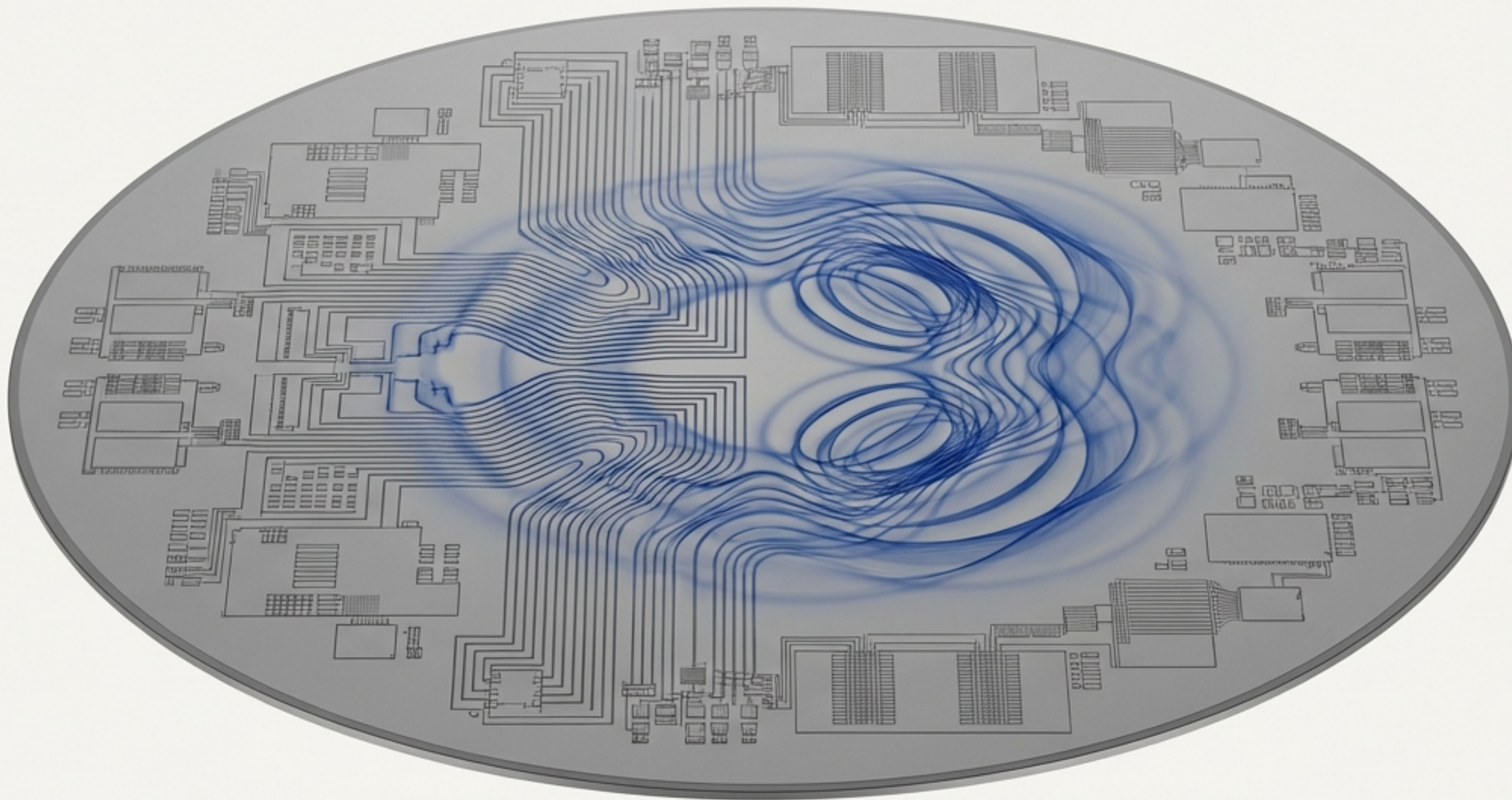


Kvantni preskok na klasičnem čipu

Kako nov superprevodni polprevodnik združuje svetova računalništva.



Dva ločena sveta: Veliki izziv sodobne tehnologije

KLASIČNO RAČUNALNIŠTVO



Zgrajeno na siliciju in germaniju.
Zrelo, robustno in osnova bilijone
dolarjev vredne industrije.

KVANTNO RAČUNALNIŠTVO



Uporablja eksotične materiale.
Občutljivo, specializirano in težko
za integracijo.

Povezovanje teh dveh svetov na enem samem čipu je eden
največjih nerešenih problemov v računalništvu.

