Materiały na styki elektryczne

Zestyki

Zestyk jest istotnym elementem szeregowym toru prądowego, składa się z zespołu dwóch (lub więcej) styków,

Podstawowy podział zestyków:

- ruchome rozłączne (łączniki),
- ruchome nierozłączne (zestyki ślizgowe),
- nieruchome (zaciski).

Zestyki rozłączne, to robocze elementy wyłączników, odłączników, przełączników, styczników, przekaźników, itp.

Proste łączniki składają się z:

- styku stałego (nieruchomego),
- styku ruchomego - przestawianego ze stanu otwartego do zamkniętego i odwrotnie przez napęd (ręczny, sprężynowy, silnikowy, elektromagnesowy).

Łączniki słaboprądowe

Do łączników słaboprądowych (prąd < 1 A, napięcie < 20 V) można zaliczyć: przyciski, przekaźniki, kontaktrony, łączniki teletechniczne itp.

Materiały stosowane na zestyki słaboprądowe:

- srebro,
- platyna,
- pallad,
- stop srebro-kadm,
- stop srebro-pallad.

Łączniki niskiego napięcia na średnie prądy

Są to łączniki do załączania i wyłączania obwodów, w których płynie prąd o wartości od kilku do kilkudziesięciu amperów, przy napięciu nie przekraczającym 1000 V. Styki narażone są na łuk elektryczny o umiarkowanej mocy. Materiał stykowy powinien być odporny na utlenianie, upalanie i sklejanie.

Stosowane materiały:

- wolfram,
- stop srebro-tlenek kadmu,
- stop srebro-wolfram,
- stop srebro-grafit,
- stop srebro-nikiel.

Łączniki silnoprądowe niskiego i wysokiego napięcia

Są to łączniki na prądy rzędu setek i tysięcy amperów oraz napięcia rzędu od setek woltów do setek kilowoltów. Styki są narażone na łuk elektryczny dużej i bardzo dużej mocy, wymagany jest ich silny docisk.

Materiały stosowane na zestyki silnoprądowe:

- molibden,
- spiek wolfram-miedź,
- spiek wolfram-srebro-nikiel.

Zestyki ślizgowe

Zestyki ślizgowe przemieszczają się względem siebie nie tracąc kontaktu. Stosuje się je w trakcji elektrycznej (szczotka pantografu i przewód trakcyjny), a także w silnikach pierścieniowych (szczotka grafitowa i pierścień z brązu).

Wymagane własności szczotek zestyków ślizgowych:

- mała rezystywność,
- mały współczynnik tarcia,
- mała ścieralność,
- duża wytrzymałość mechaniczna.

Rodzaje szczotek zestyków ślizgowych:

- metalografitowe:
  - spiekany sproszkowany grafit z proszkami metalu lub stopu,
  - szczotki srebrowo-grafitowe, miedziowo-grafitowe, brązowo-grafitowe (grafit plus stop Cu-Pb);
- węglografitowe:
  - proszki grafitu, sadzy, koksu, prasowane i wypalane,
  - szczotki twarde lub średnio twarde;
- grafitowe:
  - sproszkowany grafit prasowany i wypalany,
  - własności zależą od temperatury wypalania (200...1000 °C);
- elektrografitowe:
  - proszki grafitu, sadzy, koksu, prasowane,
  - proces grafityzacji w temperaturze ok. 3000 °C.

Styki współpracujące ze szczotkami:

- wykonuje się głównie ze stopów metali,
- na przewody jezdne w sieci trakcyjnej stosuje się brąz kadmowy (Cu + 1% Cd),
- na pierścienie ślizgowe maszyn elektrycznych stosuje się brąz berylowy (Cu + 2% Be).

Materiały na termopary

Z termopar (termoelementów) wykonuje się termometry, głównie do kontaktowego, punktowego pomiaru temperatury.

