

Nature 517, 342–346 (15 January 2015)

doi:10.1038/nature14094

Az elektronok haladásának és a dielektromos árnyékolásnak a közvetlen megfigyelése atomi hosszúságskálán

(Direct observation of electron propagation and dielectric screening on the atomic length scale)

S. Neppi, R. Ernstorfer, A. L. Cavalieri, C. Lemell, G. Wachter, E. Magerl, E. M. Bothschafter, M. Jobst, M. Hofstetter, U. Kleineberg, J. V. Barth, D. Menzel, J. Burgdörfer, P. Feulner, F. Krausz és R. Kienberger

Kristályos anyagokban az elektronok haladása, transzportja a szilárdtest elektronikai eszközök működésének alapvető folyamata. A mikroszkopikus elméletek a folyamatot a Bloch-hullámcsomag mozgásával írják le. A folyamat közvetlen, ellenőrzött körülmények közötti, valós idejű megfigyelésére mindeztáig nem került sor. A cikk a kutatási területen bekövetkezett áttörésről számol be. A Krausz Ferenc és Reinhard Kienberger (Max-Planck Institute for Quantum Optics, Garching) által vezetett kísérleti csoport és Joachim Burgdörfer (Vienna University of Technology és Atomki) elméleti csoportja közötti együttműködés keretében első ízben sikerült megfigyelni és elméletileg szimulálni az elektron hullámcsomag valós idejű, atomi skálán történő mozgását. A kísérlet kulcsa ultravékony, néhány Ångström vastagságú magnézium filmek használata volt, amely filmeket jól ellenőrzött módon wolfram kristályra rétegeztek. A mérések során egy ultragyors, attoszekundumos ($1 \text{ as} = 10^{-18} \text{ s}$) fényimpulzussal vagy a wolfram hordozóból, vagy pedig a magnézium rétegből fotoelektront váltottak ki. Az elektron áthaladása az adszorbeált rétegen csupán néhány tíz attoszekundumot vesz igénybe. A gyors fényimpulzus lehetővé tette a fotoelektron-hullámcsomag mozgásának követését. A réteg felszínére történő érkezés idejének a mérése az optikai sávkamera elvén működő "órával" történt, egy további ultragyors fényimpulzus segítségével. Az elméleti szimuláció azt mutatja, hogy ezen a rövid időskálán az elektron transzportja csaknem teljesen ballisztikus, ellentétben a sokkal hosszabb időskálákon megfigyelt diffúziós mozgással. Ennek az attoszekundumos metrológiának a pontossága annak köszönhető, hogy a határfelületeken az optikai térerő árnyékolása hirtelen, atomi skálán következik be, amelyet időtől függő sűrűségfüggvény számítások is alátámasztottak. A rétegeken és határfelületeken történő elektrontranszport valós idejű megfigyelése által lehetőség nyílik azoknak a jelenségeknek a mélyebb megértésére, amelyek sarkalatos fontosságúak az elektronikus és fotonikus eszközök további méretcsökkentése szempontjából. Ez a kutatás azon új lehetőségek irányába is mutat, amelyek a várhatóan 2017-ben Szegeden megépülő új európai lézereközpont (ELI-ALPS) által nyílnak meg. Az ELI által szolgáltatott nagyintenzitású, magas ismétlési frekvenciájú attoszekundumos impulzusokkal újszerű jelenségeket lehet majd vizsgálni az atomi és molekuláris rendszerekben, valamint a kondenzált anyagokban.