60-letne sanje o superprevodnem polprevodniku



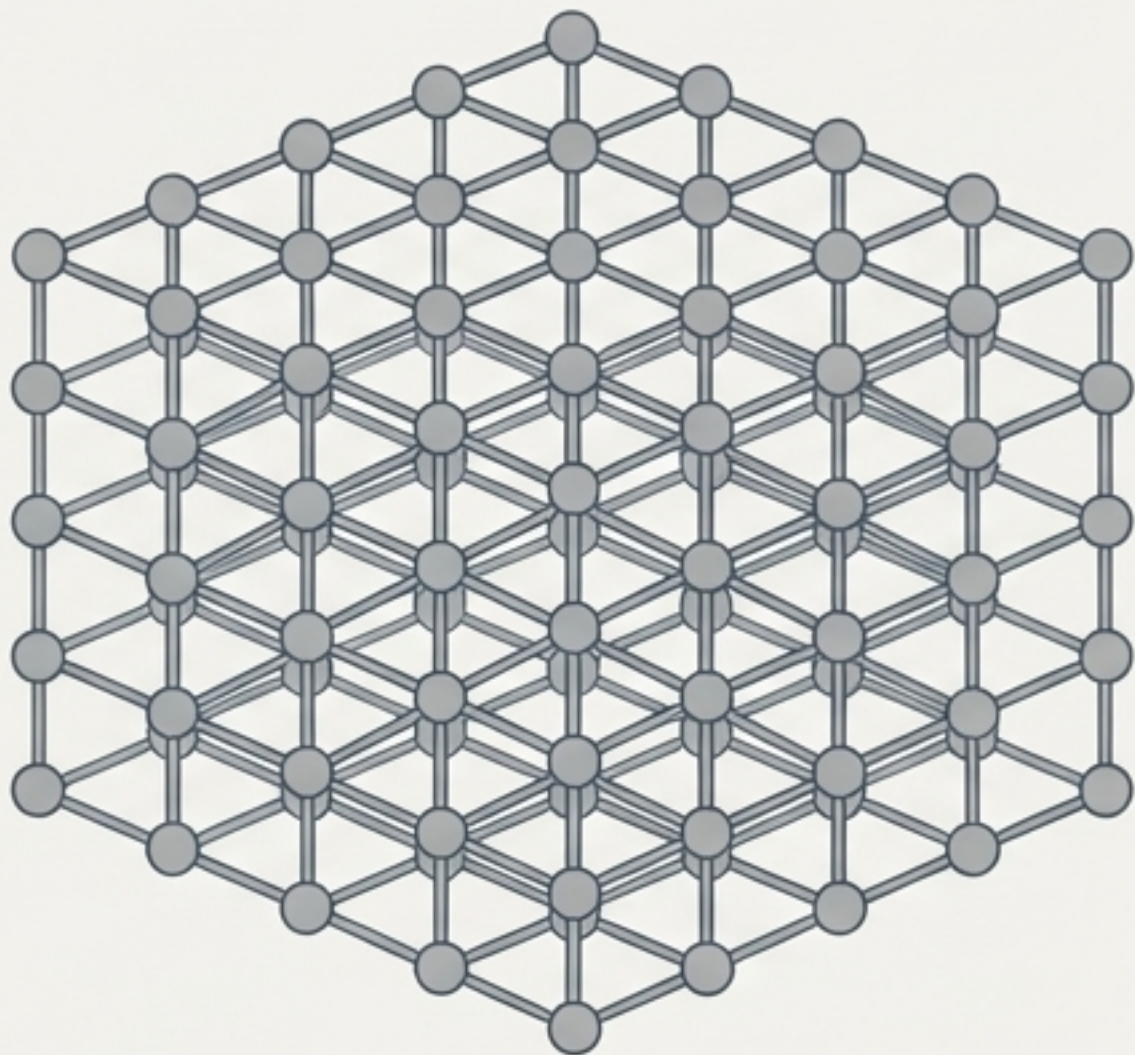
Leta 1964 je fizik Marvin Cohen prvič predlagal teorijo, da bi lahko polprevodnik z dovolj visoko stopnjo dopiranja postal superprevoden.

Ta ideja je desetletja ostala teoretični cilj – sveti gral, ki bi lahko združil najboljše lastnosti polprevodnikov in superprevodnikov.