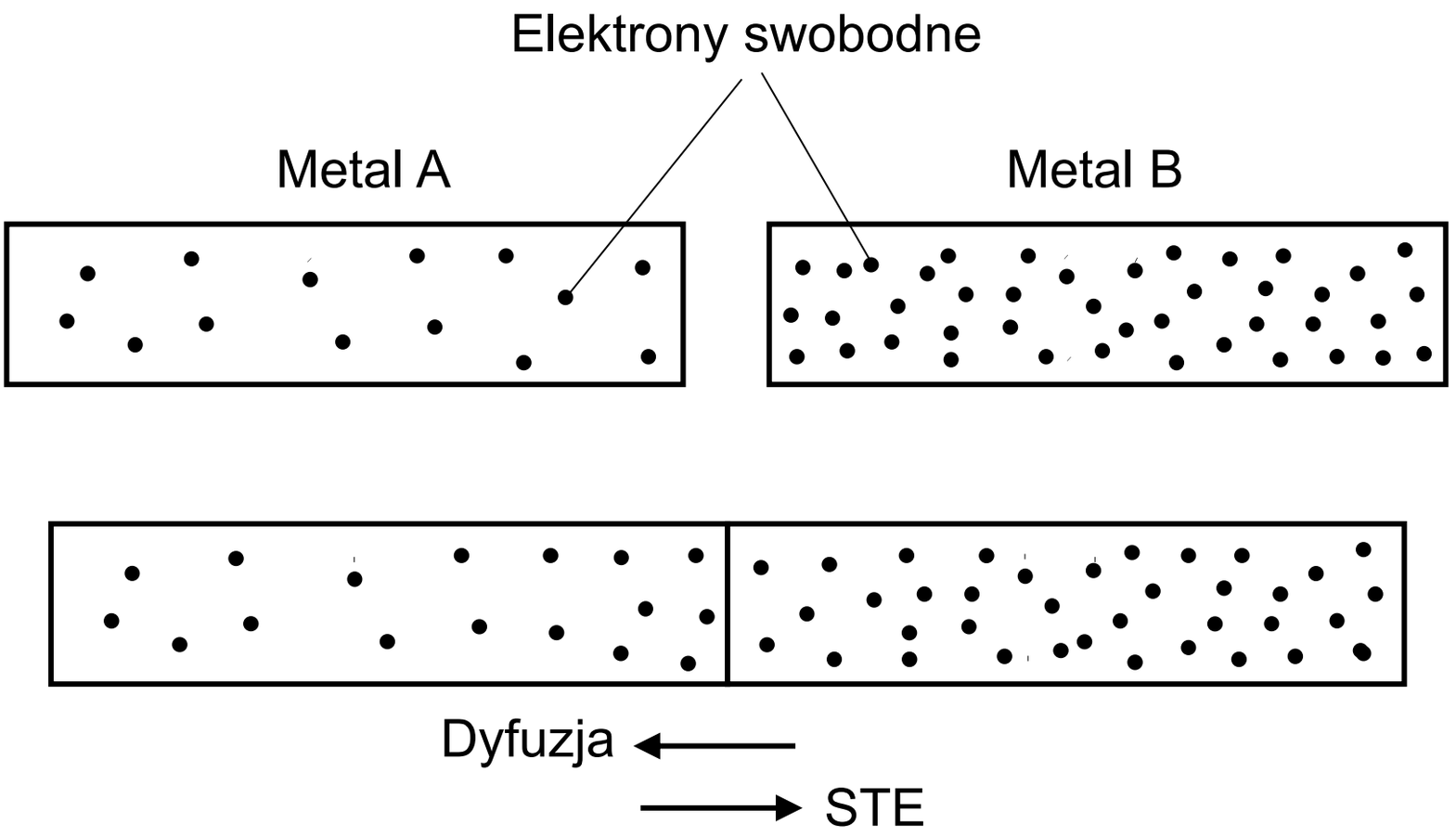
Termometry termoelektryczne stosuje się między innymi. w urządzeniach i procesach przemysłowych.

Stosuje się je tam, gdzie jest potrzebna ciągła kontrola (rejestracja, regulacja, stabilizacja) temperatury.

Zjawisko Seebecka – zjawisko polegające na powstawaniu siły termoelektrycznej w obwodzie zawierającym dwa metale lub stopy, gdy ich złącza znajdują się w miejscach o różnych temperaturach.

