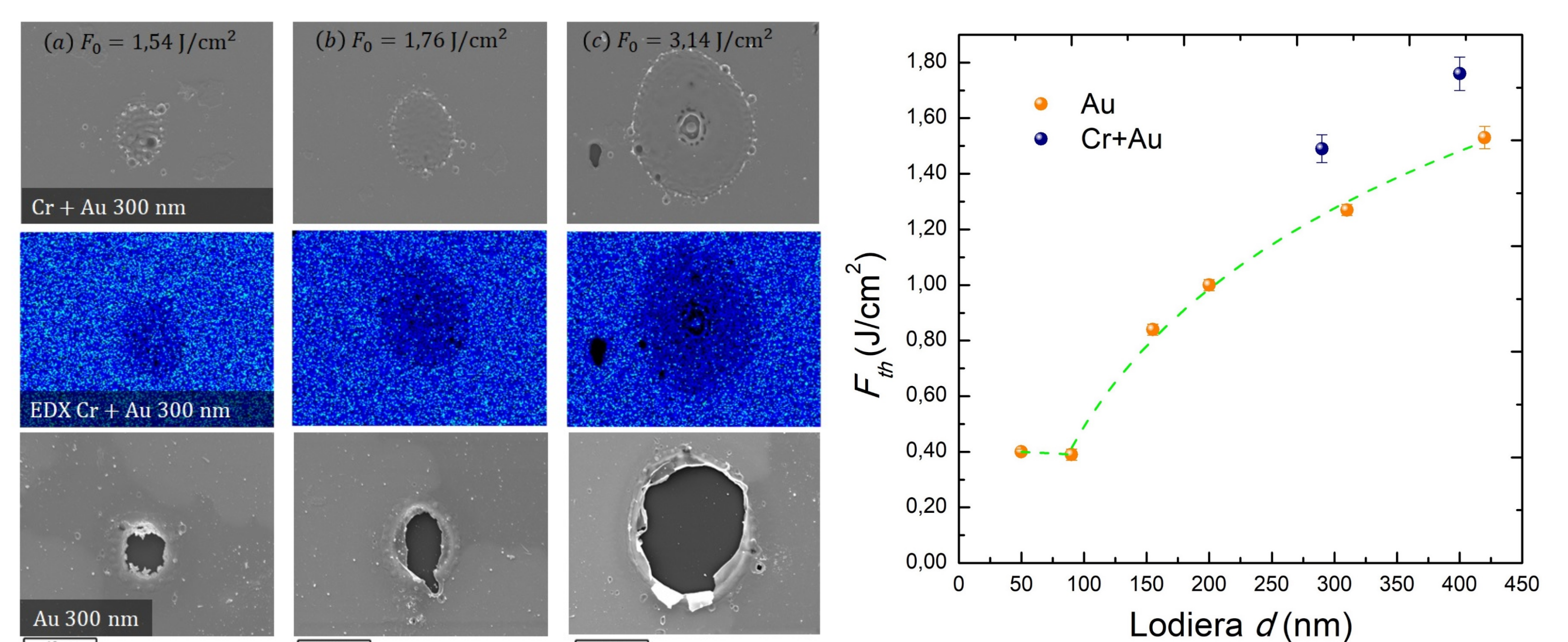


$d < 100 \text{ nm} \rightarrow F_{th}$ konstante
 $d > 100 \text{ nm} \rightarrow F_{th}$ lodierarekin hazi

Elektroiak oztupo gabe higitzen dira **elektroien luzera balistikoa** baino distantzia txikiagoetan, energia modu homogeneoan sakabanatuz. Distantzia handietan, gero eta gehiago kostatzen zaie ingurunea berotzea [3].

$$l_{ball} \approx 100 \text{ nm}$$

Geruza bikoitza: kromoa eta urrea



Irudietan zein grafikan behatzen da Cr/Au laginean potentzia handiagoa behar dela ablazio prozesuari hasiera emateko. Igoera hau elektroien eta fonoien arteko **akoplamendu konstante**ari dagokio [4],

$$G(\text{Au}) = 2.65 \cdot 10^{16} \text{ Wm}^{-3}\text{K}^{-1} < G(\text{Cr}) = 42 \cdot 10^{16} \text{ Wm}^{-3}\text{K}^{-1}$$

Kromoak lehenago pasako du energia bere ioi sarera, energia gehiago xahutuz. Ondorioz, urrearen sarera energia gutxiago helduko da, gehiago kostatuko zaio ablazio-prozesuari hasiera emateko behar duen energia lortzea.

Ondorioak

- Urrearen **inkubazio faktorearen** 0.78 balioa lortu da eta pulsu bakarreko **atari fluentzia** 1.27 J/cm^2 -koa izan da.
- D²-ren metodoa** zein **inkubazio teoria** baliagarriak dira atari fluentzia kalkulatzeko.
- Geruza meheentzat, fluentzia-ataria konstante mantendu da. Estaldura lodiagotan aldiz, hazkuntza joera erakutsi da, 100 nm-ak bi tarteen arteko muga izanik, **elektroien luzera balistikoa**rekin lotu dena.
- Sustratua eta urrearen artean kromo geruza bat gehitzean **fluentzia atariaren igoera** behatu da. Irradiazioarekiko erresistentzia handiagoa duten materialak ekoizteko emaitza baliagarria izan daiteke.

Erreferentziak

- [1] Liu et al. *Opt. Lett.* 7.196–198 (1982)
- [2] Jee et al. *J. Opt. Soc. Am. B* 5.648–659 (1988).
- [3] Hohlfeld et al. *Appl Phys* 64, 387–390 (1997)
- [4] Qiu et al. *International Journal of Heat and Mass Transfer* 37. 2799–2808 (1994).