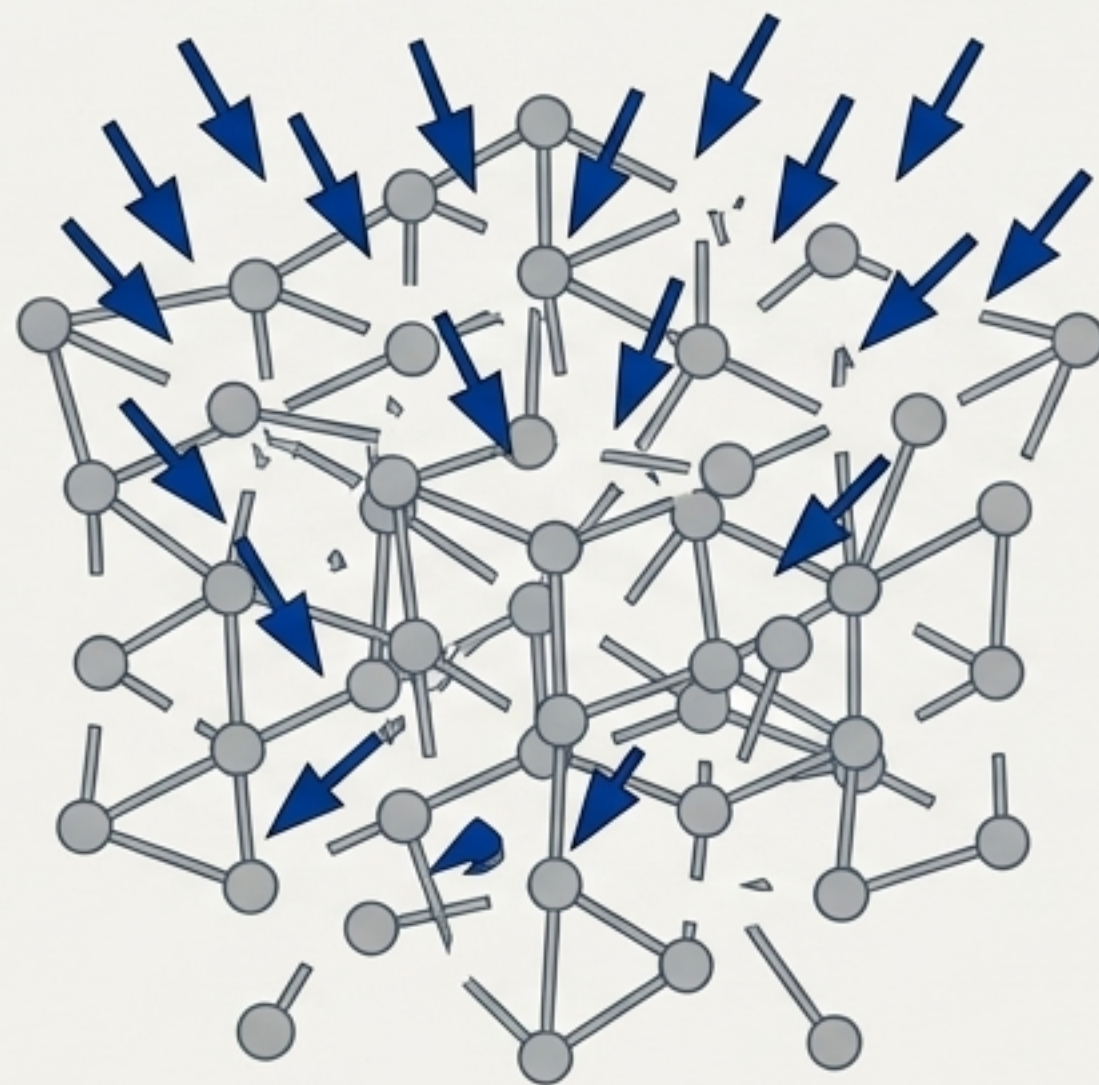


Slepa ulica: Zakaj so pretekli poskusi spodleteli

PREJ



POTEM



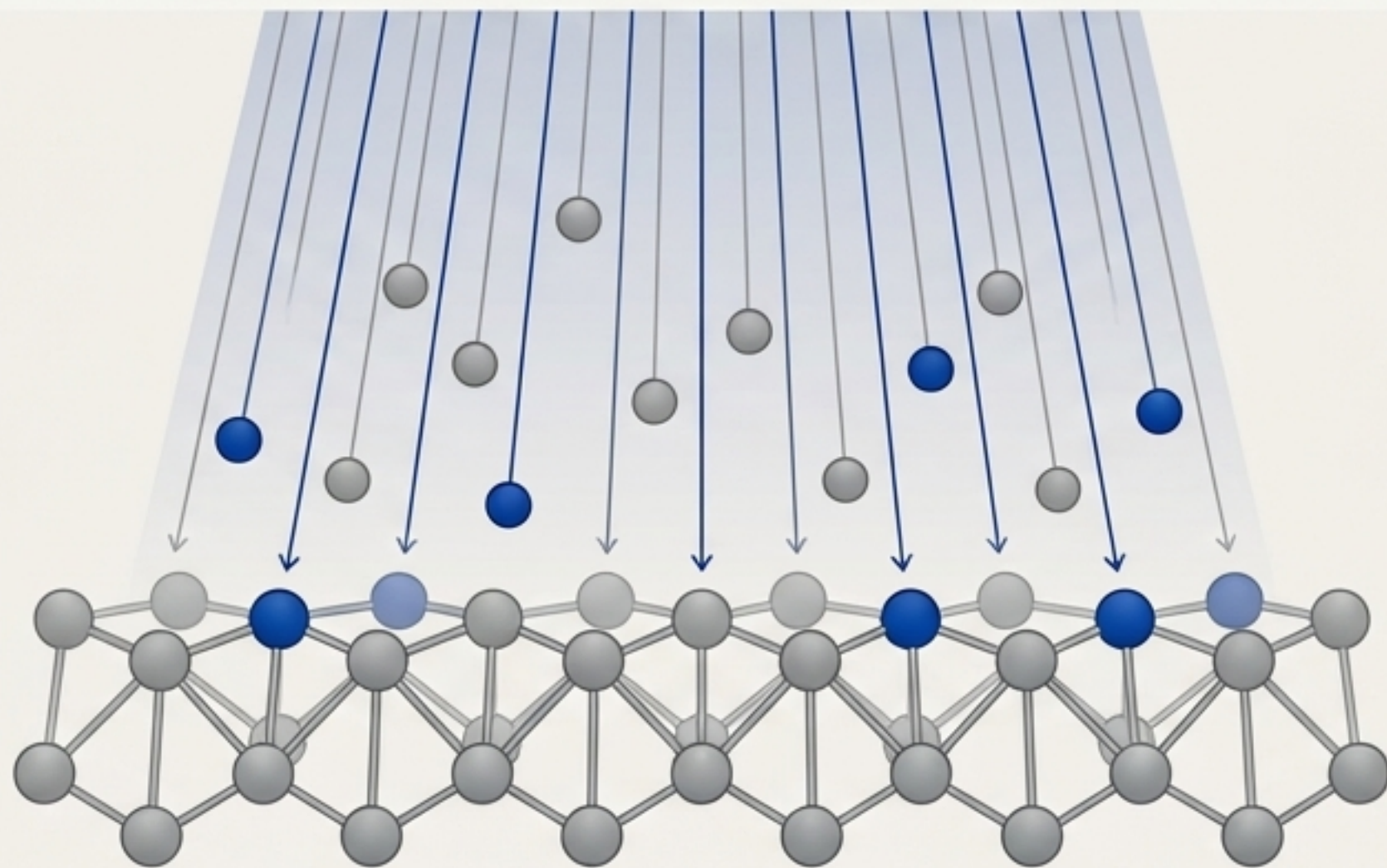
Koncept: Metoda 'bombardiranja'

V 2000-ih in 2010-ih so raziskovalci poskušali "bombardirati" silicij in germanij z atomi superprevodnih kovin.

Ključna težava:

"S bombardiranjem na nek način uničiš kristalno mrežo," pojasnjuje Javad Shabani, profesor fizike na Univerzi v New Yorku. Agresiven postopek je ustvaril toliko neurejenosti, da ni bilo jasno, ali je nastala nova superprevodna faza ali pa so se dopanti zgolj združili v otoke superprevodnega materiala. Shabanijeva ekipa je poskusila sama: 'Zgolj dodali smo k uganki.'

Preboj: Natančna gradnja, atom za atomom



Nova metoda: Epitaksija z molekularnim žarkom (MBE)

Kako deluje:

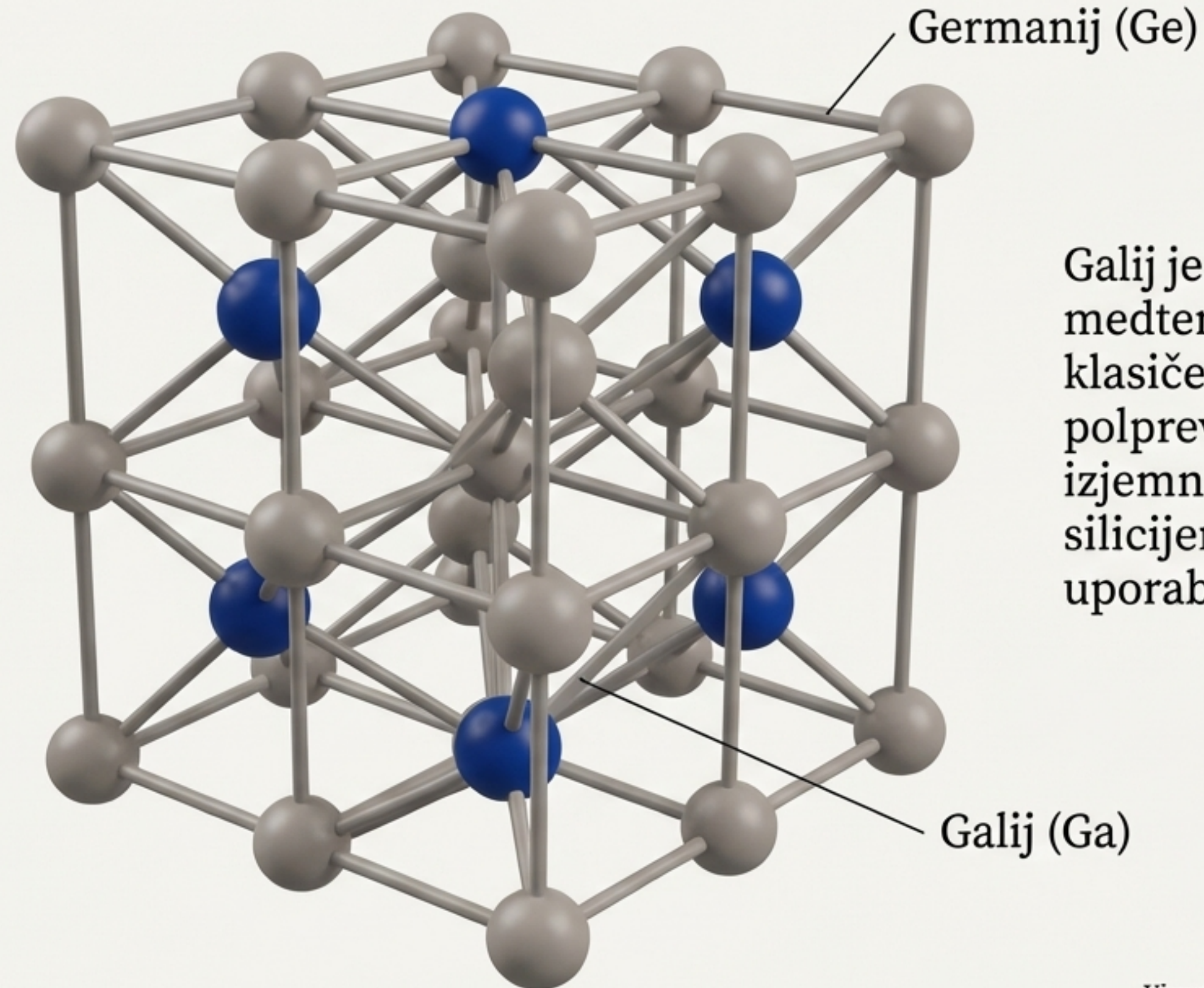
Namesto vsiljevanja atomov v obstoječo mrežo, MBE gradi kristal popolnoma na novo, plast za plastjo. Površino se v natančno določenih pogojih izpostavi atomom germanija in galija.

Ključna prednost:

Ta metoda ni omejena z 'mejami topnosti', ki so ovirale prejšnje poskuse. Atomi se ne združujejo v kepe, temveč se enakomerno vgradijo v kristalno mrežo med njeno rastjo.

Rojstvo novega materiala: Germanij, dopiran z galijem

Rezultat: Popolnoma urejena kristalna struktura germanija (Ge), v kateri je vsak osmi atom germanija zamenjan z atomom galija (Ga).