Przyczyna kontaktowej różnicy potencjałów:

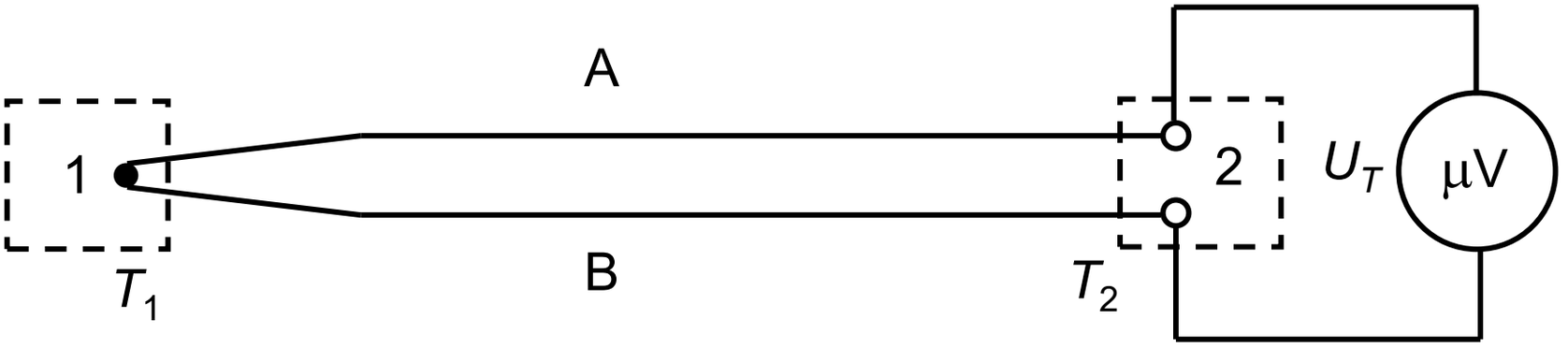
- różnice gęstości elektronów swobodnych w przewodnikach,
- zależność koncentracji elektronów od temperatury przewodnika.



Szkic ilustrujący powstawanie siły termoelektrycznej (STE)

Występuje dyfuzja elektronów z metalu B przez złącze do metalu A. Powoduje to powstanie na złączu kontaktowej siły termoelektrycznej, która hamuje dyfuzję.

Równowaga sił występuje na poziomie zależnym od temperatury złącza, a wartość STE jest tym większa, im wyższa jest temperatura złącza.



Schemat elektryczny termometru termoelektrycznego:

A i B - elementy termopary wykonane z różnych materiałów termoelektrycznych,

1 - złącze termopary,

2 - wolne końce termopary,

T_1 - temperatura złącza,

T_2 - temperatura odniesienia,

μV - mikrowoltomierz.

Wartość napięcia U_T wskazywanego przez mikrowoltomierz:

$$U_T = \Delta e_T (T_1 - T_2)$$

gdzie:

$\Delta e_T = e_{TA} - e_{TB}$,

e_{TA}, e_{TB} - jednostkowe siły termoelektryczne elementów termopary w odniesieniu do platyny.

Wartości jednostkowej siły termoelektrycznej w odniesieniu do platyny oraz maksymalne temperatury pracy wybranych materiałów termoelektrycznych:

Materiał	**Skład**	e_T [$\mu V \cdot K^{-1}$]	$T_{max.}$ [°C]
Nichrom	Ni80Cr20	+22,0	1000
Żelazo	Fe	+18,0	600
Molibden	Mo	+13,1	2000
Wolfram	W	+7,9	2000
Nikiel	Ni	–15,0	1000
Konstantan	Cu60Ni40	–35,0	600
Kopel	Cu56Ni44	–40,0	600

Wpływ miernika na wartość siły termoelektrycznej:

- końce 2 termopary połączone przewodem miedzianym pośrednio przez mikrowoltomierz,
- wartość siły termoelektrycznej miedzy końcami 2:
  - STE (materiał A - Cu) + STE (Cu - materiał B) z uwzględnieniem ich znaku,
  - jest taka sama jak: STE (materiał A - materiał B).

