

УДК 548. 12

## ВЕКТОРНОЕ УМНОЖЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Ю.М. Смирнов

Тверской государственной университет,  
кафедра прикладной физики

Статья затрагивает вопрос взаимодействий векторов, различных по своей физической сущности. Математическое представление взаимодействий не позволяет в полном объеме рассмотреть некоторые физические эффекты. Известно явление возникновения дополнительных векторов в эффектах Нернста–Эттингсхаузена, Риги–Ледюка, Маджи–Риги–Ледюка и других, на основании чего делается предположение, что дополнительные векторы могут возникать и в эффекте Холла.

Математика скупо рассматривает различие форм умножения векторов. Обычно они представляются как отвлечение от физического существа величины. В результате скалярное умножение взаимно перпендикулярных векторов и векторное умножение параллельных векторов приводят к нулевым результатам.

В данном случае физики учитывают наличие разных видов векторов – истинных (полярных) и псевдовекторов (аксиальных), а также их физические сущности.

Известно, что скалярные умножения некоторых векторов приводят к скалярной величине.

Пример – электрокалорический эффект, где умножение полевого вектора (напряженности электрического поля  $\vec{E}$ ) на материальный (пироэлектрический коэффициент  $\vec{\tau}$ ) имеет результатом изменение энтропии тела (кристалла), т.е. изменение скалярной величины  $\Delta S$ .

В кристаллофизике и физике полупроводников обсуждаются так называемые термомагнитные и гальваномагнитные эффекты. Среди них известны поперечные (эффекты Холла, Риги–Ледюка и др.), и продольные (эффекты Нернста–Эттингсхаузена, Маджи–Риги–Ледюка и др.). Известны эффекты и из других областей науки и техники (эффект Магнуса, гироскопический эффект и др.)

Детальное рассмотрение позволяет выделить некоторые общие черты эффектов, например: системы их умножения вида  $\mathbf{a} \times \mathbf{p}$  или  $\mathbf{p} \times \mathbf{a}$ , тензорные формы связующих коэффициентов – в ряде случаев псевдотензоры третьего ранга дуальные скаляру, общие группы антисимметрии.

Известны системы физических величин, где парные взаимодействия перпендикулярных векторов, приводящие к третьему вектору, дают дополнительные продольные эффекты. К таковым, например, относится

поперечный эффект Нернста–Эттингсхаузена, взаимодействие градиента температур  $\nabla T$  и магнитной индукции  $\overset{\circ}{B}$ , приводящее к появлению напряженности электрического поля. Возникает тройка взаимно перпендикулярных векторов. При соблюдении некоторых условий в этой же системе возникает так называемый продольный эффект Нернста–Эттингсхаузена и кроме  $E_{\perp}$  появляется  $E_{\parallel}$ . Обычно его выделяют как особый эффект. Но в тройке векторов, возникшей на основе  $\mathbf{ra}$  пары, можно выделить и вторую пару векторов. Например, "прежний" вектор  $\overset{\circ}{B}$ , взаимодействуя с "новым" вектором  $E_{\perp}$ , приведет к появлению нового вектора  $E_{\parallel}$ . В итоге появляется еще одна тройка векторов.

Дополнительным подтверждением этому являются эффекты Риги–Ледюка и Маджи–Риги–Ледюка. Это позволяет утверждать возможную общность всех аналогичных взаимодействий.

Заметим, что здесь всегда взаимодействуют пары векторов, различные по физической сущности. В принципе, от приведенных примеров ничем не должны отличаться такие эффекты, как эффект Холла и, возможно, Магнуса. В эффекте Холла может возникнуть дополнительная составляющая электрической напряженности. В дальнейшем – дело за экспериментом. Следует искать более сложные взаимодействия типа  $\nabla \mu \times \nabla T$  и др.

Работа выполнена по тематике проекта "Фундаментальное и теоретическое исследование нелинейных свойств полупроводниковых, магнито- и сегнетоэлектрических материалов для микро- и наноэлектроники", поддержанного Федеральным агентством по образованию.

#### Список литературы

1. Ансельм А.И. Введение в теорию полупроводников. М., 1978.