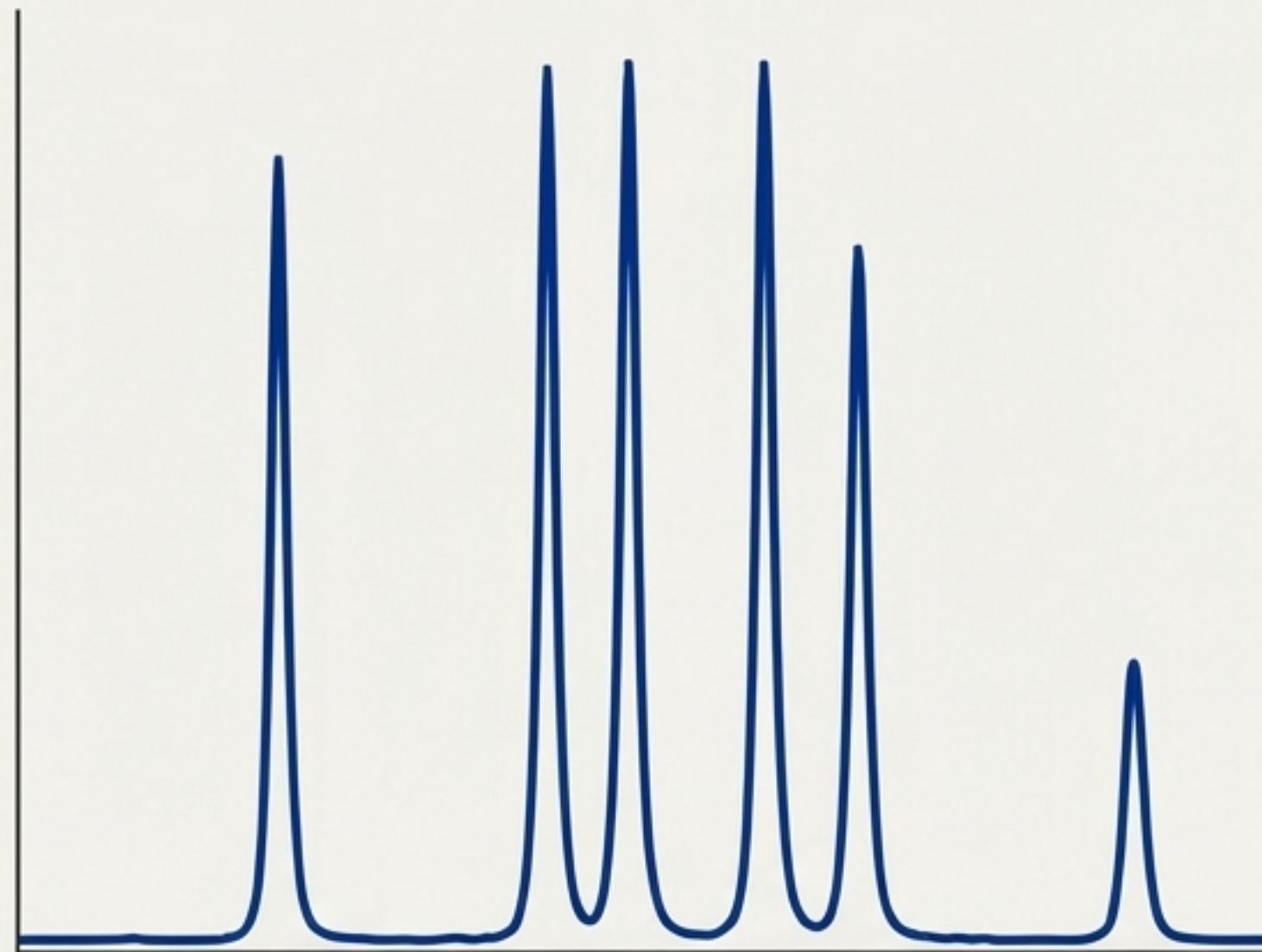


Galij je superprevodnik, medtem ko je germanij klasičen polprevodnik, ki je izjemno združljiv s silicijem in se že uporablja v industriji.

Dokaz na atomski ravni: Potrditev iz Avstralije

Verifikacija

- Vzorce so poslali na Univerzo v Queenslandu za karakterizacijo z najsodobnejšo opremo.
- Analiza je potrdila, da je nova kristalna struktura izjemno urejena in vsebuje zelo malo nepopolnosti.
- Razmik med atomi v plasteh je ostal enak kot pri čistem germaniju, medtem ko se je razdalja med plastmi rahlo povečala, da bi sprejela nekoliko večje atome galija – natanko tako, kot je predvidela teorija.



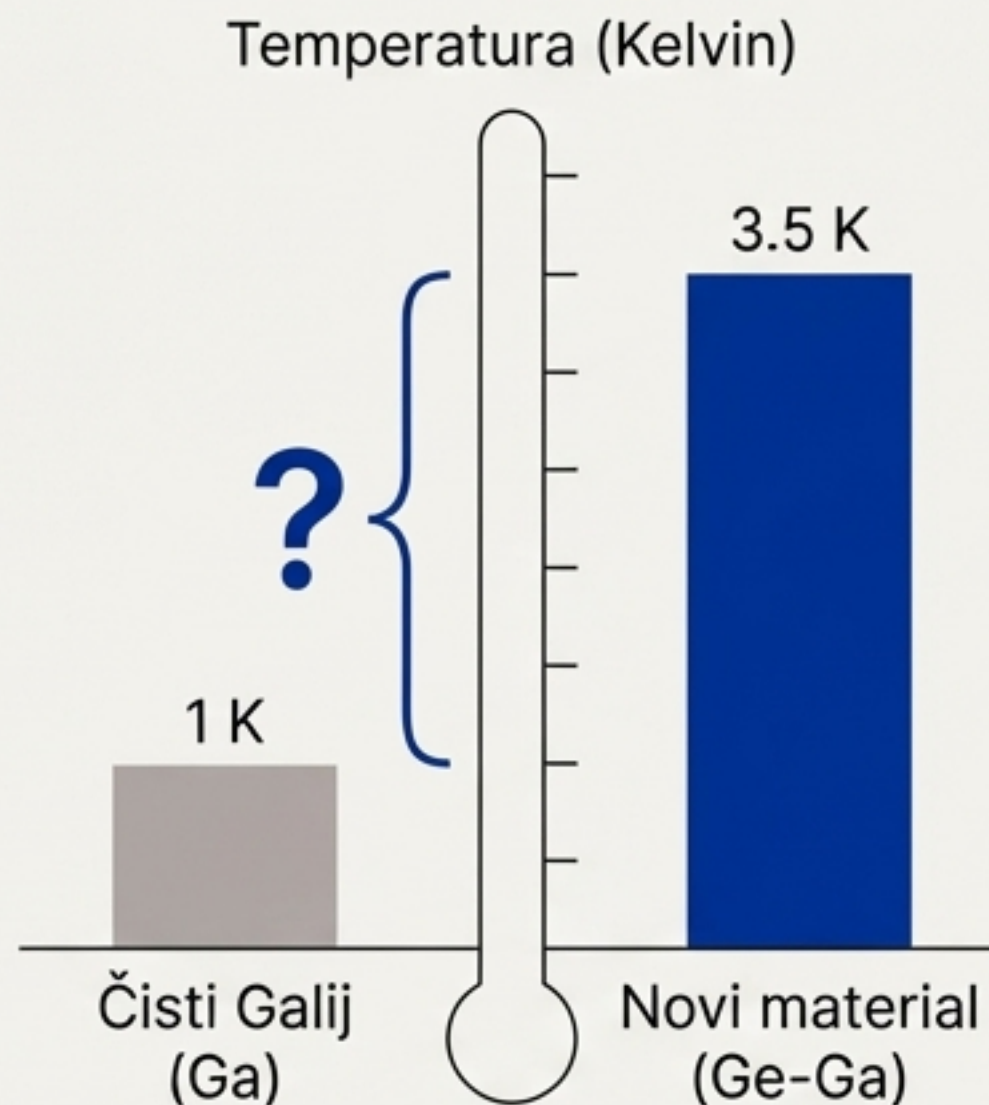
"Rezultat je nedvoumno jasna slika novega in fascinantnega kvantnega materiala."

– Julian Steele, raziskovalec na Univerzi v Queenslandu

Nepričakovana lastnost, ki odpira nova vprašanja

Odkritje

Temperatura superprevodnega prehoda novega materiala je 3.5 Kelvina. To je presenetljivo, saj je bistveno višja od temperature prehoda za čisti galij, ki je 1 Kelvin.