Termometr:

$U_T = \Delta e_T (T_1 - T_2), \quad T_1 = U_T / \Delta e_T + T_2$

- niewiadoma: temperatura T_1,
- znana temperatura odniesienia T_2,
- znana różnica jednostkowych STE materiałów A i B,
- znana z pomiaru mikroamperomierzem wartość U_T,
- skalę napięciową mikrowoltomierza zastępuje się skalą mierzonej temperatury.

Materiały na połączenia lutowane

Lutowanie - łączenie elementów metalowych za pomocą spoiny metalowej o temperaturze topnienia niższej niż metali łączonych.

Trwałe połączenie następuje dzięki zjawisku kohezji i płytkiej dyfuzji, spoiwo lutownicze wnika w mikropory materiału lutowanego.

Luty miękkie:

- temperatura topnienia poniżej 400...500°C,
- wytrzymałość na rozciąganie 20...80 MPa,
- stosowane na połączenia przewodzące i uszczelniające,
- stop ołowiu i cyny PbSn50 o temperaturze topnienia 209°C (wycofany przez dyrektywę UE),
- lut cynkowy ZnAl14 o temperaturze topnienia 300°C do łączenia części aluminiowych (w atmosferze ochronnej).

Luty bezołowiowe (temperatura topnienia 215...220°C):

- SnAg4, SnCu0,8 (do zastosowań elektronicznych),
- SnCu3 (do zastosowań elektrotechnicznych i instalacyjnych).

Luty twarde:

- temperatura topnienia powyżej 400...500°C,
- połączenia przewodzące i uszczelniające obciążone mechanicznie.

Typowe luty twarde:

- luty mosiężne, CuZn37, temp. topn. 910°C,
- luty srebrne, AgCu25Zn2, temp. topn. 715°C,
- luty miedziane, CuAg1, temp. topn. 1070°C.

Topniki:

- kalafonia, kwas solny, chlorek cynku, boraks ($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$),
- usuwają tlenki i inne zanieczyszczenia z lutowanych powierzchni,
- zapobiegają utlenianiu (odcinają kontakt z powietrzem),
- ułatwiają topnienie i zwiększają płynność lutu.

Lutownice:

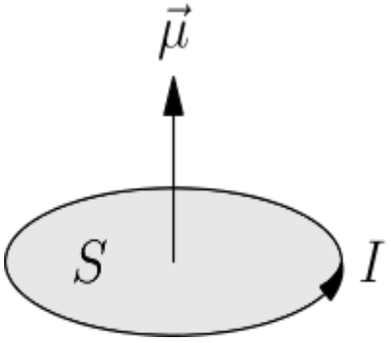
- lutownice elektryczne (transformatorowe, grzałkowe),
- stacje lutownicze na gorące powietrze,
- palniki benzynowe i acetylenowo-tlenowe.

MATERIAŁY MAGNETYCZNE

Zjawiska magnetyczne w ośrodkach materialnych

Rodzaje trwałych dipolowych momentów magnetycznych:

- jądrowy obrotowy,
- elektronowy orbitalny,
- elektronowy spinowy, związany z momentem obrotowym elektronu (spinem).



Wypadkowy trwały moment magnetyczny atomu:

- suma wektorowa momentów jądra i wszystkich elektronów,
- decydują magnetyczne momenty spinowe elektronów.

Wartości spinowych momentów magnetycznych elektronów:

$$+\frac{1}{2} \quad \text{lub} \quad -\frac{1}{2}$$

Kompensują się wzajemnie na tej samej podpowłoce elektronowej.

Liczba nieskompensowanych momentów magnetycznych:

5 dla Mn - $1s^2, 2s^22p^6, 3s^23p^63d^5, 4s^2$

4 dla Fe - $1s^2, 2s^22p^6, 3s^23p^63d^6, 4s^2$

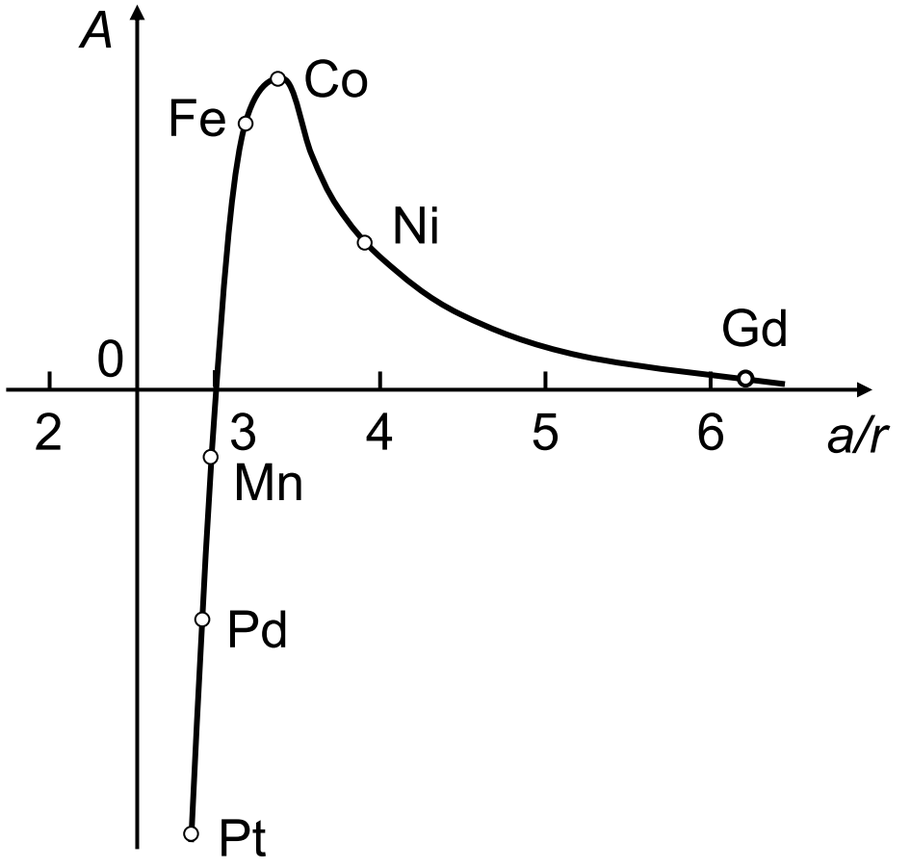
3 dla Co - $1s^2, 2s^22p^6, 3s^23p^63d^7, 4s^2$

2 dla Ni - $1s^2, 2s^22p^6, 3s^23p^63d^8, 4s^2$

Zmniejszenie momentów magnetycznych w materiale.

Moment magnetyczny indukowany polem magnetycznym zewnętrznym.

Oddziaływanie momentów magnetycznych - energia wymiany.



Zależność energii wymiany *A* wybranych pierwiastków od stosunku odległości międzyatomowych *a* do promienia atomu *r*

Przenikalność magnetyczna μ

$$\mu = \frac{B}{H}$$

B - indukcja magnetyczna,

H - natężenie pola magnetycznego.

Przenikalność magnetyczna próżni:

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}\ \mathrm{H \cdot m^{-1}} \approx 1{,}2566 \cdot 10^{-6}\ \mathrm{H \cdot m^{-1}}$$

Względna przenikalność magnetyczna: $\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0}$

Efekty magnetyczne - kryterium podziału materiałów

Efekt diamagnetyczny - diamagnetyki:

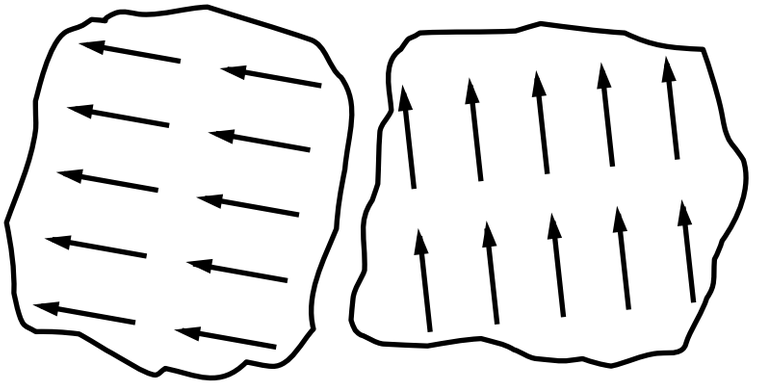
- momenty magnetyczne trwałe zerowe lub bardzo bliskie zera,
- moment magnetyczny indukowany skierowany przeciwnie do zewnętrznego pola magnetycznego,
- osłabienie zewnętrznego pola magnetycznego,
- μ_r nieco mniejsza od 1,
- μ_r dla Ag wynosi 0,99998,
- diamagnetyki: Ag, Au, Cu, Zn, Bi, C, Cd, Hg, Pb, S.