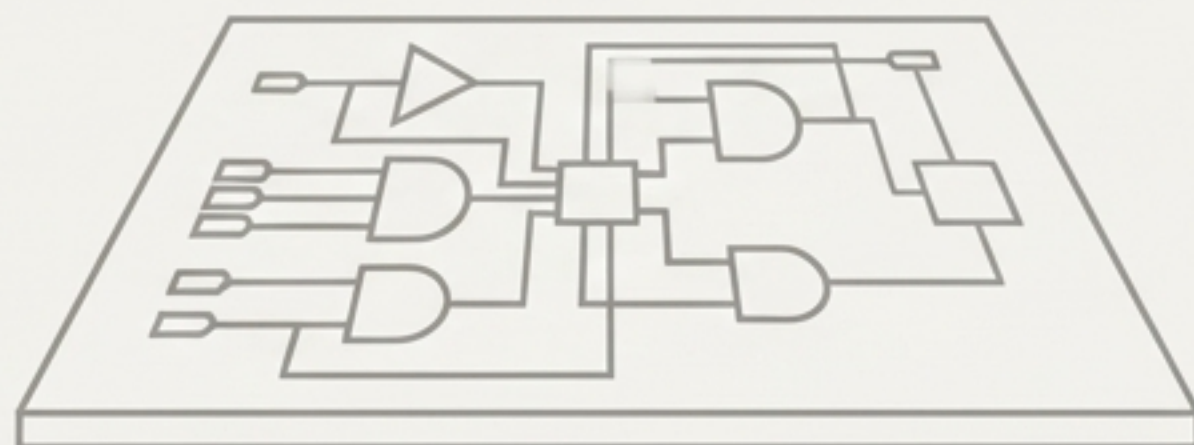
Zakaj je to pomembno

Običajno se pričakuje, da bo temperatura prehoda dopiranega materiala nižja od temperature "starševskega" superprevodnika. Ta nepričakovan rezultat postavlja nova vprašanja o fizikalnih mehanizmih superprevodnosti v tem sistemu.

"Verjamem, da se lahko o superprevodnosti skozi raziskave takšnih sistemov naučimo še veliko več."

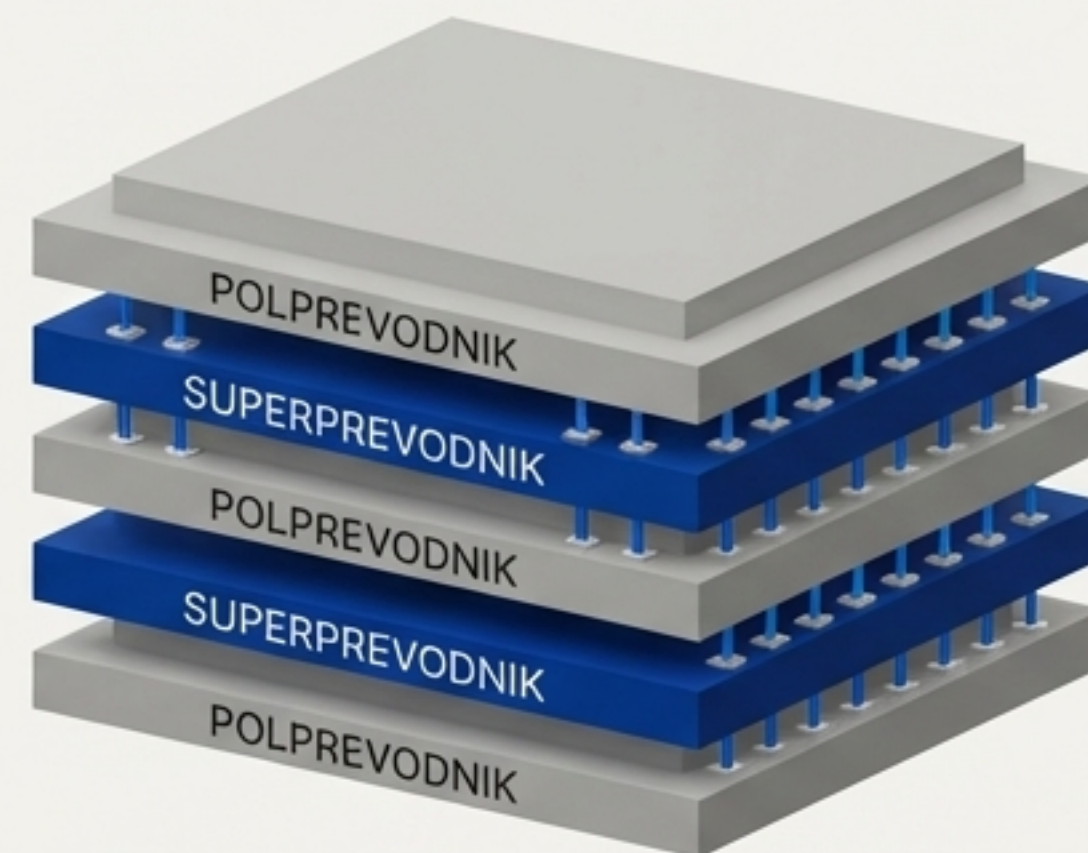
– Marvin Cohen, začetnik teorije iz leta 1964

Implikacija #1: Odpiranje vrat v tretjo dimenzijo



PLANARNA ARHITEKTURA

NOVA PARADIGMA



Prej nemogoče

Nizka stopnja neurejenosti v materialu prvič omogoča rast izmenjujočih se plasti polprevodnega in superprevodnega materiala.

Nova paradigma

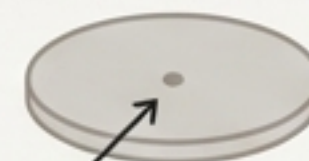
To omogoča gradnjo 3D struktur in integriranih vezij, kjer so superprevodne komponente vgrajene neposredno v polprevodniški čip. S tem se drastično poveča gostota komponent, ki jih je mogoče namestiti na eno rezino.

25.000.000

Josephsonovih stikov — ključnih gradnikov za kubite
in kvantne senzorje — na eni sami 2-palčni rezini.



Današnji stik (~1mm)



Eden od 25 milijonov

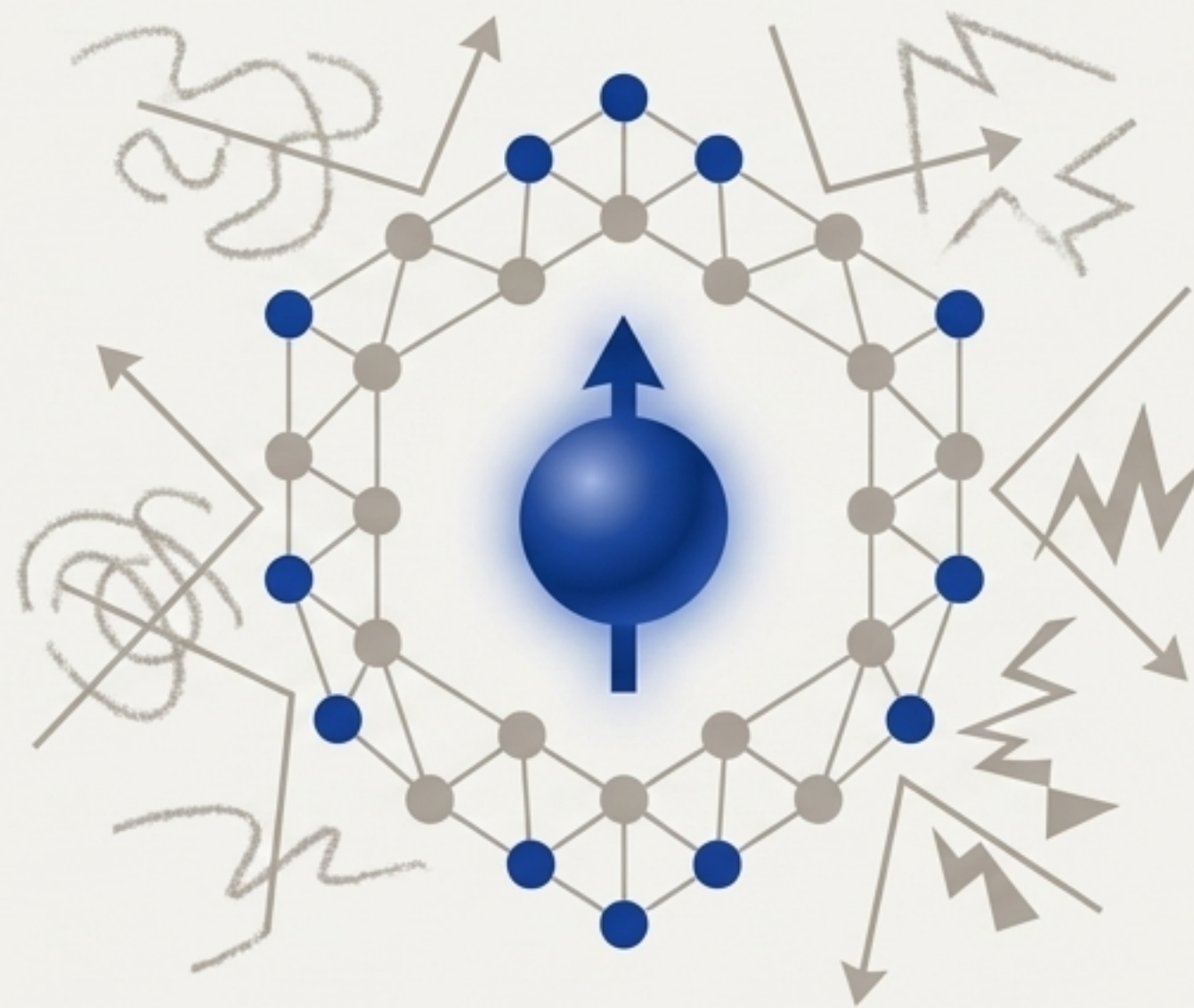
Implikacija #2: Potencialni ščit pred dekoherenco

Problem

Dekoherenca je proces, pri katerem kubit izgubi svoje kvantne lastnosti in se začne obnašati kot klasični bit. To je ena največjih ovir pri gradnji uporabnih kvantnih računalnikov.

Rešitev

Nekatere oblike dekoherence so povezane z neurejenostjo in amorfnostjo materialov. Izjemna kristalna urejenost novega materiala bi lahko pripomogla k bolj robustnim kubitom, ki so odpornejši na dekoherenco in dlje ohranjajo svoje kvantno stanje.



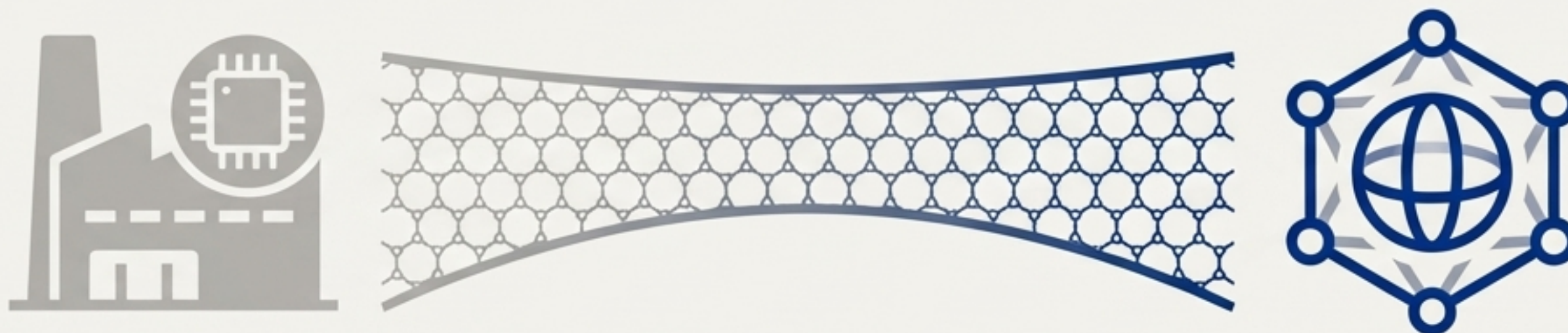
Dokaz

“Tako jasno videno obnašanje je močan pokazatelj, kako malo neurejenosti je prisotne v teh filmih.” – Peter Jacobson, Univerza v Queenslandu.