Efekt paramagnetyczny - paramagnetyki:

- stosunek odległości między atomami do ich promienia ***a/r* > 6,2,**
- wartość energii wymiany między dipolami ***A* = 0,**
- brak wzajemnego wpływu sąsiednich atomów na ich orientację przestrzenną,
- moment magnetyczny własny skierowany zgodnie z zewnętrznym polem magnetycznym,
- wzmocnienie zewnętrznego pola magnetycznego,
- μ_r nieco większa od 1,
- μ_r dla Al wynosi 1,00002,
- paramagnetyki: Al, Li, Na, K, Mg, Sn, V, W.

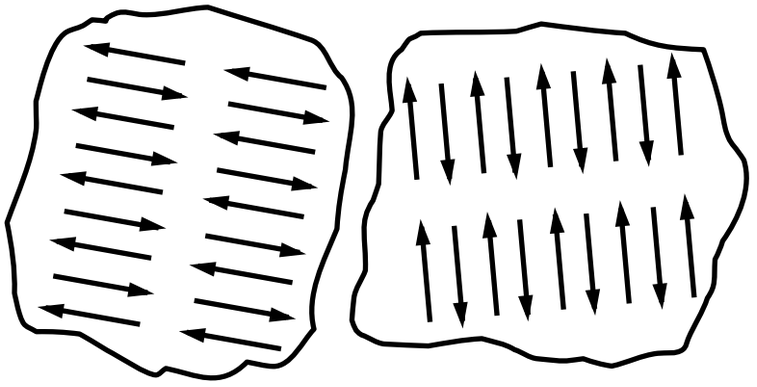
Efekt ferromagnetyczny - ferromagnetyki:

- stosunek odległości między atomami do ich promienia
  3,0 < *a/r* < 6,2
- wartość energii wymiany między dipolami ***A* >> 0**,
- równoległe zgodne ustawienie się dipoli magnetycznych atomów bez udziału zewnętrznego pola magnetycznego,
- domeny magnetyczne o wymiarach 10...100 μm,
- oddzielone ściankami Blocha o grubości 10...100 nm,
- μ_r od 10^2 do 10^6,
- rozrost domen o orientacji zbliżonej do kierunku zewnętrznego pola magnetycznego,
- ferromagnetyki: **Fe**, **Co**, **Ni** i ich stopy, stopy Mn z Sb, As i N.



Efekt antyferromagnetyczny - antyferromagnetyki:

- stosunek odległości między atomami do ich promienia ***a/r* < 3,0**,
- wartość energii wymiany między dipolami ***A* < 0**,
- równoległe przeciwne ustawienie się dipoli magnetycznych atomów bez udziału zewnętrznego pola magnetycznego,
- dwa sąsiednie antyrównoległe dipole tworzą zamknięty obwód magnetyczny,
- μ_r nieco większa od 1,
- antyferromagnetyki: np. tlenki metali ferromagnetycznych, tlenek żelazawy FeO i tlenek niklu NiO.



Efekt ferrimagnetyczny - ferrimagnetyki:

- stosunek odległości między atomami do ich promienia ***a/r* < 3,0**,
- wartość energii wymiany między dipolami ***A* > 0**,
- równoległe przeciwne ustawienie się dipoli magnetycznych atomów **różnych** pierwiastków,
- częściowe skompensowanie momentów magnetycznych par atomów,
- dipole atomów jednego pierwiastka ustawiają się antyferromagnetycznie, a drugiego ferromagnetycznie,
- μ_r jak dla ferromagnetyków,
- ferrimagnetyki: mieszanina tlenków - ferryty.