Implikacija #3: Most do bilijone dolarjev vredne infrastrukture

“Imate bilijon dolarjev vredno infrastrukturo silicija in germanija, ki lahko zdaj uporabi superprevodnost kot novo orodje v svoji zbirki.”

– Javad Shabani, NYU



Ta preboj ne zahteva gradnje popolnoma nove industrije. Namesto tega omogoča uporabo obstoječih, visoko optimiziranih proizvodnih procesov za polprevodnike za izdelavo naprednih kvantnih naprav.

Pospešena čena časovnica za kvantno prihodnost

Sinteza

Združitev obstoječih proizvodnih metod z novim materialom, ki omogoča visoko gostoto in potencialno robustnejše kubite.

Posledica

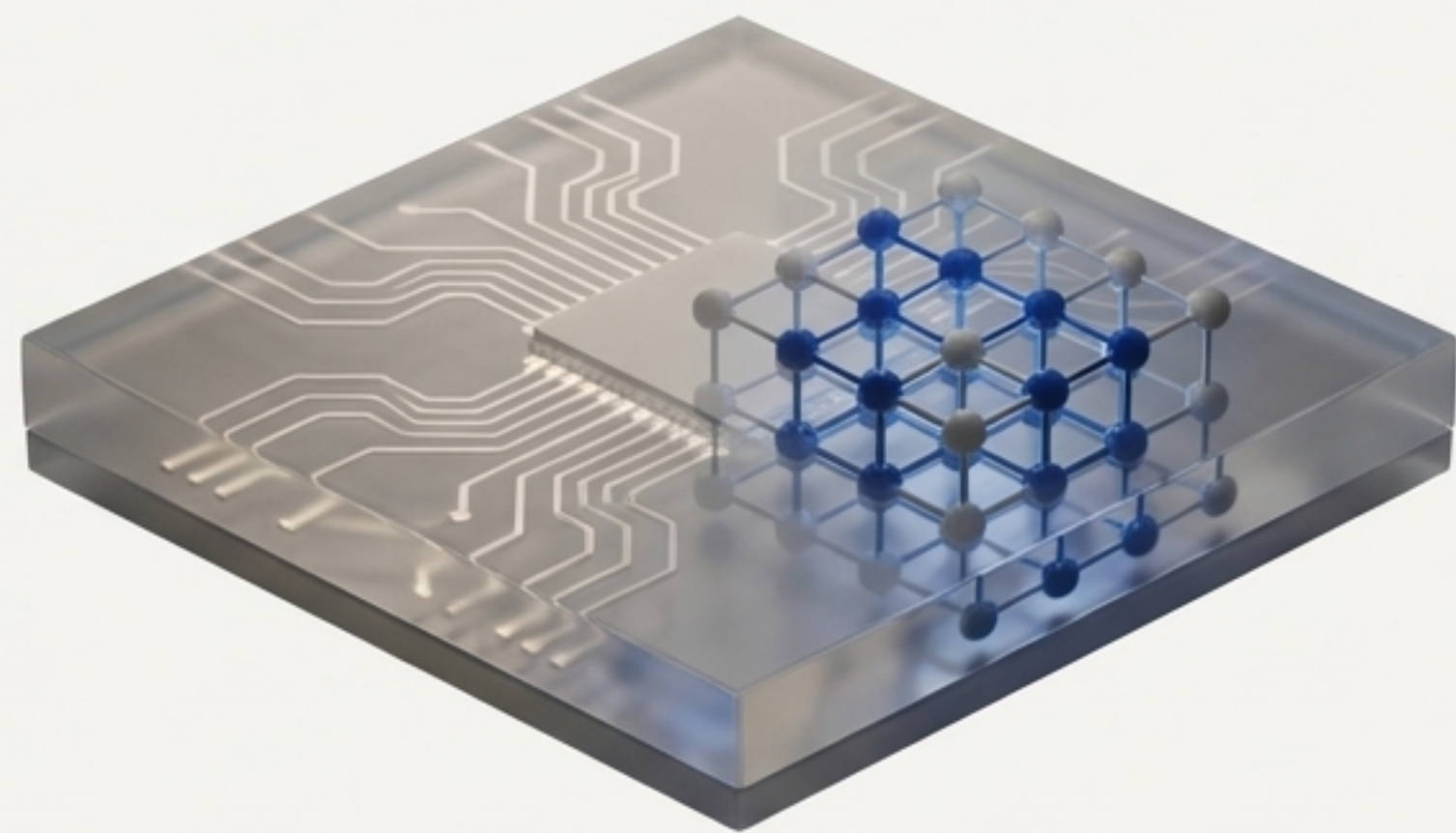
Po besedah Javad Shabanija bi se lahko časovnica za razvoj kvantnih računalnikov na osnovi trdne snovi "resnično skrčila".

Pot do praktične kvantne tehnologije, integrirane s klasično, je postala bistveno krajša.



Prihodnost je integrirana

Vizija: En sam čip, ki brezhibno združuje klasično procesiranje in kvantne operacije.



Združeni čipi	Ekstremna gostota	Robustni kubiti	Industrijska združljivost
Superprevodniki in polprevodniki so zgrajeni skupaj.	Milijoni kvantnih komponent na eni rezini.	Potencialna odpornost na dekoherenco.	Izkoriščanje obstoječe infrastrukture.

Viri in zasluge

Znanstvena objava

Nature Nanotechnology, objavljeno 30. oktobra, 2025.

Raziskovalne skupine

New York University (NYU)
University of Queensland, Avstralija

Vir vsebine

Članek 'New semiconductor could allow classical and quantum computing on the same chip, thanks to superconductivity breakthrough' avtorice Anne Demming, Live Science.



NYU



THE UNIVERSITY
OF QUEENSLAND
AVSTRALIJA

**nature
nanotechnology**